



Российский открытый  
молодежный водный конкурс  
С 2003 года



# ПРОЕКТЫ ПОБЕДИТЕЛЕЙ И ПРИЗЕРОВ Водного конкурса

2023

МОСКВА

**Проекты победителей и призеров  
Российского открытого молодежного водного конкурса-2023**

**Содержание**

<b>Конструирование беспилотного летательного аппарата для исследования водоёмов.....</b>	<b>1</b>
<b>Получение коагулянтов на основе железорудных хвостов.....</b>	<b>13</b>
<b>Особенности формирования растительного покрова мелководных водоемов Хоперского заповедника.....</b>	<b>27</b>
<b>Современное состояние гидросистемы парка «Сергиевка» Петергоф, Санкт-Петербург.....</b>	<b>39</b>
<b>Физико-химическая оценка состояния качества питьевой воды города Алматы</b>	<b>53</b>
<b>Интерактивная карта водных ресурсов Республики Марий Эл.....</b>	<b>67</b>
<b>Многолетняя динамика водного стока реки Хопер.....</b>	<b>79</b>
<b>Определение суммарной альфа- и бета- активности питьевой воды Ташкентской области.....</b>	<b>92</b>
<b>Изучение количественного содержания и химического состава микропластика в Финском заливе.....</b>	<b>97</b>
<b>Основы ГИС: динамика береговой линии Черного моря.....</b>	<b>109</b>
<b>Сравнение популяции <i>Artemia</i> в Восточном и Западном бассейнах Сакского озера..</b>	<b>119</b>
<b>Оценка водоемов г. Стрежевого по диатомовым водорослям.....</b>	<b>133</b>
<b>Оценка сапробности водоемов Осиповичского района по фитоперифитону.....</b>	<b>147</b>
<b>Сток взвешенных наносов реки Сугутка.....</b>	<b>161</b>
<b>Модуль возобновляемой энергетики на основе объединения гидроаккумулирующего и фотоэлектрического эффектов.....</b>	<b>168</b>
<b>Палеоархивные находки в пойме реки Нальчик.....</b>	<b>178</b>
<b>Экологическое состояние озера Севан и «цветение» цианобактерий.....</b>	<b>189</b>
<b>Гидрохимический состав притоков Телецкого озера.....</b>	<b>203</b>
<b>Качество воды из разных источников д.Заречье.....</b>	<b>217</b>
<b>Эко-раковина. Инновационная технология использования воды.....</b>	<b>230</b>
<b>Мониторинг качества питьевой воды нецентрализованного снабжения.....</b>	<b>238</b>
<b>Реконструкция системы водоснабжения г. Майлуу-Суу.....</b>	<b>251</b>
<b>Исследование экологического состояния и определение качества воды реки Большая Кузьмиха.....</b>	<b>265</b>
<b>Влияние диффузного загрязнения на сток биогенных элементов в реке Ия.....</b>	<b>279</b>

## **Конструирование беспилотного летательного аппарата для исследования водоёмов**

*Егор Любинин, 11 класс, МБОУ СОШ «Школа будущего» пос. Б. Исаково, Детско-юношеская спортивная школа № 11, Калининградская область*

**Победитель Водного конкурса-2023, Гран-при «Золотая рыбка», победитель номинации молодежного жюри**

*Руководители: О.А. Рубцова, учитель биологии, С.С. Бажанов, тренер-преподаватель по авиамодельному спорту*

### **Аннотация**

В данной работе рассматривается **проблема** исследования водоема в труднодоступных местах и обширных территориях. Автор видит решение данной проблемы в разработке устройства с дистанционным управлением, которое могло бы выполнять весь комплекс необходимых работ без прямого участия человека. Проект **реализовывался** в 3 этапа: первый - изучение литературы и аналогов, благодаря которому была разработана концепция устройства; второй – разработка прототипа, включающая создание эскизов, чертежей, сметы; третий- проведение летных испытаний, определение концепции отбора проб воды.

**Целью** работы является разработка модели беспилотного летательного аппарата (БЛА), способную проводить сбор необходимых анализов в конкретно заданной точке, а также проводить фото- и видеосъемку поверхности водоема и его побережья.

**Результативность** проекта обоснована осуществлением последовательных этапов по созданию модели БЛА с дальнейшими перспективами ее усовершенствования. Практическая значимость данного материала позволит улучшить качество работы сотрудников лаборатории гидробиологии, МЧС и лесничества, сокращая при этом время проведения исследований. Несомненно, что использование данной модели придаст **инновационный** характер проводимым научно-исследовательским работам.

**Итогом** работы становится летное испытание модели, которое показало хорошее качество воздушного и надводного перемещения. Была разработана концепция системы взятия проб воды под данную модель авторской разработки.

## Введение.

**Актуальность:** Водоёмы – это важные водные объекты, которые используется человеком для транспортных перевозок, в бытовых и промышленных целях, могут являться местами для отдыха. В последнее время водоёмы Калининградской области особенно активно используются человеком, в результате чего происходит их трансформация. Гидрологические объекты – место обитания животных, составляющих трофические цепи биогеоценозов. Нарушение водных экосистем приведёт к снижению численности видов и нарушению цепей питания. В связи с этим особенно важно проводить регулярные исследования водоёмов по ряду параметров: качество воды, численность и видовое многообразие гидробионтов, изучение гнездования птиц с целью мониторинга численности, изменение береговой линии и т.д. Для проведения полного комплекса исследовательских работ понадобится дорогостоящее оборудование и расходные материалы, а также большое количество времени, особенно на обширных территориях и в труднодоступных местах. Исследование водоёмов на лодке может сильно отразится на результатах исследований ввиду перемешивания водных слоёв и как следствие искажение как химических, так и биологических результатов.

В изученных мною литературных источниках найдены разработки аналогичных устройств, однако всех их объединяет проблема выполнения лишь одной какой-то заданной функции исследования, а именно изучение только поверхности водоема, составление карты, либо отдельное проведения проб. **Новизна** данной модели состоит в том, что на сегодняшний день устройств, включающих подобный набор функционала по исследованию водоема нет. Исходя из этого необходимо разработать устройство, в функционал которого можно заложить выполнение на расстоянии многоразовых и длительных операций по исследованию водоема таких как: морфометрия и отбор пробы воды.

Таким образом, я поставил перед собой **цель**: разработать модель беспилотного летательного аппарата (БЛА), способную проводить сбор необходимых анализов в конкретно заданной точке, а также проводить фото- и видеосъёмку поверхности водоема и его побережья. Для достижения цели были определены следующие **задачи**:

- 1) Рассмотреть различные варианты БЛА;
- 2) Выбрать подходящий тип как исходную модель;
- 3) Определить материалы для создания прототипа;
- 4) Создать чертеж прототипа;

- 5) Изготовить детали;
- 6) Собрать прототип;
- 7) Провести летные испытания
- 8) Разработать концепцию системы для отбора проб воды.

## **Глава 1. Литературный обзор (Беспилотная авиация).**

### **1.1 История беспилотной авиации.**

На основе изученной статьи Куатова Б.Ж., Макаева Т.З. «История развития беспилотных летательных аппаратов» я узнал, что история создания беспилотных летательных аппаратов уходит далеко в прошлое, так в 1898г. Никола Тесла разработал и продемонстрировал миниатюрное радиоуправляемое судно. В 1910г., вдохновлённый успехами братьев Райт, молодой американский военный инженер из Огайо Чарльз Кеттеринг предложил использовать летательные аппараты без человека. По его замыслу управляемое часовым механизмом устройство в заданном месте должно было сбрасывать крылья и падать как бомба на врага. В 1933г. В Великобритании разработан первый БЛА многоократного использования QueenBee. Были использованы три отреставрированных биплана Fairy Queen, дистанционно управляемые с судна по радио. Два из них потерпели аварию, а третий совершил успешный полёт, сделав Великобританию первой страной, извлёкшей пользу из БЛА. Эта радиоуправляемая беспилотная мишень под названием DH82A Tiger Moth использовалась на королевском Военно-морском флоте с 1934 по 1943гг.

[1] Таким образом, основываясь на исторических примерах я выяснил, что конструкторская концепция в БЛА использовалась аналогично пилотным летательным аппаратам, а в некоторых случаях дрон мог представлять полукопию уже созданных летательных аппаратах. Следовательно, при разработки БЛА можно ориентироваться на имеющейся многолетний опыт проектирования ЛА.

### **1.2 Виды БЛА и необычные схемы ЛА.**

Диапазон существующих и разрабатываемых аппаратов очень широк. БЛА различают не только по конструкции, но и по более устойчивым параметрам и характеристикам, например, взлетной массе, дальности, высоте и продолжительности полета, размерам самих аппаратов и т.д. Каждый из них имеет свои особенности: свойственные только ему. На основе летных характеристик приведенных в справочнике Фетисова В. С. [2] я выделил главные преимущества и недостатки основных типов БЛА и отразил их в таблице 1.

Таблица 1

Типы БЛА	Преимущества	Недостатки
Мультироторные (вертолетного типа) БЛА	маленький уровень вибрации, что благоприятно для видеосъемки; вертикальный взлет и посадка не требуют особых условий; маневренный; прост в управлении.	короткая продолжительность полета; относительно низкая скорость полета; не устойчив при сильных ветрах.
БЛА самолетного типа	большая продолжительность полета; большая максимальная высота полета; высокая скорость; устойчив к сильным ветрам.	необходимы особые условия для взлета и посадки, например, ВПП, стартовая катапульта и парашют; относительно низкая маневренность.
Аэростатические БЛА	-большая грузоподъемность; высокая дальность полета; низкий расход топлива или электроэнергии.	не устойчив к ветрам; относительно не высокая скорость полета; крупногабаритность.

Исходя из выделенных характеристик, я сделал вывод, что БЛА самолетного типа является наиболее универсальным вариантом с точки зрения аэродинамики и технологичности конструкции, основанной на самолетах пилотируемой авиации. Ввиду этого, я решил более детально изучить виды их схем и выделить основные достоинства и недостатки на основе статьи А. Ш. Биксаева, «Летательные аппараты нетрадиционных схем» [3] Полученные характеристики схем я обозначил в сравнительные таблицы 2.

Таблица 2.

Вид схемы	Достоинства	Недостатки
Классическая схема – схема, при которой самолет имеет фюзеляж и хвостовое оперение позади крыла.	устойчивость; маневренность.	- относительно низкая подъемная сила и скорость полета.

Аэродинамическая схема «утка» - аэродинамическая схема, при которой у летательного аппарата (ЛА) органы продольного управления (оперение) расположены впереди крыла.	высокая скорость; лучше манёвренность.	- продольная неустойчивость.
Бесхвостка — аэродинамическая схема, согласно которой у самолёта отсутствуют отдельные плоскости горизонтального управления, а используются только плоскости, установленные на задней кромке крыла.	низкий вес; низкое сопротивление и высокая скорость; низкий расход топлива.	- снижение устойчивости при перемещении центра тяжести.
«Летающее крыло» — по сути своей разновидность схемы «бесхвостка» с редуцированным фюзеляжем, роль которого играет крыло, несущее все агрегаты, экипаж и полезную нагрузку.	низкий вес; высокая скорость полета; низкий расход топлива.	- низкая устойчивость и маневренность из-за отсутствия дополнительных рулей;

Таким образом, исходя из данных таблицы, можно сделать вывод о том, что схема «бесхвостка» имеет лучшие характеристики в соотношении преимуществ и недостатков, перед остальными вариантами. Однако при дальнейшей разработке своей модели, я считаю важным отметить необходимость повышенного внимания к центровке и установке одиночного руля управления модели такой схемы, чтобы улучшить её устойчивость и маневренность.

### 1.3 История гидросамолетов.

Впервые успешный полёт на гидросамолете собственной конструкции совершил французский инженер А. Фабр в 1910. В России первый гидросамолет поплавкового типа создан в 1911 Я. М. Гаккелем; отмечен на Международной авиационной выставке в 1911 большой серебряной медалью. Первые летающие лодки в России (М-1, М-4, М-9) построены в 1913–15 под руководством Д. П. Григоровича.

М-1 (Морской первый) – это первый гидросамолет специальной конструкции, который он создал. Именно появление этой летающей лодки стало толчком для выделения гидропланов в отдельный вид авиатехники. С развитием реактивной авиации гидросамолет были вытеснены в связи с более низкими экономическими показателями и ограничениями по скорости. Однако развитие авиационных технологий позволило конструкторам ТАНТК создать удачный реактивный гидросамолет А-40 «Альбатрос». Первый полёт с суши А-40 совершил в декабре 1986, а в ноябре 1987 первый раз поднялся с воды. Проект был остановлен после распада СССР и вновь открыт в 2016. Планируется, что к 2020 гидропланы А-40 (Бе-42) заменят находящиеся на вооружении флота противолодочные самолёты Бе-12. Решение о начале работ по созданию самолёта-амфибии (летающая лодка) Бе-200 было принято в 1992(первый полёт в 1998, начало эксплуатации с 2003). По состоянию на 2016, Бе-200 являлся самым большим реактивным многоцелевым самолётом-амфибией в мире. На нём установлено 148 мировых рекордов. Многоцелевая машина способна взлетать как с земли, так и с водной поверхности. Основные сферы применения: проведение спасательных операций, охрана водных поверхностей, экологические миссии, тушение пожаров, перевозки пассажиров и грузов[4].

Таким образом, гидросамолет можно использовать при решении многих актуальных ныне задач с эффективностью, практически недоступной сухопутным самолётам, среди них: экологический контроль акваторий с забором проб воды и донных отложений на плаву; защита водных поверхностей от загрязнения разлившейся нефтью с оперативной локализацией разлива.

#### **1.4 Виды гидросамолетов.**

В целях реализации поставленных задач, считаю необходимым рассмотреть виды гидропланов, с целью выявления наиболее подходящего типа, который будет соответствовать необходимыми параметрами для корректной работы устройства. В зависимости от конструктивного исполнения в статье Куприков М.Ю.

«ГИДРОСАМОЛЁТ» [4] приведены следующие типы гидросамолетов:

Летающая лодка – самолёт, нижняя часть фюзеляжа которого выполнена в виде лодки, приспособленной для быстрого перемещения по поверхности воды;

Поплавковый гидросамолёт – обычный или специально построенный самолёт, на котором закреплены один, два поплавка или более для стоянки и передвижения по поверхности воды.

Поплавковые схемы нередко применяют при переделке лёгких сухопутных самолётов в гидросамолёт. Гидросамолет с взлётно-посадочным устройством в виде

сочетания колёсного шасси и лодки или поплавков называют амфибиями. Они могут базироваться также на сухопутных аэродромах. Самолёт-амфибия приспособлен для взлёта с земли и воды и посадки на них. Особую разновидность гидросамолет представляют самолёты лодочного типа, снабжённые дополнительными устройствами для взлёта и посадки в виде гидролыж и подводных крыльев, убирающихся в полёте. На основе проведенного анализа основных характеристик типов гидросамолета, я определил схему самолета лодочного типа, как наиболее подходящий вариант в аспекте мобильного перемещения устройства по водной поверхности.

## Глава 2. Анализ существующих решений и методов.

### 1. Использование лодки или непромокаемого костюма.

Данный метод отличается такими недостатками как: дороговизна и плохая проходимость транспорта. Не каждый исследователь может позволить тратить большие финансовые средства на приобретения лодки, помимо приобретения других отдельных устройств для исследования (барометр, эхолот и т.д.). Лодка достаточно габаритный транспорт, поэтому появляются труднодоступные для исследования места, где есть мелководье или подводные препятствия, что ставит ограничения на зону исследования. А в костюме специалист может проводить работы только на мелководье, что в разы сокращает объективность исследования. Помимо выше описанного, в обоих методах проведение панорамной фотосъемки ограничивается обзором в конкретной точке, что вынуждает на больших территориях проводить несколько повторных работ в разных точках.

### 2. Квадрокоптер.

В мире существуют ряд случаев, в которых при взятии проб воды использовался БПЛА мультироторного типа [5,6,7]. Однако это решение имеет ряд недостатков о которых говорится в Таблице 1 и описанных в справочнике Фетисова В. С. [2].

### 3. Спутниковая съемка.

Проведение таких съемок весьма дорогостоящее мероприятие, так как необходимо приобретать оборудование для приема сигнала, не говоря уже об исключительных случаях, когда необходимо изготавливать или приобретать спутник для отправки его по необходимой траектории, по которой он пролетит над водоемом. А при использовании уже имеющихся в источниках спутниковых снимков, возникают проблемы с их временной последовательностью и необходимым пространственным разрешением.

### Глава 3. Результаты

В результате проектной работы удалось создать прототип модели БЛА, обладающей возможностью передвижения по воздуху и воде с ведением видеосъемки. Внутреннее пространство корпуса модели и её балансировка позволяет разместить внутри дополнительное оборудование: GPS-модуль, эхолот, батометр и камеру для ведения подвижной съемки.

Возможность забора воды с воздуха позволит при заборе проб устраниить возможность перемешивания воды, что особенно важно для химического исследования. К разработанной модели можно также закрепить сеть Апштейна, для сбора планктонных проб особенно в трудно доступных местах, например, болотные озёра, где подход к воде затруднён из-за сплавин. Кроме того, бактериальные анализы воды требуют забора воды ближе к центру водоёма при помощи данного летательного аппарата возможно получение результатов с наименьшим влиянием на бактериальный комплекс.

**На основании полученного вывода из сравнительного анализа типов ЛА, вышеописанных результатов в таблицах 1-2 и главы 3, мною были созданы следующие эскизы.**

#### Шаг 1. Эскизы

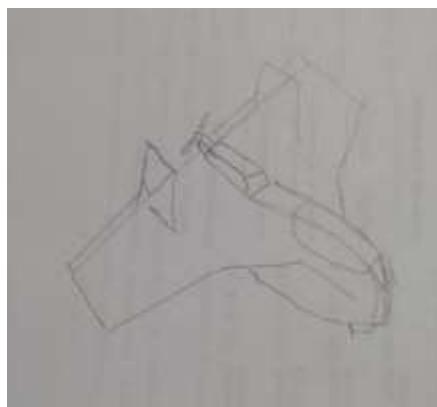


Рис.1 – модель-аналог, созданная в результате вывода о преимущественно лучших характеристиках «Бесхвостки».



Рис.2-двуухлавниковая модель, созданная в результате полученного вывода о необходимости повышения устойчивости на поверхности воды.

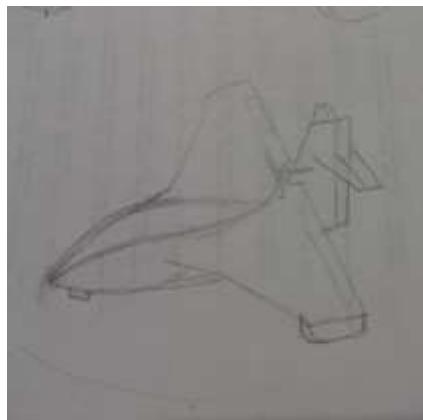


Рис.3-модель с удлиненным фюзеляжем, как результат вывода о необходимости повышения устойчивости в воздухе.

## Шаг 2. Чертеж

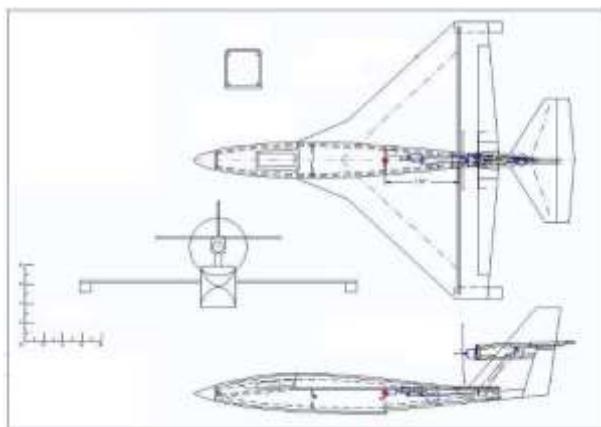
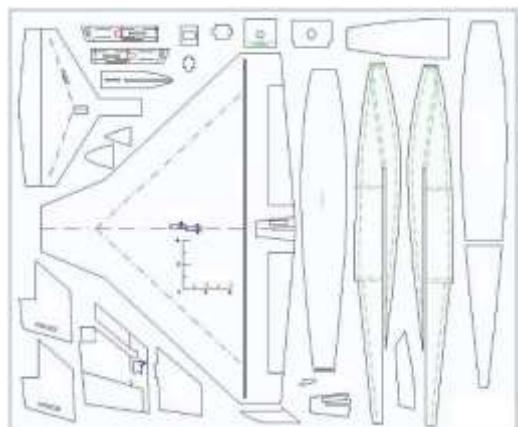


Рис.4 -Создание общего чертежа в Компас3Д. Рис.5- Создание чертежа каждой детали для последующего изготовления шаблонов



### Шаг 3. Смета

Таблица 3-Смета

№	Наименование	Ед.изм.	К-во	Цена за ед.	Стоимость
1	Потолочная плитка из вспененного полистирола 50x50 см	шт.	8	25, 25₽	202, 00 ₽
2	Видеокамера	шт.	1	1 308, 00 ₽	1 308, 00 ₽
3	Сервопривод типа 9g SG90	шт.	4	210, 00 ₽	840, 00 ₽
4	Винт 9x6 дюймов	шт.	1	200, 00 ₽	200, 00 ₽
5	Клей полимерный для потолочных покрытий 0,45 л	шт.	1	180, 00 ₽	180, 00 ₽
6	Аккумулятор 2700 мАн	шт	1	4000, 00 ₽	4 000, 00 ₽
7	Бесколлекторный двигатель 1400Kv	шт	1	1 200, 00 ₽	1 200, 00 ₽
8	Шланг	шт	1	166, 00 ₽	166, 00 ₽
9	Flysky FS-i6 AFHDS 2A 2,4 6CH радиосистемы передатчик (пульт управления)	шт	1	3 708, 00 ₽	3 708, 00 ₽
10	Цветной скотч	шт	3	120, 00 ₽	360, 00 ₽
11	Емкость для забора воды	шт	2	50, 00 ₽	100, 00 ₽
<b>ИТОГО</b>					<b>=12 264, 00 ₽</b>

### Шаг 4. Сборка модели.

Рисунок 6-7. Изготовление деталей из потолочной плитки 5мм и последующая сборка прототипа.



Рис. 6



Рис.7

Рисунок 8-9 Оснащение электрическим оборудованием и оклейка прототипа цветным скотчем.



Рис.8



Рис.9

**Шаг 5. Проведение летных испытаний.** Видео-сюжет содержит тест технической функциональности системы сбора воды, процесс проведения полета с полным оборудованием на борту БЛА, осуществление транспортировки пробы воды.

[https://drive.google.com/drive/folders/1HISF8rIV4a4ApgzDSpc\\_9zjC0jlzlPO4?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/1HISF8rIV4a4ApgzDSpc_9zjC0jlzlPO4?usp=sharing)



Рис.10



Рис.11



Рис.12

**Шаг 6. Концепция отбора проб воды.**

На рисунке 13 представлен схема работы системы отбора проб воды. Вода будет поступать по шлангу в две емкости объемом по 0,5 л каждая. Их нагрузка равномерно распределена на двух частях крыльев. Накачивать воду в емкости будет насос, расположенный внутри корпуса аппарата, также расположенный с распределением нагрузки относительно корпуса БЛА. Для опускания шланга на нужные глубины он намотан на катушку, которая приводится в движение электродвигателем. На конце шланга весит утяжелитель для преодоления выталкивающей силы воды.

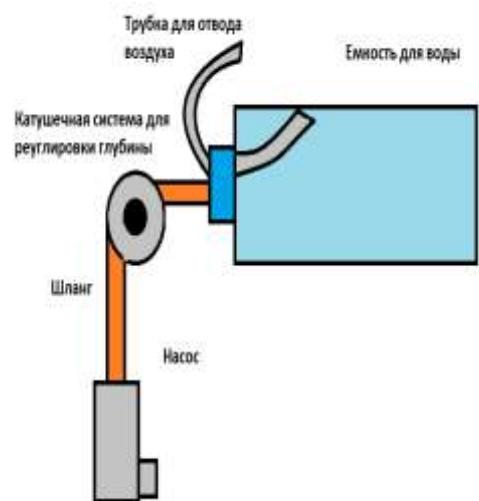


Рис.13

### **Список литературы.**

1. Биксаев, А. Ш. Летательные аппараты нетрадиционных схем / А. Ш. Биксаев, Н. С. Сенюшкин, А. А. Лоскутников, И. И. Салимова. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2013. — № 11 (58). — С. 75-78. — URL: <https://moluch.ru/archive/58/8249/> (дата обращения: 01.12.2021).
2. Копиев Григорий. Дрон помог экологам собрать пробы воды <https://nplus1.ru/news/2021/06/28/nixie>(дата обращения 22.02.2023)
3. Куатов Б.Ж., Макаев Т.З. История развития беспилотных летательных аппаратов // НиКа. 2017. №. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/istoriya-razvitiya-bespilotnyh-letatelnyh-apparatom> (дата обращения: 01.05.2022).
4. Куприков М. Ю. ГИДРОСАМОЛЁТ // Большая российская энциклопедия. Электронная версия (2017); [https://bigenc.ru/technology\\_and\\_technique/text/4344807](https://bigenc.ru/technology_and_technique/text/4344807) Дата обращения:01.05.2022
5. Применение беспилотных летательных аппаратов в географических исследованиях / Материалы Всероссийской научно-практической конференции (Иркутск, 22–23 мая 2018 г.). – Иркутск: Издательство Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2018. – 135 с.
6. Приходько Дмитрий. Новые модификации дронов смогут вести не только фото- и видеосъёмку <https://3dnews.ru/908464> (дата обращения 22.02.2023)
7. Фетисов, В. С. Беспилотная авиация: терминология, классификация, современное состояние / В. С. Фетисов. - Уфа 2014 Научное издание ISBN 978-5-9903144-3-6 Уфа: ФОТОН, 2014. – 217 с.

## Получение коагулянтов на основе железорудных хвостов

Александра Семенова, 2 курс магистратуры, Санкт-Петербургский горный университет, кафедра геоэкологии, специальность «Экология и природопользование», г. Санкт-Петербург

**Победитель Водного конкурса-2023, Гран-при «Золотая рыбка», победитель номинации «Экономическая эффективность реализации проектов в сфере охраны и восстановления водных ресурсов»**

Руководитель: В.А. Матвеева, канд. техн. наук, директор НЦ «Экосистема», доцент кафедры Геоэкологии

### Аннотация

В настоящее время в Российской Федерации сложилась неблагоприятная ситуация, связанная с образованием и хранением отходов обогащения железной руды. Хорошо известно, что накопление отходов в хвостохранилищах и, следовательно, их распространение в окружающей среде может вызвать серьезную экологическую опасность. Цель работы - получение на основе отходов обогащения железной руды реагентов, применяемых в качестве коагулянтов для очистки сточных и питьевых вод.

В ходе работы были изучены свойства железорудных хвостов, которые в дальнейшем были использованы в качестве сырья для получения коагулянтов на основе железа. Объектом данного исследования являются отходы обогащения Стойленского СГОКа, который расположен в Белгородской области, г. Старый Оскол. Определение химического состава проведено методом рентгеновской флуоресценции (XRF). Для реализации этого метода в лаборатории использовали последовательный рентгенофлуоресцентный спектрометр XRF-1800 (Shimadzu). Гранулометрический анализ хвостов проводили с помощью лазерного дифракционного анализатора размера частиц Horiba LA-950. Определение минералогического состава осуществлялось рентгеновской дифракцией. Рентгенофазовый анализ проводили на порошковом рентгеновском дифрактометре XRD-6000 с высокотемпературной камерой НА1001. Поиск фаз осуществлялся с использованием международной картотеки JSPDC. Морфология зерен был получена с помощью растровой электронной микроскопии.

В результате исследований были получены коагулянты на основе железа. Анализы металлов проводили с помощью спектроскопии с индуктивно связанный плазмой (ICP). Эксперимент по очистке воды показал эффективность реагента. Твердая фаза, остающаяся после процесса выщелачивания, представляет собой мелкий порошок с потенциальным использованием в других промышленных сегментах. Результаты расчетов экономической эффективности показывают, что производство коагулянтов может рассматриваться с одной стороны, как расширение производственной цепочки добычи железной руды и минимизация количества хвостов, подлежащих сбросу в дамбы хвостохранилища, а с другой, как получение коагулянта с пониженной стоимостью, который можно применять в основных операциях очистки сточных вод.

## Общая характеристика работы

**Актуальность работы:** согласно государственному докладу «О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской в 2020 году» в РФ добывается в среднем 350 млн. тонн железной руды в год. При этом в результате обогащения образуется большой объем «хвостов», хранение которых может привести к существенному загрязнению поверхностных и подземные вод [1], что ведет к накоплению экологического вреда в районе деятельности рудоперерабатывающих предприятий. Важно подчеркнуть, что в составе отходов помимо пустой породы присутствуют частицы железосодержащих минералов. По сути, хвостохранилища представляют собой техногенные месторождения полезных ископаемых, которые могут быть использованы в различных отраслях промышленности.

Основная причина, по которой вторичная переработка отходов обогащения железной руды не нашла массового применения в Российской Федерации в промышленных масштабах – отсутствие инновационных рентабельных технологий. Согласно «Прогнозу научно-технологического развития Российской Федерации на период до 2030 года», одним из ведущих направлений текущей государственной политики является комплексное освоение минеральных ресурсов, а также техногенного сырья в промышленных масштабах. Ожидаемым результатом такой политики является рациональное использование минерально-сырьевой базы.

Для создания необходимых условий Правительством Российской Федерации была выпущена «Стратегия развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года», в которой предприятия черной металлургии входят в перечень основных видов промышленных объектов, образующих отходы и использующих в производстве обработанное вторичное сырье из отходов, на базе которых планируется создание обновленной системы, ориентированной на вовлечение промышленных отходов в хозяйственный оборот в качестве дополнительного сырья.

**Целью** данного проекта является получение реагентов на основе отходов обогащения железной руды, применяемых в качестве коагулянтов для очистки сточных и питьевых вод, а также осаждения твердых взвесей при очистке больших объемов высокомутной воды.

**Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:**

1. Проведение анализов по определению химического, минералогического, гранулометрического состава, а также выявлению морфологии частиц отходов с целью

оценки пригодности использования рассматриваемого отхода в качестве сырья для получения нового товарного продукта – железосодержащего коагулянта.

2. Подбор оптимальных параметров процесса получения коагулянта на основе отходов обогащения железной руды.
3. Оценка эффективность коагулянта.
4. Расчет экономической эффективности проекта.

## 1 Характеристика отходов Стойленского СГОКа и оценки возможности их использования в качестве сырья для производства коагулянтов

Объектом данного исследования являются отходы обогащения Стойленского СГОКа, который расположен в Белгородской области, г. Старый Оскол. Результаты анализа химического анализа образцов отходов обогащения Стойленского СГОКа представлен в таблице 1. По результатам рентгенофлуоресцентного анализа, отходы обогащения Стойленского СГОКа можно отнести к высококремниевому типу, который является одним из наиболее широко распространенных типов железорудных хвостов [2].

Таблица 1 - Химический состав железорудных хвостов по данным РФА (масс., %).

SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	TiO <sub>2</sub>	ППП
71,4	18,0	4,17	3,38	2,03	0,742	0,628	0,206	0,092	0,055	2,20

Дифрактограмма отходов обогащения железной руды (XRD) отображена на рисунке 1. Минеральная часть твердых отходов представляет собой кварц (SiO<sub>2</sub>) с примесью магнетита (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>), гематита (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) и полиморфных модификаций сложного оксида кальция и железа (железо с различной валентностью). Интенсивность дифракционных пиков кварца значительно выше, чем у других минералов, что свидетельствует о том, что кварц является основным минералом. Расшифровка дифрактограммы подтверждается химическим составом XRF анализа (таблица 2), где SiO<sub>2</sub> также является основным компонентом (71,4%, мас.%).

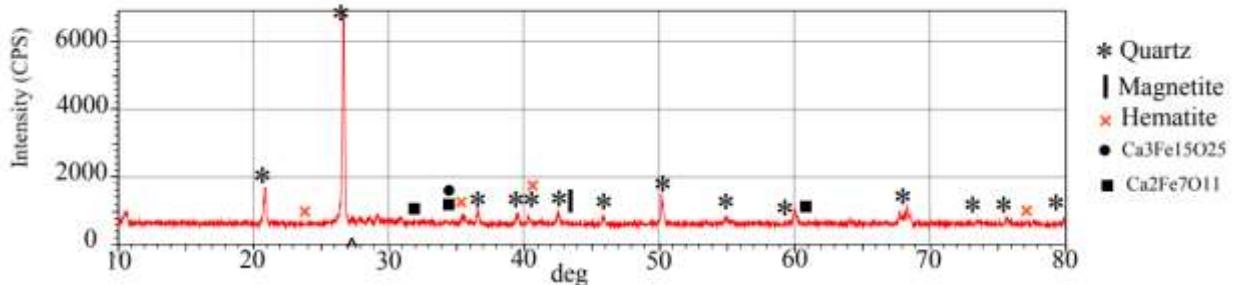


Рисунок 1 - Рентгенофазовый анализ отходов обогащения железной руды.

Гранулометрический анализ отходов обогащения железной руды представлен на рисунке 2 и в таблице 2. Поскольку наибольший процент частиц лежит в диапазоне до 1 мм, можно сделать вывод о том, что мелкий размер частиц преобладает.

Таблица 2 – Гранулометрический состав железорудных хвостов.

Размер фракции, мм	<0,005	0,005 – 0,01	0,01-0,05	0,05-0,1	0,1-0,25	0,25-0,5	0,5-1	1-3
Содержание фракции, %	2,412	4,453	13,495	9,983	9,602	18,405	30,12	11,53

UnderSize, %	2,412	6,865	20,36	30,342	39,944	58,35	88,47	100
--------------	-------	-------	-------	--------	--------	-------	-------	-----

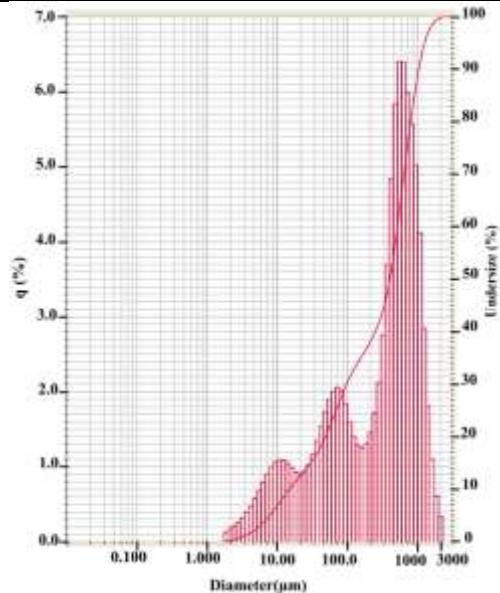


Рисунок 2 - Гранулометрический состав отходов обогащения железной руды.

Сканирующая электронная микроскопия отходов обогащения железной руды Стойленского СГОКа позволила выявить некоторые интересные особенности, связанные с морфологией образцов, а именно: частицы имеют угловатую и неправильную форму (a,d), при наибольшем приближении можно видеть выступы и неровную поверхность (b,d,e,f), что, в свою очередь, увеличивает площадь поверхности частиц хвостов и делает внешний вид микрочастиц шероховатым (рисунок 3). При этом полученные изображения подтверждают результаты гранулометрического состава: на рисунке можно видеть большое количество частиц размером менее 500 мкм (c), а также небольшое количество частиц более 1000 мкм (a).

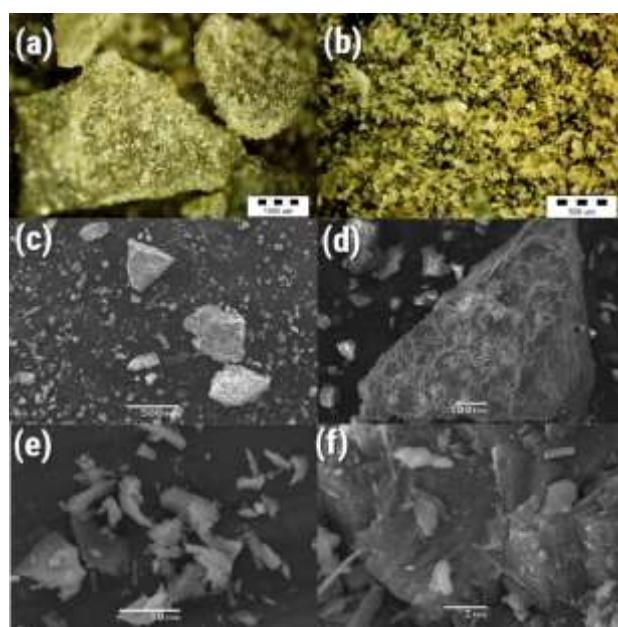


Рисунок 3 – Морфология хвостов железной руды при различных увеличениях.

Сходимость результатов различных методов анализа свойств отходов обогащения железной руды Стойленского СГОКа говорит о достоверности проведенных исследований. Это дает возможность аналитически оценить возможность применения современных технологий переработки и утилизации железорудных хвостов.

По результатам проведенных анализов можно выделить следующие возможные направления переработки отходов обогащения железной руды: использование в качестве сырья при производстве удобрений[3–6], при производстве реагентов для очистки сточных вод [2,7–12], строительных материалов (цемента [13–20], бетона [21–29], в качестве закладочного материала[30–35], в дорожном строительстве [36–39]. На рисунке 4 в общем виде представлены предпосылки возможности реализации, а также достоинства и недостатки данных направлений.



Рисунок 4 – Предпосылки, преимущества и недостатки использования отходов обогащения в различных направлениях утилизации.

Поскольку железо, находящееся в составе отходов обогащения железной руды, является ценным сырьем, а также мешающим фактором при внедрении отходов в производство строительных материалов, целесообразным решением является возможность извлечения железа гидрометаллургическими процессами. Оксиды железа в отходах представлены в виде гематита и магнетита, и, как следствие, обладают способностью растворяться в кислотах, благодаря чему на основе отходов обогащения железной руды возможно получение железосодержащих коагулянтов [11]. В этом исследовании рассматривался потенциал производства хлорида и сульфата железа на основе железорудных хвостов.

## 2 Анализ и трактовка результатов исследований

### 2.1 Получение коагулянта $\text{FeCl}_3$

В рамках оценки возможности выщелачивания железа из отходов обогащения Стойленского ГОКа был проведен пробный эксперимент при следующих условиях: объем растворителя (HCl) – 50 мл, время выщелачивания – 3 часа, концентрация соляной кислоты – 37%. Результаты эксперимента представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты эксперимента.

Номер пробы	Масса навески, г	Концентрация Fe, мг/л	Выщелоченный оксид железа, %	Эффективность выщелачивания, %
1	1	755	5,39	29,96
2	1	888	6,34	35,24
3	3	2640	6,29	34,92
4	3	3280	7,81	43,39
5	5	5200	7,43	41,27
6	5	5340	7,63	42,38

Для понимания достоверности результатов остаток отходов обогащения железной руды был промыт 3 раза дистиллированной водой и высушен, после чего был проведен РФА анализ. В таблице 4 представлены результаты РФА анализа отхода до и после выщелачивания.

Таблица 4 - Результаты РФА анализа до и после выщелачивания.

	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	TiO <sub>2</sub>	ППП
До	71,4	18,0	4,17	3,38	2,03	0,742	0,628	0,206	0,092	0,055	2,20
После	83,5	10,5	3,32	1,44	1,82	0,858	0,321	0,073	0,069	0,061	0,54

По результатам РФА анализа наглядно видно, что в результате выщелачивания было извлечено 7,5 процентов железа, что согласуется с результатами ICP анализа. Полученный остаток может быть использован в строительной промышленности за счет пониженного содержания железа.

В рамках оценки коагуляционных свойств хлорида железа было проведено два эксперимента. В первом проверялась способность коагулянта к очистке растворов от цветности, во втором способность к ускорению осаждения мелких частиц. Согласно ГОСТ Р 51642-2000, для создания модельного раствора цветности был использован гумат натрия. Также был проведен опыт по осаждению мелкодисперсных частиц золы. Результаты проведенных экспериментов подтверждают работоспособность полученного на основе отходов обогащения железной руды коагулянта хлорида железа.

Реагент (соляная кислота), используемый в эксперименте, обладает рядом существенных недостатков: высокая летучесть, токсичность паров, повышенная стоимость.

По этой причине было принято решение проведение экспериментов по получению коагулянтов с использованием серной кислоты.

## 2.2 Получение комплексного коагулянта

На основе отходов обогащения железной руды также возможно получение комплексного коагулянта, состоящего из сульфата железа и сульфата алюминия, при взаимодействии с разбавленной серной кислотой [40]. Результаты экспериментов представлены ниже. Масса навески - 15 г, объём растворителя - 50 мл. Концентрация кислоты, а также температура реакции варьировалась (таблица 5,6).

Таблица 5 – Результаты экспериментов по получению комплексного коагулянта.

Элемент	5%	10%	14%	20%	25%
Al mg/ L	163	212	230	515	544
Fe mg/L	936	1130	1170	3000	3070
Эффективность выщелачивания					
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	5,0	6,6	7,2	16,0	7,9
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	2,5	3,0	3,1	17,0	8,1

Таблица 6 – Результаты экспериментов по получению комплексного коагулянта.

Элемент	10% 50 C	10% 100 C	25% 50 C	25% 100 C
Al mg/ L	695	1710	1090	2350
Fe mg/L	4140	15900	9640	28800
Эффективность выщелачивания				
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	21,6	53,1	33,8	72,9
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	11,0	42,1	25,5	76,2

Наиболее эффективное выщелачивание железа и алюминия наблюдалось при 100 градусах и концентрации серной кислоты 25 процентов. В рамках оценки коагуляционных свойств полученного комплексного коагулянта было проведено два эксперимента. В первом проверялась способность коагулянта к очистке растворов от цветности, во втором способность к ускорению осаждения мелких частиц. Согласно ГОСТ Р 51642-2000, для создания модельного раствора цветности был использован гумат натрия. Также был проведен опыт по осаждению мелкодисперсных частиц золы. Результаты проведенных экспериментов подтверждают работоспособность полученного на основе отходов обогащения железной руды коагулянта.

## Оценка экономической эффективности разработанных технологий

Для того, чтобы понять, является ли наш проект привлекательным для инвестирования, нам необходимо оценить его, используя следующие показатели: NPV (чистый дисконтированный доход); RI (индекс прибыльности инвестиций); PP (срок окупаемости).

Далее рассмотрим капиталовложения для реализации технологии получения коагулянта хлорида железа. Предположительный состав оборудования представлен в таблице 1. Предложенная аппаратурно-технологическая схема выглядит следующим образом. Основным аппаратом для проведения реакции взаимодействия кислотного агента с железорудными хвостами является реактор. Из емкости кислоты в него подается кислота для выщелачивания железа и создания кислой среды (pH=1). Из бункера через питатель в реакторы подается твердый отход производства, содержащий железо. Выделяющиеся в процессе протекания реакции газы направляются в ловушку для газов. По окончании загрузки отходов реакционная смесь остается в течение 3 часов и перекачивается насосами в реактор-отстойник. После разделения смеси осветленная часть (коагулянт) через систему фильтров перекачивается в емкость коагулянта, а осадок направляется на установку, где происходит его промывка с целью дальнейшей утилизации. Примем, что годовой объем производства коагулянта составляет 150 тонн.

Таблица 7 – Суммарные капитальные затраты на приобретение и монтаж оборудования для производства коагулянта хлорида железа.

Вид затрат	Капитальные затраты, руб.
Реактор	1000000
Стоимость вспомогательного оборудования	1500000
Доставка, складские расходы, запчасти	1200000
Монтаж оборудования	1100000
Прокладка трубопроводов	850000
КИП и их монтаж	750000
Спецработы	1500000
Итого	7900000

Таблица 8 – Эксплуатационные затраты для производства коагулянта хлорида железа.

Затраты	Затраты на 1 тонну продукта	Стоимость
Железорудные хвосты	0 руб/т	0 руб/год
Вода для промывки остатка	25 руб/л	18 750 000 руб/год
Соляная кислота (37%)	37500 руб/тонн	5 625 000 руб/год
Электроэнергия (кВт)	-	9926550 руб/год
Зарплата рабочих	-	6926550
Страховые взносы	-	2304000
Смазочные, обтирочные материалы, мелкие запчасти	-	150000

Текущий ремонт		335000
Амортизация	-	790000
Прочие расходы	-	88000

Аналогично предыдущему расчету выполним расчет для производства коагулянта с использованием серной разбавленной кислоты и с учетом дополнительных затрат электроэнергии на нагрев, а также специальных обогревающих элементов оборудования. Рассчитаем чистый денежный поток от внедрения установки на предприятии за временной промежуток 10 лет. Расчет выполнен в программе Excel.

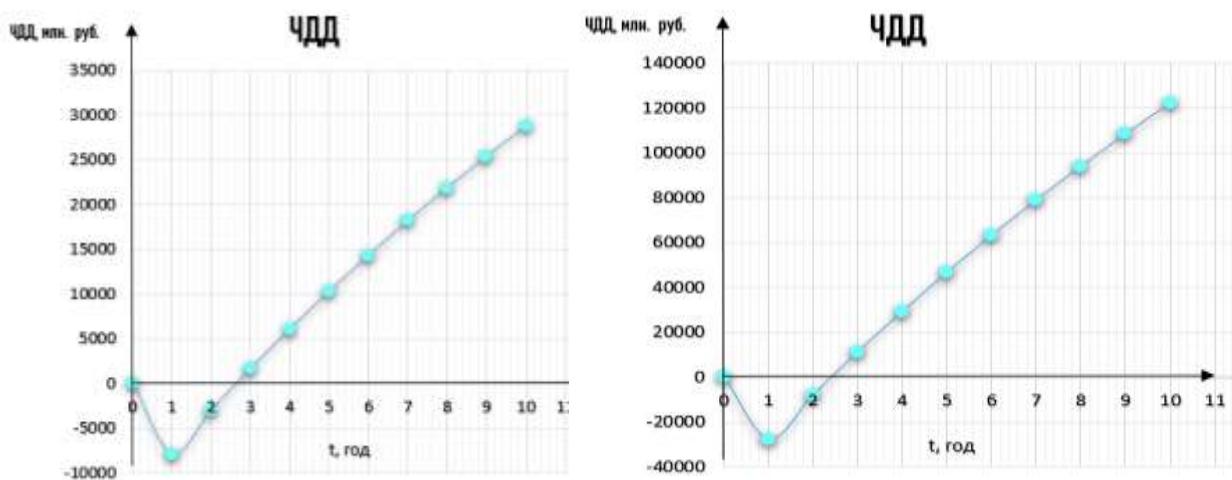


Рисунок 5 – График ЧДД наращенным итогом (Слева  $\text{FeCl}_3$ , справа комплексны коагулянт).

По графику ЧДД (рисунок 5) видно, что проект производства хлорида железа окупается через 2,5 года. Индекс прибыльности инвестиций (PI), который демонстрирует отношение отдачи дисконтированного дохода к капитальным затратам, составляет 5,0. Для производства коагулянта с использованием серной разбавленной кислоты таком случае (PI) будет 5,8, а срок окупаемости проекта составит 2,3 года.

Таким образом, можно сделать вывод о рентабельности двух предлагаемых технологий, при этом можно отметить, что производство комплексного коагулянта все же более экономически целесообразно.

## Заключение

Отходы обогащения железной руды являются одним из основных побочных продуктов горноперерабатывающей промышленности, которые провоцируют проблемы экологической безопасности. Непрерывное развитие черной металлургии, а также постепенный переход на добычу запасов с рудами низкого качества, требующих обогащения, приводит к еще большему увеличению количества отходов. По этой причине последнее время железорудные хвосты в качестве вторичных ресурсов обратили на себя значительное внимание исследователей.

В данной работе мы получили на основе отходов обогащения железной руды реагенты, которые могут применяться в качестве коагулянтов для очистки сточных. В ходе работы были изучены свойства железорудных хвостов, на основе которых были получены коагулянты с использованием соляной и серной кислот, а также выявлены оптимальные условия получения коагулянтов. Эффективность полученного продукта была экспериментально подтверждена. Результаты расчетов экономической эффективности показывают, что производство коагулянтов может рассматриваться как расширение производственной цепочки добычи железной руды и минимизация количества хвостов, подлежащих сбросу в дамбы хвостохранилища. Также отмечается возможность использования твердой фазы, которая остается после процесса выщелачивания в качестве сырья для строительной промышленности, что создает потенциал для комплексной переработки отходов обогащения железной руды, а также может в значительной степени повысить окупаемость проекта.

### Список использованной литературы

1. Нуреев Р.Р., Пашкевич М.А., Харько П.А. Оценка воздействия отходов обогащения медных руд на поверхностные и подземные воды // Геология и Геофизика Юга России. 2022. Vol. 12, № 4. P. 169–179.
2. Dong G. et al. Mesoporous zinc silicate composites derived from iron ore tailings for highly efficient dye removal: Structure and morphology evolution // *Microporous and Mesoporous Materials*. Elsevier B.V., 2020. Vol. 305.
3. Hu P. et al. Preparation and effectiveness of slow-release silicon fertilizer by sintering with iron ore tailings // *Environ Prog Sustain Energy*. John Wiley and Sons Inc., 2018. Vol. 37, № 3. P. 1011–1019.
4. Pendyurin E. A. R.S.Yu., S.L.M. Organomineral fertilizer based on industrial by-products // *Environ Manage*. 2019. P. 54–59.
5. Lei M. et al. Safety assessment and application of iron and manganese ore tailings for the remediation of As-contaminated soil // *Process Safety and Environmental Protection*. Elsevier, 2019. Vol. 125. P. 334–341.
6. Rao B. et al. An Efficient and Sustainable Approach for Preparing Silicon Fertilizer by Using Crystalline Silica from Ore // *JOM. Minerals, Metals and Materials Society*, 2019. Vol. 71, № 11. P. 3915–3922.
7. Duan P. et al. Development of fly ash and iron ore tailing based porous geopolymers for removal of Cu(II) from wastewater // *Ceram Int*. Elsevier Ltd, 2016. Vol. 42, № 12. P. 13507–13518.
8. Bai S. et al. Mesoporous manganese silicate composite adsorbents synthesized from high-silicon iron ore tailing // *Chemical Engineering Research and Design*. Institution of Chemical Engineers, 2020. Vol. 159. P. 543–554.
9. Han X. et al. Facile synthesis of mesoporous silica derived from iron ore tailings for efficient adsorption of methylene blue // *Colloids Surf A Physicochem Eng Asp*. Elsevier B.V., 2021. Vol. 617.
10. Sarkar S., Sarkar S., Biswas P. Effective utilization of iron ore slime, a mining waste as adsorbent for removal of Pb(II) and Hg(II) // *J Environ Chem Eng*. Elsevier, 2017. Vol. 5, № 1. P. 38–44.
11. Almeida V.O., Schneider I.A.H. Production of a ferric chloride coagulant by leaching an iron ore tailing // *Miner Eng*. Pergamon, 2020. Vol. 156. P. 106511.
12. Xu X., Deng Y. Utilization of Iron Ore Tailing for the Preparation of  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nanoparticles. Atlantis Press, 2018. P. 125–128.
13. Young G., Yang M. Preparation and characterization of Portland cement clinker from iron ore tailings // *Constr Build Mater*. Elsevier, 2019. Vol. 197. P. 152–156.

14. Magalhães L.F. de et al. Iron ore tailings as a supplementary cementitious material in the production of pigmented cements // *J Clean Prod.* Elsevier, 2020. Vol. 274. P. 123260.
15. Wang Q. et al. Application of calcareous iron ore tailings in the production of cement // *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects.* Taylor & Francis, 2020. P. 1–10.
16. Ranade R. et al. Feasibility Study of Developing Green ECC Using Iron Ore Tailings Powder as Cement Replacement // Article in *Journal of Materials in Civil Engineering.* 2013.
17. Yao G. et al. Activation of hydration properties of iron ore tailings and their application as supplementary cementitious materials in cement // *Powder Technol.* Elsevier, 2020. Vol. 360. P. 863–871.
18. Luo L. et al. Utilization of Iron Ore Tailings as Raw Material for Portland Cement Clinker Production // *Advances in Materials Science and Engineering.* Hindawi Publishing Corporation, 2016. Vol. 2016.
19. Xiong C. et al. Use of grounded iron ore tailings (GIOTs) and BaCO<sub>3</sub> to improve sulfate resistance of pastes // *Constr Build Mater.* Elsevier, 2017. Vol. 150. P. 66–76.
20. Shcherbina N.F., Kochetkova T. v. Use of Iron-Ore Enrichment Tailings in the Production of Ceramic Articles // *Glass and Ceramics (English translation of Steklo i Keramika).* Springer New York LLC, 2016. Vol. 73, № 1–2. P. 22–24.
21. Lv X. et al. Environmental impact, durability performance, and interfacial transition zone of iron ore tailings utilized as dam concrete aggregates // *J Clean Prod.* Elsevier, 2021. Vol. 292. P. 126068.
22. Gong L. et al. Experimental Study and Microscopic Analysis on Frost Resistance of Iron Ore Tailings Recycled Aggregate Concrete // *Advances in Materials Science and Engineering.* Hindawi Limited, 2022.
23. Zhao J. et al. An evaluation of iron ore tailings characteristics and iron ore tailings concrete properties // *Constr Build Mater.* Elsevier, 2021. Vol. 286. P. 122968.
24. Zhang W. et al. Effects of iron ore tailings on the compressive strength and permeability of ultra-high performance concrete // *Constr Build Mater.* Elsevier, 2020. Vol. 260. P. 119917.
25. Cheng Y. et al. Durability of concrete incorporated with siliceous iron tailings // *Constr Build Mater.* Elsevier, 2020. Vol. 242. P. 118147.
26. Finih P. et al. Preparations of composite concretes using iron ore tailings as fine aggregates and their mechanical behavior // *Mater. Tehnol.* 53. 2019. P. 467–472.
27. Shwetha R. A. Study on Utilization of Iron Ore Tailings as Fine Aggregates and GGBS as Partial Substitute in Concrete // *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT).* 2017.

28. Umara Shettima A. et al. Strength and Microstructure of Concrete with Iron Ore Tailings as Replacement for River Sand // E3S Web of Conferences. EDP Sciences, 2018. Vol. 34.
29. Shettima A.U. et al. Evaluation of iron ore tailings as replacement for fine aggregate in concrete // Constr Build Mater. Elsevier, 2016. Vol. 120. P. 72–79.
30. Rybnikova L. S. R.P.A. Geoecological problems of mining waste in the old industrial areas of the Middle Urals // Sergeev's Lectures: Proceedings of Annual Session of the Geoecology, Engineering Geology and Hydrogeology Science Board of the Russian Academy of Sciences. 2018. P. 91–96.
31. Shchekina A.Yu., & S.E.R. EFFECTIVE WAYS TO IMPROVE BACKFILL MATERIAL // Science and Innovation in Construction (pp. 404-407). 2020.
32. Krishna R.S. et al. Mine tailings-based geopolymers: Properties, applications and industrial prospects // Ceram Int. Elsevier, 2021. Vol. 47, № 13. P. 17826–17843.
33. Lu H. et al. A new procedure for recycling waste tailings as cemented paste backfill to underground stopes and open pits // J Clean Prod. Elsevier, 2018. Vol. 188. P. 601–612.
34. Deng D., Cao G., Zhang Y. Experimental Study on the Fine Iron Ore Tailing Containing Gypsum as Backfill Material // Advances in Materials Science and Engineering. Hindawi Limited, 2021. Vol. 2021.
35. Голик В.И., Д.Ю.В., К.В.И., К.Н.М. Управление свойствами твердеющих смесей при закладке выработанного пространства рудных месторождений [Electronic resource]. 2020. P. 285–292. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/upravlenie-svoystvami-tverdeyuschih-smesey-pri-zakladke-vyrabotannogo-prostranstva-rudnyh-mestorozhdeniy/viewer> (accessed: 27.02.2023).
36. Wei Z. et al. Utilization of iron ore tailing as an alternative mineral filler in asphalt mastic: High-temperature performance and environmental aspects // J Clean Prod. Elsevier, 2022. Vol. 335. P. 130318.
37. Apaza Apaza F.R. et al. Evaluation of the performance of iron ore waste as potential recycled aggregate for micro-surfacing type cold asphalt mixtures // Constr Build Mater. Elsevier, 2021. Vol. 266. P. 121020.
38. J P.B. et al. A Study on Utilization of Iron Ore Tailings as Partial Replacement for Fine Aggregates in the Construction of Rigid Pavements // Conference: National Conference on Roads and Transport (NCORT–2017), at IIT Roorkee. 2017.
39. Barati S. et al. Stabilization of iron ore tailings with cement and bentonite: a case study on Golgohar mine // Bulletin of Engineering Geology and the Environment. Springer, 2020. Vol. 79, № 8. P. 4151–4166.

## Особенности формирования растительного покрова мелководных водоемов

### Хоперского заповедника

Ирина Хлипитько, 8 класс, МКУДО «Станция юных натуралистов», г. Новохоперск, Воронежская область

### Победитель номинации Федерального агентства водных ресурсов

Руководители: Н.А. Родионова, методист, Н.Л. Хлипитько, педагог дополнительного образования

### АННОТАЦИЯ

Наше исследование проводилось в Хопёрском государственном природном заповеднике (ХГПЗ). Хоперский заповедник - пойменный, в его пойме отмечено более 400 разнообразных озёр, но преобладают малые водоемы площадью менее 1 га. В современном мире проблема изменения климата и глобального потепления стоит как никогда остро. Повышение среднегодовых температур, вырубка лесонасаждений приводит к обмелению рек, озер и малых водоемов, а изменение распределения количества осадков по сезонам усугубляет этот процесс. Мелководные водно-болотные угодья, в том числе малые озёра, претерпевают значительное сокращение по всему миру и требуют внимательного мониторинга их состояния. Эти водоёмы очень изменчивы: в засушливые годы они значительно или полностью обсыхают, в многоводные – высоко заливаются. Видовое богатство считается важнейшим критерием выделения наиболее ценных в природоохранном отношении экологических систем, но достаточно полно определено оно может быть только при регулярных, многолетних исследованиях в годы, различные по климатическим и гидрологическим условиям. Целью нашего исследования являлось изучение зарастания небольших водоемов в засушливых условиях 2021- 2022 годов. Предварительно мы проанализировали литературу по малым водоемам Хоперского заповедника за последние три периода после высоких паводков и выявили интересную закономерность - водность всех водоемов уменьшается, на что указывают тренды, а сроки снижения водности после высоких паводков становятся меньше.

Сбор полевого материала проводился в июне-августе 2021 – 2022 годов. Нами были выбраны следующие водоёмы: 1) редко заливаемые, лежащие в понижениях притеррасной поймы водоема Малый Макарчик, Кардонное, Михальчик и Яичко; 2) водоемы средней поймы у останцев террасы Крутобережное и Садилка. Данные водоемы расположены недалеко друг от друга и располагаются в кварталах 109 и 110 ХГПЗ. При обследовании водоемов отмечалась степень осушения водоемов по четырех балльной шкале, для выявления видового богатства мы обошли озера вдоль береговой линии и отметили фитоценозы данных озер, степень зарастания водоемов, баллы обилия для каждого вида, сделали описание растительности водоемов.

Всего в июне - августе 2021 – 2022 гг. нами было отмечено 53 вида растений. Наибольшее число видов отмечено на водоемах Садилка и Крутобережное. Наибольшее постоянство отмечено у гелофитов, 79,2 % у рогоза узколистного, чуть реже встречаются ежеголовник прямой, камыш озерный, осока острая и ситняг болотный. Наибольшую фитоценотическую значимость имеет многокоренник обыкновенный. Рассмотрим каждое озеро в отдельности.

По результатам наших исследований водоемы, расположенные в различных участках поймы зарастают по разному. Озера, лежащие на границе высокой и средней поймы значительно обсыхают, или же высыхают полностью и зарастают гигрофитами, однако многие гелофиты успешно продолжают расти, хотя, вероятно, с меньшим проективным покрытием, чем в условиях обводнения. При обводнении местообитаний гелофиты увеличивают как встречаемость так и проективное покрытие, появляются всходы гидатофитов. Отмечается рост видовой насыщенности флоры таких водоемов. Встречаемость гигрофитов снижается, т.к. их местообитания оказались залиты, а прибрежья заняты мезофитами.

## I. ВВЕДЕНИЕ

Наше исследование проводилось в Хопёрском государственном природном заповеднике (ХГПЗ). Хоперский заповедник - пойменный, в его пойме отмечено более 400 разнообразных озёр, но преобладают малые водоёмы площадью менее 1 га. В современном мире проблема изменения климата и глобального потепления стоит как никогда остро. Повышение среднегодовых температур, вырубка лесонасаждений приводит к обмелению рек, озер и малых водоемов, а изменение распределения количества осадков по сезонам усугубляет этот процесс. Все это оказывает влияние на видовое разнообразие и обилие водных видов растений и животных. Мелководные водоно-болотные угодья, в том числе малые озёра, претерпевают значительное сокращение по всему миру и требуют внимательного мониторинга их состояния, т.к. флора их очень богата. Эти водоёмы очень изменчивы: в засушливые годы они значительно или полностью обсыхают, в многоводные – высоко заливаются. Видовое богатство считается важнейшим критерием выделения наиболее ценных в природоохранном отношении экологических систем, но достаточно полно определено оно может быть только при регулярных, многолетних исследованиях в годы, различные по климатическим и гидрологическим условиям (Печеник, 2014, 2017).

Целью нашего исследования являлось изучение зарастания небольших водоемов в засушливых условиях 2021- 2022 годов. В наши задачи входило: 1) изучить особенности выбранных водоемов; 2) описать их растительность и проследить динамику зарастания выбранных водоемов. Актуальность исследования определяется значением пойменных водоемов как подверженных быстрым изменениям биотопам и как мест обитания редких видов. Предварительно мы проанализировали литературу по малым водоемам Хоперского заповедника за последние три периода после высоких паводков и выявили интересную закономерность (Рис. 1). Нами отмечено, что водность всех водоемов уменьшается, на что указывают тренды. Кроме того, после высокого паводка 2006 г. снижение уровня происходило медленно, достигнув минимума в 2010 г., т.е. через 4 года.

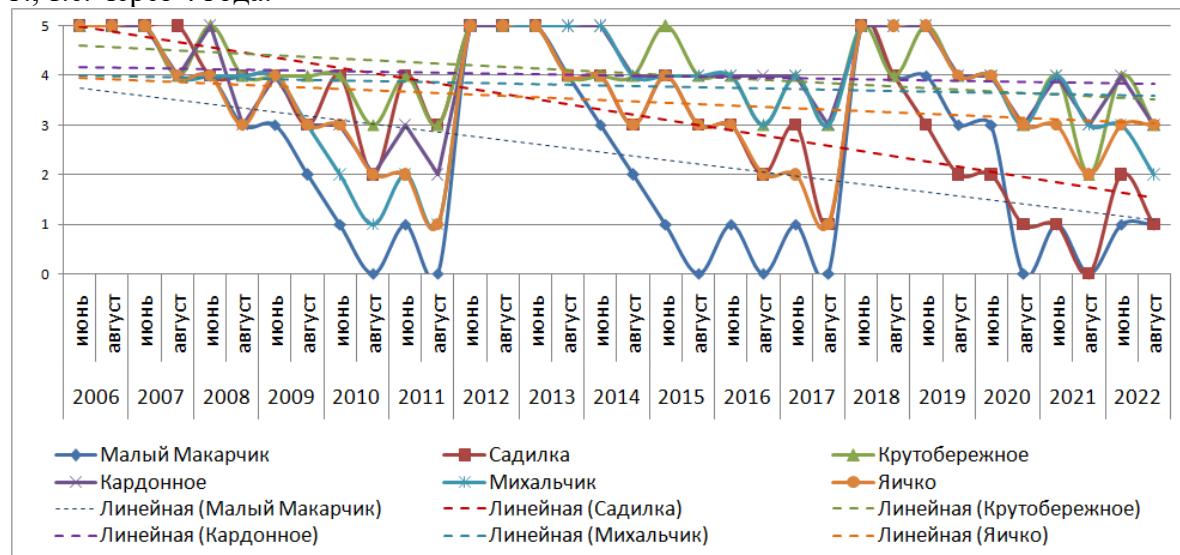


Рис. 1. Степень обводнения пойменных водоемов с 2006 по 2022 гг.

После паводка 2012 г. этот период сократился до трех лет, а после высокого и продолжительного паводка 2018 г. – до двух лет. Осушение водоемов стало происходить быстрее.

В связи с этим актуальность работы очевидна, т.к. мы зафиксировали состояние растительности обсохших прибрежий и ложа отдельных водоемов после непродолжительного обводнения, сменившегося длительным обсыханием. Как долго будет продолжаться этот период и насколько быстро сможет восстановиться высшая

водная и прибрежно-водная растительность? Именно поисками ответа на эти вопросы мы и займемся в несколько ближайших лет.

Сбор полевого материала проводился в июне-августе 2021 – 2022 годов. Нами были выбраны следующие водоёмы: 1) редко заливающиеся, лежащие в понижениях притеррасной поймы водоема Малый Макарчик, Кардонное, Михальчик и Яичко; 2) водоемы средней поймы у останцев террасы Кругобережное и Садилка. Данные водоемы расположены недалеко друг от друга и располагаются в кварталах 109 и 110 ХГПЗ. Мы использовали следующие методы: 1) ретроспективно-обзорный (анализ литературных источников по теме исследования); 2) метод измерений в природе; 3) статистическая обработка полученных результатов.

При обследовании водоемов отмечалась степень осушения водоемов по четырех балльной шкале (3 – водоем полностью залит; 2 – осушено прибрежье водоема; 1 – осушено более 50 % площади днища водоема; 0 – водоем полностью сухой). Для выявления видового богатства мы обошли озера вдоль береговой линии и отметили фитоценозы данных озер, степень зарастания водоемов, баллы обилия для каждого вида (по методическому пособию Печенюк Е. В. (Печенюк, 2003). Определение видов проводилось по «Атласу ...» (Печенюк, 2004).

Все обследованные нами водоемы – пойменные, старицного происхождения – староречья реки Хопер. Ежегодное весенне повышение уровня воды происходит в результате снеготаяния, паводковыми водами озера заливаются не ежегодно. Наиболее часто паводковые воды заходят в озеро Гниленькое, реже в Кругобережное и Садилку и только в годы с высоким паводком – в озеро Малый Макарчик (Рис. 2).

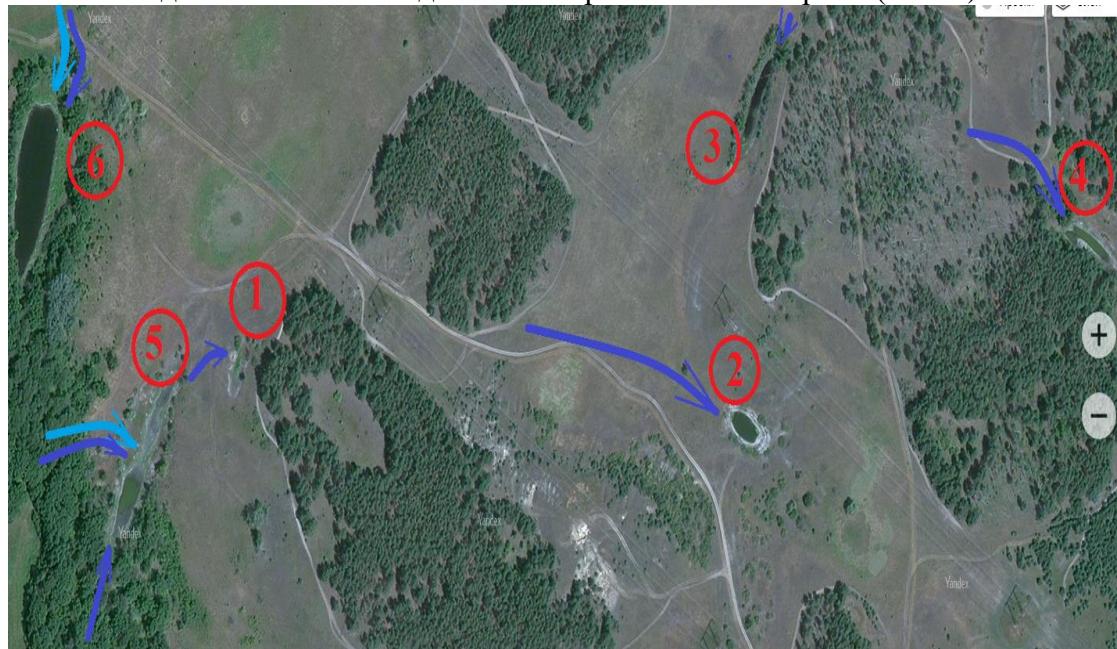


Рис. 2. Направление водотоков во время весенних паводков. Голубым цветом – в паводки с высотою от 2,5 до 4 м, синим цветом – в годы с паводками выше 4 м.

Кроме того, в озерах Кругобережное, Кардонное и Яичко есть выходы грунтовых вод (родники).

Рассмотрим каждое озеро в отдельности. Озеро Малый Макарчик – расположено у основания останца первой надпойменной террасы, овальной формы, размеры около 10 на 30 м, полное обсыхание озера отмечено в 2010, 2011, 2015, 2016, 2017, 2020 и 2021 гг. Грунт песчаный, с наилком в микропонижениях. С западной стороны озеро граничит со склоном останца террасы с посадками сосны, вокруг озера несколько деревьев ивы белой.

Озеро Кругобережное – расположено на границе высокой и средней поймы, наиболее глубокое из исследуемых (глубина до 5 м) размеры 180 на 70 м, полное

обсыхание озера не фиксировалось. Грунт песчаный, с отложениями ила глубиною до 20 см. Озеро окружено дубравой.

Озеро Садилка – находится на границе высокой и средней поймы, глубина до 4 м, размеры 170 на 50 м. В 2017 году отмечалось обсыхание ложа озера, но затем из-за большого количества осадков в осенний период было отмечено небольшое количество воды. В 2020 г. озеро обсохло. Грунт – заиленный песок, вдоль западного берега – песок. Отмечен выход родников с высоким содержанием окислов железа, местами встречаются конгломераты ожелезенного песка. С восточной стороны вдоль кромки берега озера растет ольха черная, с западного берега – смешанный лес из осины, груши, дуба черешчатого.

Озеро Кардонное - водоем высокой поймы, находящийся в притеррасной степной части поймы, в размытой ложбине, берега крутые, имеет длину 30 м и ширину 20 м [3]. Водоем неглубокий, глубиною до 2 м с песчаным дном. Наименее подвержен колебанию уровня воды, в наиболее сухие годы отмечается обсыхание прибрежий, сильное обсыхание отмечается редко.

Озеро Михальчик - водоем высокой поймы, находящийся в притеррасной части поймы, в размытой ложбине, с восточного берега подходит посадка сосны, с западного – степной участок, берега крутые, имеет длину 40 м и ширину 10 м [3]. Водоем неглубокий, глубиною до 1,3 м с заиленным дном, отложения ила до 15 см. Подвержен колебанию уровня воды, в наиболее сухие годы отмечается обсыхание прибрежий, полное обсыхание не отмечалось.

Озеро Яичко - водоем высокой поймы, находящийся в притеррасной части поймы, в размытой ложбине в посадках сосны, берега крутые, имеет длину 30 м и ширину 10 м [3]. Водоем неглубокий, глубиною до 2 м с песчаным дном. Наименее подвержен колебанию уровня воды, в наиболее сухие годы отмечается обсыхание прибрежий, сильное обсыхание отмечается редко.

При изучении данных водоемов мы обратились к данным работы, проводимой на данных водоемах в 2018 – 2021 гг. Данные показали, что в 2018 году данные водоемы были полностью обводнены после высокого паводка. Поэтому развитие растительности на данных водоемах началось только к концу лета. В 2019 г. в июне на высокопойменных водоемах наблюдалось осушение, водоемы низкой поймы были хорошо обводнены. В 2020 году водоемы обсохли из – за отсутствия паводка и низких осадков. В данный промежуток времени свое обилие набирают гелофиты и гигрофиты.

## II. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Всего в июне - августе 2021 – 2022 гг. нами было отмечено 53 вида растений (Рис. 3)

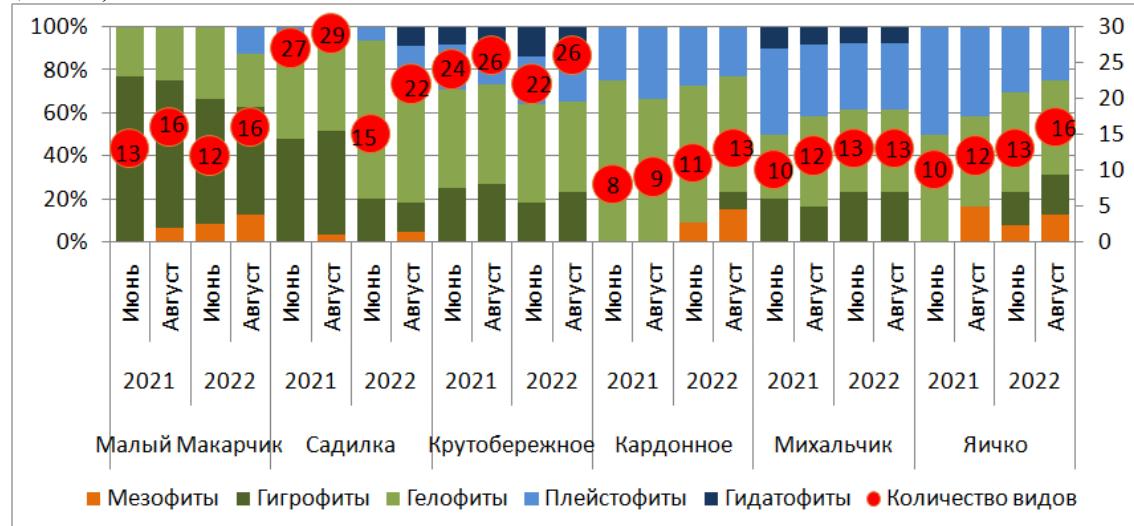


Рис. 3 Соотношения экологических групп растений обследованных водоемов

Наибольшее число видов отмечено на водоемах Садилка и Крутобережное. Наибольшее постоянство отмечено у гелофитов, 79,2 % у рогоза узколистного, чуть реже встречаются ежеголовник прямой, камыш озерный, осока острая и ситняг болотный. Наибольшую фитоценотическую значимость имеет многокоренник обыкновенный (Рис. 4, Таблица 1 Приложения).

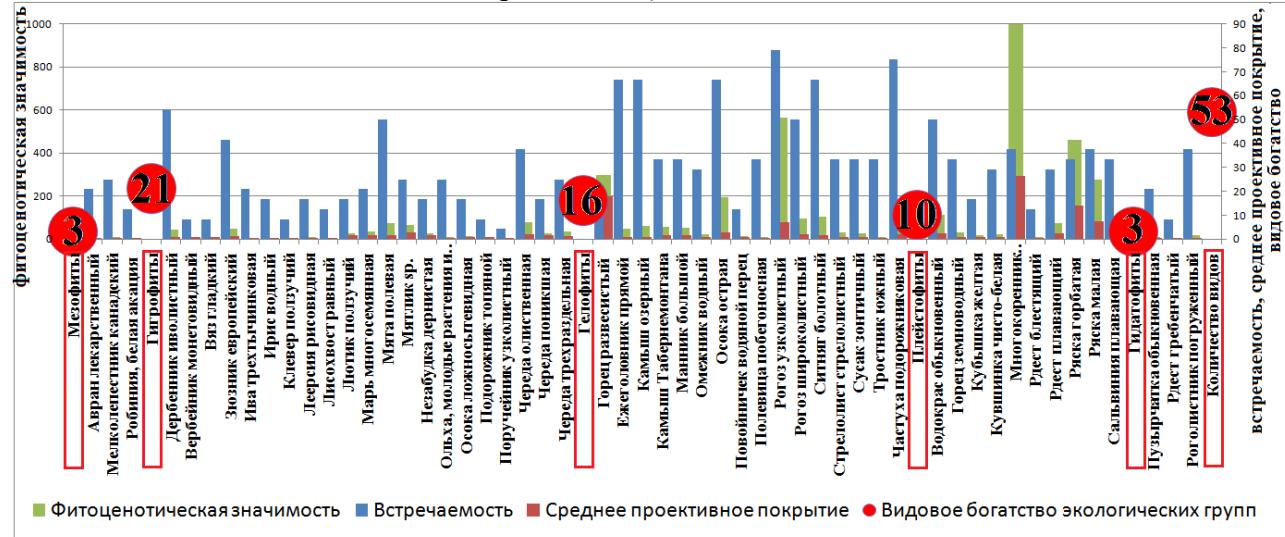


Рис. 4 Фитоценотическая значимость, встречаемость, среднее проективное покрытие и видовое богатство высшей водной и прибрежно-водной растительности

Рассмотрим зарастание отдельных водоемов. Озеро Малый Макарчик в 2021 г. обсохло полностью, весною талые воды оставались на очень непродолжительный период. В 2022 году озеро залилось талыми водами, а затем уровень воды поддерживался обильными осадками в мае- июне. К августу зеркало воды уменьшилось, но незначительно. На водоеме отмечалось 22 вида, в травостое в 2021 г. доминировали мята полевая, череда олиственная и горец развесистый, в 2022 – горец развесистый, но к августу он сильно изредился. Выше по склону берега преобладали мезофиты, доминировала полынь австрийская.

На озере Садилка нами отмечено 35 видов растений. В июне 2021 года озеро было уже обсохшим, нами отмечено обильное появление всходов рогоза узколистного, ежеголовника прямого в центре озера, а также цветение омежника водного по периметру центральной части, что говорит об осушении этого местообитания в 2020 году. В августе многочисленные всходы омежника появились в центральной части озера, переувлажненной после обильных осадков. Ближе к краям озера в фитоценозах отмечается доминирование череды олиственной. В 2022 г. озеро в центральной части весь сезон было с водою, глубина незначительная – до 60 см. Рогоз образовал заросль с проективным покрытием до 80 %, в обводненной части озера появились всходы рдестов.

На озере Крутобережное нами отмечен 31 вид растений. В июне 2021 г. в травостое прибрежий доминировали череда олиственная, с меньшим обилием отмечались камыш озерный, рогоз широколистный, частуха обыкновенная, манник большой и другие виды. Водная поверхность зарастала водокрасом обыкновенным, сальвинией плавающей, отмечалась кувшинка чисто- белая. В 2022 г. озеро заливалось паводковыми водами, все обсохшие в 2021 г. прибрежья были обводнены. Незначительно снизилось проективное покрытие практически всех видов.

Озеро Кардонное было обводнено в течение всего сезона, в 2021 г. нами отмечен всход кувшинки чисто-белой, не отмечаемой на этом озере уже несколько лет. В 2022 г. она уже заняла площадь более 2 м<sup>2</sup>.

Озеро Михальчик также было обводнено, уровень обводнения практически не изменился. В мае 2021 г. озеро было в зоне пожара, выгорели ольхи по краям озера и освещенность водоема значительно изменилась. В озере отмечается обилие плейстофитов, но к августу 2022 г. отмечена гибель большого количества многокоренника обыкновенного.

Озеро Яичко также было в зоне пожара, возможно это спровоцировало появление на берегах озера в августе 2021 г. всходов робинии, белой акции. В 2022 г. высота отдельных особей достигла 80 см. В июне 2022 г. озеро было покрыто слоем плейстофитов с проективным покрытием более 80 %, к августу большая часть рясок погибла.

Таким образом, мы выяснили, что водоемы, расположенные в различных участках поймы застают, по разному. Озера, лежащие на границе высокой и средней поймы, значительно обсыхают, или же высыхают полностью и застают гигрофитами, однако многие гелофиты успешно продолжают расти, хотя, вероятно, с меньшим проективным покрытием, чем в условиях обводнения. При обводнении местообитаний гелофиты увеличивают как встречаемость, так и проективное покрытие, появляются всходы гидатофитов. Отмечается рост видовой насыщенности флоры таких водоемов. Встречаемость гигрофитов снижается, т.к. их местообитания оказались залиты, а прибрежья заняты мезофитами.

Водоемы, находящиеся в зоне весеннего залиивания паводковыми водами, претерпевают другие изменения. При сильном увеличении уровня воды часть видов пропадает, у гелофитов и гигрофитов снижается встречаемость и проективное покрытие. Плейстофиты при сильном заливании угнетаются, при попадании в зону комфорта произрастания (для кувшинки чисто-белой, например, на глубине до 1,5 м) – не претерпевают значительных изменений. неприкрепленные плейстофиты занимают прибрежья и колебания высоты обводнения для них не значимы.

В ходе исследовательской работы мы провели химический анализ природной воды исследуемых водоемов, результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1  
Результаты химического анализа обследованных озер

показатели	ПДК	Яичко		Садилка		Малый Макарчик		Михальчик		Крутобережное		Кардонное	
		6,5		6,5		7,0		7,0		7,5		7,5	
		июнь	август	июнь	август	июнь	август	июнь	август	июнь	август	июнь	август
Железо, мг/л	0,3	1,0	1,0	1,0	0,7	1,0	1,0	1,0	0,7	0	0	0,1	0,1
Аммоний, мг/г	2,6	1,0		1,0		1,0		1,0		0		0	
Минерализация	нет	53	112	172	210	190	228	181	228	252	302	390	110
Хлориды, мг/л	350	35,5		28,4		21,3		35,5		42,6		35,5	
Сульфаты, мг/л	500	46,08		69,12		57,6		88,32		80,64		307,2	
Нитриты, мг/л	3,3	0		0		0		0		0,02		0	

#### Органолептические характеристики

Цвет (оттенок)	Желт	Желт	Желт	Темно желт	Желт	Желт
Мутность	0	1	0	1	0	0
Запах	б/запаха	б/запаха	б/запаха	болотный	травяной	болот

Интенсивность запаха	0	0	0	2	1	1
----------------------	---	---	---	---	---	---

Примечания: \*мутность: 0 - прозрачная, 1 - слабо мутная, 2 – мутная

\*\* интенсивность запаха: 0 - отсутствует, 1 - очень слабый, 2- слабый, 3-заметный 4- отчетливый

Сначала мы провели органолептические исследования, затем с помощью кондуктометра СОМ-100 оценили минерализацию. Этот показатель мы определяли в июне и августе. Для воды исследуемых озер характерна нейтральная или слабощелочная среда. За летний период минерализация природной воды увеличилась. Исследование анионного состава воды показало, что содержание хлорид-иона изменяется от 21,3 мг/л до 42,6 мг/л, что значительно ниже ПДК. Количество сульфат-иона повышается от 46 до 307,2 мг/л, а нитрит-ион обнаружен только в озере Кругобережное.

Из катионов мы определили содержание аммония и железа. Количество иона аммония не превышает ПДК в исследуемых образцах, по содержанию железа отмечено превышение ПДК в водоёмах Яичко, Садилка, Малый Макарчик и Кордонное. Это можно объяснить высоким содержанием катионов железа в грунтовых водах.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Нами в 2021 – 2022 гг. были изучены особенности формирования растительности 6 водоемов, расположенных в пойме разных уровней: от притеррасья до средней поймы. Озера, лежащие на границе высокой и средней поймы и притеррасные водоемы значительно обсыхают, или же высыхают полностью. Водоем средней поймы сохраняет обводненность благодаря практически ежегодному заливанию паводковыми водами и выходам родников.

2. При описании растительности нами было выявлено 53 вида водной и прибрежно- водной растительности. В обсохших или частично обсохших водоемах многие гелофиты успешно продолжают расти, хотя, вероятно, с меньшим проективным покрытием, чем в условиях обводнения. При этом мы можем предположить, что встречаемость их на озере в сухие периоды увеличивается за счет появления всходов на обсохшем днище. Флора высших водных растений этих озер даже при сохранения зеркала воды обедняется. При увеличении обводнения происходит появление всходов плейстофитов, увеличивается встречаемость и проективное покрытие гелофитов, а встречаемость и видовое богатство гигрофитов снижается.

Наше исследование будет продолжено, с целью проследить динамику зарастания данных водоемов и изучения других характеристик водоемов.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Печенюк Е. В. Методика гидроботанических исследований: пособие для педагогов дополнительного образования и учителей. – Воронеж: ВГПУ, 2003. – 22 с.
2. Печенюк Е. В. Атлас высших водных и прибрежно-водных растений. / Е. В. Печенюк. – Воронежский гос. пед. университет, 2004 – 130 с.
3. Печенюк Е.В. Разнотравье низинных болот поймы реки Хопер [Текст] / Е.В. Печенюк – Воронеж: Издательско – полиграфический центр «Научная книга», 2014. – 44 с.
4. Печенюк Е.В. Растительный покров водоемов в размывах поймы реки Хопер.// Флора и растительность Центрального Черноземья – 2017. [Текст] – материалы межрегиональной научной конференции, посвященной Году особо охраняемых природных территорий и экологии [8 апреля 2017 г., г. Курск]. Центр.-Чернозем. гос. природ. биосфер. заповедник им. проф. В.В. Алексина. Курский гос. ун-т; [ред. кол.: О.В. Рыжков (отв.ред.) и др.]. – Курск: Мечта , 2017. – 185 с.

## ПРИЛОЖЕНИЕ



Описание растительности на озере Кардонное



Проведение химического анализа воды из озер

Таблица 1

Проективное покрытие высших водных и прибрежно-водных растений исследуемых водоемов

	Малый Макарчик				Садилка				Кругобережное				Кардонное				Михальчик				Яичко				Встречаемость	Обилие вида	Фитоценотическая значимость			
	2021		2022		2021		2022		2021		2022		2021		2022		2021		2022		2021		2022							
	Июнь	Август	Июнь	Август	Июнь	Август	Июнь	Август	Июнь	Август	Июнь	Август	Июнь	Август	Июнь	Август	Июнь	Август	Июнь	Август	Июнь	Август	Июнь	Август						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28			
<b>Мезофиты</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>					
Авран лекарственный ( <i>Gratiola officinalis</i> )			<b>0,3</b>	<b>0,3</b>					0,5							<b>0,3</b>	<b>0,3</b>								<b>20,8</b>	0,3	7,1			
Мелколепестник канадский ( <i>Conyza canadensis</i> )	0,3		0,3		0,3												0,3								0,3	0,3	<b>25,0</b>	0,3	7,5	
Робиния, белая акация ( <i>Robinia pseudoacacia</i> )																									0,3	0,3	0,3	<b>12,5</b>	0,3	3,8
<b>Гигрофиты</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>21</b>					
Дербенник иволистный ( <i>Lythrum salicaria</i> )	1	1	0,3	1	1	1			1	1	1	1						0,3	0,3						0,3	<b>54,2</b>	0,8	42,5		
Вербейник монетовидный ( <i>Lysimachia nummularia</i> )			0,5	1																						<b>8,3</b>	0,8	6,3		
Вяз гладкий ( <i>Ulmus laevis</i> )					1	1																				<b>8,3</b>	1,0	8,3		
Зюзник европейский ( <i>Lycopus europaeus</i> )	2	2	0,3	0,3	2	2			1	1	0,5	0,5														<b>41,7</b>	1,2	48,3		
Ива трехтычинковая ( <i>Salix triandra</i> )				0,3	0,3	0,3	0,3					0,3														<b>20,8</b>	0,3	6,3		
Ирис водный ( <i>Iris pseudacorus</i> )									0,3	0,3	0,3	0,3															<b>16,7</b>	0,3	5,0	
Клевер ползучий ( <i>Trifolium repens</i> )			0,3	0,3																						<b>8,3</b>	0,3	2,5		
Леерсия рисовидная ( <i>Leersia oryzoides</i> )																	0,3	0,3	1	1						<b>16,7</b>	0,7	10,8		
Лисохвост равный ( <i>Alopecurus aequalis</i> )		0,3	0,3	0,3																						<b>12,5</b>	0,3	3,8		

## продолжение таблицы 1

	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	<b>26</b>	27	28	
1																												
Лютик ползучий ( <i>Ranunculus repens</i> )	1	2			1	2																			<b>16,7</b>	1,5	25,0	
Марь многосемянная ( <i>Chenopodium polyspermum</i> )	1	2			1	3				1															<b>20,8</b>	1,6	33,3	
Мята полевая ( <i>Mentha austriaca</i> )	2	3	2	4	1	2	0,3	0,5	1	1	0,5	0,5													<b>50,0</b>	1,5	74,2	
Мятлик <i>sp.</i> ( <i>Poa sp.</i> )	2	2	5	3	2	2																			<b>25,0</b>	2,7	66,7	
Незабудка дернистая ( <i>Myosotis cespitosa</i> )	1	1			2	2																			<b>16,7</b>	1,5	25,0	
Ольха, молодые растения и всходы ( <i>Alnus glutinosa</i> )					0,3	0,3	0,3	0,3															0,3	0,3	<b>25,0</b>	0,3	7,5	
Осока ложносытевидная ( <i>Carex pseudocyperus</i> )																		0,5	0,5	1	1				<b>16,7</b>	0,8	12,5	
Подорожник топяной ( <i>Plantago uliginosa</i> )					1	1																			<b>8,3</b>	1,0	8,3	
Поручейник узколистный ( <i>Sium sisaroides</i> )													0,3												<b>4,2</b>	0,3	1,3	
Череда олиственная ( <i>Bidens frondosa</i> )	3	3			3	3			3	3							0,3							0,3	0,5	<b>37,5</b>	2,1	79,6
Череда поникшая ( <i>Bidens cernua</i> )	2	2			1	1																			<b>16,7</b>	1,5	25,0	
Череда трехраздельная ( <i>Bidens tripartita</i> )	1	1			1	2			1	2															<b>25,0</b>	1,3	33,3	
<b>Гелофиты</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>16</b>				
Горец развесистый ( <i>Persicaria lapathifolia</i> )	3	3	55	10																					<b>16,7</b>	17,8	295,8	
Ежеголовник прямой ( <i>Sparganium erectum</i> )					2	2	1	1	1	1	0,5	0,5					0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	<b>66,7</b>	0,7	47,5		
Камыш озерный ( <i>Schoenoplectus lacustris</i> )					1	1	0,5	1	2	2	2	3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3			<b>66,7</b>	0,9	62,1		
Камыш Табернемонтана ( <i>Schoenoplectus tabernaemontani</i> )																	2	2	3	3	1	1	1	<b>33,3</b>	1,8	58,3		
Манник большой ( <i>Glyceria maxima</i> )					2	2	1	1	2	2	1,5	1,5												<b>33,3</b>	1,6	54,2		

## продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	<b>26</b>	27	28	
Омежник водный ( <i>Oenanthe aquatica</i> )					1	1		0,3	1	1		0,3													0,3	<b>29,2</b>	0,7	20,4
Осока острая ( <i>Carex acuta</i> )	1	5	15	10	2	2	1	1	2	2	2	2	0,3	0,3	0,3	0,3									<b>66,7</b>	2,9	192,5	
Пвойничек водяной перец ( <i>Elatine hydropiper</i> )					1	1				1															<b>12,5</b>	1,0	12,5	
Полевица побегоносная ( <i>Agrostis stolonifera</i> )	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3																	<b>33,3</b>	0,3	10,0	
Рогоз узколистный ( <i>Typha angustifolia</i> )					5	10	50	50	1	1	1	1	3	3	5	3		0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	<b>79,2</b>	7,1	562,9		
Рогоз широколистный ( <i>Typha latifolia</i> )					2	1	3	5	2	2	3	4	0,3	0,3	0,3	0,3								<b>50,0</b>	1,9	96,7		
Ситняг болотный ( <i>Eleocharis palustris</i> )					2	2	5	3	1	1	1	1	1	1	1	0,3					1	1	2	2	<b>66,7</b>	1,6	105,4	
Стрелолист стрелолистный ( <i>Sagittaria sagittifolia</i> )					1	1	0,3	0,3	2	2	0,5	0,5													<b>33,3</b>	1,0	31,7	
Сусак зонтичный ( <i>Butomus umbellatus</i> )					1	1	1	1	1	1	0,3	0,3													<b>33,3</b>	0,8	27,5	
Тростник южный ( <i>Phragmites australis</i> )													0,3	0,3	0,3	0,3					0,3	0,3	0,3	0,3	<b>33,3</b>	0,3	10,0	
Частуха подорожниковая ( <i>Alisma plantago-aquatica</i> )	0,3	1	2	2	2	15	2	2	2	0,5	0,3		0,3	0,3		0,3	5	2			1	0,5	<b>75,0</b>	2,1	160,4			
<b>Плейстофиты</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>10</b>			
Водокрас обыкновенный ( <i>Hydrocharis morsus-ranae</i> )									1	1	0,3	1					5	5	0,3	1	5	5	2	0,3	<b>50,0</b>	2,2	112,1	
Горец земноводный ( <i>Polygonum amphibium</i> )					2	2	0,3	1	1	1	0,3	0,3													<b>33,3</b>	1,0	32,9	
Кубышка желтая ( <i>Nuphar lutea</i> )													1	1	0,5	0,5	1	1	1	1					<b>16,7</b>	1,0	16,7	
Кувшинка чисто-белая ( <i>Nymphaea candida</i> )									1	1	0,5	0,5		0,3	1	1									<b>29,2</b>	0,8	22,1	
Многокоренник обыкновенный ( <i>Spirodela polyrrhiza</i> )									1	1							70	50	100	10	2	5	0,3	<b>37,5</b>	26,6	<b>997,1</b>		

## продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	<b>26</b>	27	28		
Рдест блестящий ( <i>Potamogeton lucens</i> )								0,3			0,5	1													<b>12,5</b>	0,6	7,5		
Рдест плавающий ( <i>Potamogeton natans</i> )								0,3			0,5	0,3	1	1	10	5									<b>29,2</b>	2,6	75,4		
Ряска горбатая ( <i>Lemna gibba</i> )																	0,3	5	0,3	0,3	5	20	80	0,3	<b>33,3</b>	13,9	463,3		
Ряска малая ( <i>Lemna minor</i> )					0,3												0,5	10	0,3	0,3	10	40	5	0,3	<b>37,5</b>	7,4	277,9		
Сальвиния плавающая ( <i>Salvinia natans</i> )				0,3				0,3	2	2		0,3												0,3	5	0,3	<b>33,3</b>	1,3	43,8
<b>Гидатофиты</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3</b>										
Пузырчатка обыкновенная ( <i>Utricularia vulgaris</i> )								0,3	0,3	0,5	0,3	0,5														<b>20,8</b>	0,4	7,9	
Рдест гребенчатый ( <i>Potamogeton pectinatus</i> )											0,3	1														<b>8,3</b>	0,7	5,4	
Роголистник погруженный ( <i>Ceratophyllum demersum</i> )								0,5	1	1	0,3	0,3					0,3	0,3	0,3	0,3					<b>37,5</b>	0,5	17,9		
<b>Количество видов</b>	<b>13</b>	<b>16</b>	<b>12</b>	<b>16</b>	<b>27</b>	<b>29</b>	<b>15</b>	<b>22</b>	<b>24</b>	<b>26</b>	<b>22</b>	<b>26</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>11</b>	<b>13</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>16</b>	<b>53</b>				

## Современное состояние гидросистемы парка «Сергиевка» Петергоф, Санкт-Петербург

Елизавета Румянцева, 11 класс, ГБОУ СОШ № 77 с углубленным изучением химии, ДДТ Петроградского района г. Санкт-Петербурга

**Победитель номинации Председателя Номинационного комитета**

Руководители: Н.Ю. Филимонов, педагог дополнительного образования, ДДТ Петроградского района, Н.Е. Панова, педагог дополнительного образования

### Аннотация

Парк Сергиевка значимый природный объект в Петродворцовом районе Санкт-Петербурга, являющиеся ООПТ. Особую часть экосистемы составляет ручей Кристателька с прудами, которые образуют единую гидросистему. Гидрологическое описание её впервые начато в двадцатые годы прошлого столетия, с тех пор, очевидно, в экосистемах произошли существенные изменения. Изменения последних лет неблагоприятные, поскольку водоемы исчезают, видовой состав водной фауны сокращается. Однако системных и детальных исследований в последние годы не было, несмотря на то, что химический анализ воды в 2010-х годах проводился регулярно. Целью нашей работы стало описание современного состояния гидросистемы Кристательки. Для достижения цели мы сделали морфологическое описание, провели визуальную оценку, оценили физико-химические показатели воды, а также различные факторы воздействия на гидросистему и представили концепцию обводнения Кристательки. Результатом нашего исследования стало районирование, которое до нас никто не проводил. Мы оценили физико-химические показатели воды: кислотность, цветность, электропроводность, общее содержание жесткости и железа, общее содержание хлоридов и ХПК, и выявили повсеместное загрязнение железом и на отдельных участках хлоридами. Также нам стало очевидно, что распределение химических показателей по разным районам гидросистемы неоднородно. Существенной проблемой является неисправность гидротехнических сооружений и обмеление Кристательки. С последней мы предлагаем справится путем дополнительного обводнения за счет перенаправления воды из Троицкого ручья по специальным водоводам.

### Введение

Парк «Сергиевка» - памятник природы регионального значения. Также историческая достопримечательность, включенная в список ЮНЕСКО. Он расположен в Старом Петергофе (Петродворцовый район) Санкт-Петербурга Парк известен своими водными объектами – ручьем Кристателькой и прудами, питаемыми ею: Кристателевым, Палудиновым, Огородным, Оранжерейным, Платамбовым. Согласно многолетним наблюдениям гидросистема Кристательки сильно обмелела. Причины и экологические последствия этого явления обсуждаются в публикациях, но обобщённого понимания экологических проблем Кристательки пока не сложилось. В настоящей работе мы дополнили и уточнили гидрохимические данные предыдущих лет, повторили ранее проведённые анализы более точными методами, а также представили свой взгляд на решение проблемы обводнения Кристательки.

Мы поставили своей **целью** описать современное состояние гидросистемы Кристательки по ряду морфологических и физико-химических показателей. В **задачи** наблюдений вошли:

- сделать морфологическое описание гидросистемы Кристательки в пределах парка «Сергиевка»
- оценить физико-химические показатели воды системы водоёмов парка «Сергиевка»: pH, цветность, жесткость, электропроводность, содержания хлорид-анионов, общего железа и химического потребления кислорода;
- оценить возможные факторы антропогенного, техногенного и биогенного воздействия на гидросистему;

- представить концепцию обводнения гидросистемы.

## Обзор литературы

Парк расположен на двух прибрежных террасах Финского залива. Протяжённость территории с севера на юг составляет 1800 м, с запада на восток – 600 м, площадь – 120 га.

Ручей Кристателька протекает с юго-востока на северо-запад. В среднем течении он образует несколько прудов: Кристателлевый, Палудиновый, Платамбовый, Огородный и Оранжерейный, сток из которых идет через два водотока – Восточный и Западный рукава. В нижнем течении они соединяются в один, впадающий в Финский залив. Общая протяженность гидросистемы с севера на юг составляет ок. 2 км (Атлас..., 2016; Парк «Сергиевка»..., 2004).

В 1920-е гг. в парке «Сергиевка» были проведены первые гидробиологические описания (Дерюгин, 1921; Рылов, 1925; 1927 – цит. по: Рябова, 2005), выяснен видовой состав гидробионтов местных водоёмов. Тогда же, благодаря гидробиологам, возникла своеобразная местная топонимика: имена прудам были присвоены в честь обнаруженных там обитателей. Ручей, дающий питание системе прудов, получил название Кристателька, в честь мшанки *Cristatella mucedo*. Пресноводные мшанки (тип Tentaculata, класс Bryozoa) – колониальные сидячие организмы, обитатели проточных, относительно незагрязнённых олиго- и мезотрофных водоёмов – вполне могут служить биоиндикаторами. По крайней мере, до 2015 г. они редко, но регулярно встречались в некоторых ручьях Петергофа – например, в Фабричном (Филимонов Н.Ю., личное сообщение), однако в Кристательке не водятся уже очень давно. Таким образом, сам по себе топоним «Кристателька» определённо указывает на то, что за столетие экосистема местных водоёмов коренным образом изменилась.

В советские годы и до нынешних дней парк «Сергиевка» вместе с Биологическим институтом (БИНИИ) находился в ведоме Ленинградского (Санкт-Петербургского) государственного университета. В годы Великой Отечественной войны Сергиевка попала в прифронтовую полосу со стороны «Ораниенбаумского пятака». После войны начались восстановительные работы, позволившие сберечь часть природного и архитектурного достояния. Все годы активной работы Биологического института (вплоть до его расформирования в 2008 г.) за парком вели профессиональный и тщательный уход. По изменениям гидросистемы парка в этот период данными мы не располагаем, но очевидно, что уход и контроль за гидротехническими сооружениями тоже был. Об этом свидетельствуют плотины-перепады и мостки, сооружённые в послевоенное время. В 1960-1970-е в Сергиевке годы проведены гидробиологические и гидрохимические исследования (Петров, 1960; Хантулев, Матинян, 1973 – цит. по: Рябова, 2005).

В послевоенные десятилетия природный комплекс Сергиевки стал подвергаться неблагоприятным воздействиям. Была построена Петродворцовая нефтебаза, на территорию которой попали ручьи-притоки Кристательки. Расширилась городская застройка. В частности, как предполагают некоторые исследователи, строительство университетского комплекса к югу от Сергиевки нарушило водное питание прудов парка (Рябова, 2005).

Экологические исследования 21 века на водоёмах парка «Сергиевка» показали следующее.

1. Обильное зарастание водоёмов ряской и другими высшими растениями, причём даже в тех местах, где ранее никогда этого не наблюдали (Васильева, Рябова, 2014; Рябова и др., 2014).

2. Обмеление водоёмов (Рябова, 2005; Васильева, Рябова, 2014).

3. Загрязнение прудов нефтепродуктами, хлоридами и железом (Рябых, 2005; Сапежко и др., 2008; Сорокина и др., 2015; Кац, 2021).

В первую очередь, загрязнение нефтепродуктами связывают с функционированием Петродворцовой нефтебазы (Сорокина и др., 2015), в частности, документирован случай утечки 2 т дизельного топлива в марте 2004 г. Повышенное содержание хлоридов связывают с неправильным обращением с твёрдой поваренной солью на территории производственной базы «Мартышкино», в результате чего, по версии исследователей, до 2008 г. хлориды попадали через дренажную систему в Кристателлевый пруд. В 2010 г. загрязнение пруда, согласно этим данным, уже не наблюдалось (Кац, 2021). Мы считаем, что связь повышенного содержания хлоридов в воде с каким-либо техногенным воздействием необходимо дополнительно проверить.

Фаунистические исследования водоёмов в период 2010-2020-х гг. из цитированных работ полной и достоверной картины не дают. Некоторые дополнительные данные можно получить по материалам студенческих практик по зоологии беспозвоночных СПбГУ, проводившихся здесь, однако и они не претендуют на полноту и достаточную точность (Филимонов Н.Ю., личное сообщение). Можно лишь обобщить, что донная фауна прудов соответствует типичному видовому составу для стоячих эвтрофицированных водоёмов.

Известные нам инженерные обследования гидротехнических сооружений «Сергиевки» проведены в 2015 г. (Рябых, Горбовская, 2016). К сожалению, их результаты не были опубликованы в деталях, но общий вывод работы таков, что далеко не все сооружения находятся в удовлетворительном состоянии, а химический состав воды внушиает опасения

Экологический мониторинг на ООПТ – обязательное условие их функционирование, которое, к сожалению, далеко не всегда выполняется. На водоёмах парка «Сергиевка» силами Дирекции ООПТ Санкт-Петербурга подобных плановых работ в прошедшее десятилетие не проводилось. Поэтому наше исследование приобретает особую актуальность.

## Материал и методы

Визуальное обследование гидросистемы Кристательки мы проводили 30.06.2022 и 10.07.2022. В ходе него мы отмечали обводнённость разных участков системы Кристательки, состояние гидротехнических сооружений, наличие водной и околоводной растительности, представителей водной и околоводной фауны. Для удобства ориентировки мы предложили разметку удалённости точек от места пересечения ручья Кристательки железной дорогой, выбрав последнее за ноль отсчёта. Отсчёт проводили в десятках метров по створу водоёмов. Таким образом, отметка точки «048» означает, что она находится в 480 м ниже железнодорожного моста по руслу Кристательки. Так как система Кристательки расходится на два рукава ниже Палудинового пруда, то точки на её западном рукаве нами обозначались с индексом W (например, W030).

На основе планов местности (Парк Сергиевка..., 2005; Атлас..., 2016) мы сделали детализированную карту гидросистемы Кристательки с указанием разметки, мест впадения дренажных канав, расположения гидротехнических сооружений и точек взятия наших проб. В настоящей работе мы её не приводим в силу технических причин.

Нами были выбраны 9 точек взятия проб: 002 (мост Оранэлы), 051 (Палудиновый пруд), 060, 088 (обе-Кристателлевый пруд), 200 метров к западу от W046 (Огородный пруд), W078 (Оранжерейный пруд), 125 (Платамбовый пруд), 174/W125 (слияние рукавов), 206 (близ устья). Пробы отобраны 06.09.2022.

Был проведен анализ проб 07-09.09.2022 по физико-химическим показателям, представленных в Табл 1

## Результаты

### *Районирование гидросистемы*

Мы выделили 4 района гидросистемы, которые отличаются по морфологии водоемов, ландшафтам и характеру водной и околоводной растительности.

**I район (Верхнее течение)** - 000-030. Представляет собой ручей шириной до 2 м, образует пойму шириной до 5 м. Ручей проходит по эрозионной долине с глубиной вреза до 2 м, преимущественно среди березовых, березово-осиновых и черноольховых лесов (Атлас..., 2016). Ручей пересекает два моста: первый – железнодорожный (000); рядом с ним расположен другой – так называемый мост Оранэлы (002).<sup>1</sup> С правого берега в ручей впадают две дренажные канавы (018).

**II район (Пруды)** включает в себя Палудиновый, Кристателлевый и Огородный пруды. Они расположены на верхней террасе парка. Берега их, как правило, пологие. По берегам растут леса с преобладанием дуба либо ели.

**Палудиновый пруд** вытянут с юга на север (030-054) на 240 м, максимальная ширина – ок. 50 м. С правого берега в него впадает дренажная канава (052). Близ этого места рельеф весьма своеобразен: вдоль берега проходит насыпной холм с крутыми склонами, по которому проложена дорога. Упомянутая дренажная канава собирает воду, в том числе, и с этого холма. Другая канава впадает в пруд с западного берега, напротив холма (052). Северная оконечность Палудинового пруда под мостом (054) переходит в Кристателлевый.

Посреди **Кристателлевого пруда** расположен большой остров, благодаря чему водоём разделён на три части: западную, восточную - которые выглядят как протоки - и северо-восточную, наиболее широкую, имеющую облик пруда. Общая протяженность Кристателлевого пруда по западному ходу (055/W000-W040) составляет 400 м; по восточному ходу (054-088) – 340 м. Берега пруда ровные, с небольшим прибрежным уступом (высотой до 1 м). С восточного берега в пруд впадают 3 дренажные канавы (057, 060, 079). С западного берега впадает ещё одна дренажная канава (W012), приносящая воду с поля и, возможно, с окрестностей уже упомянутой производственной базы «Мартышкино» (Сапежко и др., 2008; Кац, 2021). На севере, за мостом, Кристателлевый пруд переходит в Огородный (W041). На северо-востоке, под мостом (088) от

<sup>1</sup> – малоизвестный исторический объект, связанный с частично реализованным дореволюционным проектом трамвайной линии из Петербурга в Ораниенбаум, получившим название «Оранэла». В результате, линию построили только до Стрельны, но отдельные части инфраструктуры были сооружены «с опережением» и сохранились до сих пор, в частности, бетонный мост через Кристательку, по которому трамваи никогда не ходили и ходить никогда не будут.

Кристателевого пруда берёт начало так называемый Восточный рукав Кристательки. Под мостом сооружён каскадный перепад высотой около 4 м, по которому рукав стекает вниз. Мост вместе с каскадом – одно из самых значимых гидротехнических сооружений – как в инженерном, так и в ландшафтно-архитектурном отношении.

**Огородный пруд** (W041-W046) вытянут с северо-запада на юго-восток, сообщается с Кристателевым узкой протокой и имеет сток в виде ручья, который называют «Западным рукавом Кристательки» (Рябова, 2005). Длина пруда ок. 5, шириной ок. 150 м. Берега пруда достаточно пологи, из древесной растительности по берегам преобладают широколиственные породы (дуб, клён). Некоторые деревья и кустарники склоняют кроны над прудом и дают богатый листвовой опад, который практически не вымывается стоком.

**III район (Два рукава)** представляет собой упомянутые восточный и западный рукава Кристательки, берущих начало от прудов (088 и W046, соответственно). Водотоки идут на северо-восток, пересекают дорогу из Мордвиновки ко дворцу Лейхтенбергских, а также Ораниенбаумское шоссе. Ниже шоссе они сливаются воедино (174/W125). Протяжённость каждого составляет около 800 м.

**Восточный рукав** на протяжении от своего начала до Ораниенбаумского шоссе течёт по эрозионной долине глубиной вреза до 10 м со склонами крутизной до 20° (Атлас..., 2016, сс. 134-135). Долина прорезает террасу древнего Литоринового моря (стадия развития Балтийского моря 12-13 тыс. лет назад). В 200 м перед шоссе ручей фактически спускается по склону этой террасы. Очевидно, со склонов долины в ручей смыывается большое количество воды во время таяния снега. По левому берегу для отвода избытка воды, поступающей таким образом, сооружён коллектор ливневой канализации, 3 шахты которого расположены на участке 100-109. Очевидно, это часть системы, которую обследовали наши предшественники (Брежнева и др., 2014). Здесь же сооружены 2 пешеходных мостика с одноступенчатыми перепадами под ними, ниже них – один разрушенный одноступенчатый перепад (109). Ручей, расширяясь, переходит в **Платамбовый пруд** (118), который имеет сток через каскадный перепад под мостом (125). Пруд с западного берега подпитывается двумя родниками, расположенными в основании гранитной скульптуры «Голова». Вода из родников до пруда открыто течёт около 20 м по слабонаклонной поверхности, по песчаному грунту. Очевидно, дебит этих родников невелик, по сравнению с интенсивностью поступления воды из Кристателевого пруда в Платамбовый. За мостом ручей течёт по каменистому руслу, делает большой изгиб. Ниже этого изгиба сооружены 2 одноступенчатых перепада (135-149). Вблизи Ораниенбаумского шоссе, у подошвы Литоринового склона в ручей справа впадает дренажная канава. За мостом через шоссе (149) Восточный рукав проходит по равнине, скорость течения в нём заметно меньше, чем на предыдущих участках. Ниже моста ручей проходит среди сильно увлажнённого кленового и черноольхового леса, где и сливается с Западным рукавом.

По берегам **Западного рукава** (W046-W125), берущего начало от Огородного пруда, преобладают липовые и дубово-липовые леса. Его верхнее представляет собой узкий водоток. Его пересечение с дорожкой оборудовано трубопереездом (W052), ниже расположен бетонный жёлоб (W058). На верхней террасе Западный рукав образует ручей **Оранжерейный пруд** (W067-W078), вода из которого спускается по склону через каскадный перепад под мостом (W078). За каскадом был расположен Рясковый пруд, ныне прекративший существование, хотя в 2014 году он ещё существовал (Васильева, Рябова, 2014). На месте пруда осталось каменистое ложе и каменное укрепление берегов. Ниже

бывшего Ряскового пруда вода течёт под сильным уклоном. После пересечения Ораниенбаумского шоссе под мостом (W110) Западный рукав течёт по равнине (нижней террасе) и соединяется с Восточным рукавом (W125).

**IV район (Приустьевый)**, представляет собой нижнее течение Кристательки, берущее начало от слияния двух рукавов (174/ W125). В этой части нет гидротехнических сооружений, не развита сеть дренажных канав. Здесь преобладают черноольховые, березово-дубовые с елью леса. Травяной ярус по берегам представлен по большей части папоротником–страусников. Общая протяжённость водотока здесь составляет около 500 м. Он делает полукруглый изгиб, заметно расширяясь (191-204). Конечный прямой участок Кристательки до впадения в Финский залив (204-228) протяжённостью 230 м имеет ширину до 5 м и глубину посредине в несколько десятков сантиметров.

### *Визуальная оценка состояния Кристательки*

Наблюдения в июле показали, что участки выше Палудинового пруда (000-030), а также Западный рукав (W046–W125) пересушенны почти полностью. По этой причине проточность Палудинового и Огородного прудов сильно нарушена. Возникло предположение, что большую часть года они представляют собой практически бессточные водоёмы, где накапливается органика. Из Кристателевого пруда осуществляется слабый сток через восточный рукав (088-116) в Платамбовый пруд, который дополнительно подпитывается водой из двух родников, находящихся непосредственно под каменной скульптурой «Голова» (124). Восточный рукав, таким образом, обводнён больше, чем западный, при этом средняя глубина Восточного рукава составляет всего ок. 10 см. Ниже слияния рукавов пересушек уже не наблюдается, ближе к устью Кристателька расширяется, и воды в ней становится значительно больше (200-228). В сентябре общая картина была схожей с июльской, кроме одной детали: нижнее течение Кристательки значительно обмелело.

Все дренажные канавы, впадающие в систему Кристательки были в период обследования абсолютно сухими. Мы полагаем, что дополнительная подпитка Кристательки водой с территории парка возможна лишь в период таяния снега.

Наше обследование показало зарастание прудов ряской (II-й и III-й районы гидросистемы). Особенno заросшим оказался Оранжерейный пруд. Вокруг Огородного пруда мы наблюдали густую древесную растительность. Ветви деревьев склоняются над водой и дают листовой опад, который остаётся перегнивать на дне, и никаким течением не выносится. Таким образом создаются предпосылки к эвтрофикации водоёмов.

Мы выявили следующие неисправности гидротехнических сооружений: разрушенный перепад (109), засорённый жёлоб для пропуска воды (W058), засорённый опадом трубопереезд (W052). Таким образом, мы отчасти подтверждаем данные ранее проведённых гидротехнических обследований (Рябых, Горбовская, 2016), и очевидно, что с тех пор в лучшую сторону ничего не изменилось.

### *Оценка физико-химических показателей воды*

Цветность воды в сентябре в среднем составляла ок. 30 ед., повышенные значения (между 30 и 100) наблюдали в Кристателевом (088), Платамбовом (125) прудах и близ устья (206). В целом цветность воды соответствовала показателям августа 2004 г.

Химический анализ воды показал, что pH и общая жёсткость в разных точках взятия проб различаются незначительно. pH везде оказался равным 6 (точность определения 1 ед.),

а жесткость колеблется в пределах 1,22 – 5,19 мг-экв/дм<sup>3</sup> (коэффициент вариации КВ=13%), что не превышает значения ПДК для питьевой воды в 10°Ж<sup>2</sup>. Вода, таким образом, характеризуется как слабокислая и мягкая. Концентрация железа (0,60-0,68 мг/дм<sup>3</sup>) в разных местах отличались незначительно (КВ=1%). Общее содержание железа превышает соответствующее значение ПДК (0,3 мг/дм<sup>3</sup>) Значения ХПК были распределены достаточно неоднородно (ХПК = 6,62-12,48 мгО/дм<sup>3</sup>, КВ=19%). Минимальные значения наблюдались в I и IV районах. Перманганатная окисляемость не превышала ПДК (15 мгО/дм<sup>3</sup>). Концентрация хлоридов в водоёмах Кристательки распределена крайне неоднородно (КВ=34%). Очевидно, это отразилось и на общей минерализации воды, оцененной по электропроводности (косвенного показателя минерализации) – она была повышенной в точках с максимальными концентрациями хлоридов. Все полученные значения мы представили в *Табл.1 и Рис.1, Рис.2*.

## Обсуждение

Новизну нашего подхода, по сравнению с предшественниками, мы видим, во-первых, в более комплексном и детальном описании гидросистемы, в том числе, в районировании этой системы; во-вторых, в использовании более точных методов химического анализа, чем капельные тесты (на железо и ХПК). В то же время, наши оценки pH гораздо менее точны, чем у предшественников.

Мы считаем, что в силу большей стабильности условий взятие проб в августе-сентябре даёт гораздо более показательные результаты, чем ноябрь-декабре (как в работе Л. Каца, 2021). Поэтому мы стремились, чтобы наши данные можно было корректно сопоставлять с данными В.Н. Рябовой по августу 2004 г.

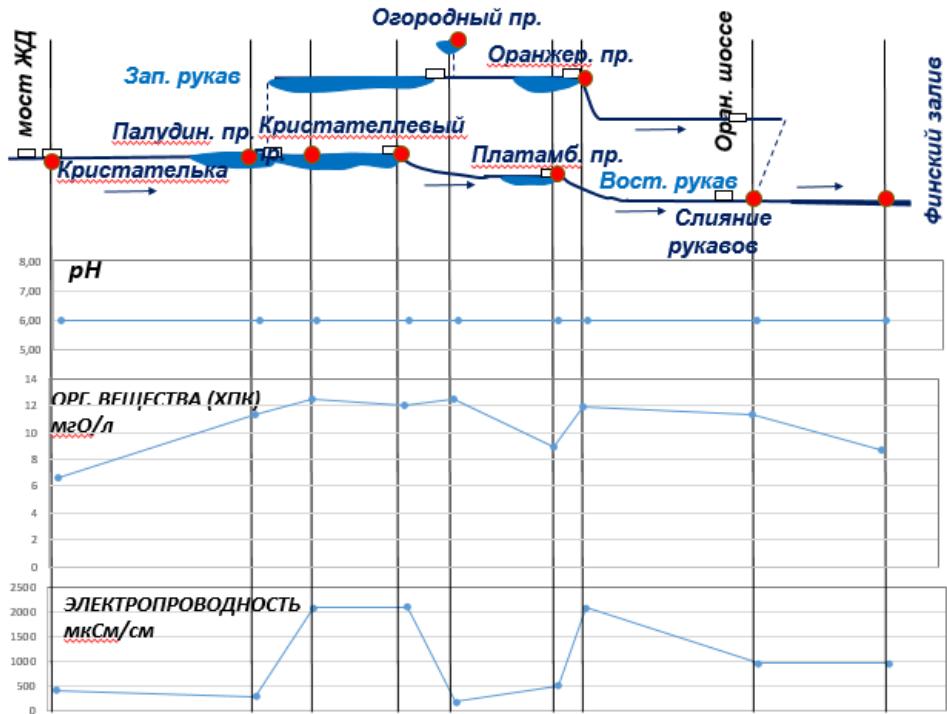
Наш химический анализ показал, что электропроводность, содержание хлоридов и ХПК распределены неоднородно, в отличие от жесткости, содержания железа.

Точность нашего определения pH с помощью индикаторной бумаги (1 ед. pH) ещё не позволяет сделать вывод об однородности гидросистемы по этому показателю. В большинстве других работ представлены куда более точные значения кислотности, которые мало соотносятся с нашими. В августе-сентябре 2004 г. зафиксированы значения от 7,2 до 9,2 (Рябова, 2005). В октябре-декабре 2019 она варьировала от 6,2 до 8,0 (Кац, 2021). И в первом и во втором случае, как и в нашем, это входит в границы ПДК. Мы считаем, что нам необходим дополнительный анализ проб на pH из тех же точек, но в разное время года и более точными методами (капельными тестами с точностью 0,2-0,5 ед. или потенциометрией с точностью 0,05 ед.).

Между отдельными участками гидросистемы мы наблюдали существенные различия по содержанию хлоридов и по электропроводности. Так, повышенным содержанием хлоридов отличались точки во II и III районах (в Платамбовом и Кристателевом прудах). Наименьшим содержанием хлоридов отличались точки I района («Верхнее течение»); в IV («Приустьевом») районе наблюдались промежуточные значения

**Рис.1.Распределение интегральных химических параметров воды в гидросистеме Кристательки.**

<sup>2</sup> Здесь и далее по умолчанию приведены ПДК именно для питьевой воды (СанПин 2.1.4.1074-01)



между минимумом и максимумом. Такая неоднородность говорит о различии гидрологического режима между участками. Практически такое же распределение концентраций наблюдалось в августе 2004 года (Рябова, 2005), но абсолютные значения увеличились с тех пор примерно в два раза. Повышенное содержание хлоридов (в интервале 700-900 мг/дм<sup>3</sup>, что в 2-2,5 раза превышает ПДК для питьевой воды) наблюдалось в средней восточной части системы (062, 088 и 125). Минимальные значения (в интервале 30-50 мг/дм<sup>3</sup>, т. е 0,1-0,15 ПДК) мы наблюдали в верхней и средней западной части (002, 051, W078 и Огородный пруд). В остальных точках (IV-й, Приустьевый, район – 174, 206) содержание хлоридов примерно соответствовало ПДК (300-350 мг/дм<sup>3</sup>). Исследования 2019 года (Кац, 2021), к сожалению, не могут предоставить сравнимых с нашими данных по содержанию хлорид-анионов, поскольку они содержат лишь полукачественную оценку показателя (от 1 до 4 «+»). Тем не менее, работа Л. Каца в общих чертах подтверждает наши результаты. В 2022 г. сохранилось максимальное содержание хлорид-анионов в Кристателлевом пруду и минимальное – в Огородном и Палудиновом. Однако за этот же период (2019-2022 гг.) концентрация хлоридов в Платамбовом пруду поднялась с минимального значения до максимального.

Мы не исключаем предположений о том, что в 2004-2008 гг. имело место загрязнение Кристательки хлоридами из-за неправильного обращения с поваренной солью на производственной базе в Мартышкине, но считаем нужным проверить это дополнительно, поскольку после ликвидации предполагаемого источника даже через 14 лет мы увидели практически прежнюю картину.

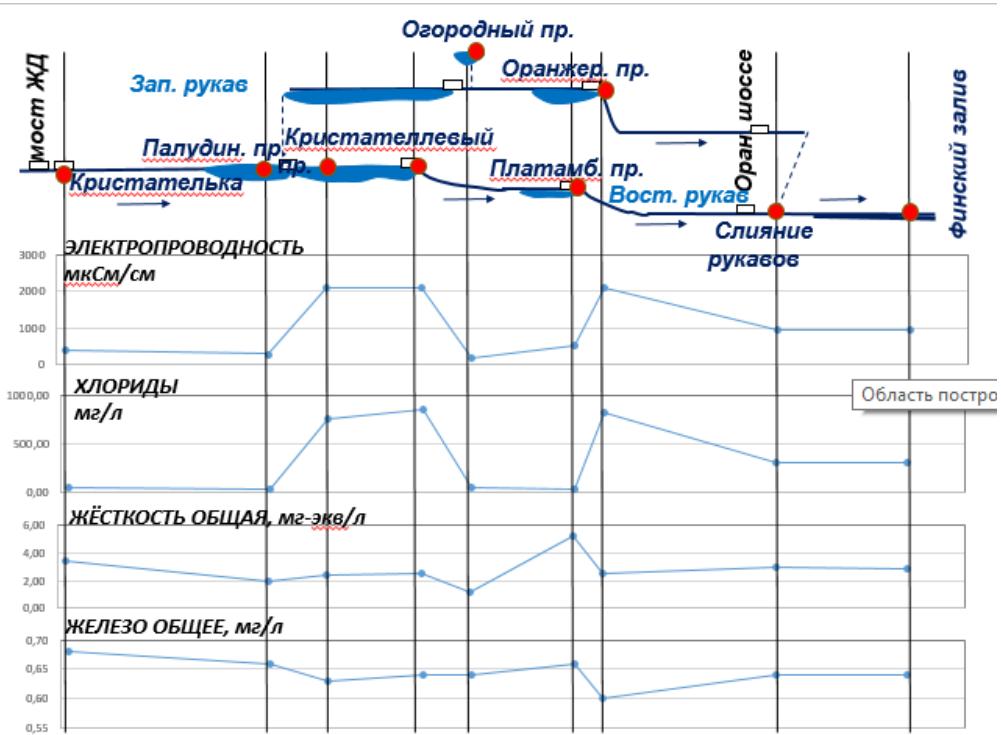
Прежнюю информацию о загрязнении железом наше исследование в целом подтверждает. Содержание общего железа превышает соответствующее значение ПДК (0,3 мг/дм<sup>3</sup>). Это говорит о повсеместном загрязнении. Что является источниками загрязнения железом, мы объяснить пока не можем, так как необходимы более детальные обследования. Единственное объяснение, которое можно привести в связи с повышенным содержанием

железа в роднике под «Головой» (Кац, 2021), состоит в том, что в месте выклинивания родника установлена стальная труба, заметная каждому.

Между минерализацией воды и содержанием хлоридов, мы обнаружили практически линейную связь ( $r=0,99$ ). Она однозначно объясняется тем, что хлорид-анионы вносят в подавляющем большинстве случаев главнейший вклад в электропроводность пресной воды (СанПиН 2.1.5.980-00). Общую минерализацию воды в системе Кристательки мы оцениваем в пределах 110-1400 мг/дм<sup>3</sup>. Верхняя граница этого интервала соответствует «плохой» оценке качества питьевой воды, а нижняя – «хорошей».

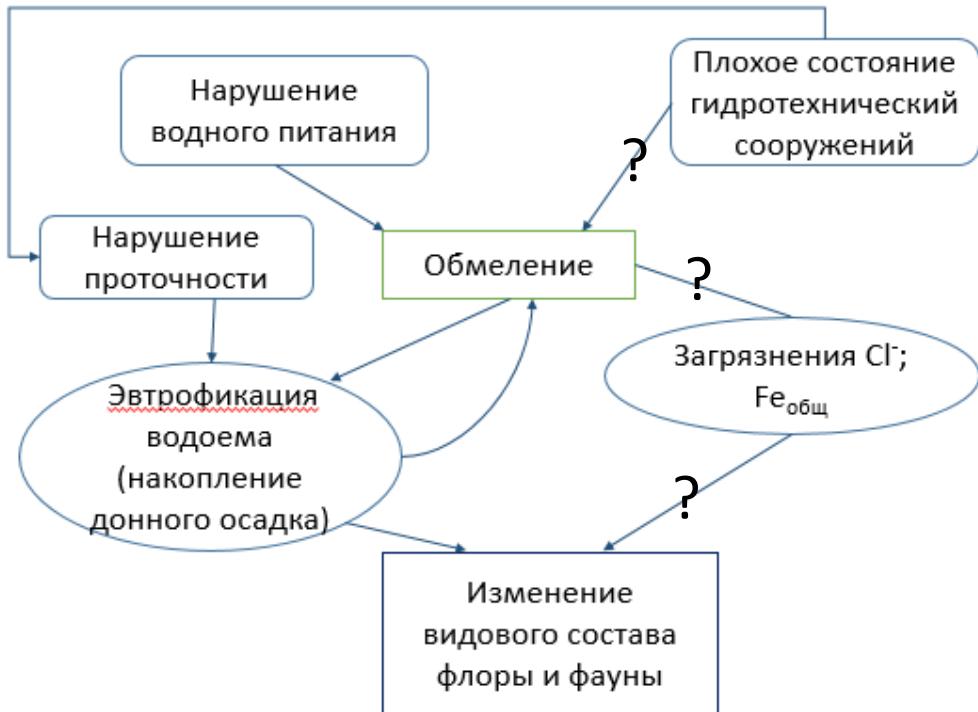
Неоднородное распределение содержания органики может свидетельствовать о разном гидрологическом режиме на разных участках Кристательки. Несмотря на то, что полученные значения ХПК (6-12 мгО/дм<sup>3</sup>) ниже ПДК (15 мгО/дм<sup>3</sup>), содержание органики в целом по гидросистеме мы характеризуем как «высокое». Из-за того, что определение трофности связано с комплексным анализом (ХПК, БПК – не только в толще воды, но и в донном осадке – а также органолептических показателей, планктонной и бентосной фауны), то четко её определить по нашим данным не представляется возможным. Предварительно, исходя только из визуальной оценки, мы можем отнести водоёмы и водотоки Сергиевки к мезо- или эвтрофным. Соответственно, если в ожидаемо проточном водоёме, каким является ручей, наблюдается эвтрофикация и повышенное количество органических веществ, значит, это может быть косвенным признаком плохого водообмена.

**Рис.2. Распределение минерального состава воды в гидросистеме Кристательки.**



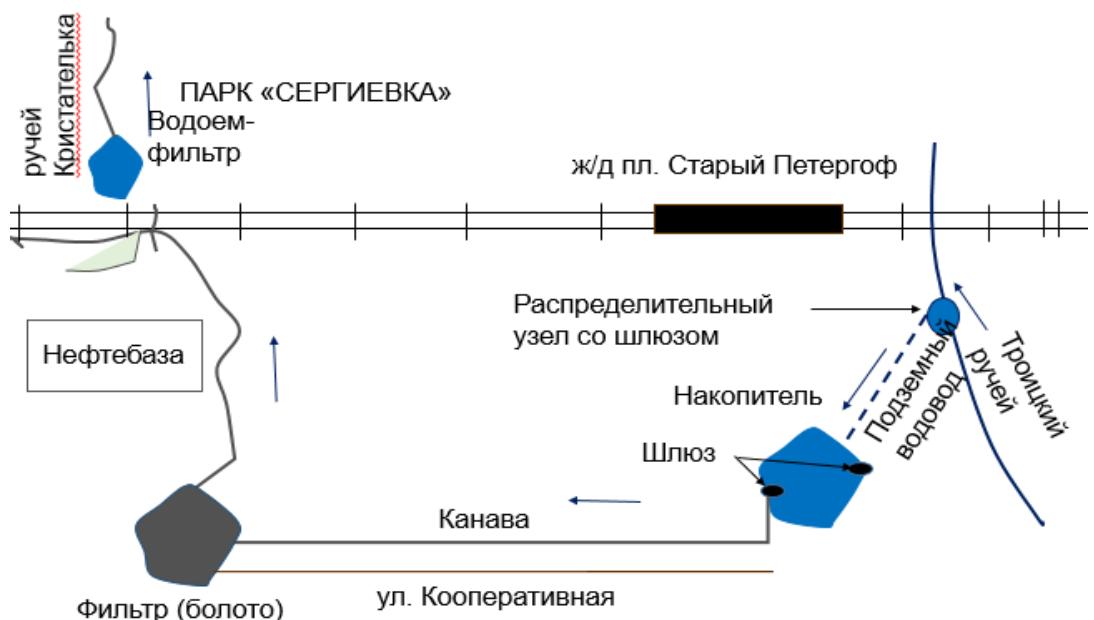
Связь разных факторов воздействия, согласно нашим данным и предположениям, представлена на Рис 3.

**Рис.3. Предполагаемые влияние различных факторов на гидрологический режим водоемов парка Сергиевки»**



Даже при отсутствии явных признаков химического загрязнения по большинству обследованных параметров, нам стало ясно, что Кристателька испытывает серьёзную экологическую проблему и нуждается в дополнительной подпитке водой. Мы полагаем, что из-за нарушения проточности сильно эвтрофицируются водоёмы и беднеет состав фауны. 30 июня 2022 г. мы дополнительно обследовали истоки Кристательки выше железной дороги (вне парка «Сергиевка») и выяснили, что часть воды в ней можно направить из Троицкого ручья.

**Рис.4. Концепция обводнения Кристательки.**



Через подземный водовод длиною ок. 200 м близ железнодорожной платформы Старый Петергоф (2 км от парка «Сергиевка») воду предлагается направить в уже

существующий пруд-накопитель, реально расположенный к северу от платформы. Водозабор из ручья предлагаем регулировать шлюзом, чтобы предотвратить его обезвоживание. Уровень воды в накопителе также будет регулироваться выходным шлюзом. Возможно потребуется сооружение насосной станции для направления воды из накопителя в магистраль. Предлагаем 2 способа прокладки этой магистрали. Первый – открытый, по имеющимся кюветам вдоль улиц Спортивной и Кооперативной – необходимо расчистить их, заново наладить трубопереезды близ домам, и постоянно следить за состоянием последних, чтобы те не засорялись и не разрушались. Второй способ прокладки водовода – закрытый, по трубам диаметром около 600 мм (как в подающей системе знаменитых петергофских фонтанов – Чернобережская, 2008). Трубопровод можно проложить параллельно ул. Кооперативной, в 30-50 м к северу от неё; тогда магистраль станет более защищённой от случайных воздействий, но в то же время более дорогостоящей. Магистраль должна вести уже имеющемуся тростниковому болотцу (близ д. 60 и 62 по Кооперативной ул.), которое будет играть роль биофильтра и из которого возможен дальнейший сток в имеющуюся сеть канав, огибающих Петродворцовую нефтебазу. Дренаж с самой нефтебазы (как и с железной дороги) должен быть отделён от гидросистемы Кристательки и перенаправлен исключительно в ливневую канализацию. Тогда из болотца вода будет с минимальными потерями и без существенного техногенного риска поступать в ручей Кристательку. Возможно, потребуется дополнительно оборудовать гидроботаническую площадку непосредственно на ООПТ «Парк Сергиевка», сразу ниже моста Оранэлы.

Наше предложение мы предоставим на обсуждение специалистам-гидротехникам, чтобы они проверили, насколько оно целесообразно и реализуемо в нынешних условиях. Главные препятствия к воплощению в жизнь этого предложения, очевидно, будут: 1) сложность прокладки подземного водовода близ платформы Старый Петергоф, частично под полотном автодороги – Петергофской ул.; 2) практическое отсутствие уклона местности по трассе Кооперативной улицы, из-за чего может понадобиться принудительная прокачка воды по магистрали; 3) сложность перенаправления дренажа с нефтебазы и железной дороги в ливневую канализацию; 4) сложность (невозможность?) обустройства гидроботанической площадки на ООПТ.

Экономическое обоснование сейчас делать преждевременно, так как в данной работе представлена только концепция. Очевидно, что будущий проект будет дорогостоящий. Учитывая важную роль парка «Сергиевки», как достопримечательность включённого в список ЮНЕСКО, любые затраты будут обоснованы, иначе мы рискуем потерять уникальную экосистему.

## Выводы

1. В гидросистеме Кристательки присутствует загрязнение железом (повсеместно) и хлоридами (на отдельных участках); организованных источников загрязнения не выявлено.
2. При обилии органического донного осадка практически во всех обследованных участках, загрязнение воды взвешенными органическими веществами не наблюдается, однако их содержание оценивается как «высокое».

3. Гидрологический режим Кристательки не соответствует проектному: в частности, нарушена проточность.
4. В гидросистеме Кристательки идут значительные изменения, которые можно компенсировать, организовав дополнительное водоснабжение.

## Список литературы

1. Атлас особо охраняемых природных территорий Санкт-Петербурга/ Отв. ред. Храмцов В.Н., Ковалёва Т.В., Нацваладзе Н.Ю. – Изд. 2-е, испр. и доп. – СПб., 2016. – 176 с.
2. Брежнева А., Харчевникова Д., Шевченко Е., Надпорожская М.А. Транзитная ливневая канализация Сергиевки – нефтяной след?/ Материалы IX ежегодной молодежной экологической Школы-конференции в усадьбе «Сергиевка» - памятнике природного и культурного наследия: 2014 г. «Сохранение природной среды и оптимизация ее использования в Балтийском регионе». СПб., 2014. – С. 466-470.
3. Васильева В.А., Рябова В.Н. Материалы к динамике зарастания водоемов комплексного памятника природы «Парк «Сергиевка»/ Материалы IX ежегодной молодежной экологической Школы-конференции в усадьбе «Сергиевка» - памятнике природного и культурного наследия: 2014 г. «Сохранение природной среды и оптимизация ее использования в Балтийском регионе». СПб., 2014. – С. 35-48.
4. Кац Л. Оценка экологического состояния прудов парка «Сергиевка»/ Материалы XXIV Городской открытой научно-практической конференции старшеклассников по биологии. СПб, 2021. - С. 95-104.
5. Муравьев А. Г. Руководство по определению показателей качества воды полевыми методами. 2-е изд., перераб. и дополн. СПб.: Крисмас+, 1999. - 232 с.
6. Парк «Сергиевка» – комплексный памятник природы/ Ред. Власов Д.Ю. СПб., 2005. – 144 с.
7. Руководство по анализу воды. Питьевая и природная вода, почвенные вытяжки/ Ред. Муравьев Ф.Г. Изд. 4-е, перераб. и дополн. СПб.: Крисмас+, 2018. - 360 с.
8. Рябова В.Н. Характеристика водоёмов/ Парк «Сергиевка» – комплексный памятник природы. Ред. Власов Д.Ю. СПб., 2005. – С. 118-127.
9. Рябова В.Н., Васильева В.А., Болонкина Е.В., Битюникова А., Пунинская К., Клинова А., Желобатая Е. ВУЗ – школе: экологический научно-образовательный проект «Изучение адаптаций высших водных растений к среде обитания на примере водоемов Петергофа» /Материалы IX ежегодной молодежной экологической Школы-конференции в усадьбе «Сергиевка» - памятнике природного и культурного наследия: 2014 г. «Сохранение природной среды и оптимизация ее использования в Балтийском регионе». СПб., 2014. – С. 536-544.
10. Рябова В.Н., Васильева В.А., Надпорожская М.А., Максимович Н.В. Мониторинг живой природы парка «Сергиевка»/ Труды Биол. НИИ СПбГУ. Вып. 52. – СПб.: Изд-во СПбГУ, 2006. – С. 153- 186.
11. Рябых В.В., Горбовская А.Д. Анализ современного состояния гидротехнических сооружений парка «Сергиевка» /Материалы XLII научно-практической конференции с международным участием, ноябрь 2015 г., СПбГПУ Петра Великого. СПб, 2016 – С. 156-158.
12. Сапежко И., Иващенко Е., Сапежко Ю. Оценка экологического состояния прудов парка Сергиевка по контролю приоритетных загрязнителей/ Материалы международной научной конференции XI Докучаевские чтения. СПб., 2008. – С. 328.
13. Сорокина Е., Сизова Е., Котлова Е., Кожина О.Б., Надпорожская М.А. Качество воды поверхностных водоемов парка Сергиевка: результаты наблюдений за 2002-2015 гг./ Материалы X ежегодной молодежной экологической Школы-конференции в усадьбе «Сергиевка» - памятнике природного и культурного наследия: 2015 г. «Рациональное использование природных ресурсов и проблемы сохранения биоразнообразия». СПб., 2015. – С. 249-251.

14. Чернобережская Е.П. Стрельна и Петергоф. Подробный путеводитель. СПб.: Паритет, 2008.  
– 408 с.

Хочу выразить благодарность всем, кто помогал мне на разных этапах исследования: научным руководителям Н.Е. Пановой, Н.Ю. Филимонову; заместителю директора отдела профильного образования школы №77 И.П Кондратюк; моим одноклассникам. Особая благодарность Александре Жилиной и Валерии Юрченко за помощь в химическом анализе и обработке его результатов.

Приложение: Таблица 1. Результаты физико-химических анализа воды в гидросистеме Кристательки

ПОКАЗАТЕЛИ	ОБЩАЯ ЖЁСТКОСТЬ, град. жёстк. (=мг-экв $\text{Ca}^{2+}, \text{Mg}^{2+}$ / $\text{дм}^3$ )	ЖЕЛЕЗО ОБЩЕЕ мг/дм <sup>3</sup>	ХЛОРИДЫ, мг/дм <sup>3</sup>	ЭЛЕКТРО- ПРОВОДН., мкС/см	pH, ед.	ХИМИЧЕСКОЕ ПОТРЕБЛЕНИЕ КИСЛОРОДА, мгО/дм <sup>3</sup>	ЦВЕТНОСТЬ град. цветности
ПДК (питьевая вода)	<b>10</b>	<b>0,3</b>	<b>350</b>	-	<b>6,5-8,5</b>	<b>15</b>	-
Метод определения	титриметрия ГОСТ 31954-2012	фотокалориметрия ГОСТ 4011-72	титриметрия ГОСТ 4245-72	кондуктометрия	визуальный (индикат. бумага, полевые усл.)	титриметрия ГОСТ Р 55684-2013	визуальный (шкала цветности, полевые усл.)
Дата взятия проб	06.09.2022	06.09.2022	06.09.2022	11.09.2022	06.09.2022	11.09.2022	06.09.2022
<b>1. мост Оранэлы 002</b>	3,4	<b>0,68</b>	44	400,3	6	6,62	0-30
<b>2.Палудиновый 051</b>	1,9	<b>0,66</b>	37	287,4	6	11,36	0-30
<b>3.Кристателлевый 062</b>	2,4	<b>0,63</b>	<b>759</b>	2087,7	6	12,48	30
<b>4.Кристателлевый 088</b>	2,5	<b>0,64</b>	<b>867</b>	2115,8	6	12,00	30-100
<b>5.Огородный W046+020nw</b>	1,2	<b>0,64</b>	46	172,3	6	12,48	30
<b>6.Оранжерейный W078</b>	5,2	<b>0,66</b>	30	508,2	6	8,96	30
<b>7.Платамбовый 125</b>	2,5	<b>0,60</b>	<b>820</b>	2090,2	6	11,92	30-100
<b>8.Слияние рукавов 174</b>	3,0	<b>0,64</b>	310	962,5	6	11,28	0-30
<b>9.Нижнее течение 206</b>	2,9	<b>0,64</b>	313	956,5	6	8,64	30-100

**Физико-химическая оценка состояния качества питьевой воды города Алматы**  
Анастасия Попова, 10 класс, ТОО «Частная школа имени Шокана Уалиханова»,  
г. Алматы, Республика Казахстан  
**Номинация Председателя Номинационного комитета**  
Руководитель: Е. Сайлауханулы, PhD., зав. интегрированной лабораторией

### **АБСТРАКТ (АННОТАЦИЯ)**

**Цель работы - Определение физико-химического состава и сравнительный анализ питьевой воды различных районов г Алматы.**

**Методы проведенных исследований.** Для исследования физико-химического состава питьевой воды были использованы классические методы анализа (титриметрия и гравиметрия) и инструментальные методы анализа (атомно-абсорбционная спектроскопия, капиллярный электрофорез, флуориметрия).

**Объект исследования:** Питьевая вода из восьми районов г Алматы.

**Полученные данные и выводы:** произведен отбор проб питьевой воды из 8 районов города Алматы и проведен физико-химический анализ отобранных проб, определены показатели качества питьевой воды, такие как органолептические показатели воды (запах, вкус, цветность, мутность, прозрачность), общие показатели (рН, общая жесткость, окисляемость перманганатная, общая минерализация), неорганические вещества (катионов и анионов) и контаминалты (тяжелые металлы и суммарное содержание нефтепродуктов). Исследована степень ее загрязнения различными контаминалтами (углеводородами и тяжелыми металлами). По всем показателям, антропогенное воздействие на питьевую воду города Алматы оценивается как низкое, не превышающие допустимые нормы ПДК и питьевая вода соответствует утвержденным нормам и правилам. Изучение питьевой воды позволило оценить экологическое состояние в исследуемых районах г Алматы, а также *предложить рекомендации по улучшению качества питьевой воды и оценить риски для здоровья населения*, в районах, где показатели качества воды ближе к их предельно-допустимым нормам.

**Цель исследования:** Определение физико-химического состава и сравнительный анализ питьевой воды различных районов г Алматы.

Для достижения этой цели были поставлены **следующие задачи:**

1. Изучить литературные источники о качестве питьевой воды.
2. Изучить физико-химические методы определения качества воды.
3. Провести отбор образцов питьевой воды из различных районов г Алматы.
4. Провести физико-химический анализ отобранных образцов питьевой воды.
5. Провести сравнительный анализ полученных результатов.
6. Предложить рекомендации по улучшению качества питьевой воды и оценить ее риски для здоровья.

**Место исследования:** лаборатория «Science Lab» частной школы им. Шокана Уалиханова и Центрально-Азиатский институт экологических исследований.

## ВВЕДЕНИЕ

Вода - прозрачная жидкость, состоящая из атомов кислорода и водорода [1]. Она может содержать в себе и другие вещества, которые меняют ее свойства и превращают в другие растворы. Некоторые такие вещества никак не мешают человеку, но другие могут навредить или испортить впечатление.

### 1 Актуальность исследовательской работы

По оценкам, запасы пресной воды в Казахстане составляют 524 км<sup>3</sup>, в том числе 80 км<sup>3</sup> в ледниках, 190 км<sup>3</sup> в озерах, 101 км<sup>3</sup> в речных ресурсах. Запасы подземных вод составляют 7,6 км<sup>3</sup>. По средним показателям на душу населения, Казахстан не имеет острого дефицита водных ресурсов. Несмотря на отсутствие дефицита, нерациональное использование и неравномерное их распределение существенно усложняют решение задач по обеспечению населения страны качественной питьевой водой в необходимом объеме [2]. Казахстан занял 54-е место из 179 в рейтинге стран мира по качеству питьевой воды. Индекс качества питьевой воды в РК составил 55,8 (из 100) [3].

#### 1.1 Источники водоснабжения

В качестве источников воды для хозяйствственно-питьевых целей в городе Алматы используется поверхностные и подземные воды. В настоящее время 70% подаваемой в город воды – из подземных источников водоснабжения, которые добываются из скважин глубиной до 500 метров. Всего 386 артезианских скважин. К поверхностным источникам относятся реки Большая и Малая Алматинка, Ким-Асар, Карагалы, Аксай [4]. В городской системе водоснабжения эксплуатируются десятки километров водопроводных сетей, построенных из металлических труб. Их постепенный износ, коррозионное обрастанье и низкое качество санитарно-технической арматуры приводят к частым авариям, ее утечкам, а также вторичному загрязнению в сетях водопроводов на пути к потребителю. В результате качество воды ухудшается, что требует в свою очередь постоянного контроля и принятию мер по предотвращению загрязнения. В городе Алматы необходим серьезный пересмотр и реконструкция систем водоснабжения. Согласно данным АО «Центр Развития Алматы» «уровень износа сетей в городе составляет 65,9 %, а потери по водоснабжению — 25,7 %. Например, в Наурызбайском районе обеспечены водопроводом всего 15 % населения, система строилась населением самостоятельно и не соответствует строительным нормам [5].

#### 1.2 Источники загрязнения питьевой воды

В результате антропогенного воздействия на окружающую среду заметно изменился химический состав не только поверхностных, но и подземных вод. В них уже обнаруживаются тяжелые металлы, нефтепродукты и другие загрязнители. В настоящее время идет тенденция роста случаев обнаружения в водах из скважин нитратов, фосфатов, что свидетельствует о выбросе в водоносные слои минеральных и органических удобрений. Основными проблемами являются плохое состояние водных сетей и жизнедеятельность застроек, расположенных в водоохранных зонах, что в свою очередь загрязняет источники воды в г Алматы [5]. Метод очистки воды, например, ионный обмен или обратный осмос, можно выбрать на основе предварительного изучения состава и свойств воды, и их сопоставления с требованиями качества воды [6].

#### 1.3 Требования к питьевой воде

В соответствии с нормативными требованиями в питьевой воде должны отсутствовать: тяжелые металлы, токсичные органические соединения, пестициды, радиоактивные элементы; а хлориды, сульфаты, нитраты не должны превышать норму. Поэтому качество воды, подаваемой населению, должно подлежать постоянному мониторингу [7,8]. Изучение питьевой воды и системы водоснабжения, их обследование и практические работы по охране – необходимое условие регулирования накопившихся экологических проблем нашего общества [9]. Исходя из всего

вышесказанного, я решила посвятить научную работу исследованию и оценке качества питьевой воды в районах города Алматы.

## 2 ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ

### 2.1 Требования к отбору проб питьевой воды и физико-химический анализ

Комплексное физико-химическое исследование позволяет установить содержание посторонних примесей, определить их концентрацию и степень пригодности для хозяйствственно-питьевых нужд, оценить ее качество для дальнейшей очистки. На основании результатов анализа предлагаются перечень показателей, количество и периодичность отбора проб питьевой воды для постоянного мониторинга [9].

К физико-химическим методам исследования воды относятся классические и инструментальные методы анализа, в числе которых титриметрия, гравиметрия, атомно-абсорбционная спектроскопия, капиллярный электрофорез и флуориметрия.

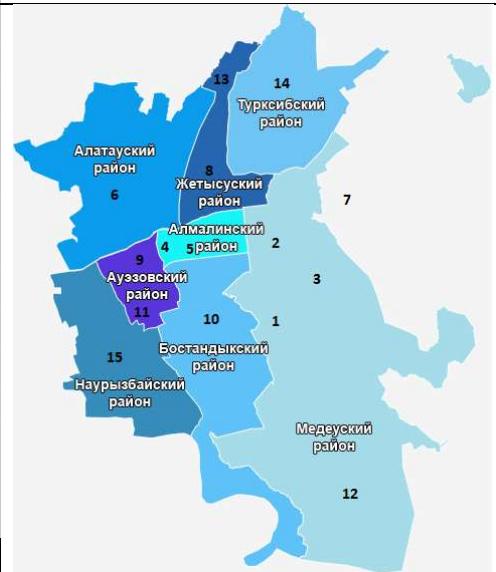
Перед взятием пробы воды емкость ополаскивают исследуемой водой, оставляя некоторый объем на расширение воды при нагревании, плотно закрывают емкость и наклеивают на нее этикетку с обозначением номера, места и даты отбора пробы.

#### 2.1.2 Отбор проб питьевой воды из районов г Алматы

Нами было отобрано в общей сложности 15 образцов воды из 8 районов г Алматы и прилегающих территорий для сравнения. Пробы воды были отобраны в стеклянные емкости объемом до 2 литров. Предварительно перед отбором проб воды емкости ополаскивали несколько раз исследуемой водой, плотно закупорили и наклеили этикетку с обозначением номера пробы, места и даты отбора пробы. Список отобранных проб воды и карта районов г Алматы представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Список отобранных проб воды районов г Алматы

№	Место отбора пробы	Карта районов и места отбора проб
1	ул. Мендикулова - пр.аль-Фараби	
2	ул. Кажымукана 8	
3	ул. Тулебаева	
4	ул. Радостовцев-ул.Толе би	
5	ул. Жамбыла-ул.Наурызбай батыра	
6	ул.Ахметова 69	
7	ул. Нурмаганбетова 14	
8	ул.Вольная 9	
9	ул.Райымбека – ул.Яссайи	
10	пр. Сейфуллина – пр.аль-Фараби	
11	Микрорайон №5	
12	Микрорайон Каменское плато	
13	Микрорайон «Кокжиек»	
14	Микрорайон «Пятилетка»	
15	Микрорайон «Калкаман-2»	



#### 2.2 Органолептические показатели

##### 2.2.1 Определение запаха воды

Запах воды оценивается качественно по происхождению и количественно по проявлению его интенсивности. Запахи могут быть естественного и искусственного происхождения[10].

*Описание работы:* в колбу с притертой пробкой емкостью 250 мл налили исследуемую воду до 2/3 объема и сильно встряхивали вращательными движениями в закрытом состоянии. Затем открыв пробку колбы определили характер и интенсивность запаха. Данную процедуру повторили для каждой отобранной пробы. Интенсивность запаха всех отобранных проб воды составила 0 баллов по пятибалльной шкале.

##### 2.2.2 Определение привкуса

Вкус и привкус питьевой воды характеризуются наличием в ней веществ природного или антропогенного происхождения, которые могут попадать со сточными водами [10].

**Описание работы:** Для определения привкуса и вкуса исследуемые пробы воды набирали в рот небольшими порциями и держали во рту 3-5 сек., не проглатывая. Интенсивность вкуса питьевой воды не должна превышать 2 балла по пятибалльной шкале. Интенсивность вкуса всех отобранных проб воды составила 0 баллов и соответствуют предъявляемым требованиям к качеству питьевой воды.

### 2.2.3 Определение цветности воды

Подземные воды бесцветны. Растворенные и взвешенные примеси в воде определяют ее цветность. Цвет воды может колебаться от желтого до коричневого в зависимости от количества гуминовых кислот и их солей. Для определения цветности, воду предварительно фильтруют от взвешенных веществ [10].

Таблица 2 – Шкала стандартных растворов

Номер пробирки	Раствор, мл		Градус цветности °
	№1	№2	
1	0	50	0
2	0,5	49,5	5
3	1,0	49	10
4	1,5	48,5	15
5	2,0	48	20
6	Исследуемая вода		

**Описание работы:** Для качественной оценки цветности пробы воды 50 мл налили в прозрачные цилиндры и сравнили с 50 мл дистиллированной воды на фоне белого листа при дневном свете. Наблюдаемый цвет исследуемых проб воды - бесцветный.

Количественно цветность исследуемых проб воды определили по хромато-кобальтовой шкале. Шкалу цветности готовили, смешивая раствор №1 с раствором №2. Для приготовления раствора №1 предварительно взвешенные 0,0875 г бихромата калия ( $K_2Cr_2O_7$ ) и 2,0 г сульфата кобальта ( $CoSO_4 \cdot 7H_2O$ ) растворили в дистиллированной воде. Растворы солей смешали и прибавили 1 мл концентрированной  $H_2SO_4$  и довели дистиллированной водой до 1 л в мерной колбе. Для приготовления раствора №2 1 мл концентрированной  $H_2SO_4$  прибавили в 1 л дистиллированной воды. Шкалу цветности приготовили в пяти цилиндрах по 50 мл смешивая растворы №1 и №2 в соотношении согласно таблице 3. Для определения цветности в цилиндр №6, наливали по 50 мл исследуемые пробы воды и сравнивали окраску воды со стандартными растворами на белом фоне бумаги. Результаты исследований цветности воды показали, что цветность всех отобранных проб воды составила 0 баллов и соответствует требованиям.

### 2.2.4 Определение прозрачности воды

Прозрачность воды зависит от содержания в воде дисперсности взвешенных веществ. В лабораторных условиях в пробах воды можно определять прозрачность по «шрифту». Прозрачность воды питьевого качества должна быть не менее 30 см [10].

**Описание работы:** испытуемые пробы воды хорошо взболтали и налили в цилиндр емкостью 100 мл. Цилиндр емкостью 100 мл установили так, чтобы стандартный шрифт находился на расстоянии 4 см от дна цилиндра. Постоянно сливал и доливая воду, находили предельную высоту столба, при которой рассматриваемый сверху шрифт становится читаемым. Определение проводили три раза для каждой пробы и находили среднее значение. Прозрачность воды питьевого качества составила менее 30 см для каждой испытуемой пробы воды и соответствует требованиям.

### 2.2.5 Определение мутности воды

Мутность воды обусловлена нерастворенными в воде грубодисперсными примесями, т.е. взвешенными веществами. Количественное определение содержания

взвешенных веществ и установление мутности в пробах питьевой воды осуществляли нефелометрическим методом на анализаторах жидкости «ФЛЮОРАТ®-02-5М» [12].

*Описание работы:* испытуемую пробу воды перемешивали круговыми движениями в течение 1 минуты. Далее наливали пробу в кювету анализатора жидкости «ФЛЮОРАТ®-02-5М» и измеряли значение мутности пробы. Измерение значения мутности происходило автоматически с использованием градуировочной кривой сохраненной в памяти прибора. Показатель мутности воды питьевого качества должен быть не более 2,6 ЕМФ (единицы мутности по формазину). Для всех 15 проб воды показатель мутности составил ниже 1 ЕМФ и соответствуют предъявляемым требованиям к качеству питьевой воды.

### 2.3 Физико-химические показатели

#### 2.3.1 Определение сухого остатка

Сухой остаток — это общее количество веществ, растворенных в единице объема воды. Сухой остаток характеризует солесодержание и количество коллоидно-растворенных в воде веществ [13].

*Описание работы:* отфильтрованные пробы воды объемом 250 мл хорошо взболтали и выпаривали в предварительно высушеннной до постоянной массы фарфоровой чашке. Далее, высушенные досуха фарфоровые чашки с сухим остатком поместили в эксикатор для охлаждения и взвесили на аналитических весах. Сухой остаток (X), мг/л, вычислили по следующей формуле:

$$X = \frac{(m - m_1) * 1000}{V}$$

Где m- масса чашки с сухим остатком, мг; m<sub>1</sub> - масса пустой чашки, мг; V- объем воды, взятый для определения, мл.

Результаты определения сухого остатка представлены в таблице 4.

Таблица 3 – Результаты определения сухого остатка

№ пробы	Объем воды V, мл	m <sub>1</sub> - масса пустой чашки, мг;	m- масса чашки с сухим остатком, мг;	Сухой остаток (X), мг/л
1	250	103638,8	103663,8	100
2	250	98331,5	98354,7	93
3	250	102164,1	102186	87
4	250	105204,5	105226,5	88
5	250	112370	112394,5	98
6	250	106258,7	106329,9	285
7	250	104246,9	104312,6	263
8	250	104378,8	104461,3	278
9	250	101615,4	101684,9	278
10	250	100888,4	100909,1	83
11	250	105001	105074,2	293
12	250	103650	103697,7	191
13	250	106691,3	106716	99
14	250	104702,5	104734	126
15	250	105576,1	105605,3	117

Сухой остаток воды питьевого качества должен быть не более 1500 мг/л (1,5 г/л). Для всех 15 проб воды сухой остаток составил ниже 1,5 г/л и соответствуют предъявляемым требованиям к качеству питьевой воды.

#### 2.3.2 Определение pH

По нормам, pH питьевой воды должен быть в интервале от 6,0 до 9,0. Определение pH раствора с использованием pH метра является потенциометрическим

методом и основано на измерении ЭДС элемента, в котором один из электродов обратим относительно водорода, а второй является электродом сравнения [13].

*Описание работы:* Перед началом испытания pH метр откалибровали с помощью двух буферных растворов с pH 4,01 и pH 6,83. Далее испытуемую пробу воды перемешивали круговыми движениями и измеряли значение pH. Измерение значения pH происходило автоматически с использованием заложенной в память прибора градуировочной характеристики. Каждую пробу измеряли трижды.

Таблица 4 – Результаты определения pH воды

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
pH	8,25	6,03	6,03	8,05	6,21	7,65	7,73	7,63	6,33	7,91	8,44	7,89	8,29	8,01	8,02

Как видно из таблицы 5, результаты pH воды лежат в пределах от 6,0 до 9,0 и соответствуют предъявляемым требованиям к качеству питьевой воды.

### 2.3.3 Определение содержания общей жесткости воды комплексонометрическим методом

Жесткость воды – это совокупность свойств, обусловленных содержанием в воде катионов  $\text{Ca}^{2+}$  и катионов  $\text{Mg}^{2+}$ . Жесткая вода приводит к образованию накипи в котлах и других нагревательных устройствах, вызывает повышенный расход мыла и другие нежелательные явления [14,15].

При контроле качества питьевой воды определяют общую жесткость. Для ее определения используют метод комплексонометрии. Комплексонометрический метод относится к титриметрическим методам химического анализа.

*Приготовление аммиачного буферного раствора:* аммиачный буферный раствор приготовили в мерной колбе вместимостью 250 мл, смешивая 50 мл раствора хлорида аммония с массовой долей  $\text{NH}_4\text{Cl}$  20% со 50 мл 25% раствором аммиака  $\text{NH}_3$  и доводя объем смеси дистиллированной водой до метки.

*Приготовление индикатора эриохрома черного Т:* Эриохром черный Т в твердом виде устойчив до года, растворы же его устойчивы только в течение 10 дней. В твердом виде Эриохром черный Т применяют в смеси с хлоридом натрия или калия (в отношении 1:200). Готовую смесь растирают в ступке и хранят в темной склянке с притертой пробкой. Перед титрованием вносим в раствор 30 мг этой смеси.

*Приготовление стандартного раствора Трилона Б с концентрацией 0,05 н:* Для приготовления стандартного раствора Трилона Б с концентрацией 0,05 Н объемом 1 л рассчитали необходимую навеску соли Трилона Б по следующей формуле:

$$m = \frac{C * V * f * M_r}{1000}$$

Где  $m$  – масса навески соли Трилона Б, г;  $V$  – объем стандартного раствора Трилона Б, мл;  $f$  – фактор эквивалентности Трилона Б, равная 1/2;  $M_r$  – молекулярная масса Трилона Б, равная 372,3. Формула трилона Б:  $\text{Na}_2\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{O}_8\text{N}_2 * 2\text{H}_2\text{O}$

Рассчитанную навеску соли Трилона Б 9,3 г взвесили на аналитических весах и растворили в небольшом объеме дистиллированной воды в мерной колбе на 1 л и довели до метки.

*Стандартизация рабочего раствора Трилона Б:* в коническую колбу для титрования отбрали пипеткой 10 мл ( $V$ ) стандартного 0,05Н раствора сульфата магния, добавив 5 мл аммиачного буферного раствора и разбавили раствор дистиллированной водой до 50 мл. В раствор внесли на кончике шпателя индикатора эриохрома черного (около 30 мг). Раствор оттитровали раствором Трилона Б до перехода окраски раствора из розовой в голубую. Титрование повторили три раза до получения схожих результатов. Расчет концентрации раствора произвели по следующей формуле:

$$C_m * V_m = C_T * V_T$$

где  $V_m$  – объем раствора  $\text{MgSO}_4$ ,  $C_m$  – концентрация  $\text{MgSO}_4$ ,  $V_T$  – объем титранта, раствора Трилона Б, мл;  $C_T$  – концентрация раствора Трилона Б.

Результаты титрования представлены в таблице 6.

Таблица 5 – Результаты стандартизации раствора Трилона Б

№	Cm(MgSO <sub>4</sub> )	Vm(MgSO <sub>4</sub> ), мл	Vt(Трилон Б), мл	Vt(Трилон Б)сред, мл	Ст
1	0,05	10	10,00	10,00	0,05 Н
2			10,00		
3			10,00		

*Описание работы:* в коническую колбу для титрования отобрали пипеткой 100 мл (V) испытуемую пробы воды. Затем добавили 5 мл аммиачного буферного раствора, 30 мг сухого индикатора эриохромового черного Т этой на конце шпателя до хорошо заметной, но не очень темной розовой окраски, и титровали стандартизованным рабочим раствором Трилона Б до перехода розовой окраски раствора в голубую. В конце титрования рабочий раствор добавляли по одной капле и тщательно перемешивали. Титрование повторили 3 раза для каждой пробы воды, и по результатам вычислили средний объем раствора Трилона Б. Величину общей жесткости воды ( $Ж_0$ ) в мг-экв/л вычислили по формуле:

$$Ж_0 = \frac{C_x * V_x * 1000}{V}$$

где  $C_x$  - концентрация раствора трилона Б;  $V_x$  - объем раствора трилона Б, мл;  $V$  – объем испытуемой пробы воды.

Типы воды (по жесткости):

- 0-1,5 моль/м<sup>3</sup> (мг-экв/л) – мягкая вода
- 2-3 моль/м<sup>3</sup> (мг-экв/л) – вода средней жёсткости
- 4-6 моль/м<sup>3</sup> (мг-экв/л) – вода умеренной жёсткости
- 7 моль/м<sup>3</sup> (мг-экв/л) и более – сверх жёсткая вода.

Результаты определения общей жесткости воды представлены в таблице 7. Данные результатов жесткости питьевой воды 8 районов города нанесены на карту и представлены на рисунке 2.

Таблица 6 – Результаты определения общей жесткости воды

№	C <sub>x</sub> - концентрация раствора трилона Б;	V - объем испытуемой пробы воды	V <sub>x1</sub> - объем раствора трилона Б, мл	V <sub>x2</sub> - объем раствора трилона Б, мл	V <sub>x3</sub> - объем раствора трилона Б, мл	V <sub>x</sub> сред – средний объем раствора трилона Б, мл	Общая жесткость воды ( $Ж_0$ ), мг-экв/л
1	0,05	100,0	3,0	3,0	3,0	3,0	1,5
2			3,4	3,5	3,5	3,46	1,7
3			3,3	3,4	3,6	3,43	1,7
4			3	2,9	3	2,96	1,5
5			3,5	3,5	3,5	3,5	1,7
6			8,5	8,6	8,6	8,56	4,3
7			8,2	8,3	8,3	8,56	4,1
8			10	10	10	10	5
9			3,2	3,1	3,2	3,16	1,6
10			2,8	2,9	3	2,9	1,4
11			9,4	9,5	9,4	9,43	4,7
12			5,6	5,5	5,6	5,56	2,8
13			3	3,1	3	3,03	1,5
14			4,4	4,5	4,5	4,46	2,2
15			4	4,1	4,1	4,06	2

В результате эксперимента по определению общей жесткости питьевой воды, было установлено, что питьевая вода согласно шкале типов воды по общей жесткости варьируется от мягкой воды до воды умеренной жёсткости. Результаты эксперимента

показали, что мягкой воде соответствует водопроводная вода из Медеуского, Алмалинского и Бостандыкского районов (показатели жесткости соответственно 1,5; 1,7 и 1,4 мг-экв/л); вода средней жёсткости в Наурызбайском и Турксибском (показатели жесткости 2,8 и 2,0 мг-экв/л); самая жесткая вода установлена в Алатауском и Жетысуском районах (показатели жесткости 4,3 и 5 мг-экв/л). Мягкая вода из Медеуского, Алмалинского и Бостандыкского районов, которые расположены в южной части города обусловлена горным происхождением питьевой воды. В Наурызбайском и Турксибском районах, где вода имеет среднюю жесткость, идет смешение горной и подземной воды. Жёсткая вода в северной и восточной части города обусловлена подземными источниками.

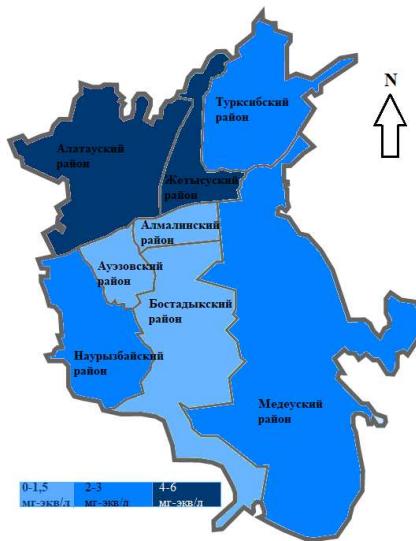


Рисунок 1 – Карта жесткости г Алматы

#### 2.3.4 Определение перманганатной окисляемости в воде

Окисляемость является величиной, характеризующаяся содержанием в воде органических и минеральных веществ, окисляемых одним из сильных химических окислителей при определенных условиях. Поверхностные воды имеют более высокую окисляемость по сравнению с подземными [16-18].

*Установление поправочного коэффициента к раствору  $KMnO_4$ .* В коническую колбу поместили 25 мл дистиллированной воды, добавили 5 мл 0,005 М раствора оксалата калия и 5 мл раствора серной кислоты. Смесь нагрели на плитке до кипения и оттитровали 0,002 М раствором перманганата калия до слабо-розовой окраски. Поправочный коэффициент (К) для приведения концентрации раствора перманганата калия рассчитали по следующей формуле с точностью до третьего знака:

$$K = \frac{V_1}{V_2}$$

Где,  $V_1$  – объем раствора щавелевой кислоты (0,005 М), мл;  $V_2$  – объем раствора перманганата калия (0,002 М), мл.

*Описание работы:* в коническую колбу отобрали пипеткой 25 мл хорошо перемешанной пробы воды, в колбу положили несколько стеклянных шариков, добавили 5 мл разбавленной серной кислоты (1:3) и 5 мл 0,002 М раствора перманганата калия. Смесь нагревали на плитке так, чтобы она закипела не позднее чем через 5 минут, и кипятили ( $5 \pm 1$ ) мин, закрыв маленькой конической воронкой для уменьшения испарения. После кипячения к горячему раствору немедленно прибавили 5 мл 0,005 М раствора оксалата калия. Обесцвеченную горячую смесь сразу оттитровали 0,002 М раствором перманганата калия до слабо-розового окрашивания. Холостое титрование проводили так же, как анализ пробы воды используя 25 мл дистиллированной воды вместо используемой воды. При холостом титровании было израсходовано 0,4 мл раствора перманганата калия.

Значение перманганатной окисляемости (Х), выраженное в расчете на атомарный кислород в мгО/л, определили по следующей формуле:

$$X = \frac{(V_1 - V_2) * K * C * 8 * 5 * 1000}{V}$$

Где,  $V_1$  – объем раствора перманганата калия, израсходованного на титрование исследуемой пробы, мл;  $V_2$  – объем раствора перманганата калия, израсходованного на титрование холостой пробы, мл; К – поправочный коэффициент к раствору перманганата калия; С – концентрация раствора перманганата калия, равная 0,002 моль/л;  $V$  – объем пробы, взятой для анализа, мл; 8 – атомная масса кислорода; 5 – стехиометрический коэффициент.

Результаты определения окисляемости воды представлены в таблице 7.

В результате эксперимента было установлено, что питьевая вода не превышает предельно допустимую концентрацию, что составляет 5,0 мгО/л.

Таблица 7 – Результаты определения перманганатной окисляемости воды

№	$V_{x1}$ - объем раствора $KMnO_4$ , мл	$V_{x2}$ - объем $KMnO_4$ , мл	$V_{x3}$ - объем $KMnO_4$ , мл	$V_{x\text{ сред}}$ – средний объем раствора $KMnO_4$ , мл	Окисляемость воды, мгО/л
1	0,8	0,8	0,8	0,8	1,12
2	0,6	0,6	0,5	0,56	0,45
3	0,6	0,5	0,5	0,53	0,36
4	0,8	0,9	0,8	0,83	1,2
5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,56
6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,56
7	0,5	0,5	0,5	0,5	0,28
8	0,5	0,5	0,5	0,5	0,28
9	0,6	0,6	0,6	0,6	0,56
10	0,6	0,6	0,6	0,6	0,56
11	0,8	0,7	0,8	0,76	1,01
12	0,7	0,7	0,7	0,7	0,84
13	0,5	0,5	0,5	0,5	0,28
14	0,7	0,7	0,7	0,7	0,84
15	0,6	0,6	0,6	0,6	0,56

### 2.3.5 Определение катионов и анионов в пробах питьевой воды методом капиллярного электрофореза

Метод капиллярного электрофореза основан на разделении катионов и анионов вследствие их различной электрофоретической подвижности в процессе миграции по кварцевому капилляру в электролите под действием электрического поля с последующей регистрацией разности оптического поглощения электролита и катионов или анионов в ультрафиолетовой области спектра излучения [19].

Рабочие параметры прибора подбирали так, чтобы при измерении градуировочных растворов достигалось разделение пиков анализируемых катионов и анионов с коэффициентом разделения не менее 1, а длину волны детектирования, при условии возможности ее перестройки, выбрали таким образом, чтобы высота пиков катионов и анионов была максимальной.

*Описание работы:* пробирку с отфильтрованной и дегазированной пробой воды установили в прибор и проводили измерения при заданных параметрах и характеристиках прибора, регистрируя не менее двух электрофорограмм в условиях повторяемости. С использованием программного обеспечения прибора, на электрофорограммах идентифицировали определяемые катионы и анионы, и проверяли правильность разметки пиков, используя градуировочную кривую, находили значения массовой концентрации каждого катиона и аниона в мг/л.

Результаты определения катионов и анионов представлены в таблицах 8 и 9.

Таблица 8 – Результаты определения содержания катионов в воде методом капиллярного электрофореза

№ пробы	Катионы, мг/л							
	Аммоний NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Кальций Ca <sup>2+</sup>	Калий K <sup>+</sup>	Натрий Na <sup>+</sup>	Барий Ba <sup>2+</sup>	Литий Li <sup>+</sup>	Магний Mg <sup>2+</sup>	Стронций Sr <sup>2+</sup>
1	<0,5	24,2	0,78	4,12	<0,05	<0,015	2,60	<0,25
2	<0,5	24,2	0,64	3,97	<0,05	<0,015	2,53	<0,25
3	<0,5	19,7	1,00	3,23	<0,05	<0,015	1,82	<0,25
4	<0,5	21,5	1,01	3,48	<0,05	<0,015	1,95	<0,25
5	<0,5	21,4	0,86	3,43	<0,05	<0,015	1,93	<0,25
6	<0,5	<b>54,5</b>	1,77	18,0	<0,05	<0,015	<b>13,8</b>	0,49
7	<0,5	<b>53,4</b>	1,95	12,1	<0,05	<0,015	<b>11,8</b>	0,40
8	<0,5	<b>60,3</b>	2,15	11,3	<0,05	<0,015	<b>11,1</b>	0,38
9	<0,5	<b>54,9</b>	2,24	7,20	<0,05	<0,015	<b>9,15</b>	0,29
10	<0,5	<b>135,3</b>	0,98	3,34	<0,05	<0,015	1,85	<0,25
11	<0,5	<b>57,1</b>	1,96	15,7	<0,05	<0,015	<b>14,1</b>	0,43
12	<0,5	43,2	1,10	4,69	<0,05	<0,015	6,50	<0,25
13	<0,5	19,8	1,74	9,51	<0,05	<0,015	3,36	<0,25
14	<0,5	26,2	1,75	14,1	<0,05	<0,015	5,83	<0,25
15	<0,5	27,6	1,58	4,47	<0,05	<0,015	3,70	<0,25
ПДК, мг/л	2,0	-	-	200	0,7	0,03	-	7,0

Концентрация катионов не превышает их нормы содержания. Высокий показатель ионов кальция и магния в питьевой воде в пробах №6-11 в Алатауском и Жетысуском районах связано с жёсткостью воды. Ионы Ca<sup>2+</sup>, наряду с Mg<sup>2+</sup> и Sr<sup>2+</sup>, вносят вклад в показатель жёсткости: если допустить, что жёсткость водопроводной воды будет обусловлена только Ca<sup>2+</sup>, его ПДК будет составлять 140 мг/л, а если Mg<sup>2+</sup>, ПДК его будет составлять 85 мг/л. Нормативы физиологической полноценности Ca<sup>2+</sup> и Mg<sup>2+</sup> в питьевой воде, находятся в пределах 25 – 130 мг/л для Ca<sup>2+</sup> и 5 – 65 мг/л для Mg<sup>2+</sup>.

Таблица 9 – Результаты определения содержания анионов в воде методом капиллярного электрофореза

№ пробы	Анионы, мг/л					
	Нитраты NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Нитриты NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Сульфаты SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Хлориды Cl <sup>-</sup>	Фториды F <sup>-</sup>	Фосфаты PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>
1	3,28	<0,2	7,86	5,37	<0,1	1,09
2	3,25	<0,2	7,82	5,20	<0,1	1,09
3	2,4	<0,2	13,5	4,49	<0,1	0,56
4	2,85	<0,2	8,29	3,59	<0,1	0,88
5	2,88	<0,2	7,92	3,23	<0,1	0,9
6	<b>19,1</b>	<0,2	24,0	6,37	<0,1	1,46
7	<b>18,3</b>	<0,2	17,8	5,41	<0,1	1,32
8	<b>24,4</b>	<0,2	46,7	16,7	<0,1	1,01
9	<b>29,5</b>	<0,2	17,8	10,4	<0,1	1,34
10	2,79	<0,2	11,3	3,42	<0,1	0,93
11	14,7	<1,59	41,6	9,28	<0,1	1,4
12	7,43	<0,2	9,87	1,27	<0,1	0,44
13	2,69	<0,2	6,44	1,94	<0,1	1,25
14	6,04	<0,2	18,8	5,24	<0,1	1,41
15	8,49	<0,2	9,98	4,12	<0,1	1,64
ПДК в воде, мг/л	45	3,0	500	350	1,5	-

Как видно из таблицы 9, содержание анионов в питьевой воде не превышает их ПДК. В районах северной части города содержание нитрат-ионов достигает половину ПДК в пробах №6-9. Наличие нитратов в воде может оказывать отрицательное воздействие на организм человека, образуя в крови метгемоглобин, опасное вещество, которое может привести к кислородному голоданию. Превышение уровня нитратов в питьевой воде может быть причиной отравления, нарушения работы желудочно-кишечного тракта, выделительной и эндокринной системы, разрушения зубной эмали и появления кариеса. В связи с вышеуказанными последствиями высокого содержания нитратов в воде, рекомендуется использовать дополнительную очистку питьевой воды в районах северной части города.

### 2.3.6 Определение металлов методом атомно-абсорбционной спектрометрии

Определение содержания металлов методом атомно-абсорбционной спектрометрии с электротермической атомизацией основан на измерении поглощения излучения резонансной длины волны атомным паром определяемого элемента, образующимся в результате пламенной и электротермической атомизации анализируемой пробы в графитовой печи спектрометра [20].

*Описание работы:* испытуемые пробы воды предварительно подготовили, добавив и тщательно перемешав 3 мл концентрированной азотной кислоты, и выдержав не менее 3 ч. Установив оптимальные режимы измерений для конкретного металла в соответствии с инструкцией прибора, аликвотную часть подготовленной пробы воды вводили микродозатором в графитовую печь спектрометра. Нагревание пробы проводили в токе инертного газа (аргона) согласно программе, включающей в себя высушивание, озоление, атомизацию пробы и отжиг печи. В каждой пробе измерение атомного поглощения металла проводили 2 раза. Массовую концентрацию металла в пробе воды (в мг/л) определяли по значениям атомного поглощения металла в испытуемой пробе воды и в холостой пробе, используя градуировочную кривую.

Как видно из таблицы 10, содержание металлов не превышает их ПДК.

Таблица 10 – Результаты определения содержания металлов методом атомно-абсорбционной спектрометрии

№ пробы	металлы, мг/л								
	Ag	Al	Va	Bi	As	Be	Cd	Co	Cr
1	<0,0005	0,0124	<0,005	<0,005	<0,005	<0,0001	<0,0001	<0,001	<0,001
2	<0,0005	0,0232	<0,005	<0,005	<0,005	0,0009	<0,0001	<0,001	<0,001
3	<0,0005	0,0494	<0,005	<0,005	<0,005	<0,0001	<0,0001	<0,001	<0,001
4	<0,0005	0,0215	<0,005	<0,005	<0,005	<0,0001	<0,0001	<0,001	<0,001
5	<0,0005	0,0208	<0,005	<0,005	<0,005	0,0001	<0,0001	<0,001	<0,001
6	<0,0005	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,0001	<0,0001	<0,001	<0,001
7	<0,0005	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	0,0008	<0,0001	<0,001	<0,001
8	<0,0005	0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,0001	<0,0001	<0,001	<0,001
9	<0,0005	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,0001	<0,0001	<0,001	<0,001
10	<0,0005	0,0337	<0,005	<0,005	<0,005	<0,0001	<0,0001	<0,001	<0,001
11	<0,0005	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,0001	<0,0001	<0,001	<0,001
12	<0,0005	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,0001	<0,0001	<0,001	<0,001
13	<0,0005	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,0001	<0,0001	<0,001	<0,001
14	<0,0005	<0,0204	<0,005	<0,005	<0,005	<0,0001	<0,0001	<0,001	<0,001
15	<0,0005	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,0001	<0,0001	<0,001	<0,001
ПДК в воде, мг/л	0,05	0,5	0,1	0,1	0,05	0,0002	0,001	0,1	0,05
№ пробы	металлы, мг/л								
	Cu	Mn	Mo	Ni	Pb	Zn	Hg	Fe	
1	<0,001	0,0078	<0,001	0,0015	<0,001	<0,001	<0,0001	<0,0001	<0,05

2	<0,001	0,0015	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,0001	<0,05
3	0,0031	0,011	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,0001	<0,05
4	0,0022	0,0018	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,0001	<0,05
5	0,0015	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,0001	<0,05
6	0,021	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,0001	<0,05
7	0,0725	0,0015	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,0001	<0,05
8	<0,001	0,0016	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,0001	<0,05
9	0,0054	0,0027	<0,001	0,0033	<0,001	<0,001	<0,0001	<0,05
10	0,0011	0,0011	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,0001	<0,05
11	0,0030	0,0014	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,0001	<0,05
12	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,0001	<0,05
13	0,0022	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,0001	<0,05
14	0,064	0,0015	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,0001	<0,05
15	0,0021	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,0001	<0,05
<b>ПДК в воде, мг/л</b>	<b>1,0</b>	<b>0,1</b>	<b>0,25</b>	<b>0,1</b>	<b>0,03</b>	<b>5,0</b>	<b>0,0005</b>	<b>0,3</b>

### 2.3.7 Определение содержания нефтепродуктов в пробах питьевой воды

Определение содержания нефтепродуктов в пробах питьевой воды проводили с использованием флуориметрического метода. Флуориметрический метод основан на их экстракции гексаном из пробы воды, измерении интенсивности флуоресценции экстракта на анализаторе жидкости "Флюорат-02" и определении массовой концентрации нефтепродуктов в пробе воды с использованием градуировочной характеристики, заложенной в память прибора [21].

*Описание работы:* прибор градуировали путем измерений сигналов флуоресценции раствора нефтепродуктов и гексана. Испытуемые пробы воды экстрагировали гексаном и измеряли интенсивность флуоресценции полученного экстракта. Для этого пробу воды помещали в делительную воронку и предварительно ополоснув сосуд 10 мл гексана, в котором находилась проба воды добавляли его в качестве экстрегента в делительную воронку. Полученную смесь интенсивно встряхивали и оставили до появления прозрачного верхнего слоя. Объем отделившейся водной фазы точно измерили мерным цилиндром. Далее гексановый экстракт поместили в кювету прибора и измерили массовую концентрацию нефтепродуктов в экстракте на анализаторе жидкости «Флюорат-02» в режиме «Измерение». Значение массовой концентрации выводится на дисплей прибора.

В результате эксперимента было установлено отсутствие нефтепродуктов в пробе питьевой воды, что свидетельствует о соответствии предъявляемым требованиям к качеству питьевой воды.

### 2.4 Оценка риска для здоровья

Следующей задачей стало определение степени риска здоровью населения г Алматы на основе данных концентрации нитратов в питьевой воде. Для решения этой задачи была проведена оценка риска для здоровья на основе методологии, разработанной Агентством по Охране Окружающей Среды США (USEPA 1991).

Оценка риска для здоровья является одним из наиболее эффективных инструментов оценки риска для здоровья человека на основе данных о потреблении, контакте с кожей и вдыхании. Однако в нашем исследовании в качестве основного пути воздействия рассматривался пероральный прием питьевой воды, а концентрации нитратов были выбраны в качестве параметров оценки риска для здоровья. Агентство по охране окружающей среды США рассматривало этот параметр (нитрат) как неканцерогенные риски для здоровья человека. При оценке воздействия средняя суточная доза (ADD) нитратов, поступающего в организм с питьевой водой в г Алматы, рассчитывалась по следующему уравнению:

$$ADD = \frac{CGW \times IR \times ED \times EF}{ABW \times AET}$$

где ADD — средняя суточная доза NO3 (мг/кг/сут), CGW — концентрация нитратов в питьевой воде (мг/л), IR — скорость поступления в единицу времени (л/сут), значения IR составляют 2,5 л/сутки воды для взрослых и 0,78 л/сутки для детей (USEPA 2014). ED — продолжительность воздействия (годы). Для этого исследования было выбрано значение ED для взрослых в возрасте 70 лет и для детей в возрасте 6 лет. EF — частота воздействия, которая составляет 365 дней в год как для взрослых, так и для детей. ABW известен как средний вес тела человека (кг). MT составляет 65 кг и 15 кг для взрослых и детей соответственно. AET указывает среднее время воздействия, значения составляют 25550 и 2190 дней для взрослых и детей, соответственно.

Эталонная доза используется как мера неканцерогенных хронических опасностей. Токсические эффекты могут возникать, когда экспозиционная доза целевого загрязняющего вещества превышает референтную дозу,  $HQ = \frac{ADD}{RfD}$  которая обычно выражается как коэффициент опасности (HQ): где RfD означает референтную дозу для хронического перорального воздействия, которая составляет 1,6 мг/кг/сут для нитратов (USEPA 2014).

Согласно стандарту оценки риска для здоровья, рекомендованному USEPA, допустимый предел неканцерогенного HQ равен 1. Если HQ больше 1, неканцерогенный риск загрязняющих веществ превышает допустимый предел, а если HQ ниже 1 предполагает, что неканцерогенность находится в допустимых пределах.

В нашем случае допустимый предел неканцерогенного HQ был выше 1, для Ауезовского и Алатауского районов города, где концентрация нитратов была завышенной, что в свою очередь требует дополнительных мер очистки питьевой воды.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Изучены и проведены сравнительные анализы литературных источников, описывающих общую характеристику питьевой воды, водоснабжения, источники загрязнения и нормативные требования к питьевой воде, а также определены основные параметры качества питьевой воды для ее мониторинга.
2. Изучены физико-химические методы определения качества питьевой воды. Изучены теоретические и практические основы классических методов анализа и инструментальные методы анализа.
3. Проведен отбор образцов питьевой воды из 8 районов г Алматы. Составлена карта отбора проб питьевой воды.
4. Проведен комплексный физико-химический анализ отобранных образцов питьевой воды. Определены показатели качества питьевой воды, такие как органолептические показатели (запах, вкус, цветность, мутность, прозрачность), общие показатели (рН, общая жесткость, окисляемость перманганатная, общая минерализация), неорганические вещества (катионы и анионы) и загрязнители (тяжелые металлы и углеводороды).
5. Проведен сравнительный анализ полученных результатов. Составлена карта жесткости питьевой воды города. По всем показателям, полученным для всех районов г Алматы, антропогенное воздействие на питьевую воду районов г Алматы оценивается как низкое, не превышающие допустимые нормы ПДК и питьевая вода в г Алматы соответствует утвержденным нормам и правилам, предъявляемым к питьевой воде.
6. Предложены рекомендации по улучшению качества питьевой воды и оценены риски для здоровья в районах, где показатели качества воды ближе к их предельно-допустимым нормам.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Возная Н.Ф. Химия воды и микробиология: Учебное пособие. - М.: Высшая школа, 1979. – 340 с.
- 2 Целевые показатели к Протоколу по проблемам воды и здоровья Конвенции по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер. – Астана, 2017. – 52 с.
- 3 Интернет источник: <https://24.kz/ru/news/social/item/432688-v-rejtinge-stran-pokachestvu-vody-kazakhstan-zanyal-54-e-mesto-iz-179>
- 4 Интернет источник: [https://almatysu.kz/?page\\_id=661&lang=ru](https://almatysu.kz/?page_id=661&lang=ru)
- 5 Интернет источник: <https://www.the-village-kz.com/village/city/situation/3897-water-in-almaty>
- 6 Кожинов В.Ф. Очистка питьевой и технической воды - М.: ООО "БАСТЕТ", 2008. - 304 с.
- 7 Модельный закон «О питьевой воде и питьевом водоснабжении» принятый на восемнадцатом пленарном заседании Межпарламентской Ассамблеи государств - участников СНГ № 18-10 от 24 ноября 2001 г.
- 8 ГОСТ 2874-82 «Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством»
- 9 Приказ Министра национальной экономики Республики Казахстан от 16 марта 2015 года № 209 «Об утверждении Санитарных правил "Санитарно-эпидемиологические требования к водоисточникам, местам водозабора для хозяйствственно-питьевых целей, хозяйствственно-питьевому водоснабжению и местам культурно-бытового водопользования и безопасности водных объектов"»
- 10 Сундукова Е.Н., Антонова И.И. Анализ качества природных и сточных вод по органолептическим показателям. Методические указания к выполнению лабораторной работы. – Казань: Изд. Казан. гос. архит.- строит. ун-та, 2018. - 10 с.
- 11 МУ 2.1.4.1184-03 «2.1.4. Питьевая вода и водоснабжение населенных мест. Методические указания по внедрению и применению санитарно-эпидемиологических правил и нормативов.
- 12 СТ РК 2.376-2015 «Методика выполнения измерений мутности проб природных, питьевых вод и вод источников хозяйствственно-питьевого водоснабжения».
- 13 СанПиН 2.1.4.1116-02 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды, расфасованной в емкости. Контроль качества».
- 14 Калюкова Е.Н. Осадительное и комплексонометрическое титрование Методические указания к лабораторной работе, Ульяновск 2002, 29 с.
- 15 Громаков Н.С. Жёсткость воды и её определение: Методические указания по химии для студентов 1 курса дневной и заочной форм обучения/Каз.гос.арх.- строит. академия; Сост., Казань, 2003, 7с.
- 16 СТ РК 1498-2006 Качество воды. Определение перманганатного числа.
- 17 СанПиН 2.1.4.559-96 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества.
- 18 Стойкова Е.Е., Медянцева Э.П., Евтушин Г.А. Гидрохимический анализ. - Казань, Казанский (Приволжский) федеральный университет, 2010. - 49 с.
- 19 ГОСТ 31869-2012 ВОДА. Методы определения содержания катионов (аммония, бария, калия, кальция, лития, магния, натрия, стронция) с использованием капиллярного электрофореза.
- 20 СТ РК ГОСТ Р 51309 – 2003 вода питьевая. Определение содержания элементов методами атомной спектрометрии.
- 21 ПНД Ф 14.1:2:4.128-98 Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовой концентрации нефтепродуктов в пробах природных, питьевых, сточных вод флуориметрическим методом на анализаторе жидкости "Флюорат-02"

## Интерактивная карта водных ресурсов Республики Марий Эл

Арина Гарашкина, Саломе Джалагония, 10 класс, ГБОУ РМЭ «Политехнический лицей-интернат», г. Йошкар-Ола, Республика Марий Эл

### Победители номинации «Водная индустрия 4.0 (цифровизация)»

Руководители: С.Н. Алябышева, учитель биологии, Т.И. Крылова, учитель информатики

## АННОТАЦИЯ

Ни один человек не может представить свою жизнь без воды. К сожалению, вода относится к исчерпаемым ресурсам, поэтому ее необходимо беречь.

Ежегодно из всех водных источников в стране изымается около 80 куб. км воды. Возвращается же в поверхностные источники лишь 60 куб. км воды.

Потери водных ресурсов связаны с несовершенством технологических процессов, утечками в водопроводных сетях.

В настоящее время для получения оперативной и достоверной информации начинают активно использовать интерактивные карты, в том числе водных ресурсов. Данные карты необходимы для увеличения доступности информации о водных ресурсах как страны в целом, так и регионов в частности.

Целью проекта является создание интерактивной карты водных ресурсов. Авторами создана база данных о водных объектах Республики Марий Эл, рассчитана величина водного следа отдельных административных районов, разработан макет интерактивной карты водных ресурсов РМЭ. С помощью редактора Visual Studio Code написан код и на основе сформированной базы данных оформлена web-страница с водными ресурсами каждого административного района РМЭ.

Работа по определению водного следа отдельных административных районов Республики Марий Эл является социальной необходимостью, так как помогает решать задачи по информированию жителей о водосбережении. Авторами проекта созданы условия для возможного свободного распространения интерактивного продукта в социальных сетях. У проекта есть перспектива в сборе и обработке информации по водным ресурсам республики.

Научная значимость проекта: в проекте проанализировано информация о водных ресурсах Республики Марий Эл. Рассчитана величина водного следа каждого района республики (водный след территории), данные исследования проедены впервые.

Практическая значимость проекта: значимость данного исследования определена национальным проектом «Чистая вода» в рамках приоритетов устойчивого развития ООН в разделе «Обеспечение наличия и рационального использования водных ресурсов и санитарии для всех».

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время для получения оперативной и достоверной информации начинают активно использовать интерактивные карты, в том числе водных ресурсов. Данные карты необходимы для увеличения доступности информации о водных ресурсах как страны в целом, так и регионов в частности.

Актуальность: с каждым днём все больше и больше накапливается данных о водных ресурсах. Во многих статьях авторами предлагают ранжировать источники загрязнения по степени остроты экологического состояния водохозяйственных объектов, другие описывают систему экологического мониторинга.

Анализ информации по данной проблеме показал, что в настоящее время функционируют небольшое количество интерактивных карт водных ресурсов, но они не активны. В частности, при открытии интерактивной карты Верхне-Волжского БВУ, пользователь может только выйти на сайт Отдела водных ресурсов Верхне-Волжского БВУ по Республике Марий Эл и дальше ознакомиться с Книгой «Водные ресурсы». Поэтому мы решили разработать интерактивную карту водных ресурсов Республики Марий Эл, которую бы смогли использовать не только специалисты, но и жители нашей республики.

Цель нашего проекта заключается в создании интерактивной карты водных ресурсов Республики Марий Эл.

Следуя цели нашего проекта, мы поставили следующие задачи:

1. Проанализировать литературные источники о водных ресурсах РМЭ, создать базу данных о водных объектах.
2. Рассчитать величину водного следа территории административных районов РМЭ.
3. Разработать макет интерактивной карты водных ресурсов РМЭ.
4. Написать код помощью редактора Visual Studio Code.
5. На основе сформированной базы данных оформить web-страницы с водными ресурсами каждого административного района РМЭ.

Научная значимость проекта: в проекте проанализирована информация о водных ресурсах Республики Марий Эл. Рассчитана величина водного следа каждого района республики (водный след территории), данные исследования проведены впервые.

Практическая значимость проекта: значимость данного исследования определена национальным проектом «Чистая вода» в рамках приоритетов устойчивого развития ООН в разделе «Обеспечение наличия и рационального использования водных ресурсов и санитарии для всех».

Интерактивная карта водных ресурсов Республики Марий Эл позволит узнать, какие именно водные объекты расположены на территории конкретного района республики, гидрологические характеристики каждого водного объекта, кроме этого, оценить водный след конкретного района республики. Также интерактивная карта водных ресурсов призвана улучшить экологическую обстановку в регионах и сделать водоемы чище.

## 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

### 1.1. Водные ресурсы, классификация

Роль водных ресурсов неоспоримо велика. Люди испокон веков селились возле водоемов и источников воды. Она служила и до сих пор служит для сообщения. Ни один человек не может представить свою жизнь без воды. К сожалению, вода относится хоть и к возобновляемым, но все-таки исчерпаемым ресурсам, поэтому ее необходимо беречь (рис. 1).

Водные ресурсы – это совокупность вод гидросфера, в том числе и Мирового океана, а также наземных и скрытых вод континентов. К водным ресурсам относят реки, озера, моря, океаны, водохранилища, подземные воды, почвенную влагу, болота, ледники и водяные пары атмосферы. Водные ресурсы необходимы для поддержания жизни на Земле.

Водные ресурсы нашей планеты состоят из: вод поверхностного типа, подземных вод, водоемов, созданных искусственно человеком, ледников и снежников, влаги, содержащейся в растениях и животных; парообразного состояния атмосферы.

Поверхностные воды - воды, которые текут или собираются на поверхности земли. К ним относят океаны, моря, озера, реки, болота.

Океан – это непрерывный объем соленой воды, который, как и озера и моря содержится в бассейнах, однако бассейны океанов гораздо больших размеров.

Море – это бассейн с соленой водой, который является частью океана (например, Средиземное море), либо это полностью закрытое соленое озеро (например, Каспийское море). Моря находятся на месте встречи суши и океана.

К рекам относят естественный поток воды, у которого есть канал с определенными берегами. Данные водоемы питаются за счет осадков, прямого сухопутного стока, а также через родники, просачивания и за счет таяния ледников (больше 80% запасов пресной воды содержится в виде льда).

К озерам относят природные водоёмы со стоячей или слабопроточной водой, которая не имеет течения, а следовательно, и направления. Озера обычно занимают внутренние бассейны достаточно крупных размеров. Такие водоемы являются временными.

Болото - тип экосистемы водно-болотных угодий с плохим дренажем и растительной жизнью (в основном это деревья). Болота можно встретить по всему миру. Обычно они находятся в районах с хорошим водоснабжением, для поддержания заболоченности грунта. Также в них имеется высокий запас минералов в воде, для стимулирования разложения организмов и предотвращения накопление органических материалов.

Подземные воды находятся в верхней части земной коры на глубине до 16 км, они подразделяются на: почвенные, верховодка, грутовые, артезианские, минеральные.

Источники, родники или же ключи являются выходом подземных вод на поверхность земли. Обычно в месте, где водоносный горизонт пересекается с поверхностью земли, просачиваются на поверхность грутовые воды, в результате чего образуются источники. Чаще всего это происходит на склонах и даже под водой, то есть на дне рек, озер, колодцев.

### **1.2. Водные ресурсы Республики Марий Эл**

Республика Марий Эл богата водными ресурсами. Главной артерией республики считают реку Волгу с ее притоками. Наиболее крупными являются притоки: Большая и Малая Кокшага, Ветлуга, Сура и Иletь. Республика Марий Эл может похвастаться наиболее экологически чистыми реками Европы, к ним относятся: Иletь, Большая Кокшага, Ишут и Кундыш. Также на территории Республики Марий Эл протекает самая чистая река в мире – Вонча. В республике насчитывается около 476 рек, 689 озер и 417 болот. Все районы республики богаты водными ресурсами.

Общая протяженность рек составляет около 7 144,56 км, а общая площадь болот - 98 тыс. га. Минеральные воды Республики Марий Эл представляют главным образом интерес для лечебного и, конечно же, питьевого применения. Их качество и запасы позволяют использовать ресурсы минеральных вод для лечения в санаториях и розлива в бутылки (рис. 2).

### **1.3. Водный след территории**

Вода присутствует во всех живых организмах, однако она также является важной составляющей всех производственных процессов.

Водный след является показателем количества воды, использованного при создании товара или продукта, а также количество воды, загрязненной при его создании.

Проблема дефицита воды является одной из самых главных на нашей планете. К сожалению, лишь 3% мировых запасов воды пригодно для питья, нехватку воды уже сегодня испытывают 1/16 часть населения Земли.

К зеленой относят дождевую воду, находящуюся в почве, воду, которая испаряется в процессе роста сельскохозяйственных культур. Зеленый водный след – это количество той воды, которая накапливается в почве от осадков и затем в результате эвапотранспирации (т.е. испаряется) теряется либо поглощается растениями.

Значение голубого водного следа равняется объему воды, который был получен из поверхностных или подземных водных ресурсов, испарился в результате каких либо процессов (например, в результате орошения сельскохозяйственных культур), или был использован для производства каких-либо продуктов или взят из одного водоема и возвращен в другой. Если быть точнее это тот объем воды, который забирается из поверхностных и водных источников безвозвратно.

Серым является тот объем воды, который необходим для разбавления загрязняющих веществ до такой степени, чтобы качество воды соответствовало согласованным стандартам качества воды. К числу загрязняющих веществ относят промышленные сбросы, просачивание из хранилищ на горнодобывающих предприятиях, неочищенные сточные воды или загрязняющие вещества из сельскохозяйственного или городского стока.

## 2. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В проекте были проанализированы литературные данные и информационные ресурсы по водным ресурсам РМЭ. В дальнейшем нами была составлена база данных, которая включала следующие разделы:

- административный район республики;
- реки;
- озера;
- родники;
- болота;
- величина водного следа территории.

База включает 20 текстовых документов.

Для подсчета водного следа отдельных административных районов Республики Марий Эл мы использовали данные об абсолютном водном следе Российской Федерации. Он равный 1,85 тыс. м<sup>3</sup>/год на человека (<http://water-rf.ru>). В дальнейшем для определения водного следа территории мы величину абсолютного водного следа умножали на численность населения административного района РМЭ.

Для создания интерактивной карты использовали: редактор Figma, редактора кода Visual Studio Code, каскадные таблицы стилей CSS.

### 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

#### 3.1. Анализ интерактивных Интернет-ресурсов по водным ресурсам

##### Республики Марий Эл

Анализ информации по данной проблеме показал, что в настоящее время функционируют небольшое количество интерактивных карт водных ресурсов отдельных регионов или они не активны. В частности, при открытии интерактивной карты Верхне-Волжского БВУ (<https://vvbvu.ru/karta/>), пользователь может только выйти на сайт Отдела водных ресурсов Верхне-Волжского БВУ по Республике Марий Эл и дальше ознакомиться с Книгой «Республика Марий Эл. Водные ресурсы» (<https://yadi.sk/d/pNYWaTypgb4Jx>) (рис.3).

Следующий сайт оказался не активным, информацию о водных ресурсах республики вообще не удалось получить (<https://gis.favr.ru/single-map>). (рис.4)

На сайте <https://waterresources.ru/region/mariy-el/> мы нашли справочник водных ресурсов, который содержал информацию о реках, озерах, болотах, водопадах, водохранилищах, заливах, канала, ледниках, морях (рис. 5).

Для создания базы данных о водных ресурсах РМЭ мы также использовали информацию, которая была размещена на сайте: <https://geo12.ru/atlas/2-5-> (рис. 6).

#### 3.2. Работа по созданию интерактивной карты водных ресурсов

Сначала мы нашли карту Республики Марий Эл в Интернете. Так как найти карту в хорошем качестве было очень трудно, мы воспользовались графическим редактором Figma, где обозначили регионы разными цветами и подписали их (рис. 7).

Далее написали код, с помощью редактора кода Visual Studio Code, для того чтобы при нажатии на определенный административный район открывалась web-страница с водными ресурсами. Для этого мы перечислили все координаты выступающих точек для каждого субъекта РМЭ, чтобы, соединив все точки, получить область, при нажатии на которую будет осуществляться переход на другую страницу (рис.8).

Затем оформили web-страницы с водными ресурсами каждого административного района республики, используя каскадные таблицы стилей CSS (рис.9). Каждый водный объект выполнен в виде кнопки, при нажатии на которую осуществляется переход на следующую web-страницу.

Далее мы создали web-страницу, состоящую из 2 фреймов. То есть на половине страницы мы видим все водные объекты данного региона, при нажатии на которые на другой половине страницы будет появляться информация по водоёму. (рис.10)

## ВЫВОДЫ

1. Было успешно проведено преобразование текстовой базы данных в цифровую пространственно-ориентированную, делающую большие объемы информации лаконичными и наглядными для пользователей Республики Марий Эл.
2. Созданы условия для возможного свободного распространения интерактивного продукта в социальных сетях.
3. У проекта есть перспектива в сборе и обработке информации по водным ресурсам республики.
4. Работа по определению водного следа отдельных административных районов Республики Марий Эл является социальной необходимостью, работа является важной, так как помогает решать задачи по информированию жителей о водосбережении.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Водный след. Что это такое и из чего он состоит? [Электронный ресурс]. Режим доступа. URL: <https://ecowiki.ru/articles/vodnyj-sled-chto-eto-takoe-i-iz-chego-on-sostoit/> (дата обращения: 10.12.2022).
2. Гончаров Е.А., Ануфриев М.А. Обухов А.Г., Севостьянова Л.И. Характеристики пространственного распределения гидрологических и экологических показателей речной сети Республики Марий Эл // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2020. № 4(48). С. 61-76.
3. Догановский А.М., Малинин В.Н. Гидросфера Земли. СПб., Гидрометеоиздат, 2004. 365 с.
4. Карташов М.И. Государственный мониторинг водных объектов на территории Республики Марий Эл. [Электронный ресурс]. Режим доступа. URL: [http://www.rusnauka.com/27\\_PNR\\_2016/Biologia/4\\_215810.doc.htm](http://www.rusnauka.com/27_PNR_2016/Biologia/4_215810.doc.htm) (дата обращения: 10.12.2022).
5. Кусакин А.В. Болота Марий Эл: охрана и рациональное использование. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2000. 200 с.
6. Озера Среднего Поволжья. Л.: Наука, 1976. 236 с.
7. Орлеанская Е.С. Анализ геоэкологических аспектов водопотребления России и стран мира на основе индикатора водный след // Ученые записки. 2012. № 25. С. 49-58.
8. Республика Марий Эл. Водные ресурсы. Н.Новгород: Типография «Деловая Полиграфия», 2012. 96 с.
9. Столяров А.А. Природа, население и хозяйство Республики Марий Эл. Часть I: Природа Республики Марий Эл. Йошкар-Ола: ООО ИПФ «СТРИНГ», 2015. 292 с.
10. Экологический паспорт Республики Марий Эл. Йошкар-Ола, 2017. 232 с.
11. Эколого-географический атлас Республики Марий Эл. [Электронный ресурс]. Режим доступа. URL: <http://geo12.pf/atlas/> (дата обращения: 10.12.2022).
12. Энциклопедия Марий Эл. Йошкар-Ола, 2009. 872 с.

## ПРИЛОЖЕНИЕ



Рисунок 1 – Водные ресурсы и их классификация



Рисунок 2 – Поверхностные воды РМЭ

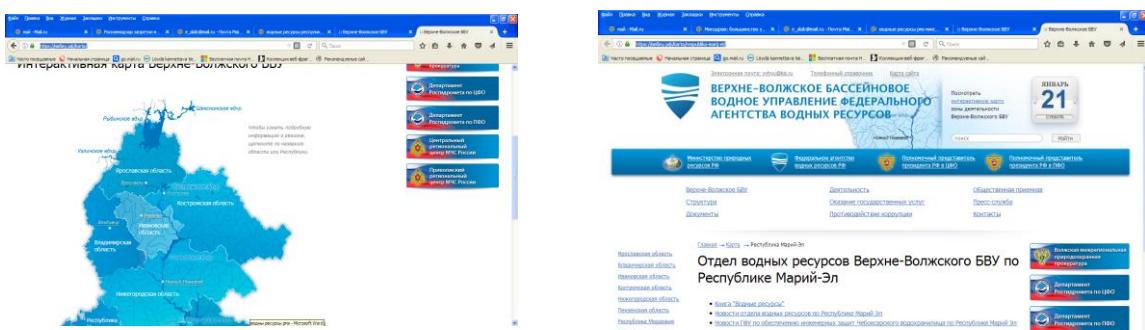


Рисунок 3 – Алгоритм работы

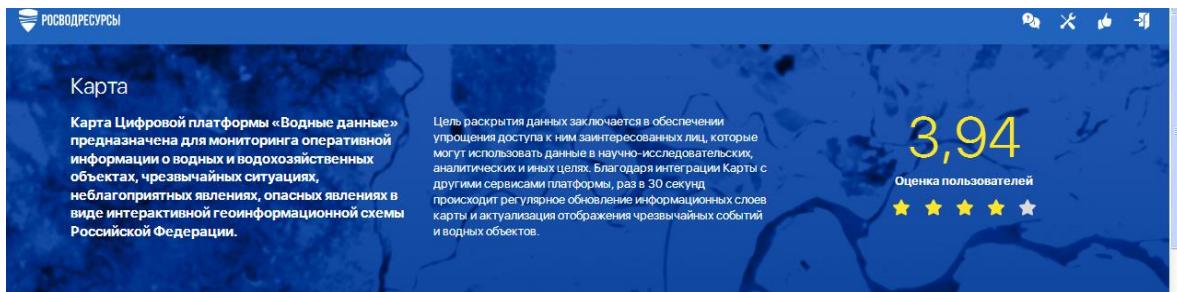


Рисунок 4 – Пример страницы сайта

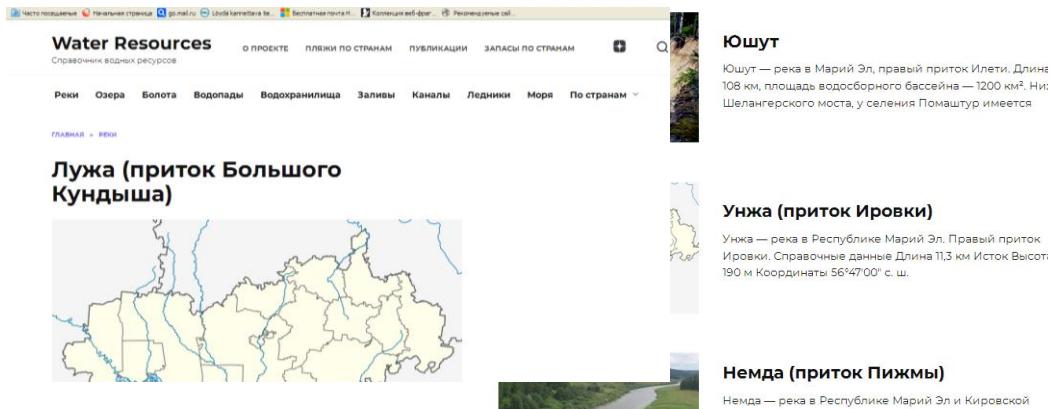


Рисунок 5 – Пример страницы сайта



Рисунок 6 – Пример страницы сайта



Рисунок 7 – Карта в редакторе Figma

```
11 <>
12 <map name="map">
13     <area href="Yurinskii.html" shape="poly"
14         coords="205, 237, 190, 226, 148, 243, 108, 241, 91, 351, 14, 366, 13, 449, 109, 460, 103, 513, 127, 5
15     <area href="Gornomarii.html" shape="poly"
16         coords="102, 515, 80, 546, 96, 584, 125, 592, 116, 567, 122, 551, 102, 515, 136, 577, 117, 637, 159,
17     <area href="Kilemarskii.html" shape="poly"
18         coords="202, 368, 208, 299, 191, 278, 206, 208, 412, 219, 427, 234, 418, 268, 442, 282, 445, 273, 456, 28
19     <area href="Medvedevskii.html" shape="poly"
20         coords="457, 278, 449, 284, 467, 330, 468, 354, 437, 351, 455, 440, 587, 444, 584, 507, 675, 513, 675, 51
21     <area href="Zvenigovskii.html" shape="poly"
22         coords="454, 448, 454, 512, 494, 517, 492, 563, 505, 567, 506, 600, 631, 619, 641, 670, 661, 683, 658, 69
23     <area href="Orshanskii.html" shape="poly"
24         coords="557, 214, 572, 227, 570, 271, 598, 266, 595, 262, 644, 269, 647, 284, 659, 293, 678, 294, 678, 28
25     <area href="Volzhskii.html" shape="poly"
26         coords="773, 600, 765, 634, 728, 633, 723, 645, 731, 647, 747, 654, 745, 665, 748, 676, 740, 678, 726, 72
27     <area href="Novotoralskii.html" shape="poly"
28         coords="730, 129, 746, 131, 755, 143, 752, 151, 747, 158, 729, 159, 728, 173, 737, 183, 751, 174, 753, 18
29     <area href="Sovetskii.html" shape="poly"
30         coords="701, 283, 729, 314, 746, 317, 739, 330, 748, 336, 705, 358, 701, 365, 703, 424, 728, 426, 741, 41
31     <area href="Morkinskii.html" shape="poly"
32         coords="805, 586, 835, 583, 839, 589, 847, 583, 890, 578, 899, 584, 917, 584, 925, 579, 948, 578, 949, 58
33     <area href="Kuzhenerskii.html" shape="poly"
34         coords="847, 330, 877, 334, 877, 356, 882, 362, 903, 362, 906, 345, 919, 345, 921, 354, 935, 363, 940, 35
35     <area href="Sernurskii.html" shape="poly"
36         coords="985, 141, 913, 194, 908, 199, 918, 221, 935, 228, 934, 246, 954, 252, 973, 239, 984, 251, 995, 24
37     <area href="Paranginskii.html" shape="poly"
38         coords="1063, 214, 1048, 222, 1029, 220, 1028, 231, 1029, 237, 1028, 258, 1021, 261, 1021, 277, 1014, 283
```

### Рисунок 8 – Код программы

Рисунок 9 - Каскадные таблицы стилей CSS

**Водные ресурсы Волжского района**

**Реки:**

Ашит
Лойка
Петълка
Иletъ
Волга

Конопланка

**Озёра:**

Глухое
Яльчик
Морской глаз
Елан-ер

Нужан-ер
Кугу-ер
Куж-ер
Шем-ер
Конандер

Мушандер
Тетеркино
Кичаер
Мельничное

Моркиллы

**Родники:**

Источник Зеленый ключ
Петьальские
Кипящая площадь

**Болота:**

Берёзовое

**Водный след:** 581797.25 тыс. м<sup>3</sup>/год

**Река Ашит**

Устье расположено в 110 км от устья Иletъ.

Исток Ашита расположен в Арском районе. **Высота истока** — 152,3 м над уровнем моря.

Река протекает в основном по территории Татарстана, но перед устьем заходит на территорию Волжского района Республики Марий Эл, где впадает в Иletъ.

**Длина реки** — 89 км, площадь водосборного бассейна насчитывает 1065 км<sup>2</sup>.

Питание снеговое и дождевое. На большем своем протяжении пойма реки частично заболочена. Русло Ашита очень извилистое. Из-за вырубок лесов — бассейн реки Ашит почти полностью находится в полях, что делает весеннеев половодье быстрым и мощным. Река относится к Верхневолжскому бассейновому округу.

**Водохозяйственный участок реки** — Волга от Чебоксарского гидроузла до Казани, без рек Свияга и Цивиль.

**Речной подбассейн реки** — Волга от впадения Оки до Куйбышевского водохранилища (без бассейна Суры).

**Речной бассейн реки** — (Верхняя) Волга до Куйбышевского водохранилища (без бассейна Оки).

**Код объекта в государственном водном реестре** — 08010400712112100001678.

Рисунок 10 – Страница сайта

78

## Многолетняя динамика водного стока реки Хопер

Ярослав Фетюхин, 4 курс, факультет географии геоэкологии и туризма, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», Воронежская область

### Победитель номинации «Вода и атом»

Руководитель: В.А. Дмитриева, докт. геогр. наук, профессор

#### Аннотация

В проекте «Многолетняя динамика водного стока реки Хопер» анализируются изменения гидрологических процессов р. Хопер, в частности, среднемноголетних годовых, максимальных и минимальных расходов воды. Целью проекта является выявление временной изменчивости стока реки Хопер в современных климатических условиях и активного воздействия антропогенных факторов.

Объектом исследования выбрана река Хопер в пределах Воронежской области. Предметом исследования является водный сток реки Хопер – г. Новохоперск за период мониторинга 1939-2020 годы. Материалами для проекта послужили многолетние измерения расходов воды на р. Хопер в г. Новохоперск. Водность реки Хопер и качество воды в ней отвечают современным климатическим вызовам и антропогенной деятельности на речном водосборе. Современным триггером гидрологического режима в целом и водного режима в частности является устойчивый рост температуры приземного слоя атмосферы. Через изменение температуры воздуха происходит трансформация иных природных факторов, влияющих на формирование максимальных, минимальных и среднегодовых расходов воды, водности реки в период половодья и межени. Сокращение объемов стока снегового половодья может быть причиной деградации малых водотоков, а увеличение водности межени связано с многочисленными оттепелями зимой и увеличением подземного питания рек в летне-осеннюю межень.

Среднегодовые и среднемноголетние годовые расходы воды, характеризующие водные ресурсы конкретного года и за многолетие, не претерпевают существенных изменений. Происходит перераспределение объемов воды по сезонам года в ответ на климатические вызовы современности.

## Введение

Река Хопер, протекающая по Восточно-Европейской равнине, одна из 2,5 млн. рек, составляющих речной фонд России. Река берет свое начало с Приволжской возвышенности в Пензенской области, далее течет по землям Саратовской, Воронежской и Волгоградской областей. Длина реки от истока до устья 979 км, а площадь бассейна 61 100 км<sup>2</sup>. Общее число рек в бассейне 1355, и они создают густоту речной сети 0,21 км/км<sup>2</sup>.[9] Протяженность по Воронежской области насчитывает 206 км [6]. По классификационным размерам река относится к числу больших рек (рис. 1).

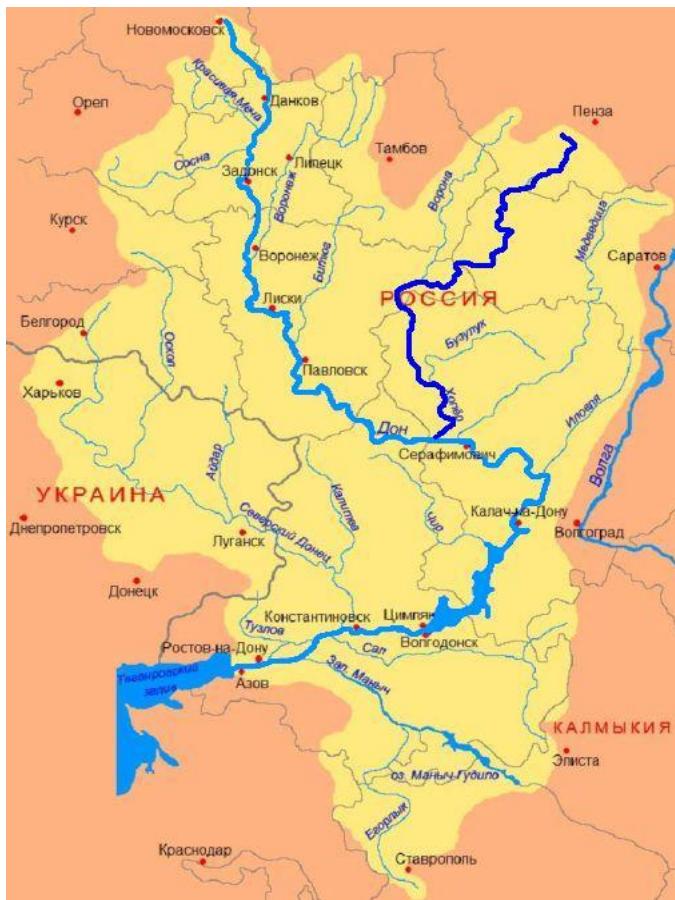


Рис. 1. Река Хопер в бассейне Дона

В формировании водности Дона, в который она втекает с левого берега, играет большую роль, поскольку ежегодный объем стока в месте впадения имеет 4,60 км<sup>3</sup>.

Река протекает по живописным местам русской лесостепи. Лента реки причудливо извивается среди полей и лесов. В 1970-х годах выдающийся российский журналист, любитель и знаток, певец русской природы В.М. Песков писал о реке Хопер как о самой красивой и самой чистой реке Европы. Действительно, берега ее обрамлены лесами, в пойме и русле реки разместились озеровидные расширения, которые придают своеобразный колорит реке и регулируют водность Хопра. Особенно

красива река в границах Хоперского государственного природного заповедника. На охраняемой территории поддерживается естественный гидрологический режим водных объектов: озер, болот, рек. На гидрологическом посту, расположенному на р. Хопер у г. Новохоперск, ниже границы заповедника, ведутся многолетние систематические режимные наблюдения. При определенной степени допущения можно считать, что наблюдения отражают ненарушенный человеком режим в этой части реки. Многолетний гидрологический мониторинг осуществляется на реке с 1939 года и позволяет изучить водный режим, детализировать его изменения и выявить характерные черты и особенности различных временных периодов.

*Целью* проекта является выявление временной изменчивости стока реки Хопер в современных климатических условиях и активного воздействия антропогенных факторов.

*Объектом* исследования выбрана река Хопер в пределах Воронежской области.

*Предметом* исследования является водный сток реки Хопер – г. Новохоперск за период мониторинга 1939-2020 годы.

Материалы наблюдений для проекта заимствованы из Государственного водного кадастра и архива научного руководителя, собраны и обработаны во время прохождения производственной практики.

## **1 Физико-географическое и гидрографическое описание р. Хопер**

Река Хопер протекает в европейской части России и является самым крупным левым притоком р. Дон. Свое начало Хопер берет в Пензенской области на западном склоне Приволжской возвышенности, в 8 километрах от села Кучки, а впадает в р. Дон вблизи станицы Усть-Хоперская Волгоградской области.

Примерно 60 % бассейна реки располагается в лесостепной зоне, а 40 % в степной зоне. В основном долина Хопра представлена широколиственными лесами, но также встречаются и боры. Берега Хопра имеют различное строение и отличаются друг от друга. Правый берег - крутой и не высокий, а левый более пологий, что приводит к его плавному переходу в пойму. Пойма Хопра изрезана старицами, встречается большое количество озер. Долина Хопра в основном имеет зеленую, часто заросшую лесом пойму. Пойма Хопра имеет ровный рельеф, на отдельных участках встречаются песчаные валы, промоины и старицы. [3]

Хопер является притоком первого порядка, поэтому и сам имеет большое количество притоков: 1) правые притоки - Тамала, Карай, Карабан, Ворона, Савала, Елань, Добрая, Тишанка, Акишевка 2) левые притоки – Сердоба, Изнаир, Бузулук, Аркадачка и Мелик [5].

Особенностью протекания реки Хопер по землям Воронежской области является тот факт, что река впадает в Дон за пределами области. Таким образом, на территории области образует собственную речную систему, не связанную с главной рекой. Разветвленная речная система Хопра насчитывает на территории области 181 водоток [6], наиболее крупные из которых представлены на рис. 2.

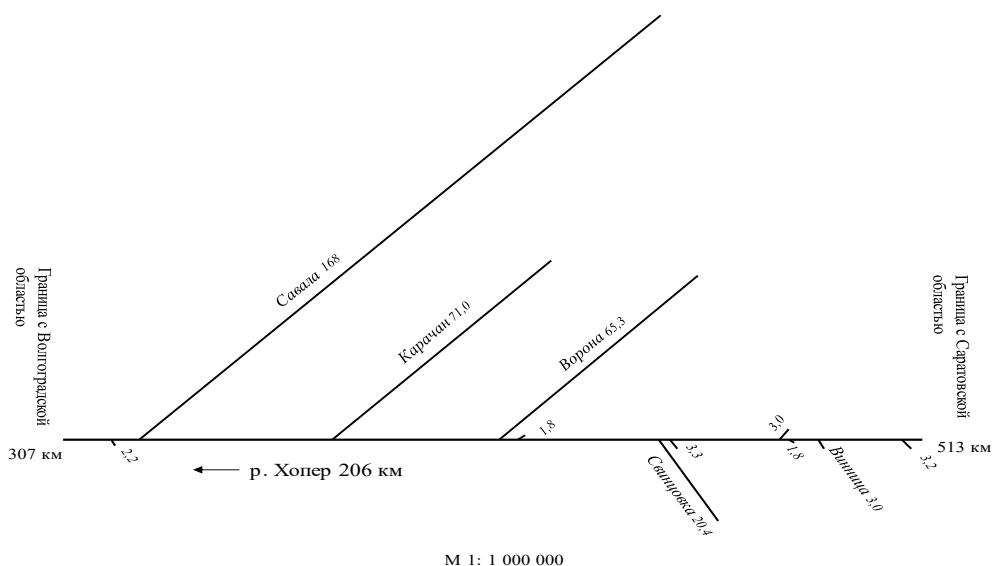


Рис. 2. Гидрографическая схема р. Хопер в административной границе Воронежской области [6]

Издревле люди искали места для расселения поближе к водным объектам и р. Хопер не исключение. Первые сведения о реке Хопер появились в летописи 1148 года. «Князь Глеб Юрьевич, идя к Рязани, был и на Велице Вороне» (в то время Хопер назывался Великой Вороной). Водные ресурсы Хопра использовались и до сих пор находят приложение в разных целях: питьевых, водохозяйственных, рекреационных. С 1949 по 1969 год река была частично судоходной, основным эксплуатационным участком считался нижний участок Хопра, начиная от города Урюпинск. Судоходство имело прямую задачу доставки природных горных пород, добываемых в карьерах около русла, до конечной точки, до Волго-Донского канала, который только начинал разрабатываться. Кроме этого, ходили катера, перевозившие людей, зерно, лес и др.

В настоящее время на Хопре находятся административные центры муниципальных образований: Балашов, Поворино, Борисоглебск, Новохоперск, Аркадак, Урюпинск.

## **2 Водохозяйственное значение р. Хопер в границе Воронежской области**

В Воронежской области воды р. Хопер играют важную роль в различных сферах экономики. Водопользование в бассейне реки предусматривает заборы воды для орошения поливных земель сельхозпредприятий и полива приусадебных участков домохозяйств, что, несомненно, сказывается на состоянии реки и гидрологических процессах, в ней происходящих. Смыв с сельскохозяйственных полей удобрений, твердых частиц с пахотных земель, сточных вод с отстойников при сельхозпредприятиях, из выгребных ям в русловые потоки искажают химический состав воды, загрязняют водную среду, при этом нарушается режим обитания биоты. Несомненно, присутствуют незафиксированные факты сбросов сточных вод в реку, различные аварийные выбросы, например, с сахарного завода г. Жердевки Тамбовской области в реку Савала, что отрицательно сказывается на экосистеме реки на территории Воронежской области.

Одновременно антропогенное давление осуществляется и со стороны городов и сельских поселений, жители которых проживают вблизи Хопра. В Воронежской области самыми крупными городами, расположенными вдоль течения реки являются Борисоглебск, Новохоперск и Поворино. Городской округ город Борисоглебск насчитывает 59864 человека жителей (перепись 2020 г.). Он располагается вблизи впадения р. Вороны в р. Хопер. В Борисоглебске работает множество промышленных предприятий (Борисоглебский машиностроительный завод, Борхиммаш, БКМЗлит, Завод пенобетонных изделий и др.). На административной территории развито сельское хозяйство.

Город Новохоперск насчитывает 5855 жителей. Промышленность в городе представлена пищевой отраслью, деревообрабатывающим комбинатом, маслодельным заводом и производством стройматериалов. Сельское население занято в отраслях сельского хозяйства.

В Поворино проживает 16702 человека. Промышленность представлена пищевой отраслью, а также остатками государственного предприятия железнодорожного транспорта. Получило развитие отраслевое сельское хозяйство.

Велика рекреационная нагрузка. Вдоль реки располагаются дома отдыха, пансионаты, а неорганизованные туристы и отдыхающие вносят свою лепту в нарушение экологического равновесия и гармонии в природе.

На р. Хопер создан государственный природный заповедник «Хоперский». Он был основан в 1935 году с целью сохранения, восстановления и рационального природопользования экологических систем долины Хопра, а также сохранения и восстановления популяции русской выхухоли. Заповедник располагается в Новохоперском, Поворинском и Грибановском районах. Общая площадь заповедника 16758,1048 га, ширина варьируется от 1,5 до 9 км, а протяженность заповедника 50 км вдоль русла р. Хопер с севера на юг.

Около 80 % площади заповедника покрыто лесами. Среди них преобладают пойменные, нагорные дубравы возрастом 80-100 лет и черноольшаники возрастом 70-90 лет. Леса, как известно, благотворно влияют на гидроэкологическое состояние водного объекта. Есть степи и луга. На территории расположено более 400 озер и стариц, в паводок затапливается 80 % земель. Изучение естественного хода природных процессов и явлений, генетического фонда растительного и животного мира, отдельных видов и сообществ растений и животных, типичных и уникальных экологических систем представляет генеральное направление деятельности Хоперского государственного природного заповедника.

В последнее время все более остро стал подниматься вопрос о состоянии малых рек. Малые реки истощаются, глубины в них падают, водность снижается, количество притоков уменьшается, происходит полное или частичное пересыхание малых водотоков. А так как абсолютное большинство рек России относятся к малым [5], то нарушается водный режим крупных и средних рек.

Как известно, человек оказывает определяющее влияние на все природные комплексы. Одновременно с деятельностью человека связаны естественные природные процессы (круговорот воды, эрозия, осадки, тектонические процессы и др.), что приводит к изменению гидрологических процессов в реках.

Антропогенное воздействие и климатические факторы в совокупности способны изменять естественные водные процессы, увеличивать период межени, уменьшать время половодья, а также дестабилизировать уровень воды во все гидрологические

периоды [4]. Происходят ли такие процессы в гидрологическом режиме р. Хопер, как проявляется антропогенное влияние в гидрологических процессах и стоит ли опасаться обмеления реки? На эти вопросы трудно ответить однозначно и полностью достоверно. Следует проанализировать гидрологические процессы за многолетние периоды мониторинга, что и предлагается в следующей главе проекта.

### 3 Водный режим реки Хопер и его изменчивость

#### 3.1 Среднегодовые расходы воды р. Хопер

Одной из важных характеристик, отражающих многоводность или маловодность реки, является расход воды. Расход воды – это объем воды, протекающий через площадь поперечного сечения водотока за единицу времени [2]. Расход выражается в  $\text{м}^3/\text{с}$ . По расходам воды можно определить был ли гидрологический год многоводный, или, наоборот, показал низкие значения водности. Также фиксируются максимальные и минимальные значения расходов – в основном это пики половодья или минимальные значения межени. Все расходы за сутки, месяц, год усредняются и получаются соответственно среднесуточные, среднемесячные и среднегодовые расходы, а также фиксируются максимальные и минимальные значения. По средним значениям определяют многолетние изменения объема воды в водотоках, а по ежедневным значениям расходов путем построения гидрографов получают детальное изменение режима реки за год. На гидрологическом посту в городе Новохоперск производят измерения различных гидрологических характеристик р. Хопер. Средние годовые и минимальные расходы за два периода межени (зимний и летний), максимальные расходы за период 1939 - 2020 г. используются для графического представления стоковых характеристик во времени. По указанным данным строится график среднегодовых расходов воды р. Хопер г. Новохоперск (рис. 3).

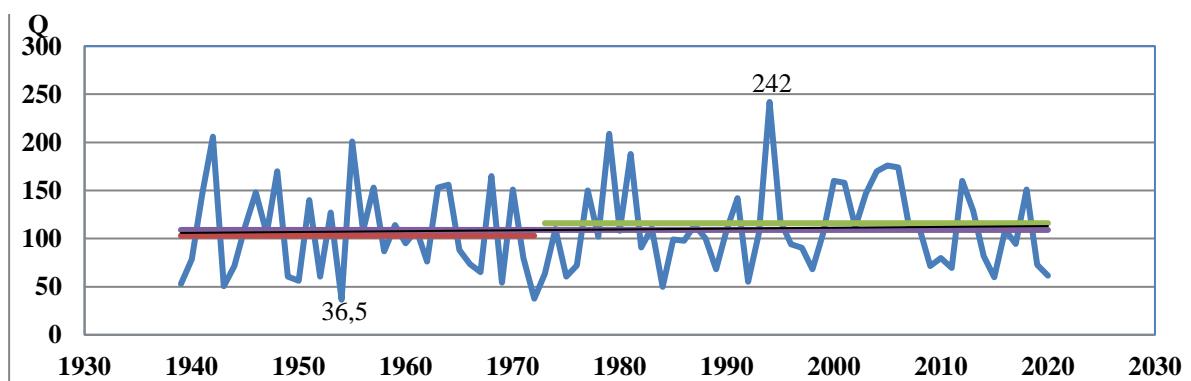


Рис. 3. Среднегодовые расходы воды ( $\text{м}^3/\text{с}$ ) р. Хопер г. Новохоперск за 1939-2020 гг.

Из анализа рис. 3 следует, что наименьшие среднегодовые расходы наблюдались в 1954 г. Они снизились до  $36,5 \text{ м}^3/\text{с}$ . Наибольшие из среднегодовых значений сформировались в 1994 г. и достигли величины  $242 \text{ м}^3/\text{с}$ . Среднее значение расходов воды за 82 года равняется  $109 \text{ м}^3/\text{с}$ . Линия тренда показывает, что происходит небольшое, но все же возрастание среднегодовых расходов воды. Если брать во внимание последние 20 лет текущего века наблюдений за стоком, то значения с 2001 г. по 2008 г., с 2012 по 2013 гг. и в 2018 г. постоянно превышали средний расход за период наблюдений. Снижение водности отмечается в короткие двухлетние периоды, в частности, с 2009 г. по 2011 г., с 2014 г. по 2015 г., в 2017 г., с 2019 г. по 2020 г. В 2016 г. сформировались расходы воды, соответствующие среднему за многолетие. Другими словами, в течение 11 лет было превышение средних значений, 8 лет были пониженные значения, а 1 год был равен средней многолетней величине. То есть, однозначно невозможно сказать о критическом состоянии водности реки. Расходы воды в 21 веке варьируют около средних значений, не было аномально маловодных или, наоборот, многоводных гидрологических лет, судя по временной вариации среднегодовых расходов воды.

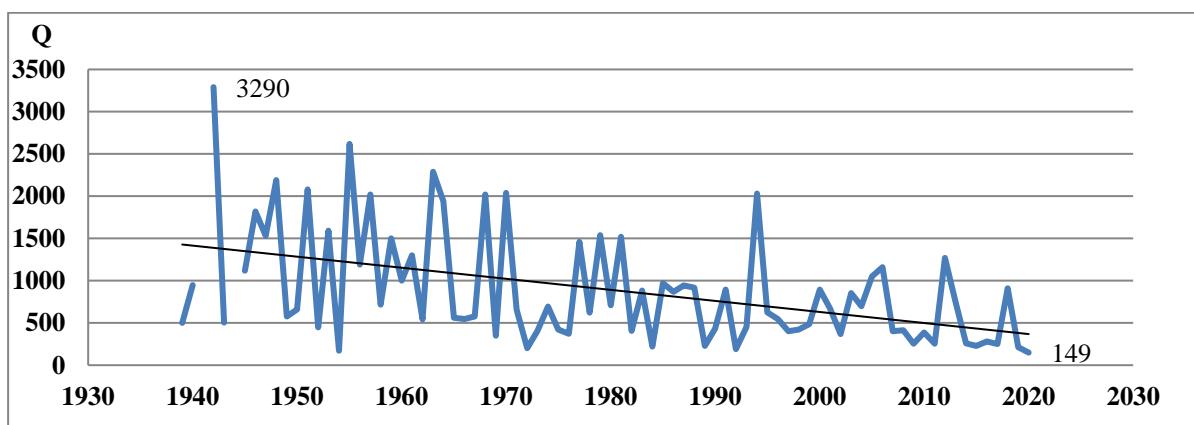
Если брать для анализа два периода: 1) с 1939 по 1972 гг. (33 года) и 2) с 1973 по 2020 гг. (47 лет), то можно заметить разницу в средних значениях по периодам. Среднее значение стока за первый период равно  $103 \text{ м}^3/\text{с}$ , что ниже среднего значения за многолетний период, равного  $109 \text{ м}^3/\text{с}$ . Во второй период среднее значение превышает аналогичное за многолетний период и равняется  $116 \text{ м}^3/\text{с}$ . То есть, среднегодовые расходы в настоящее время даже немного выросли по сравнению с первым периодом.

Из сказанного следует вывод: временная изменчивость среднегодовых расходов воды, определяющих водные ресурсы, дает право утверждать, что водные ресурсы реки Хопер стабильны и сокращения ресурсов не наблюдается.

Но с другой стороны, наблюдается зрительное уменьшение водности рек, например, во время весеннего половодья. Разливы реки уменьшились, а в отдельные годы вода не выходит из коренного русла на пойму. Например, в 2020 году талая снеговая вода не заполнила даже емкость руслового ложа. Рассмотрим более подробно изменения во времени максимальных расходов воды на примере фиксации в р. Хопер – г. Новохоперск.

### 3.2. Максимальные расходы воды

Максимальные расходы фиксируются в период половодья (весенний период) или в период паводков. Для реки Хопер на рассматриваемой территории максимальные расходы воды фиксируются во время снегового половодья, как и для большинства средних и больших рек. Максимальный расход воды, его пиковое значение дает информацию о водности года. В настоящее время формируется тенденция сокращения величины максимального стока. Это наглядно прослеживается на графике, составленном по данным максимальных расходов (рис. 4).



**Рис. 4. Максимальные расходы воды (м<sup>3</sup>/с) весеннего половодья**

**р. Хопер - г. Новохоперск за 1939-2020 гг.**

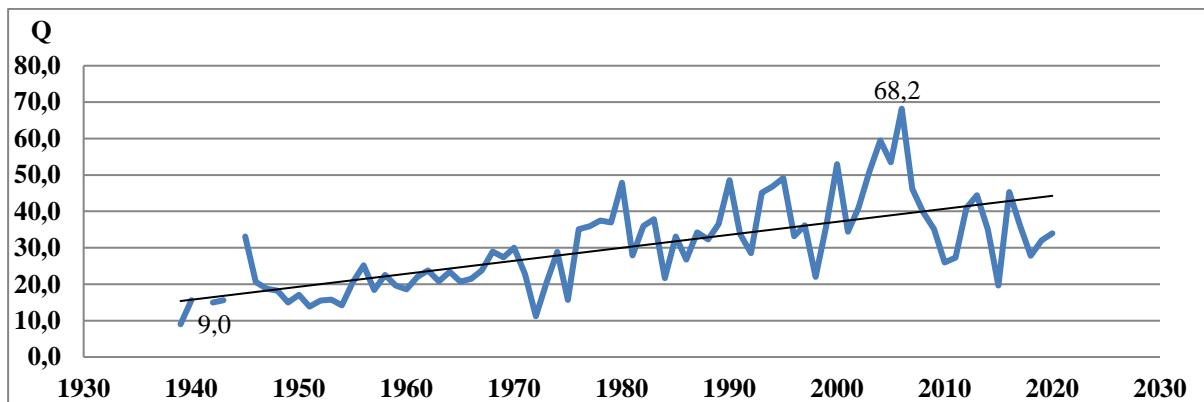
Самый низкий максимум половодья наблюдался 26 марта 2020 г. и равнялся 149 м<sup>3</sup>/с. Он стал историческим минимумом весеннего половодья за весь период наблюдений. Самый большой максимальный расход был зафиксирован в 1942 г. - 3290 м<sup>3</sup>/с. Тенденция снижения стока наблюдается отчетливо.

Причина уменьшения объемов и пиков половодья заключается в изменившихся условиях генезиса половодья [8]. Одной из причин выступает высокая инфильтрация воды в почву в начале снеготаяния. Существенные потери талой снеговой воды обуславливаются низким промерзанием почвы в осенне-зимний период. Водные ресурсы, образующиеся из снеговых запасов, просачиваются прежде всего в талый в грунт, не успевая стечь с рельефа местности. И только после насыщения почвы талой водой, «лишняя» снеговая вода начинает стекать по склону бассейна в русло реки. Изменившиеся условия формирования склонового и речного стока являются следствием мягких зимних климатических условий, сложившихся в текущие годы. Отрицательным следствием сокращения максимальных расходов воды половодья и их объемов может быть глубокая проблема деградации малых рек, выраженная частичным

или полным пересыханием. Малые водотоки, имеющие ограниченное питание лишь во время половодья, лишаются его из-за недостатка поверхностного стекания воды по склону. Количественное перераспределение поверхностной и подземной составляющей стока река в пользу последней является, на наш взгляд, причиной трансформации малых водотоков. Дополнительным подтверждением сказанному может стать анализ многолетних колебаний минимальных расходов воды.

### 3.3 Минимальные расходы воды

Противоположные изменения наблюдаются в минимальных расходах воды меженного периода. С уменьшением максимумов стока весеннего половодья увеличиваются значения расходов летне-осеннего и зимнего меженных периодов. Увеличение водности летне-осеннего меженного периода можно проследить по графику минимальных расходов воды в летне-осенний меженный период (рис. 5). Наименьшими минимальными величинами расходов воды характеризуется 1939 год. Минимальные расходы воды в летний и осенний сезоны, в период после половодья, снизились до  $9,0 \text{ м}^3/\text{с}$ .

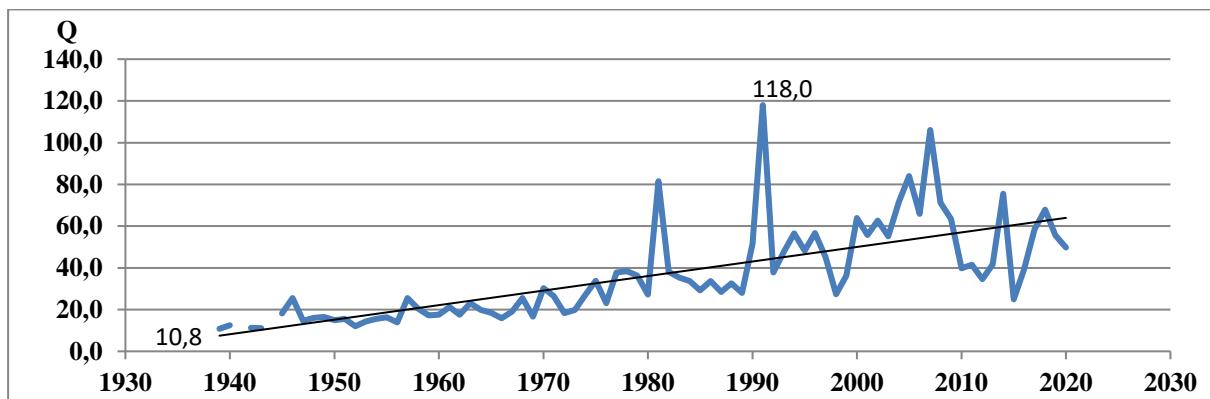


**Рис. 5. Минимальные расходы воды летне-осенней межени ( $\text{м}^3/\text{с}$ )  
р. Хопер - г. Новохоперск**

Наибольшее значение минимальных расходов воды было отмечено в межень 2006 года и равнялось  $68,2 \text{ м}^3/\text{с}$ . Наблюдается тенденция к постепенному увеличению водности в меженный период, ускорившаяся после 1975 г. (см. рис. 5). В 21 веке, начиная с 2010 года, аномально высокого по температуре воздуха и аномально низкого по водности, формируется череда лет с пониженными значениями минимумов летне-осенней межени. Абсолютный минимум, равный  $19,6 \text{ м}^3/\text{с}$ , достигнут в 2015 году. Однако он превосходит исторический минимум 1939 года в 2 раза.

Возникает вопрос, что является триггером новых процессов, из-за чего происходит повышение речного стока в летне-осенний меженый период? Скорее всего, причиной служит то, что после прохождения фазы половодья большой объем воды, поступившей в подземные горизонты во время половодья, разгружаются в большем объеме в русловые потоки. В результате питание рек подземными водами усиливается и, как следствие, возрастают меженные минимумы. затрачивается на испарение как со всего водосбора, так и с поверхности реки.

Подобная тенденция, но с большей интенсивностью, отмечается в зимних минимальных расходах воды (рис. 6).



**Рис. 6. Минимальные расходы воды (м<sup>3</sup>/с) зимней межени  
р. Хопер - г. Новохоперск за 1939-2020 гг.**

Минимальный расход в зимнюю межень наблюдался также в 1939 г. и был равен 10,8 м<sup>3</sup>/с. Максимальное значение расхода воды было зафиксировано в 1991 г. и равнялось 118 м<sup>3</sup>/с. Максимальное значение расхода в зимний период превышает аналогичный расход в летне-осенний период. В зимнюю межень мы можем наблюдать постоянное превышение значений расхода воды над расходами, зафиксированными в летне-осенний период. Минимально расход в 21 веке за зимний сезон опустился в 2015 году до значения 24,9 м<sup>3</sup>/с. Нарастание расходов воды, а также превышение значений зимней межени над летне-осенней может быть связано с повышением температуры воздуха в зимний период, изменившимся температурным режимом и образованием многочисленных оттепелей, которые и стали причиной повышения зимнего стока и минимумов зимней межени [1]. Снижение минимумов стока зимней межени, начиная с 2008 года и по 2020 гг., не изменило общую тенденцию на повышение зимнего стока и минимума зимней межени.

Таким образом, несмотря на противоположные тенденции во временной изменчивости минимумов водности, общая тенденция, направленная на увеличение минимальных расходов воды в современных климатических условиях сохраняется.

## Заключение

Водность реки Хопер и качество воды в ней отвечают современным климатическим вызовам и антропогенной деятельности на речном водосборе. Современным триггером гидрологического режима в целом и водного режима в частности является устойчивый рост температуры приземного слоя атмосферы. Через изменение температуры воздуха происходит трансформация иных природных факторов, влияющих на формирование максимальных, минимальных и среднегодовых расходов воды, водности реки в период половодья и межени.

Сокращение объемов стока снегового половодья может быть причиной деградации малых водотоков, а увеличение водности межени связано с многочисленными оттепелями зимой и увеличением подземного питания рек в летне-осеннюю межень.

Среднегодовые и среднемноголетние годовые расходы воды, характеризующие водные ресурсы конкретного года и за многолетие, не претерпевают существенных изменений. Происходит перераспределение объемов воды по сезонам года в ответ на климатические вызовы современности.

## Список литературы

1. Бедрицкий А.И: Стратегические направления обеспечения экологической и гидрометеорологической безопасности России в условиях современных климатических / А.И. Бедрицкий, С.А. Куролап, Р.М. Вильфанд, В.А. Дмитриева // Вестник ВГУ. Серия География. Геоэкология. – 2019. – № 6. – С. 1-18.
2. Водный кодекс РФ / [Электронный ресурс] // "Водный кодекс Российской Федерации" от 03.06.2006 N 74-ФЗ (ред. от 01.05.2022): [сайт]. — URL: <https://www.consultant.ru/document> (дата обращения: 16.11.2022).
3. Георгиевский В.Ю. Научно-прикладной справочник "Основные гидрологические характеристики водных объектов бассейна реки Дон" / В.Ю. Георгиевский. – СПб: Министерство природных ресурсов и экологии РФ. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, 2022. – 264 с.
4. Глобальные климатические изменения: региональные эффекты, модели, прогнозы: материалы межд. науч.-практ. конф. (г. Воронеж, 3-5.10.2019). – Воронеж: Изд-во «Цифровая полиграфия», 2019. – Т.1 – 532 с.; Т.2 – 444 с.
5. Государственный водный реестр / [Электронный ресурс] // Государственный водный реестр: р. Хопер: [сайт]. — URL: <https://textual.ru/gvr> (дата обращения: 16.11.2022).
6. Дмитриева В.А. Гидрологическая изученность Воронежской области. Каталог водотоков. Воронеж: ИПЦ Воронеж. гос. ун-та, 2008. 225 с.
7. Дмитриева В.А.: Некоторые аспекты гидрологического режима рек / В. А. Дмитриева, А.И. Сушков, С. В. Бучик // Вестник ВГУ. Серия География. Геоэкология. – 2020. – № 1. – С. 1-13.
8. Дмитриева В.А. Генезис максимумов водности рек и изменчивость водного режима в современный климатический период / В.А. Дмитриева, С.В. Бучик // Водное хозяйство России. – 2016. – № 3. – С. 50-62.
9. Лурье П.М. Река Дон: гидрография и режим стока. Научное издание / П.М. Лурье, В.Д. Панов. – Ростов-на-Дону: Донской издательский дом, 2018. – 592 с.

## Определение суммарной альфа- и бета- активности питьевой воды Ташкентской области

Тимур Ахмедбаев, 4 курс, Ташкентский филиал НИЯУ МИФИ, кафедра «Ядерная энергетика и теплофизика», Республика Узбекистан

### Победитель номинации «Вода и атом»

Руководитель: Т.М. Усманов, МНС Институт Ядерной Физики АН РУЗ, базовый докторант ИЯФ АН РУЗ, Лаборатория Ядерной аналитики ИЯФ АН РУЗ

#### Аннотация

Данная статья посвящена определению альфа-бетта активности утечек подземных вод в производственных и промышленных районах Ташкентской области. Для этого были взяты пробы подземных вод, определена концентрация активных частиц в водораспределении с помощью альфа-бетта-радиометра на основании инструкции и получены результаты. Авторы изменили процесс расчета результатов, чтобы он стал намного лучше и точнее, чем раньше. При анализе результатов в горнорудных районах наблюдалась более высокая активность по сравнению с другими местами, но было замечено, что альфа-бетта активность воды ни в одном из отобранных участков не превышала заданных нормативов

**Ключевые слова.** Питьевая вода, суммарная активность, альфа и бета, гамма активность, техногенный и естественный радионуклиды, радиометр, естественный фон, нормы радиационной безопасности, доза, облучения, коэффициент концентрации, сульфитации солей.

Вода является природным растворителем веществ, в том числе и естественных радионуклидов, встречающихся в природе. Растворенные в воде радионуклиды испускают частицы (альфа и бета) и фотоны (гамма). Присутствие радионуклидов в воде отдаленные последствия воздействия на здоровье людей, в частности поступлением в организм человека с питьевой водой.

Исследования показывают, что облучение в дозах от низких до умеренных может увеличить долгосрочное негативное воздействие на организм. В целях защиты здоровья населения от потенциально вредного эффекта радиации рекомендуется проводить исследования уровня концентраций радионуклидов в воде по сезонно. Международными стандартами и нормативными актами рекомендуется выявление общих концентраций

растворенных альфа- и бета-излучающих радионуклидов в качестве первого этапа определения показателей радиационной безопасности питьевой воды

Предварительная оценка питьевой воды по показателям радиационной безопасности.

Трудно переоценить значение качества питьевой воды для здоровья человека. Для питьевых и хозяйственных нужд люди используют воду из разных источников:

- поверхностную (реки, озера, водохранилища)
- грунтовую (колодца, родники)
- подземную (артезианские скважины)

Поверхностные воды подвергаются сезонным климатическим воздействиям (засуха и половодье), промышленным и сельскохозяйственным загрязнениям. Поэтому наиболее перспективными источниками воды для населения являются артезианские подземные воды.

Однако в последнее время подземные водоносные системы промышленно развитых городов и районов так же, как и поверхностные воды, испытывают значительное антропогенное воздействие, в том числе и по радиационным факторам.

Радионуклидный анализ питьевой воды требует сложный химический методы проб подготовки и дорогостоящий приборы. В связи с этим Всемирная Организация Здравоохранения (ВОЗ) рекомендует, оснований на скрининг питьевой воды в отношении общих уровней радиоактивности альфа и бета –излучения, установив рекомендуемые уровни для суммарной удельной альфа активности воды 0,5 Бк/л и суммарной удельной бета - активности 1 Бк/л [1].

В этом случае, при среднем потреблении воды 730 л/год на человека, дозовая нагрузка, обусловленная потреблением воды, не перевесит 0,1 мЗв/год.

Принятые в Узбекистане СанПиН №0283-10 устанавливают более жесткие нормы: для суммарной удельной альфа активности воды 0,2 Бк/л и суммарной удельной бета активности воды 1 Бк/л [2].

Информация об уровнях суммарной удельной альфа и бета активности воды на территории Узбекистана в основном представлена данными по зонам бывших урановых разработок и, в связи с этим, набор данных по радиационной безопасности питьевой воды представляется весьма актуальный задачи.

**Отбор пробы.** Нами отобраны пробы питьевой воды 7 контрольных точках Ташкентской области. Пробы отбирались в пластиковые емкости объемом 1,5 л и консервировались концентрированной азотной кислотой из расчета 10 дм<sup>3</sup> на 1 л воды.

**Проба подготовка.** Счетные образцы образцы изготовлены путем упаривания проб до сухого остатка.

**Подготовка проб методом упаривания.** Пробу перемешивают, отмеряют мерным цилиндром объем  $V = 1$  дм<sup>3</sup> и переводят в термостойкий стакан вместимостью 2 дм<sup>3</sup>, подкисляют концентрированной азотной кислотой до pH = 1–2. Если при предварительной оценке минерализации пробы рассчитанная согласно формуле 1 масса  $M_0$  составила менее 0,1 г, то в отмеренный объем добавляют 1 см<sup>3</sup> раствора хлористого кальция.

Стакан с пробой устанавливают на плиту и выпаривают при температуре не выше 90 °C.

После упаривания пробы до объема 100–150 см<sup>3</sup> на плиту устанавливают предварительно взвешенную и пронумерованную фарфоровую чашку. Чашку заполняют пробой не более чем на 2/3 объема и продолжают упаривать раствор. По мере упаривания раствора его порциями пополняют из стакана, смывая при этом образующийся на стенках чашки осадок к центру.

Раствор в чашке выпаривают, снимают с плитки, дают пробе остыть, добавляют 2 см<sup>3</sup> серной кислоты (1:1) для сульфитации солей, вновь устанавливают чашку на плиту и выпаривают до полного отгона паров серной кислоты.

Чашку с сульфатированным остатком помещают в муфельную печь, доводят температуру до 350 °C и выдерживают в течение 1 часа, затем муфель отключают, чашку извлекают и дают остыть.

После этого чашку с прокаленным сухим остатком повторно взвешивают и по разности второго и первого показаний определяют полную массу сульфатированного сухого остатка  $M_1$ , находящегося в чашке.

**Расчет коэффициента концентрирования.** Рассчитывают коэффициент концентрирования  $K$ , отн. ед. по формуле 1:

*Формула 1.*

$$K = \frac{1}{M_1}, \text{ (отн. ед.)},$$

где  $M_1$  – масса сухого остатка, находящегося в чашке, кг. Шпателем или скребком из нержавеющей стали тщательно снимают сульфатированный сухой остаток водной пробы со стенок чашки, затем фарфоровым пестиком дотирают сухой остаток до получения однородной порошковой массы, после чего весь сухой остаток или его часть – навеску  $m_{co}$  аккуратно переносят в чистую сухую измерительную кювету спектрометра-радиометра, предварительно пронумерованную и взвешенную. Масса переносимого сухого остатка не должна превышать 1 г.

В кювету добавляют 1–2 см<sup>3</sup> спирта, смачивая при этом всю массу сухого остатка. Кювету устанавливают на горизонтальную поверхность и высушивают под лампой до получения ровного однородного слоя сухого остатка. Кювету с высущенным осадком

взвешивают и определяют навеску счетного образца  $m_{co}$  отобранныю для приготовления счетного образца по формуле 2:

*Формула 2.*

$$m_{co} = M^k_1 - M^k_0, \text{ (кг),}$$

где  $M^k_0$  – масса кюветы без осадка, кг;

$M^k_1$  – масса кюветы с осадком, кг.

Подготовленный счетный образец передают на измерения удельной суммарной альфа- и бета- активности [3].

**Измерительные приборы.** Измерения осуществлялся в лабораторных условиях с помощью спектрометра - радиометра бета- и альфа- излучения МКГБ-01 «РАДЭК» (далее спектрометр-радиометр МКГБ-01).

Альфа радиометр калибровался с использованием образцового раствора радионуклида  $^{241}\text{Am}$  с удельной активностью (10-1000) Бк/г и погрешностью не более 5%. Для калибровки бета-радиометра использовался реактив  $\text{K}_2\text{SO}_4$  (радионуклид  $^{40}\text{K}$ ) марки «ХЧ» по ГОСТ 4145-74 с удельной активностью 13,73 Бк/г.

Диапазон измерений суммарной удельной активности альфа- излучающих радионуклидов составляет от 0,02 до 400 Бк/кг.

Расширенная относительная неопределенность измерений не превышает 50 % при коэффициенте охвата  $k = 2$  для уровня доверия  $P = 0,95$ .

Диапазон измерений суммарной удельной активности бета- излучающих радионуклидов составляет от 0,2 до 400 Бк/кг.

Расширенная относительная неопределенность измерений не превышает 50 % при коэффициенте охвата  $k = 2$  для уровня доверия  $P = 0,95$ .

Все полученные результаты удельной активности приведены в гистограмме 1.

*Гистограмма 1.*



Значения суммарной удельной альфа и бета активности исследованных пробах питьевой воды составили:

Таблица 1.

№	Места отбора пробы	Суммарная удельная альфа активность (Бк/л)	Суммарная удельная бета активность (Бк/л)
1	Бука	0,045 ± 0,023	0,38 ± 0,190
2	Янгиюлский район	0,074 ± 0,037	0,13 ± 0,066
3	Ангрен. Поселок Краснагорск	0,086 ± 0,043	0,30 ± 0,165
4	Город Ангрен	0,072 ± 0,036	0,50 ± 0,25
5	Поселок Улугбек	0,038 ± 0,014	0,28 ± 0,14
6	Кибрайский район	< 0,08	< 0,3
7	НИЯУ МИФИ Ташкентский филиал	< 0,07	< 0,2

Заключение по результатам исследований. Показатели радиационной безопасности исследованных проб воды, отобранных из системы центрального водоснабжения питьевой воды в контрольных точках, не превышают установленных норм.

#### Литературы.

1. World Health Organization, Guidelines for Drinking-water Quality, 3rd ed., Vol.1: Recommendation, WHO, Geneva (2004).
2. СанПиН №0283-10 Гигиенические требования к безопасности в пищевой продукции.
3. Методика измерений суммарной удельной активности альфа-излучающих и бета-излучающих радионуклидов в природных (пресных и минерализованных) и технических водах с помощью спектрометра-радиометра гамма-, бета- и альфа-излучения МКГБ-01 «РАДЭК».

**Изучение количественного содержания и химического состава микропластика в Финском заливе**

*Егор Тихомиров, 10 класс, МБОУ «Шлиссельбургская СОШ №1», ГБУ ДО «Центр «Интеллект», г. Шлиссельбург, Ленинградская область*

**Победитель номинаций «Вода без пластика» и «Арктическая лента»**

*Руководитель: Н.В. Свиридова, преподаватель Центра «Интеллект»*

**Аннотация**

Работа посвящена изучению содержания и химического состава микропластика в морской среде. Разработана методика отбора проб воды и грунтов береговой полосы, пробоподготовки, микроскопирования, ИК-Фурье-спектрометрии.

Апробация выполнена в августе и октябре 2022 г. на участках Невской губы Финского залива с различным уровнем антропогенного воздействия. В поверхностных водах и грунтах было обнаружено 200 частиц/м<sup>3</sup> и 960 частиц/м<sup>3</sup> вторичного слоистого пластика, состоящего из полиэтилена и полистирола. Накопление микропластика в грунте свидетельствует об аккумуляции и вторичном загрязнении Невской губы при усилении волнового и ледового воздействия.

Методика может применяться для мониторинга водных объектов, полученные данные могут быть учтены при формировании нормативов ПДК микропластика в сточных водах.

## Введение

Острая проблема 21 в. - загрязнение окружающей среды микропластиком (МПЛ) – частицами синтетических полимеров размером до 5 мм, образующихся при разрушении пластиковых изделий.

По данным HELCOM [7] на 2020 г. Балтийское море значительно загрязнено МПЛ. Это подтверждается исследованиями российских ученых 2018-2020 гг. [4] в глубоководных районах Финского залива. Аккумуляция МПЛ происходит, напротив, на мелководных участках акватории, в донных отложениях и береговых наносах, что определяет актуальность исследования этих компонентов морской среды.

Невская губа Финского залива оказывает экосистемные услуги для крупнейшего мегаполиса Северо-Запада РФ – Санкт-Петербурга. Ухудшение качества морской среды снижает рекреационную ценность водоема и негативно влияет на экосистему Финского залива в целом.

**Цель:** определить количественное содержание и химический состав МПЛ в поверхностных водах и грунтах береговой полосы мелководной части Невской губы Финского залива на трех участках с различным уровнем антропогенного воздействия.

**Задачи:**

1. Ознакомиться с методиками отбора и анализа проб для определения содержания МПЛ в литературных источниках;
2. Адаптировать методики к условиям Невской губы с учётом оснащенности лабораторий (центров) образовательных учреждений.
3. Отобрать пробы воды и грунтов береговой полосы в районе пос. Лисий нос, пос. Лахта, напротив устья р. Красненькая.
4. Определить количественное содержание и химический состав частиц МПЛ.

**Гипотеза:** Поверхностные воды и грунты береговой полосы мелководной части Невской губы загрязнены микропластиком, имеющим вторичное происхождение.

## 1. Особенности микропластика, выбор методов исследования и участков отбора проб.

В настоящее время не сформировано определение какого размера частицы относить к МПЛ: с диаметром  $<10$  мм,  $<5$  мм,  $<1$  мм,  $<500$  мкм и т.д., но большинство ученых сходятся в том, что это частицы размером от 0.5 до 5 мм по наибольшему измерению. [2, 3].

Микрочастицы пластика имеют широкий спектр размерных групп и низкую плотность, в результате чего многие живые организмы воспринимают их как источник пищи. Поскольку пластик не разлагается их ферментативной системой, его проглатывание представляет угрозу для организмов. Наибольшее беспокойство вызывает тот факт, что частицы пластика способны адсорбировать на своей на поверхности многие загрязняющие вещества, становясь тем самым их источником вторичного загрязнения. Загрязняющие вещества, продвигаясь вверх по пищевой цепи, могут концентрироваться в высших хищниках и в организме человека. [5].

Первичный МПЛ - пластиковые гранулы, или пеллеты, применяющиеся в производстве в качестве сырья для изготовления пластиковых листов и готовых изделий, а также микрогранулы, применяющиеся в косметической промышленности, которые попали в окружающую среду в исходном виде.

Вторичный МПЛ – частицы, образовавшиеся в результате разложения предметов и крупных пластиковых обломков. [9]

Определение содержания МПЛ в морской среде чаще всего проводят на основе следующих методик [3]:

1. Лабораторные методы анализа микропластика в морской среде: Рекомендации для количественного анализа синтетических частиц в воде и донных отложениях (программа исследования морского мусора NOAA).
2. Методы измерения плотности неячеистых пластиков.
3. Метод анализа микропластика в пробах воды для проекта MARBLE.

На основе изучения указанных методик были выбраны приемы отбора проб и пробоподготовки, которые сформировали адаптированную методику, приведенную в Приложении 1 на рис. 1. Она обеспечивает представительность полученных результатов, препятствует вторичному загрязнению пробы полиэтиленом, не требует сложного дорогостоящего лабораторного оборудования и материалов.

Невская губа представляет собой восточную часть Финского залива Балтийского моря, расположена на территории Ленинградской области и города Санкт-Петербург. В

вершину Невской губы несколькими рукавами впадает река Нева. Площадь Невской губы составляет  $380 \text{ км}^2$ , средняя глубина не превышает 3 м. [8].

Для отбора проб поверхностных вод и грунтов береговой полосы выбраны 3 участка, испытывающие различный уровень антропогенного влияния – рекреация (минимальный уровень), строительство гранитной набережной, вынос с загрязненными речными водами (максимальный уровень). Первый участок – Курортный район Санкт-Петербурга, пос. Лисий нос – регулярно используется большим числом горожан для рекреации (общественный пляж и акватория вблизи него). Второй участок отбора проб – акватория вблизи Лахта-центра – подвергается высокой антропогенной нагрузке в связи со строительными работами на набережной. Третий участок – акватория напротив устья р. Красненькая – испытывает воздействие сильно загрязненных речных вод, на водосборе расположен золоотвал Юго-Западной ТЭЦ. Выбор указанных участков акватории определялся необходимостью проверки гипотетического наличия МПЛ в акватории Невской губы Финского залива, имеющего различные источники поступления.

## 2. Результаты определения количественного содержания и химического состава микропластика мелководной части Невской губы.

Научно-исследовательская работа выполнена в лаборатории ГБУ ДО «Центр «Интеллект» в августе и октябре 2022 г. в рамках проведения Естественнонаучной проектной школы. Отобраны 4 пробы воды и 2 пробы грунта береговой полосы (песка) (Приложение 1, рис. 2). Подготовлены реактивы (раствор сульфата железа Fe(II), раствор перекиси водорода, раствор хлорида натрия, раствор хлорида цинка, спирт этиловый и т.д.), собрана фильтровальная установка, плотностной разделитель, выполнен мокрый и сухой рассев проб, обработка перекисью водорода, определение массы частиц, микроскопирование и спектрометрия на высокотехнологичном оборудовании – спектрометре IRSpirit (Shimadzu, Япония).

Результаты определения количественного содержания МПЛ в Невской губе Финского залива представлены в таблице 1.

Таблица 1. Содержание частиц микропластика в поверхностных водах и грунте береговой полосы Невской губы Финского залива (11.08.2022, 05.10.2022).

Участок отбора пробы	Дата отбора пробы	Характер пробы	Объем пробы	Кол-во частиц в пробе, шт.	Кол-во частиц, шт/м <sup>3</sup>	Среднее значение кол-ва частиц, шт/м <sup>3</sup>
Лисий нос, 50 м от берега	11.08.2022	вода	10 дм <sup>3</sup>	0	0	50
Лисий нос, 50 м от берега	05.10.2022	вода	10 дм <sup>3</sup>	2	200	
Лахта, 50 м от берега	05.10.2022	вода	10 дм <sup>3</sup>	0	0	
напротив устья р. Красненькая, 50 м от берега	05.10.2022	вода	10 дм <sup>3</sup>	0	0	
Лисий нос – пробы № 1, 2 м от уреза воды	11.08.2022	грунт (песок)	3,1 дм <sup>3</sup>	3	960	960
Лисий нос – пробы № 2, 2 м от уреза воды	05.10.2022	грунт (песок)	3,1 дм <sup>3</sup>	3	960	

МПЛ в поверхностных водах мелководной части Невской губы встречался однократно 05.10.2022 на акватории вблизи пос. Лисий нос, его содержание составило

200 частиц/м<sup>3</sup>. В пробе были обнаружены частица слоистого пластика темного цвета и волокно. В остальных точках отбора проб воды МПЛ обнаружен не был. По данным [1] в 2018 г. в воде Невской губы вблизи пос. Комарово содержалось 1500-1900 частиц/м<sup>3</sup>, что значительно превышало наши результаты.

В грунтах береговой полосы вблизи пос. Лисий нос содержание МПЛ было значительно выше в сравнении с пробами воды и составляло 960 частиц/м<sup>3</sup>. 11.08.2022 в пробе грунта обнаружены 3 частицы слоистого пластика разных цветов, а 05.10.2022 – 2 частицы слоистого пластика разных цветов и гранула.

Техническая оснащенность лаборатории позволила установить массу гранулы из пробы грунта – 0,021 г. Допуская, что 30% обнаруженных частиц в пробах грунта представлены первичными гранулами, можно предположить, что масса загрязнителя в грунте ориентировочно составляет 6,72 г/м<sup>3</sup>.

В результате ИК-Фурье-спектрометрии наибольших по размеру частиц МПЛ из 2 проб грунта с учетом габаритных размеров кюветы в приборе с последующим сравнением спектров с библиотекой спектрометра IRSpirit (Shimadzu, Япония) и литературными данными [6] установлено, что 1 частица преимущественно состоит из полиэтилена, вторая – из полистирола (рис. 1.). Провести спектрометрию остальных частиц не представляется возможным в связи с их крайне малыми размерами.

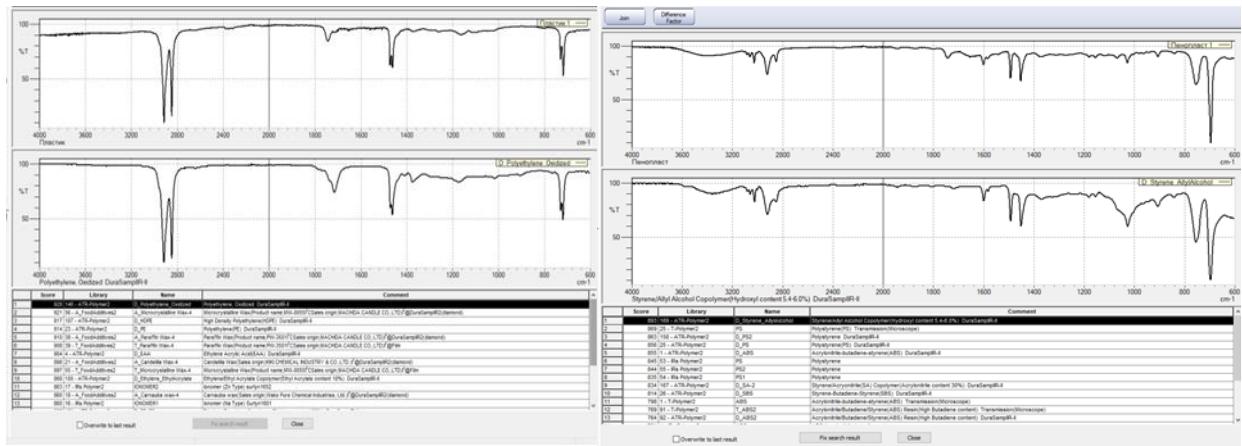


Рис. 3. ИК-спектр частиц микропластика из проб грунта береговой полосы в районе поселка Лисий нос (полиэтилен ( $p=0,928$ ) – проба № 1, полистирол ( $p=0,893$ ) – проба № 2).

Особенности количественного распределения частиц позволяют предположить, что в результате интенсивного использования пляжа в пос. Лисий нос для отдыха горожан происходит накопление вторичного МПЛ в верхнем 5-ти сантиметровом слое грунта, который может служить источником вторичного загрязнения акватории при усилении волнового и ледового воздействия в осенне-зимний период.

## Заключение

Теоретический анализ методик определения содержания МПЛ в морской среде из литературных источников, учет технологической оснащенности лаборатории образовательного центра, авторские предложения по конструкции установок для фильтрования проб и плотностного разделения, позволили сформировать методы отбора проб, пробоподготовки, визуального анализа и спектрометрии для определения химического состава частиц.

Учитывая небольшое количество проанализированных проб получены предварительные данные о количественном содержании МПЛ в поверхностных водах и грунтах береговой полосы мелководной части Невской губы Финского залива Балтийского моря в участках, различающихся уровнем антропогенной нагрузки. Установлено, что содержание МПЛ в поверхностных водах района с интенсивной рекреационной нагрузкой в целом незначительное и не превышает 200 частиц/м<sup>3</sup>, что ниже результатов исследований аналогичного участка акватории в 2018 г. МПЛ представлен частицами вторичных слоистых пластиков разного цвета. Несмотря на отсутствие федеральных нормативов качества воды по содержанию МПЛ, известно, что пластик негативно влияет на пелагические и бентосные сообщества. Чем дальше пластик находится в толще воды, тем выше вероятность адсорбции стойких органических загрязнителей (СОЗ). В таком случае концентрации СОЗ значительно увеличиваются и, попадая в организм зооплантона или рыбы, могут нанести вред здоровью или накопиться в тканях и мигрировать на следующий трофический уровень.

[8, 9]

Данные, полученные для проб грунта, впервые позволяют охарактеризовать содержание МПЛ для района, испытывающего высокую рекреационную нагрузку. Содержание МПЛ в грунтах береговой полосы практически в 5 раз превышало данные для поверхностных вод и составляло 960 частиц/м<sup>3</sup>. МПЛ был представлен не только вторичными слоистыми пластиками, но и первичными гранулами, количество которых в одной из проб составляло 30 %. ИК-спектрометрический анализ позволил установить наличие полиэтилена и полистирола в исследуемых частицах. Выявленные особенности количественного распределения частиц МПЛ позволяют предположить, что в результате интенсивного использования пляжа в поселке Лисий нос для отдыха горожан происходит накопление вторичного МПЛ в верхнем 5-ти сантиметровом слое грунта, который может служить источником вторичного загрязнения акватории при усилении волнового и ледового воздействия в осенне-зимний период.

## Выводы

1. Предложенная методика позволяет обнаружить МПЛ в пробах поверхностных вод и грунта береговой полосы мелководной части Невской губы Финского залива Балтийского моря.
2. Содержание МПЛ в поверхностных водах района с интенсивной рекреационной нагрузкой (пос. Лисий нос) в целом незначительное и в августе и октябре 2022 г. не превышало 200 частиц/ $m^3$  вторичных слоистых пластиков разного цвета.
3. Содержание МПЛ в грунтах береговой полосы практически в 5 раз превышало данные для поверхностных вод и составляло 960 частиц/ $m^3$ . МПЛ был представлен не только вторичными слоистыми пластиками, но и первичными гранулами, количество которых в одной из проб составляло 30 %.
4. Выявленные особенности количественного распределения МПЛ соответствуют гипотезе и позволяют предположить, что интенсивное накопление вторичного МПЛ – полиэтилена и полистирола - в верхнем 5-ти сантиметровом слое грунта может служить источником вторичного загрязнения акватории при усилении волнового и ледового воздействия в осенне-зимний период.

## Затраты на реализацию проекта

В связи с тем, что проект был реализован в рамках проведения Естественнонаучной проектной школы в рамках государственного задания ГБУ ДО «Центр» Интеллект», оценка затрат на его выполнение учитывает лишь некоторые прямые расходы и носит приблизительный характер.

Таблица 1. Затраты на реализацию проекта.

Статья расходов	Кол-во единиц	Цена за единицу, рублей	Проба, шт.	Стоимость
Приготовление растворов реагентов $\text{FeSO}_4$ , $\text{H}_2\text{O}_2$ , $\text{NaCl}$ и др.) объемом 100 $\text{cm}^3$ /проба	4	138,70	6	3328,80
Электроснабжение оборудования и приборов (сушильный шкаф, насос вакуумный, спектрометр, персональный компьютер, принтер и др.), кВт*час	3	6,01	6	108,18
Канцелярские принадлежности (бумага 30 л, ручка, папка-скоросшиватель) и средства печати (картридж, амортизация принтера)	1	293	-	293,00
Итого, рублей	3729,98			

## Перспективы проекта

В ходе реализации проекта получены первичные данные о содержании основного современного загрязнителя для крупнейшего водного объекта Санкт-Петербурга и Ленинградской области. Данные могут быть положены в основу мониторинговых наблюдений школьниками образовательных центров (учреждений) Северо-Западного региона в соответствии с представленной методикой. Определение химического состава частиц МПЛ при недостатке технической оснащенности школьных лабораторий может быть реализовано в лаборатории ГБУ ДО «Центр «Интеллект». Дальнейшие исследования направлены на изучение удельной плотности обнаруженных частиц МПЛ и подбор параметров ИК-Фурье спектрометра для определения их химического состава.

**Рекомендации по охране водных ресурсов в целях сокращения содержания микропластика.**

1. Сокращение потребления одноразовой пластиковой посуды.
2. Разработка и введение в действие нормативов ПДК микропластика в сточных водах.
3. Установка мусорных баков в достаточном количестве в пределах рекреационных зон вблизи водоемов.
4. Регулярная уборка береговой полосы и прилегающей акватории силами школьников/волонтеров.
5. Размещение информационных стендов о вреде МПЛ для экосистемы водных объектов.

### Список литературных и электронных источников

1. Афанасьева С.Э. Идентификация частиц микропластика в водах Финского залива Балтийского моря. [Электронный ресурс] // Режим доступа <http://www.sertl2.edu.ru/>
2. Без рек как без рук [Электронный ресурс] 2020 год М.В. Михайлова, И.А. Лабутина, О.О. Петрова, О.Я. Масликова. // Режим доступа: <https://rekiruki.ru/mikroplastik>
3. Зобков М.Б., Есюкова Е.Е. Микропластик в морской среде: обзор методов отбора, подготовки и анализа проб воды, донных отложений и береговых наносов // Океанология. 2017. Т. 58. № 1. С. 149-157. DOI: 10.7868/S0030157418010148
4. Кузьмина А. С., Ершова А. А. Загрязнение микрочастицами морского мусора песчаных побережий восточной части Финского залива Балтийского моря // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2022. № 2. С. 86–100. DOI:10.22449/2413-5577-2022-2-86-100
5. Микропластик в водной среде. Научная Россия [Электронный ресурс] 2020 год. О. Фарберович // Режим доступа: <https://scientificrussia.ru/articles/mikroplastik-v-vodnoj-srede>
6. Проблема идентификации микропластика методами молекулярной спектроскопии. Перевод Т.Б. Кимстач, С.В. Тихомирова // Пластические массы, №7-8, 2020. С. 23-27
7. Хельсинская комиссия по защите морской среды Балтийского моря // [Электронный ресурс] Режим доступа: [www.helcom.fi/Pages/search.aspx?k=microplastic](http://www.helcom.fi/Pages/search.aspx?k=microplastic)
8. [Электронный ресурс] Режим доступа <https://waterresources.ru/zalivy/nevskaya-guba/>
9. Sea Education Association (SEA) [Электронный ресурс] //Режим доступа: [https://www.sea.edu/sea\\_research/ocean\\_plastics\\_marine\\_pollution](https://www.sea.edu/sea_research/ocean_plastics_marine_pollution)

## Приложение 1



Рис. 1. Адаптированная методика исследования поверхностных вод и грунтов береговой полосы для определения содержания микропластика.

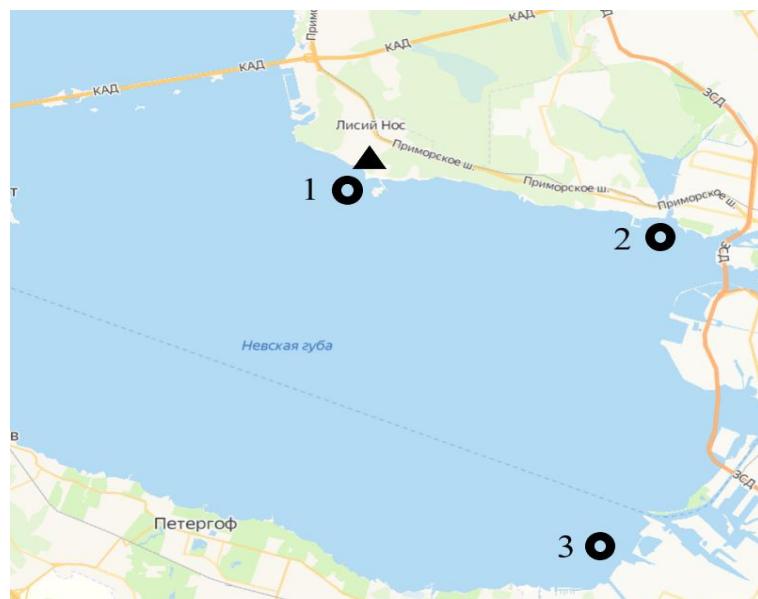


Рис. 2. Схема размещения участков отбора проб грунта (▲) и воды (1 – пос. Лисий нос, 2 – пос. Лахта, 3 – напротив устья р. Красненькая).

**Основы ГИС: динамика береговой линии Черного моря**

Евгений Горина, 10 класс, Теоретический лицей им. М Ломоносова, мун. Бельцы, Республика Молдова

**Победитель номинации «Использование методов космического мониторинга при подготовке проектов»**

Руководитель: О. П. Струк, учитель географии и информатики

**АННОТАЦИЯ**

Береговая зона морей и океанов — один из динамично развивающихся природных образований, на ее формирование оказывают влияние климатические факторы, гидродинамические условия моря, геолого-геоморфологические условия побережья, техногенные факторы и др.

Молдова относится к странам причерноморского побережья, хотя и не имеет прямого выхода к Черному морю. Но любые пространственные и климатические изменения этого водного объекта оказывают на непосредственное влияние на наш регион. Предмет исследования: западное побережье Черного моря и дельты реки Дунай Цель: определение среднего изменения береговой линии и значения береговой эрозии, используя спутниковые снимки. Выявить антропогенное воздействие на изменение береговой линии в районе дельты реки Дунай.

Основные типы используемых данных: программа Landsat, сервер NASA DataEarth, карты earth.google, карты в формате jpeg, карты в формате shape (изолинии климатических карт и социально-экономических), карты в формате Geo TiF (спутниковые данные MODIS).

Эта работа представляет собой ограниченную работу, в которой анализируется историческое положение береговой линии, спутниковые снимки, сделанные в период с 2014 по 2022 года для расчета скорости изменения береговой линии.

Был проведен анализ природного и антропогенного воздействия на динамику береговой линии Черного моря.

Сделав сравнительный анализ космических снимков, можно сделать вывод, что в многолетнем масштабе очаги эрозии, как правило, располагаются вдоль низменных песчаных прибрежных участков дельты реки Дунай.

Было выявлено, что более половины береговой линии Черного моря относительно стабильны (59,7 %) Береговая линия Румынии имеет самый высокий процент эрозии береговой линии 51,1%

В настоящей работе на основе использования разновременных космических снимков и современного программного обеспечения представлены количественная оценка изменения площади береговой зоны и исследование современного состояния береговой линии.

## Введение

Влияние природных факторов на движение береговой линии занимает умы правительств, особенно при реализации крупных туристических проектов на побережьях. Краткосрочные и долгосрочные изменения береговой линии контролируются различными факторами, такими как поступление наносов, изменение уровня моря, взаимодействие устья реки с береговой линией, сила ветра, приливные течения и высота волн.

Прибрежная зона — одна из самых динамичных областей на Земле, изменения в которой происходят в широком диапазоне временных и пространственных масштабов.

В последнее время отмечается возросшее разрушение берегов морей вследствие активизации природных и антропогенных процессов, что усложняет задачу своевременного проведения природоохранных мероприятий, выбора методов и средств берегозащиты. В основном в дистанционных исследованиях береговой зоны используются космические снимки.

Для обнаружения изменений береговой линии можно использовать множество подходов, таких как полевые исследования и метод интеграции между дистанционным зондированием и географической информационной системой (ГИС).

### Описание объекта исследования

Черное море — одно из самых больших внутренних морей в мире: его площадь составляет около  $4,2 \times 10^5$  км<sup>2</sup>, максимальная глубина воды 2,212 м, общий объем воды 534 000 км<sup>3</sup>, а объем бескислородной глубинной воды, загрязненной сероводородом (глубина ниже 150–200 м), составляет 423 000 км<sup>3</sup> (рис.1)

Соленость: воды Черного моря составляет около 17 ‰ на поверхности и 22 ‰ на дне. Соленость снижается до 10–12 ‰ в районе фронта дельты Дуная.

Северо-запад Черного моря характеризуется очень большим мелководным континентальным шельфом, представляющим около 25 % всей площади моря. В эту часть моря впадают крупнейшие реки Центральной и Восточной Европы – Дунай с расходом воды около 200 км<sup>3</sup>/год. и Реки Украины (Днепр, Южный Буг и Днестр), дающие около 66 км<sup>3</sup>/год. Эти северо-западные системы река-море соответствуют областям с низкой энергией рельефа, и они полностью отличаются от высокогорных. Энергетические системы, характеризующие восточную и южную стороны Черного моря, где расположен

шельф, очень узкая, а береговая линия окружена высокими горными хребтами. Соответственно, современная осадочные системы также различны.

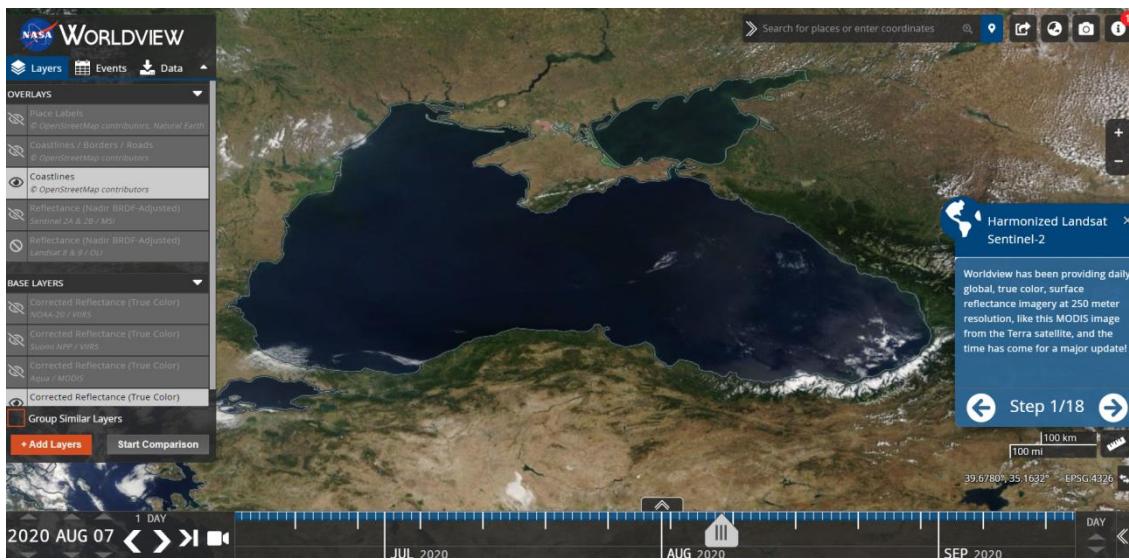


Рис.1

### Методика и данные

Для исследования динамики площади береговой линии использовались снимки со спутника Landsat, а так же сервер NASA DataEarth, спутниковые данные MODIS. Для анализа выбирались снимки, полученные в летний период, когда конфигурация береговой линии относительно постоянна. Для сравнения общей тенденции изменения береговой линии по странам был выбран период с 2002 по 2022. Снимки с сервера NASA DataEarth (Приложение 1) Так же я проанализировал существующие публикации по ранее проведенным исследованиям по странам и пришел к следующим выводам:

- Объем воды Черного моря максимален зимой и весной и минимален осенью (разница достигает 66 км<sup>3</sup>). Весной преобладает поступление черноморских вод в Мраморное море через пролив Босфор.
- Увеличение объема воды Черного моря достигает максимума с февраля по май и составляет около 30 км<sup>3</sup>. В апреле наблюдается интенсивный приток пресных вод в море и самый большой сток черноморских вод через пролив Босфор. Уровень Черного моря достигает максимума в мае. При этом, как правило, скорость увеличения объема воды в морском бассейне превышает скорость ее стока через пролив Босфор.
- Сравнивая их, проявились 5 областей максимальных изменений. Все страны Черного моря, кроме Румынии, имеют относительно более высокий процент стабильных побережий ( $-1 \text{ м/год} < \text{LRR} < +1 \text{ м/год}$ ):

49,4% в Турции, 62,51% в Грузии, 67,4% в России, 68,0% в Украине, и 74,3% в Болгарии. С другой стороны эрозия выше -1 м/год, составляет 14,8% для Болгарии, 18,4% для России, 19,4% для Грузии, 21,1% для Турции, 23,0% для Украины и 51,1% для Румынии. Данные были взяты с официальных источников по каждой стране в отдельности. Но эти изменения можно наблюдать, сравнивая космические снимки.

- Показано, что более половины береговой линии Черного моря (59,7%) относительно стабильны ( $-1 \text{ м/год} < \text{LRR} < +1 \text{ м/год}$ ). Береговая линия Румынии, по-видимому, имеет самый высокий процент (51,1%) подверженной эрозии ( $\text{LRR} < -1 \text{ м/год}$ ) береговой линии. Это указывает на то, что более половины из 19 румынских берегов подверглись сильной эрозии, а эродированные береговые линии преобладают в отличие от других пяти стран.

Изучая исследования береговой линии Румынии, были выявлены причины такой интенсивной эрозии. Дельты вдоль Черного моря оказались наиболее динамичными береговыми линиями. Анализ средних значений LRR показывает, что дельты рек Ешильырмак и Дунай имеют самые высокие скорости эрозии в бассейне. Для дельты Дуная скорость изменения береговой линии достигает -18 м/год, а для Ешильырмака она достигает -22,6 м/год. Береговые линии дельты Дуная и Ешильырмака потеряли 17,6% и 12,3% своей прибрежной площади для проанализированных 9 км и 70 км береговой линии соответственно.

Для дальнейшего анализа я проанализировал космические снимки дельты реки Дунай. (Приложение 2, 3) Временной период был взят с 2014 по 2022. Даже за такой короткий период можно наблюдать изменения на космических снимках. На изображениях картографических можно увидеть, как изменился Дунай за несколько столетий. (Приложение 4) Из открытых источников можно узнать, что первой причиной динамики береговой линии в этом регионе являются господствующие ветры. Высокоэнергетические системы река-море, впадающие в зоны с очень узким континентальным шельфом. Сбрасывают почти весь свой запас наносов в глубоководную зону Черного моря через сеть каньонов. Осадочные системы в этих районах мутьевые, с большим количеством грубозернистых отложений. Современная береговая система дрейфа наносов в районе дельты Дуная направлена на юг. Это вызвано преобладающими ветрами, которые дуют с севера и северо-восточного, а наиболее частые ветровые волны зарегистрированы также с СВ, что соответствует

господствующему направлению ветра. Средние максимальные высоты ветрового волнения перед дельтой Дуная достигают 7,0 м.

На сток рек в Черное море влияет как природные факторы, так и антропогенное воздействие. Интенсивный забор воды из реки Дунай дает о себе знать. Это касается и строительства дамб и водохранилищ. По данным, заборы стока в бассейне реки Дунай достигали 13-15 км<sup>3</sup>/год, в бассейне реки Днестр - 1,1 км<sup>3</sup>/год.

Таким образом, устойчивость береговой зоны определяется динамичностью природной и антропогенной составляющих.

Геосистема река Дунай – дельта Дуная – Черное море является крупнейшей системой река-море в Европе. Ее геологическое, гидрологическое, экологическое и социально-экономическое значение уникально. Существуют тесные взаимодействия между компонентами системы, взаимодействия, которые играли во время геологическое прошлое, так и в настоящее время.

Еще одним важным выводом по этой работе является значение для мониторинга динамики береговой линии использование космических снимков. Дистанционное зондирование — лучший способ снизить стоимость труда и времени на разработку оценок. Кроме того, изображения со спутников относительно дешевым в свободном доступе.

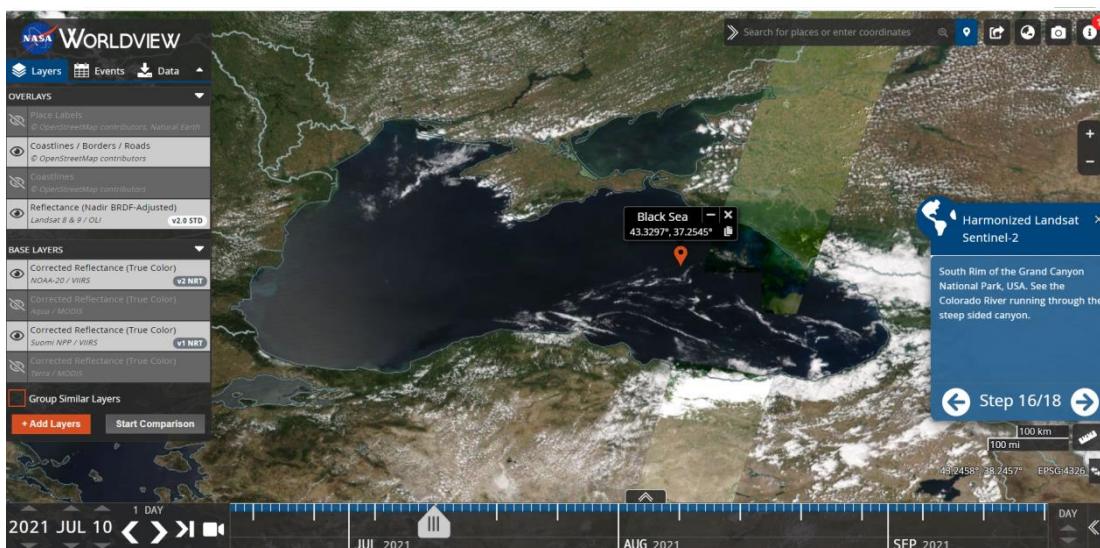
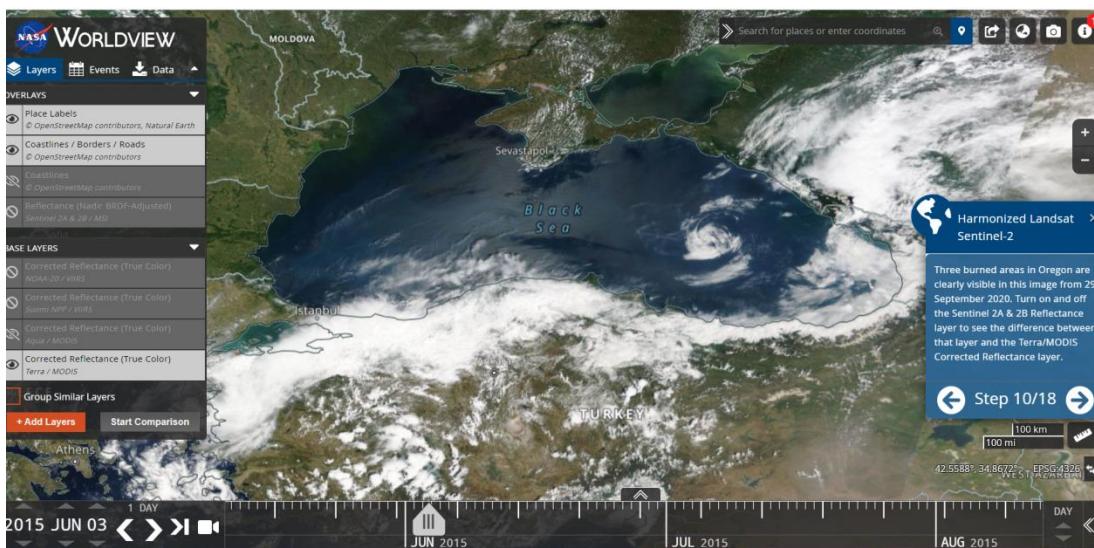
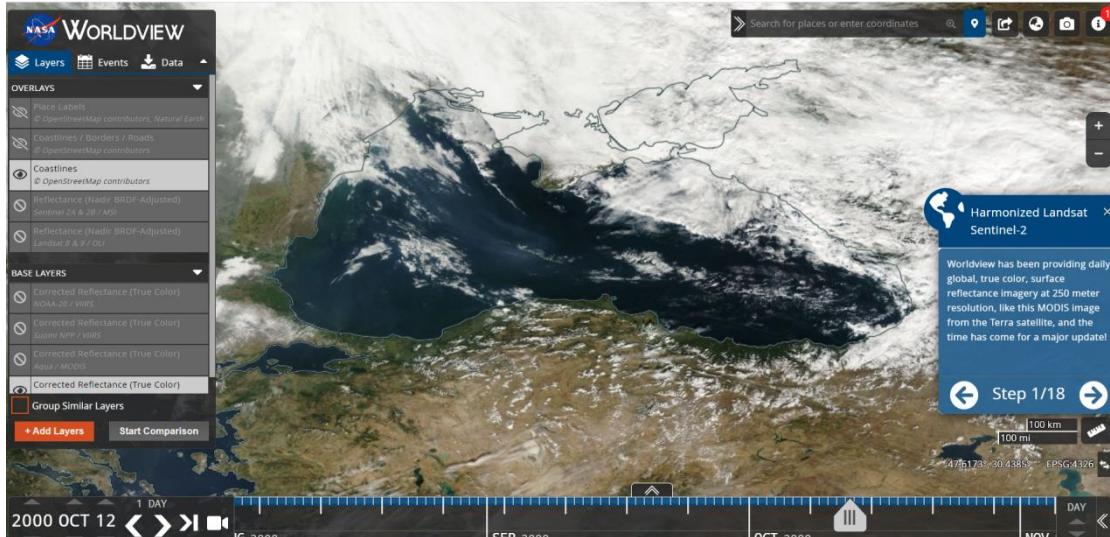
Дистанционное зондирование становится очень эффективным методом фиксации динамики прибрежной системы, поскольку оно обеспечивает целостное представление о системе в широком диапазоне пространственных и временных масштабов. В мезомасштабных прибрежных приложениях и с учетом множества решений программа Landsat представляет собой хороший компромисс между спектральным, радиометрическим, пространственным и временным разрешениями в сочетании со свободным доступом к данным, поддерживаемым эффективной платформой для обмена данными.

Глобальное потепление климата, наблюдаемое повышение уровня Мирового океана, увеличение интенсивности циклонов приводят к неконтролируемому разрушению берегов, а активное антропогенное воздействие деятельность не обеспечивает сохранение природных территорий.

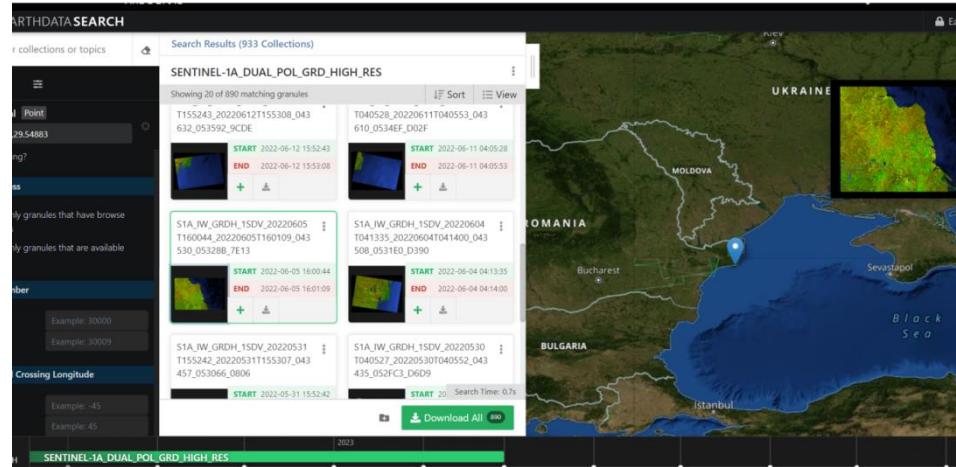
## Библиография

1. <http://www.ccms.bg/en/about-ccms/9-uncategorised/232-the-new-msp-project-in-the-black-sea-marspln-bs-ii-and-the-center-for-coastal-and-marine-studies>
2. <http://www.blacksea-commission.org/Inf.%20and%20Resources/Publications/SOE2014/>
3. <https://gis-lab.info/>
4. Айбулатов Н.А., Артюхин Ю.В. Геоэкология шельфа и берегов Мирового океана. СПб.: Гидрометеоиздат, 1993.
5. Косарев А.Н., Даниялова З.Х., Залогин Б.С. Экологические условия внутренних европейских морей // География и окружающая среда. СПб.: Наука, 2003.
6. Глобальный архив спутниковых данных Земли. URL: <http://glcf.umd.edu/>
7. Alesheikh A, Ghorbanali A, Nouri N (2007) Coastline change detection using remote sensing. Int JEnviron Sci Techno
8. Almazov, A. A., Bondar, C., Diaconu, C., Ghederim, Veturia, Mihailov, A. N., Mita, P., Nichiforov, I. D., Rai, I. A., Rodionov, N. A., Stanescu, S., Stanescu, V., Vaghin, N. F., 1963, Zona de vărsare a Dunării. Monografie hidrologică. Ed. Tehnică, Bucureşti

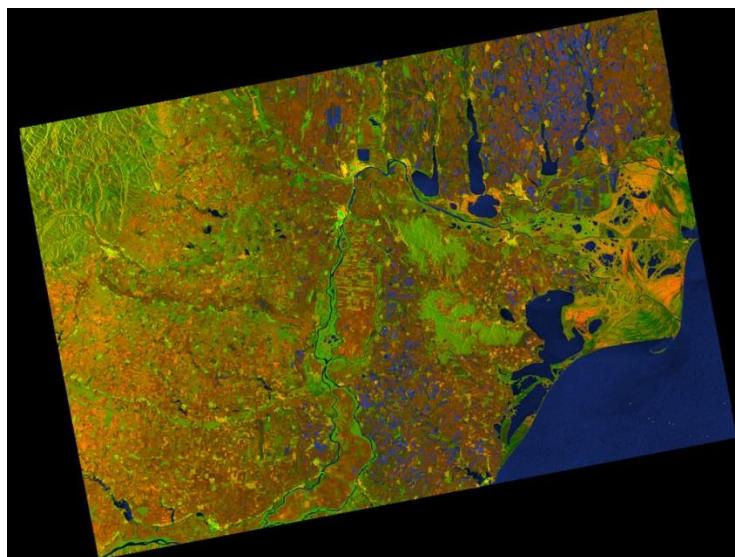
## Приложение 1



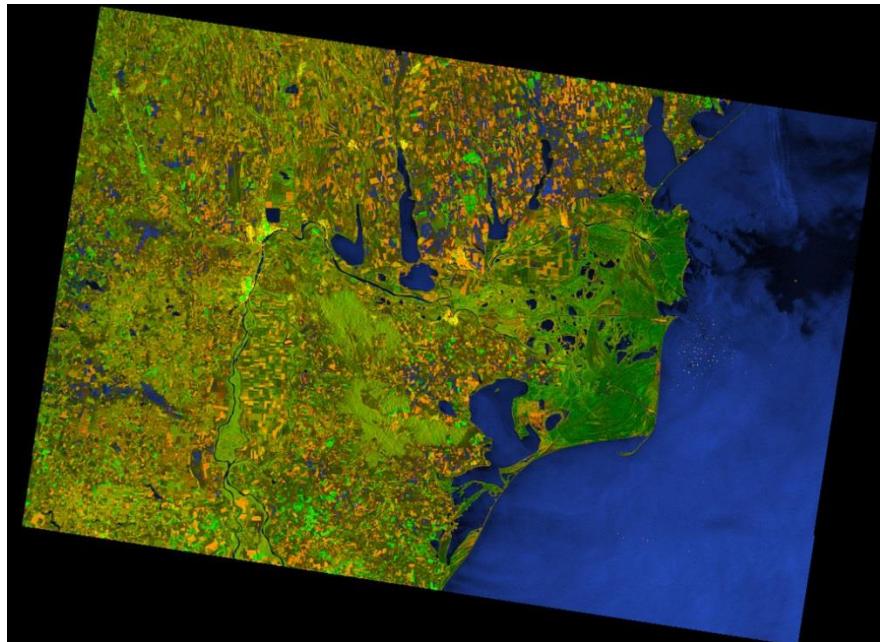
## Приложение 2



Побережье 2014



Побережье 2022



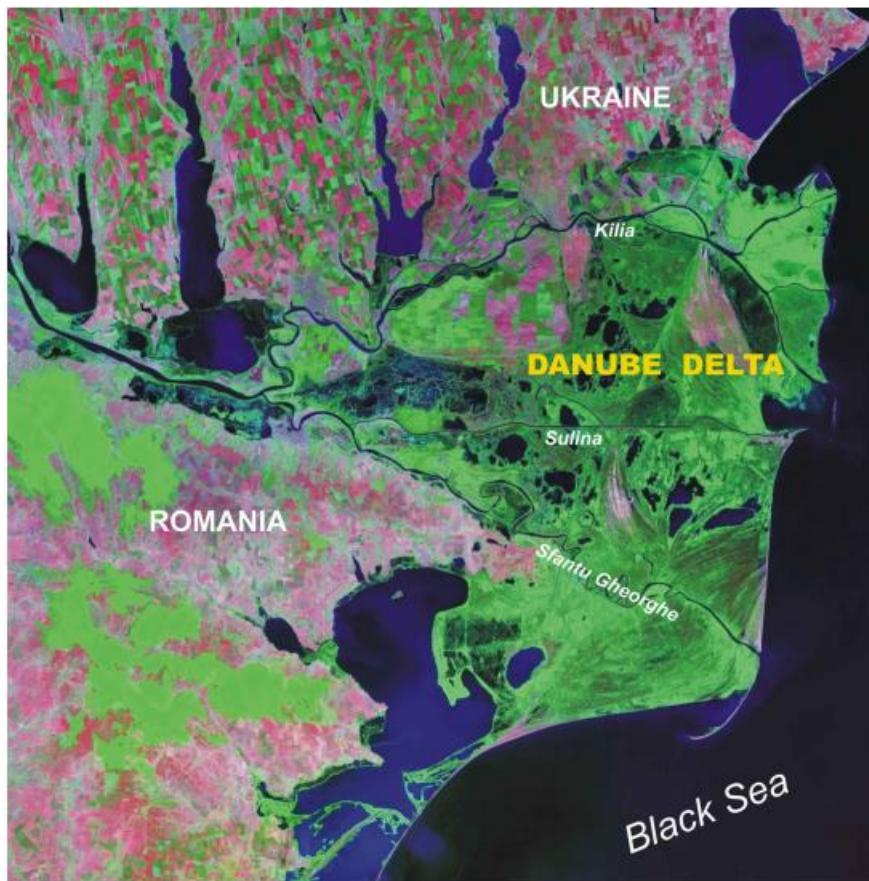


Fig. 1 – The Danube Delta – Landsat image.

- <http://gis-lab.info/qa/landsat-bandcomb.html>

#### Интерпретация комбинаций каналов данных Landsat

Стандартная комбинация «искусственные цвета». Растительность отображается в оттенках красного, городская застройка – зелено-голубых, а цвет почвы варьируется от темно до светло коричневого. Лед, снег и облака выглядят белыми или светло голубыми (лед и облака по краям). Хвойные леса будут выглядеть более темно-красными или даже коричневыми по сравнению с лиственными. Эта комбинация очень популярна и используется, главным образом, для изучения состояния растительного покрова, мониторинга дренажа и почвенной мозаики, а также для изучения агрокультур. В целом, насыщенные оттенки красного являются индикаторами здоровой и (или) широколиственной растительности, в то время как более светлые оттенки характеризуют травянистую или редколесья/кустарниковую растительность.

Комбинация каналов Landsat 8 - 5,4,3; комбинация каналов Landsat 7 - 4,3,2

Приложение 4



**Сравнение популяции *Artemia* в Восточном и Западном бассейнах Сакского озера***Александра Лановюк, 10 класс, МБОУ «Сакская средняя школа №1 им. Героя**Советского Союза В. К. Гайнутдинова» г. Саки, Республика Крым***Победитель номинации «Сохранение биоразнообразия водных объектов»***Руководители: С.О. Ткаченко, педагог дополнительного образования ЦДЮТ, Н.О.**Сиротина, начальник ЛБИ Крымской гидрогеологической режимно-эксплуатационной станции (ГРЭС)*

**Актуальность работы:** прослеживание изменений в популяции *Artemia* в Восточном и Западном бассейнах Сакского озера за период 2016-2021 гг.

**Целью нашей работы** является определение и сравнение численности артемии в Восточном и Западном бассейнах Сакского озера за период 2016-2021 гг, оформление полученных данных в таблицы, графики и диаграммы.

**Задачи:**

1. Ежемесячный отбор проб воды в Восточном и Западном бассейнах Сакского озера.
2. Определение популяционных показателей вида зоопланктона исследуемых нами водоемов.
3. Проведение сравнительного анализа численности различных стадий артемии в Восточном и Западном бассейнах за 2016-2021 гг.

**Практическая значимость проекта** заключается в том, что артемия участвует в накоплении осадков на дне солёного озера и под воздействием микроорганизмов разлагается и участвует в образовании лечебной грязи.

**Объект исследования:** ракоч *Artemia salina*.

**Предмет исследования:** вид зоопланктона в Восточном и Западном бассейнах Сакского озера.

**ВЫВОДЫ:**

1. Количественные характеристики популяции *Artemia* в Восточном и Западном бассейнах различаются.
2. Среднегодовая численность цист *Artemia* преобладает в Восточном бассейне за исключением 2018-2019гг, что может быть связано с наиболее интенсивным периодом строительства набережной, приходящимся на эти годы.
3. Среднегодовая численность активных стадий *Artemia* в Западном бассейне с 2017г выше, чем в Восточном. Это может быть связано с меньшей антропогенной нагрузкой на данный бассейн. Однако стоит отметить, что данный показатель в Западном бассейне с 2020г снижается, что может быть связано с повышением минерализации в данном водоеме.
4. Исходя из тренда изменения различий, можно предположить, что в Восточном бассейне смертность в популяции *Artemia* на науплиальных и/или ювенильных стадиях была значительно выше, чем в Западном бассейне. Причиной этому может служить высокая антропогенная нагрузка на Восточный бассейн.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Данные ежегодные исследования необходимы для сравнительного анализа с предыдущими годами и характеристики экологического состояния Сакского озера.

## ВВЕДЕНИЕ

Почти все озера Крыма – соленые, часто – пересоленные и мелководные. Колебания погодных условий приводят к быстрому изменению глубины таких озер, концентрации солей в воде и, как следствие, к смене видового состава их обитателей и модификации пищевых цепей. Изучение экосистем соленых озер интересно как в научном, так и в хозяйственном аспекте.

На территории Крыма известно 48 соленых озер. Исследования этих озер важны с практической точки зрения, во-первых, поскольку они являются источником различных минералов, необходимых в пищевой, фармацевтической, химической и других отраслях промышленности. Во-вторых, частый обитатель соленых озер – жаброногий ракок *Artemia* служит важным объектом сельскохозяйственной индустрии как ценная пищевая основа кормов для рыб, птиц, ракообразных, моллюсков (в большинстве случаев используются высушенные яйца артемии или замороженные взрослые особи). В-третьих, на базе соленых озер строятся бальнеологические курорты [5].

С научной точки зрения представляет интерес физиология обитателей соленых озер и проблема их адаптации к экстремальным условиям. Изучение упрощенных экосистем гипергалинных озер помогает понять изменения, происходящие в других экосистемах при экстремальных воздействиях, например, в условиях антропогенного давления [8].

Экосистемы соленых озер сравнительно просты, поэтому их можно изучать целиком. Сложность изучения других целых экосистем (пресноводных или морских) связана с большим видовым разнообразием водных жителей, неоднородностью среды обитания, сложностью трофических связей. Эти проблемы минимизированы в соленых озерах [1].

**Актуальность работы:** прослеживание изменений в популяции *Artemia* в Восточном и Западном бассейнах Сакского озера за период 2016-2021 гг.

**Практическая значимость работы:** артемия участвует в накоплении осадков на дне солёного озера и под воздействием микроорганизмов разлагается и участвует в формировании лечебной грязи.

**Целью** нашей работы является определение и сравнение численности артемий в Восточном и Западном бассейнах Сакского озера за период 2016-2021 гг, оформление полученных данных в таблицы, графики и диаграммы.

**Задачи работы:**

1. Ежемесячный отбор проб воды в Восточном и Западном бассейнах Сакского озера.
2. Определение популяционных показателей представителя зоопланктона исследуемых нами водоемов.
3. Проведение сравнительного анализа численности различных стадий артемий в Восточном и Западном бассейнах за 2016-2021 гг.

**Объект исследования:** ракоч *Artemia salina*

**Предмет исследования:** представитель зоопланктона в Восточном и Западном бассейнах Сакского озера.

Исследования проводились в течение 2021 года, в лаборатории биологических исследований Крымской гидрогеологической режимно-эксплуатационной станции (ГГРЭС), под руководством начальника ЛБИ Сиротиной Натальи Олеговны (см. фото 13 приложение А).

**Характеристика *Artemia salina***

*Artemia salina* относится к типу Членистоногие, классу Ракообразные, подклассу Жаброногие ракообразные, отряду Жаброноги, семейству Arterniidae, роду *Artemia*.

Артемия широко распространена на земном шаре. Она населяет соленые водоемы от одесских лиманов до забайкальских соленых озер.

Взрослые ракчи обоеполых видов достигают длины 10 мм, некоторых партеногенетических - 20. Окраска, в зависимости от потребляемой пищи и концентрации растворенного в воде кислорода, варьируется от зеленоватой до ярко-красной.

Тело ракча разделяется на головной, грудной, брюшной отделы и хвостовую фурку.

На голове расположены два больших сидящих на стебельках сложных глаза, небольшой науплиальный глаз, антенны, ротовые части.

В грудном отделе 11 сегментов, каждый с парой листообразных ножек. Ножки имеют по внешнему краю по три экзоподита (наружных придатка), а на внутренней стороне - по пять эндоподитов (внутренних придатков) с щетинками. Экзоподиты выполняют функцию жабр, а эндоподиты - плавательные функции, а также отцеживают пищевые частицы.

В брюшном отделе - 8 сегментов без конечностей. Первые два сегмента слиты в единый половой, на котором у самки имеется яйцевой мешок, а у самца - совокупительный орган. Фурка состоит из двух удлиненных члеников с щетинками.

Артемия - единственный из жаброногих раков, приспособившийся к обитанию в соленых водах. Она выдерживает высокие концентрации поваренной соли, кислую и щелочную среду. В некоторых водоемах артемия является единственным представителем животного мира.

Артемия обитает в водоемах, где в течение года температура воды колеблется от минус 20 до плюс 30°C, но тем не менее данный рак - теплолюбивый обитатель: оптимальная температура для активной фазы 25-28°C. При понижении температуры жизненные процессы замедляются. Не требовательна артемия и к содержанию в воде кислорода. Пороговая концентрация кислорода для взрослой формы - 0,5 мг/л, а для науплиев - 0,3 мг/л. Рак живет до двух часов даже в анаэробной среде.

### **Гидрологические особенности Сакского озера**

Сакское солёное озеро представляет собой затопленное морскими водами устье двух балок: Чеботарской и Чокракской. Около 5 тысяч лет назад, при понижении уровня Черного моря, морская вода осталась в мелководном водоеме, который со временем отшнуровался от Каламитского залива песчаной пересыпью. Это обусловило формирование Сакского озера как гипергалинного водоема.

Хозяйственная деятельность человека привела к разделению озера на семь изолированных водоемов, для каждого из которых установлен свой гидрологический режим. Система искусственного регулирования перетока вод привела к формированию различной минерализации воды в бассейнах. Каждый из водоемов имеет свое промышленное или бальнеологическое значение.

## **РАЗДЕЛ 1. МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ**

**Объект исследования:** рак Artemia salina

**Предмет исследования:** вид зоопланктона в Восточном и Западном бассейнах Сакского озера в течение одного года.

Гидробиологические исследования проводились с января по декабрь 2021г. Материал для исследований отбирали на контрольных точках (Т) (см. рис 1.1.), которые представлены на схеме. Данные за 2016-2020гг взяты для анализа в лаборатории биологических исследований.

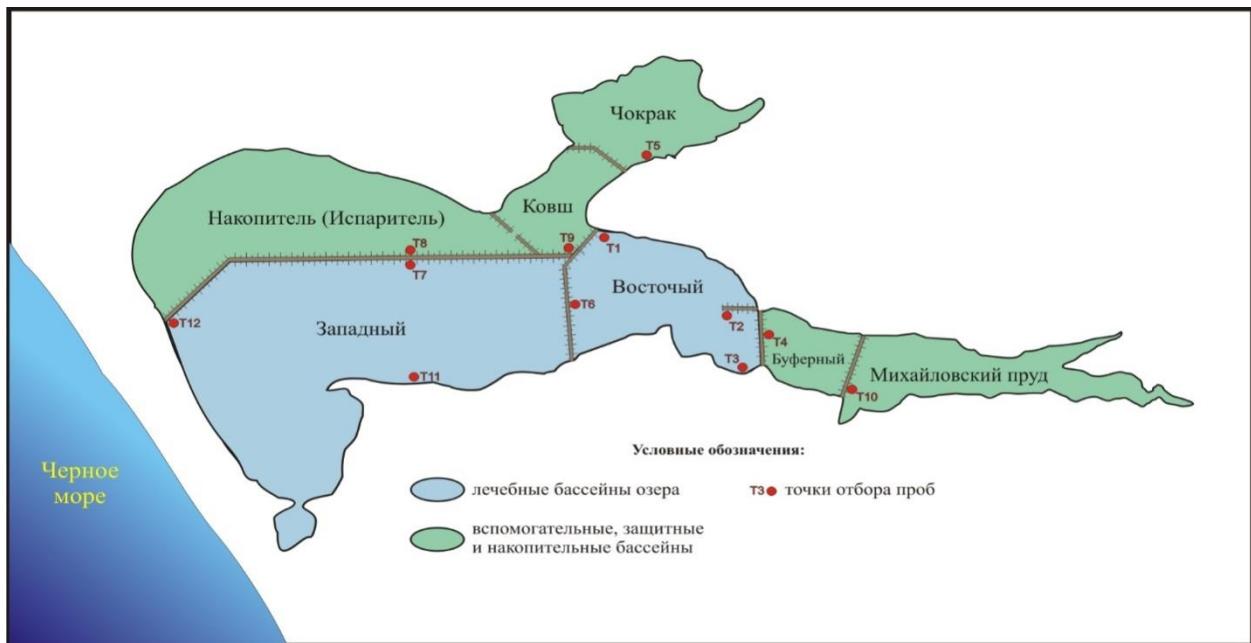


Рис. Схема расположения точек отбора проб при гидробиологических исследованиях

Исследования проводились по методике М.Б.Ивановой (методика лаборатории экспериментальной гидробиологии Зоологического Института РАН г. Ленинград) Материал: полевой дневник, планктонная сеть, кружка объемом 1 литр (см. фото 1-2, приложение А).

Так как Сакское озеро мало заселено микроорганизмами, при отборе проб мы использовали планктонную сеть для сгущения пробы. Она состоит из металлического кольца с ручкой и пришитого к нему конического мешка из мельничного капронового сита. На узком выходном отверстии прикреплен стаканчик.

Пробы зоопланктона отбирали на двух противоположных точках путем фильтрации 100 л воды через планктонную сеть с размером ячей 42 мкм (см. фото 3-4 приложение А). В результате фильтрации были получены пробы объемом 100мл (фото 5-6). Обработку проб проводили под бинокуляром МБС-9 (фото 7 приложение А). Полученные данные пересчитывались на 1м<sup>3</sup>(1000л) [5].

## РАЗДЕЛ 2. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Проведен анализ данных по динамике количественных показателей цист и активных стадий в популяции *Artemia* в 2021г. (таблица 1.1 и 1.2) и сравнение его с данными более ранних наблюдений (2016-2020 гг.).

Таблица 1.1

## Зоопланктон Восточного бассейна за 2021 год

Дата	Точка отбора	S, г/л	Таксоны	N, экз./м <sup>3</sup>
15.01.2021	T2	179	<i>Artemia</i> цисты	1100
	T6	180	<i>Artemia</i> цисты	1920
12.02.2021	T2	167	<i>Artemia</i> цисты	2440
			<i>Artemia</i> науплиусы	20
16.03.2021	T6	170	<i>Artemia</i> цисты	870
	T2	162	<i>Artemia</i> цисты	430
	T6	169	<i>Artemia</i> цисты	500
			<i>Artemia</i> науплиусы	10
13.04.2021	T2	169	<i>Artemia</i> цисты	330
			<i>Artemia</i> науплиусы	200
	T6	164	<i>Artemia</i> цисты	270
12.05.2021	T2	168	<i>Artemia</i> цисты	38333
	T6	188	<i>Artemia</i> цисты	57000
			<i>Artemia</i> ювенильные	1300
24.06.2021	T2	142	<i>Artemia</i> цисты	6210
			<i>Artemia</i> науплиусы	10
			<i>Artemia</i> ювенильные	790
			<i>Artemia</i> самки	50
	T6	174	<i>Artemia</i> цисты	10800
			<i>Artemia</i> науплии	120
			<i>Artemia</i> ювенильные	270
			<i>Artemia</i> самки	160
22.07.2021	T2	174	<i>Artemia</i> цисты	14099
			<i>Artemia</i> науплии	3600
			<i>Artemia</i> ювенильные	8699
			<i>Artemia</i> самки	2700
	T6	179	<i>Artemia</i> цисты	30317
			<i>Artemia</i> ювенильные	1133
			<i>Artemia</i> самки	2833
10.08.2021	T2	164	<i>Artemia</i> цисты	62399
			<i>Artemia</i> науплии	900
			<i>Artemia</i> ювенильные	900
			<i>Artemia</i> самки	1199
	T6	191	<i>Artemia</i> цисты	18599
16.09.2021	T2	198	<i>Artemia</i> цисты	33567
			<i>Artemia</i> самки	50
	T6	194	<i>Artemia</i> цисты	210899
			<i>Artemia</i> науплии	900
			<i>Artemia</i> самки	210
28.10.2021	T2	195	<i>Artemia</i> цисты	8230
			<i>Artemia</i> самки	20
	T6	182	<i>Artemia</i> цисты	9446
23.11.2021	T2	197	<i>Artemia</i> цисты	3000
	T6	198	<i>Artemia</i> цисты	2067

21.12.2021	T2	197	<i>Artemia</i> цисты	1000
	T6	198	<i>Artemia</i> цисты	1080

Примечание: S – соленость; N – численность

Таблица 1.2

**Зоопланктон Западного бассейна за 2021 год**

Дата	Точка отбора	S, г/л	Таксоны	N, экз./м <sup>3</sup>		
15.01.2021	T7	260	<i>Artemia</i> цисты	9280		
			<i>Artemia</i> науплиусы	3040		
			<i>Artemia</i> самки	1920		
			<i>Artemia</i> самцы	800		
	T11	259	<i>Artemia</i> цисты	1310		
			<i>Artemia</i> науплиусы	390		
	T7	227	<i>Artemia</i> цисты	32400		
			<i>Artemia</i> науплиусы	13760		
12.02.2021	T11	230	<i>Artemia</i> цисты	7900		
			<i>Artemia</i> науплиусы	2560		
	T7	223	<i>Artemia</i> цисты	1390		
			<i>Artemia</i> науплиусы	60		
			<i>Artemia</i> цисты	340		
			<i>Artemia</i> науплиусы	120		
	T11	217	<i>Artemia</i> цисты	5340		
			<i>Artemia</i> науплиусы	60		
16.03.2021			<i>Artemia</i> цисты	410		
			<i>Artemia</i> науплиусы	20		
T7	204	<i>Artemia</i> цисты	50133			
		<i>Artemia</i> науплии	266			
		<i>Artemia</i> самки	800			
		<i>Artemia</i> цисты	21600			
T11	224	<i>Artemia</i> науплии	240			
		<i>Artemia</i> ювенильные	267			
		13.04.2021			<i>Artemia</i> самки	2400
					<i>Artemia</i> самцы	533
T7	235	<i>Artemia</i> цисты	18860			
		<i>Artemia</i> ювенильные	720			
		<i>Artemia</i> самки	100			
		<i>Artemia</i> самцы	40			
T11	243	<i>Artemia</i> цисты	25880			
		<i>Artemia</i> ювенильные	1360			
		24.06.2021			<i>Artemia</i> самки	160
					<i>Artemia</i> самцы	80
T7	268	<i>Artemia</i> цисты	17749			
		<i>Artemia</i> науплии	375			
		<i>Artemia</i> ювенильные	1999			
		<i>Artemia</i> самки	1500			
T11	268	<i>Artemia</i> самцы	499			
22.07.2021						

			<i>Artemia</i> цисты	11250
			<i>Artemia</i> науплии	3249
			<i>Artemia</i> ювенильные	3499
			<i>Artemia</i> самки	11250
			<i>Artemia</i> самцы	750
			<i>Artemia</i> цисты	10499
			<i>Artemia</i> науплии	4799
			<i>Artemia</i> ювенильные	40
			<i>Artemia</i> самки	40
			<i>Artemia</i> цисты	10767
			<i>Artemia</i> ювенильные	40
			<i>Artemia</i> самки	10
			<i>Artemia</i> цисты	15750
			<i>Artemia</i> ювенильные	3499
			<i>Artemia</i> самки	80
			<i>Artemia</i> цисты	2833
			<i>Artemia</i> цисты	30100
			<i>Artemia</i> самки	23800
			<i>Artemia</i> ювенильные	7233
			<i>Artemia</i> цисты	8000
			<i>Artemia</i> самки	280
			<i>Artemia</i> ювенильные	90
			<i>Artemia</i> цисты	3000
			<i>Artemia</i> науплии	450
			<i>Artemia</i> цисты	1250
			<i>Artemia</i> науплии	450
			<i>Artemia</i> самки	60
			<i>Artemia</i> цисты	3000
			<i>Artemia</i> цисты	1250

Примечание: S – соленость; N – численность

Численность цист артемий в Восточном бассейне постепенно росла с 2016 г. (22463 экз./м<sup>3</sup>) по 2020 г. (54124 экз./м<sup>3</sup>), в 2021г наблюдается снижение их количества до 21454 экз./м<sup>3</sup> (таблица 1.1, рис.1.1). В Западном бассейне наблюдается резкое увеличение среднегодового количества цист в 2017-2019гг, а затем резкое снижение данного показателя (таблица 1.2, рис. 1.1).

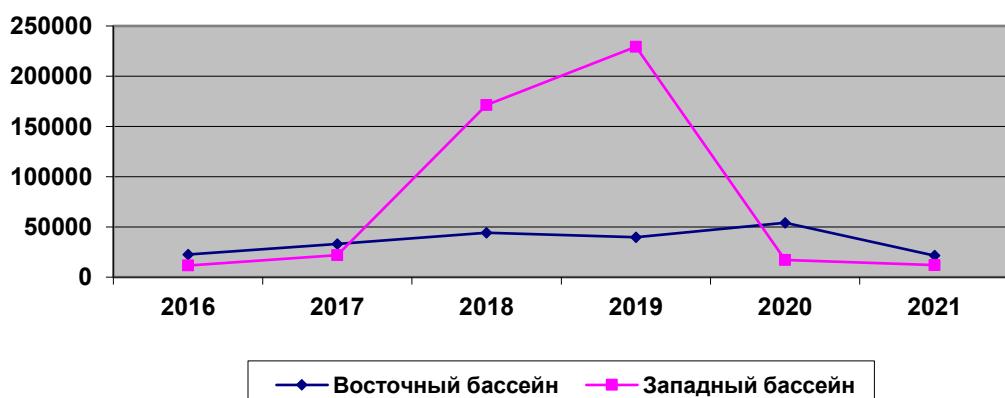


Рис. 1.1 Изменение среднегодовой численности цист *Artemia* в зоопланктоне Восточного и Западного бассейна Сакского озера в период с 2016 по 2021 гг.

Показатели количественного развития взрослых особей артемий колебались от года к году (таблицы 1.1, 1.2). В целом в Восточном бассейне отмечается тренд уменьшения среднегодовой общей численности активных стадий артемий с 3231 экз./м<sup>3</sup> (2016г.) до 535 экз./м<sup>3</sup> (2020г.) (таблица 1.1, рис. 1.2). В 2021году мы видим увеличение средней численности взрослых особей.

В Западном бассейне среднегодовая численность активных стадий *Artemia* за исследуемый период колебалась в довольно широких пределах и сопоставима с изменениями численности цист.

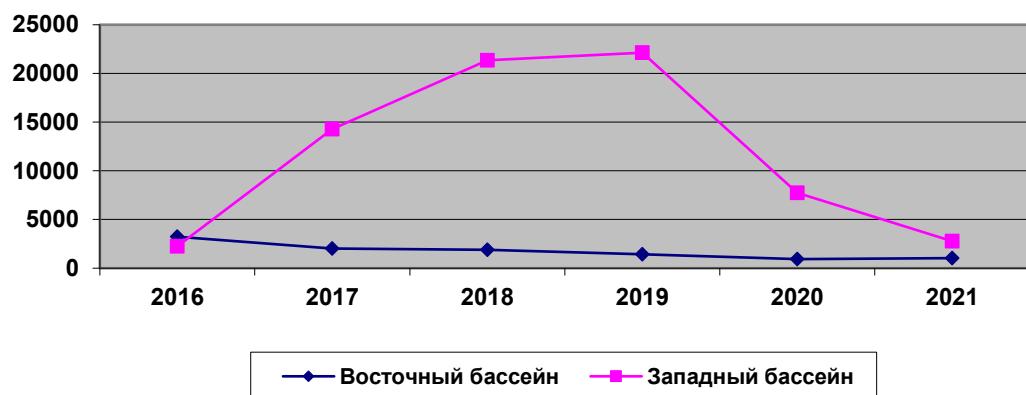


Рис. 1.2 Изменение среднегодовой численности активных стадий *Artemia* в зоопланктоне Восточного и Западного бассейна Сакского озера в период с 2016 по 2021гг.

Таблица 1.3

**Среднегодовая численность (экз./м<sup>3</sup>) зоопланктона****Восточного бассейна в период с 2016 по 2021 гг.**

Таксон/год	2016	2017	2018	2019	2020	2021
<i>Artemia</i> цисты	22463	32944	44297	39883	54124	21454
<i>Artemia</i> активные стадии	3231	2018	1891	1437	535	1185
Отношение цисты/активные стадии	6,95	16,33	23,43	27,75	101,2	18,1

Таблица 1.4

**Среднегодовая численность (экз./м<sup>3</sup>) зоопланктона****Западного бассейна в период с 2016 по 2021 гг.**

Таксон/год	2016	2017	2018	2019	2020	2021
<i>Artemia</i> цисты	8578	21905	171447	229357	16988	12095
<i>Artemia</i> активные стадии	2254	14296	21359	22131	7726	2129
Отношение цисты/активные стадии	3,81	1,53	8,03	10,36	2,20	5,68

Анализируя рис. 1.3, мы видим, что изменения соотношений среднегодовой численности цист к среднегодовой численности активных стадий в Восточном и Западном бассейнах до 2019году шли параллельно, что говорит об одинаковых процессах, проходящих в данных озерах. В 2020году в Восточном бассейне наблюдается негативная корреляция численности цист с численностью взрослых особей, изменяющая свою направленность в 2021 году. В Западном бассейне наблюдаются противоположные соотношения, но более слабо выраженные.

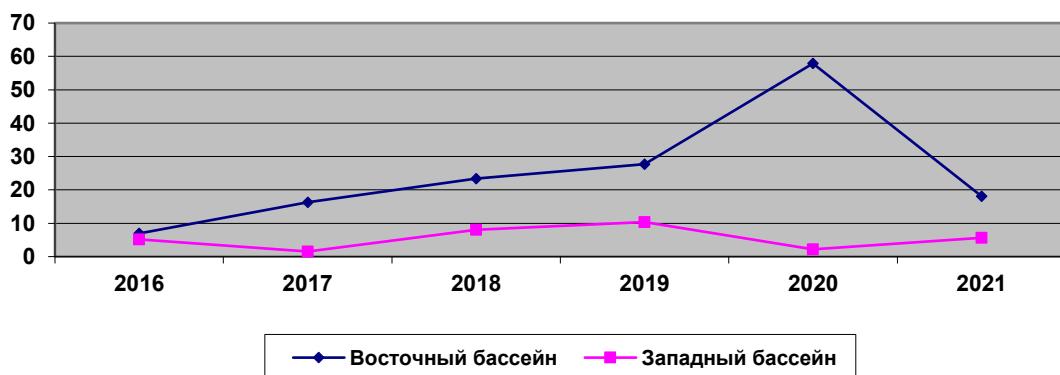


Рис. 1.3 Изменение соотношения среднегодовой численности цист к среднегодовой численности активных стадий *Artemia* в зоопланктоне Восточного и Западного бассейнов Сакского озера в период с 2016 по 2021 гг.(табл. 1.3 и 1.4)

Проанализировав среднегодовую минерализацию за 2016 – 2021гг можно отметить, что минерализация в Западном бассейне значительно выше, чем в Восточном. В Восточном

бассейне в течение 6 лет минерализация изменялась незначительно. В Западном бассейне минерализация в течение анализируемого периода повышается (табл. 1.5, рис. 1.4).

Таблица 1.5

**Среднегодовая минерализация (г/л) в Восточном и Западном бассейнах  
в период с 2016 по 2021 гг.**

Год	2016	2017	2018	2019	2020	2021
<b>Восточный бассейн</b>	189	186	181	180	187	175
<b>Западный бассейн</b>	237	243	255	272	299	284

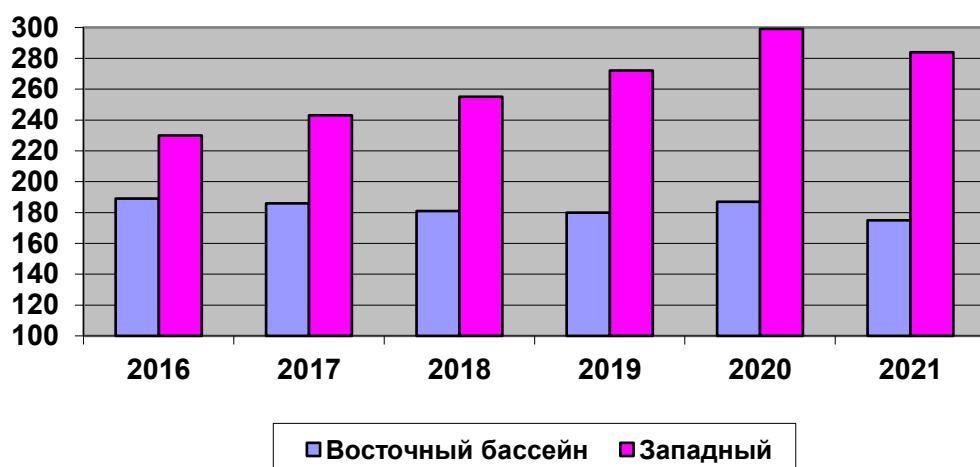


Рис. 1.4. Изменение среднегодовой минерализации Восточного и Западного бассейна Сакского озера в период с 2016 по 2021 гг.

Сопоставляя все данные, мы видим, что в Восточном бассейне на фоне стабильной минерализации наблюдается ежегодное увеличение цист, но при этом ср.год. численность активных стадий артемий уменьшается. Это может быть связано с неучтеным изъятием биомассы взрослых *Artemia*, а также высокой антропогенной нагрузкой.

В Западном бассейне минерализация в течение исследуемого периода постепенно увеличивается, параллельно ср.год. численности цист и активных стадий *Artemia* до 2019г. В 2020-2021гг на фоне повышения минерализации наблюдается снижение ср.год. количества *Artemia*. Вероятно, настолько высокая минерализация не подходит для интенсивного размножения артемий.

Следует отметить, что ср.год. количество цист *Artemia* в Восточном бассейне превышало данный показатель Западного бассейна, за исключением 2018-2019 гг. Но ср.год. количество активных стадий *Artemia* в Западном бассейне выше, чем в Восточном. Если в 2017 г. численность активных стадий *Artemia* в Западном бассейне была в 7 раз больше, чем в Восточном, то в 2019 г. превышение было более чем в 15 раз, однако в 2021г данное превышение составляет менее, чем в 3 раза.

## ВЫВОДЫ

1. Количественные характеристики популяции *Artemia* в Восточном и Западном бассейнах различаются.
2. Ср.год. численность цист *Artemia* преобладает в Восточном бассейне за исключением 2018-2019гг, что может быть связано с наиболее интенсивным периодом строительства набережной, приходящимся на эти годы.
3. Ср.год. численность активных стадий *Artemia* в Западном бассейне с 2017г выше, чем в Восточном, вероятно, из-за меньшей антропогенной нагрузкой на данный бассейн. Однако, с 2020г данный показатель в Западном бассейне снижается, что может быть связано с повышением минерализации.
4. Исходя из тренда различий, можно предположить, что в Восточном бассейне смертность в популяции *Artemia* на науплиальных и/или ювенильных стадиях была значительно выше, чем в Западном. Причиной этому может служить высокая антропогенная нагрузка на Восточный бассейн, а именно: строительство набережной, организация пляжей, грязедобыча и т.д.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Балушкина Е.В., Голубков С.М., Литвинчук Л.Ф., Н.В. Шадрин Н.В. Влияние абиотических и биотических факторов на структурно-функциональную организацию экосистем соленых озер Крыма. Том 70, 2009. № 6, Ноябрь-декабрь • Стр. 504–514
2. Гиляров М.С. Жизнь животных. Т. 2 – М.: 1984 – 456 с.
3. Поплавских А. Соляные ресурсы Крыма. – М.: 1965 – 340 с.
4. Реймерс Н.Ф. Основные биологические понятия и термины. – М.: «Просвещение», 1988 – 319 с.
5. Фондовые материалы ГГРЭС.
6. Энциклопедия живой природы. – М.: «АСТ-ПРЕСС», 2005 - 323 с.
7. Яхонтов А.А. Зоология для учителя. – М.: «Просвещение», 1982 – 351 с.
8. [https://elementy.ru/genbio/synopsis/288/Vliyanie\\_abioticheskikh\\_i\\_bioticheskikh\\_faktorov\\_na\\_strukturno\\_funktionalnyu\\_organizatsiyu\\_ekosistem\\_solenykh\\_ozer\\_Kryma](https://elementy.ru/genbio/synopsis/288/Vliyanie_abioticheskikh_i_bioticheskikh_faktorov_na_strukturno_funktionalnyu_organizatsiyu_ekosistem_solenykh_ozer_Kryma)
9. <http://ecosistema.ru/08nature/w-invert/088.htm>
10. <http://animalworld.com.ua/news/Veslonogij-rachok-ciklop-lat-Cyclopidae>
11. [https://pje.sgu.ru/sites/pje.sgu.ru/files/2017/11/pej\\_2017\\_3\\_240-250.pdf](https://pje.sgu.ru/sites/pje.sgu.ru/files/2017/11/pej_2017_3_240-250.pdf)
12. <http://ecosistema.ru/08nature/w-invert/0890.htm>
13. <http://hydrobiologist.com/harpacticoida/harpacticoida-maxilopoda/>

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение A

Фото 1-2. Приспособления для отбора гидробиологических проб



Фото 3-4. Отбор гидробиологических проб



Фото 5. Фиксация пробы зоопланктона формалином



Фото 6. Камера Богорова для изучения зоопланктона

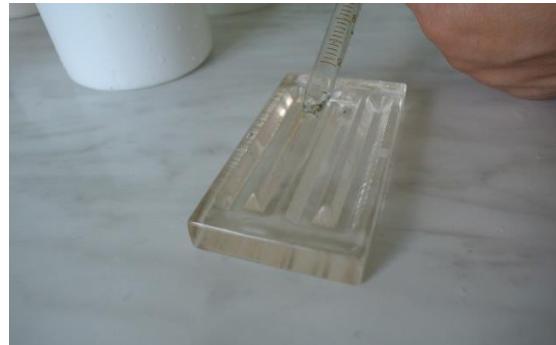


Фото 8-9. Исследование строения Artemia salina



Фото 7. Изучение зоопланктона



Фото 12. Крымская ГРЭС

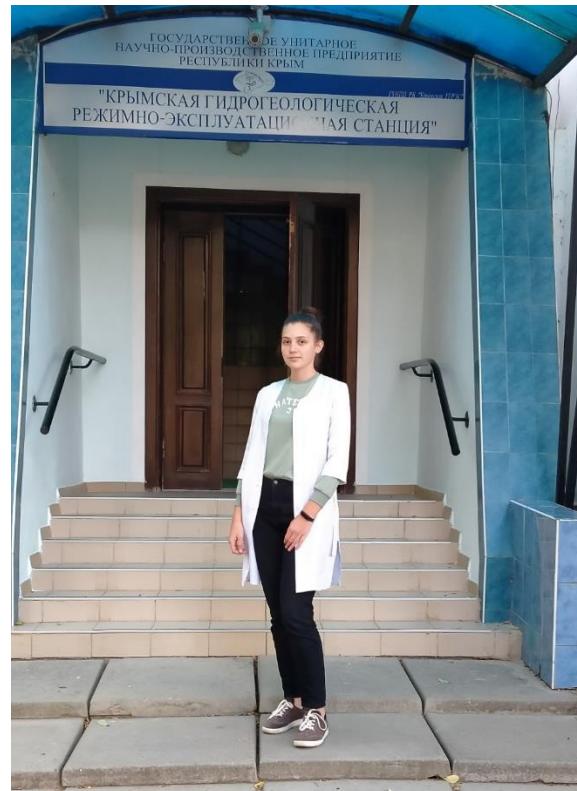
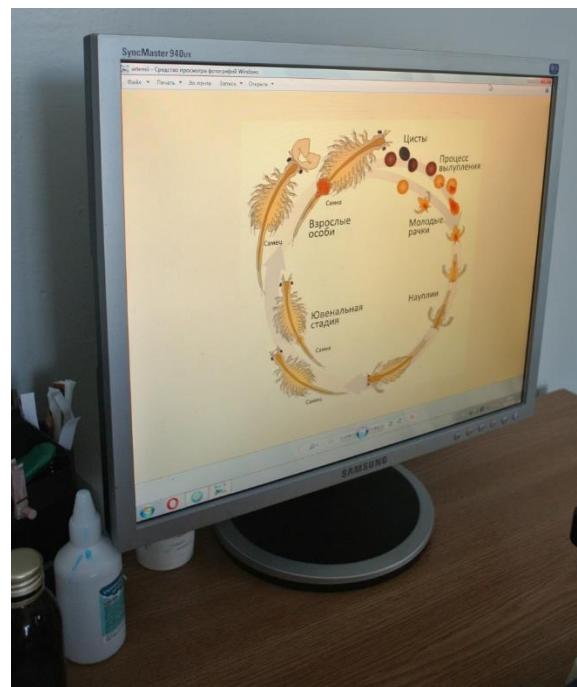


Фото 10-11. Исследование строения зоопланктона под микроскопом



## Оценка водоемов г. Стрежевого по диатомовым водорослям

Максим Сидоров, 11 класс, МОУДО «Детский эколого-биологический центр», г. о. Стрежевой, Томская область

**Победитель номинации «Сохранение биоразнообразия водных объектов»**

Руководитель: С.А. Фоменко, педагог дополнительного образования

### Аннотация

Работа посвящена изучению видового состава, особенностям распространения диатомовых водорослей, оценке экологического состояния водоемов пригорода г. Стрежевого.

Цель работы – оценка состояния водоемов пригорода г. Стрежевого с использованием диатомовых водорослей, изучение видового состава и характера распространения диатомовых водорослей.

Работа велась с 2020 года. При исследовании отбирали смешанные пробы воды, уплотнение проб проводили методом отстаивания, определение видовой принадлежности и сапробности велось по определителям диатомовых водорослей, при оценке качественных характеристик использовали шкалу оценки обилия диатомовых водорослей (Кордэ, 1956; Кузьмин 1976) и Коэффициент сходства Чекановского – Съеренсена.

Разнообразие диатомовых водорослей в малых озерных экосистемах на территории пригорода г. Стрежевого, составило на данном этапе изучения 48 видов (24 рода), таксономическое богатство диатомовых в исследованных водоёмах формируется в основном представителями родов *Navicula* и *Pinnularia*. Создали иллюстрированный атлас зарегистрированных диатомовых водорослей. Изучение видового разнообразия выявило более богатый видовой состав у проточных водоемов, и озёр с площадью 1-2 км<sup>2</sup> с большей плотностью околоводной и водной растительности.

По уровню органического загрязнения исследованные водоемы относятся к слабозагрязненным.

Видовой состав диатомовых водорослей северных территорий Томской области бассейна р. Оби практически не изучен, ранее он рассматривался поверхностно как часть фитопланктона в работе 2012г., Монаховой Екатерины, ученицы 11 класса - «Анализ состояния водных сообществ по фитопланктону».

Диатомовые водоросли - биоиндикаторы и чутко реагируют на изменения в составе воды, температурного режима, гидрологического режима и многое другое, наша работа при дальнейшей реализации (создании доступного электронного атласа диатомовых водорослей севера Томской области) позволит упростить исследования для последующего планомерного мониторинга. Основная сложность в реализации данного проекта, это определение видового состава диатомовых водорослей, предполагающее наличие оборудования и расходных материалов для проведения микроскопирования и атласов определителей по данному направлению.

## **Введение.**

Условия среды обитания в водоеме способны оказывать значительное влияние на видовой состав, обилие, распространение диатомовых водорослей.

Для понимания особенностей флоры региона существенное значение в ее анализе имеет рассмотрение экологической структуры. Известно, что распространение отдельных видов и соответственно состав водорослей обусловлены не только историческими причинами, но и условиями среды обитания. В отношении водорослей последнее особенно важно, учитывая их быстрое расселение благодаря легкости распространения водоплавающими птицами, насекомыми и другими животными, а также переносу течениями и ветром. Многие диатомовые водоросли обитают повсюду. Однако для развития большинства из них оптимальными являются определенные условия солености, pH, температуры воды, содержания органических веществ, а также гидрологические особенности водоемов и другие факторы (Patrick, Reimer, 1966). Именно благодаря этим свойствам с давних времен диатомовые используются в биоиндикации, пионерные исследования в этой области были начаты Р. Патрик еще в 40-х гг. XX в. Основными, наиболее важными факторами, влияющими на состав диатомовых, являются минерализация и pH воды, а также содержание легко окисляемых органических веществ. Менее изучена приуроченность диатомей к температурным, гидрологическим условиям (Баринова и др., 2006), концентрации различных химических элементов и их соединений [7].

Исходя из этих факторов, мы решили провести анализ видового состава, изучить характер распространения диатомовых водорослей и провести экологический анализ состояния водоемов пригорода г. Стрежевого.

**Цель:** оценка состояния водоемов пригорода г. Стрежевого, изучение видового состава и характера распространения диатомовых водорослей.

### **Задачи:**

1. Изучить видовой состав диатомовых водорослей водоемов пригорода г. Стрежевого.
2. Определить обилие диатомовых водорослей.
3. Сравнить видовой состав диатомовых водорослей водоемов в каждой группе.
4. Оценить уровень органического загрязнения изучаемых водоёмов.

## 1. Обзор литературы.

Диатомовые водоросли - совершенно особая группа одноклеточных организмов (около 16 000 видов), резко отличающаяся от остальных водорослей: их клетки снаружи окружены твердой кремнеземной оболочкой - панцирем. Это одноклеточные микроскопические организмы, одиночные или колониальные в виде цепочек, нитей, звездочек, коккоидный тип структуры таллома. Размеры отдельных особей от 4 мкм до 2 мм. Клеточная оболочка - панцирь из кремнезема - оксида кремния с тонким слоем пектиновых веществ.

Различают две эволюционные линии диатомовых, которые различаются прежде всего по форме створок панциря - центрические (*Centrophyceae*) и пеннатные (*Pennatophyceae*). Это два класса этого отдела.

Центрические имеют радиально-симметричные створки панциря, большинство обитает в толще воды, тип полового процесса у них – оогамия. Класс Центрические - клетки одиночные или соединенные в нитевидные колонии. Створки в очертаниях круглые, ареолы расположены беспорядочно или радиально, по краям створок выросты, шипы, щетинки. Преимущественно морские водоросли [4].

Пеннатные имеют не более 2-х плоскостей симметрии, иногда только одну плоскость симметрии, многие подвижны, подавляющее большинство населяет дно водоемов. Пеннатные диатомовые produцируют амебоидные гаметы, тип полового процесса изогамия и анизогамия. Класс Пеннатные - панцирь симметричный по продольной оси. Створки линейные, ланцетные, эллиптические. Это пресноводные и морские формы, обитающие в бентосе на различных субстратах.

Исследуемые нами диатомовые водоросли входят в основном в состав фитопланктона.

В составе этой экологической группировки, следуя трактовке И.А. Киселева (1969) и его предшественников-планктонологов, рассматриваются все диатомовые, встречающиеся в толще воды. Среди них как истинно планктонные и факультативнопланктонные виды, так и случайные формы из обрастаний различных субстратов и фитобентоса (тихо-планктонные). Водоросли последних группировок, находясь во взвешенном состоянии, также участвуют в образовании органического вещества планктона.

Диатомовые водоросли – один из важнейших компонентов фитопланктона водоёмов со стоячей водой, им принадлежит ведущая роль в разнообразии и численности совместно с зелеными, золотистыми и синезелеными водорослями.

Состав диатомовых сообществ зависит от многих факторов. Одним из них является глубина озер, так как основная ниша планктонных водорослей – толща воды. Немаловажное значение имеет происхождение водоемов, определяющее особенности физико-химических параметров их вод [3], среди местных водоемов со стоячей водой преобладают небольшие заливные озера (образованные разливами р. Обь и проток Пасол и Саим), малые озера с площадью 1-2 км<sup>2</sup> в основном органогенные (чаще дистрофные – не глубокие с бурой водой из-за обилия гуминовых кислот), граничат с болотными системами, и водоемы с площадью 0.001 – 0.002 км<sup>2</sup> в основном «рукотворного» происхождения (образуются на месте карьеров, силосных ям, при прокладке дорог и др.)

Диатомовые водоросли играют ведущую роль в формировании различных типов сообществ в водных экосистемах и отличаются большим таксономическим разнообразием.

Благодаря высокой чувствительности к разным факторам водной среды и быстрому отклику на антропогенное воздействие эта группа низших растений перспективна для использования в экологическом мониторинге водоемов северных территорий Томской области бассейна р. Оби.

Необходимость слежения за состоянием водных экосистем несомненна, в связи с этим становится очевидной необходимость исследования данной группы водорослей в естественных водных объектах региона и обобщения, имеющихся данных [11].

## 2. Характеристика района исследования

Исследования проводились на озерах и проточных водоемах пригорода г. Стрежевого. Озера разделили на 2 группы: группа 1 - озера с площадью 0.001 – 0.002 км<sup>2</sup>, группа 2 - озера с площадью 1-2 км<sup>2</sup>.

Участок 1 - используется для выгула домашней водоплавающей птицы (рис. 1).

Участок 2 - находится ближе всего к трассе, используется крупным рогатым скотом для питья, а также для сбора ряски на корм животным (рис. 1).

Участок 3 - глубокий и небольшой по площади, имеет бетонное дно, ранее использовался в качестве силосной ямы, вода имеет сильный гнилостно-фекальный запах, края поросли рогозом (рис. 1).

Участок 4 - отведен под летнюю мойку автотранспорта, находится близко к трассе, берега плотно заросли рогозом и белокрыльником (рис. 2).

Участок 5 - находится рядом с автостоянкой торгового комплекса «Сосна», наименее глубокое озеро, берега плотно заросли рогозом (рис. 3).

На берегу участка 6 располагается база отдыха, в летний период используется для купания (рис. 4).

Участок 7 - самый протяженный из выбранных водоемов, берега плотно заросли рогозом (рис. 5).

Участок 8 - находится дальше всех выбранных озер от населенных пунктов, имеет самую прозрачную и холодную воду, берега заболочены (рис. 6).

Участок 9 - узкая мелкая река, проходящая через дачные поселки и трассу, берега сильно заросли растительностью (рис. 7).

Участок 10 - широкая глубокая протока, используется для купания, находится в городском парке (рис. 8).

Участок 11 - широкая и глубокая протока, используется для мытья машин, купания и питья крупного скота, берега плотно заросли рогозом (рис. 9).



Рис. 1 Фото места отбора проб на озёрной группе прилегающей к ферме Бойченко и частному подворью «Стрежевская птица» / М: 1:200



Рис. 2 Фото места отбора проб на озере по ул. Коммунальная / М: 1:200



Рис. 3 Фото места отбора проб на озере на территории торгового комплекса «Сосна» / М: 1:200



Рис. 4 Фото места отбора проб на оз. Еванское/ М: 1:2000



Рис. 5 Фото места отбора проб на оз. Восьмерка /М: 1: 2000



Рис. 6 Фото места отбора проб на оз. Песчаное /М: 1: 2000



Рис. 7 Фото места отбора проб на р. Мишкин саим /М: 1:500



Рис. 8 Фото места отбора проб на пр. Пасол /М: 1:500



Рис. 9 Фото места отбора проб на пр. Пасол /М: 1:500

### 3. Методика

#### 3.1. Отбор и концентрация проб.

Отбор проб производился пробоотборником с горизонта 0,5-1 м в стеклянные бутылки, пробы воды хранились в прохладном месте, бутылки при хранении закрывались ватно-марлевыми пробками.

Пробы фитопланктона собраны в типичных биотопах водоемов. В первую очередь, это наиболее глубокие участки открытой водной поверхности (где можно ожидать наибольшего развития водорослей этой экологической группы). Для компенсации неравномерности в распределении планктона в горизонтальном направлении [5], брали смешанную пробу (рис.10).



Рис. 10 Забор воды пробоотборником на участке № 6.

Для повышения концентрации диатомей в пробе использовали отстойный метод, чтобы свести к минимуму повреждения створок и потери мелких центрических форм диатомовых водорослей. Для этого смешенную пробу воды в количестве 0,5 л отстаивали в прохладном месте двое суток, воду над осадком аккуратно сливали, и объем пробы доводили постепенно до 50 мл, далее помещали ее в конусовидные пробирки для центрифугирования и доводя до объема 15-30 мл.

Видовое разнообразие определяли прямым микроскопированием с использованием тринокулярного микроскопа Levenhuk 850 В с цифровой камерой.

Идентификация диатомовых водорослей выполнена по определителям диатомовых водорослей [5, 6, 10, 11].

### 3.2. Определение обилия диатомовых водорослей.

Глазомерное обилие определяли, используя окуляр Микромед 10х/18 с сеткой (увеличение – 10 крат; поле зрения – 18 мм; цена деления сетки – 0,1 мм) путем подсчета створок диатомовых водорослей в произвольно взятых рядах препарата, которое выражалось в баллах по шести балльной шкале.

Таблица 1. Шкала оценки обилия диатомовых водорослей (Кордэ, 1956; Кузьмин 1976) [2].

Численное выражение	Характеристика	Интервал концентраций	Визуальная оценка
1	Единично	1 - 10 тыс. кл/л	1 - 5 экз. в препарате
2	Редко	10 - 100 тыс. кл/л	10-15 экз. в препарате
3	Нередко	100 - 1 млн. кл/л	25 - 30 экз. в препарате
4	Часто	1 - 10 млн. кл/л	1 экз. в каждом ряду
5	Очень часто	10 - 100 млн. кл/л	несколько экз. в каждом ряду
6	Масса	Более 100 млн кл/л	несколько экз. в каждом поле зрения

Шкала обилия диатомовых водорослей:

- 1 – единично (1-5 экз. в препарате);
- 2 – редко (10-15 экз. в препарате);
- 3 – нередко (25-30 экз. в препарате);
- 4 – часто (1 экз. в каждом ряду);
- 5 – очень часто (несколько экз. в каждом ряду);
- 6 – в массе (несколько экз. в каждом поле зрения).

### 3.3. Определение органического загрязнения водоемов.

По отношению к содержанию нестойких органических веществ диатомовые водоросли разделены на группы в соответствии с широко применяемой системой [2]:

*ксеносапробы*(х) обитатели чистых вод;

*олигосапробы*(о) живут в чистых водах с нормальным содержанием кислорода, при крайне низких концентрациях растворенных органических веществ;

*бетамезосапробы*(б) – при массовом развитии показатель присутствия аммиака, и продуктов его окисления, а также повышением содержания органических веществ;

*альфамезосапробы*(а) – в воде, где они развиваются в массе, также имеются аммиак, продукты его окисления, кислород и высокое содержание легко окисляемых органических веществ;

*полисапробы*(р) характерны для бескислородной среды, с присутствием в водяных белков, сероводорода и других веществ.

Кроме этого, имеются промежуточные группы видов.

Определив видовой состав и обилие видов, мы оформили таблицу «Оценка обилия диатомовых водорослей и определение органического загрязнения изучаемых водоемов» (Таблица 2)

### 3.4. Определение коэффициента сходства.

Коэффициент сходства Чекановского – Съеренсена, используется для сравнения состава диатомовых водорослей различных биотопов, рассчитывали по формуле (Мэгарран, 1992) [9]:

$$K_{\text{чс}} = 2C/A + B,$$

где А и В – число видов в каждом из сравниваемых водоемов,

С – число общих для них видов. Коэффициент сходства выражен в долях единицы, полное сходство равно единице.

## 4. Результаты исследования

#### 4.1. Видовой состав диатомовых водорослей озер пригорода г. Стрежевого.

Альгофлора, как любая другая флора, отличается определенным набором видов и соотношением между ними – признаками, которые характеризуют разнообразие. Традиционными показателями разнообразия растительных организмов, в том числе водорослей, являются флористическое богатство, выраженное в количестве таксонов разного ранга, систематическое разнообразие, определяемое их соотношением, а также таксономическая структура.

Определили видовой состав диатомовых водорослей, по результатам определения составили атлас, представленный в разделе Приложение.

В исследованных озерах окрестностей г. Стрежевого зарегистрировано 48 видов диатомовых водорослей, выявлен преобладающий род – *Pinnularia*

#### 4.2. Оценка обилия диатомовых водорослей и определение органического загрязнения изучаемых водоемов.

Несмотря на наличие видов диатомовых водорослей индикаторов органического загрязнения, практически на всех озерах зарегистрированы диатомеи, относящиеся к ксено и олигосапробам, что говорит о хорошей способности озер к самоочищению.

Таблица 2. Оценка обилия диатомовых водорослей и определение органического загрязнения изучаемых водоемов

Наименование	Участки										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>α- сапробные</i>											
<i>Navicula cryptocephala</i>						2	2	2			
<i>Nitzschia apiculata</i>			1								
<i>Stauroneis anceps</i>	2	2							1	1	1
<i>β- сапробные</i>											
<i>Bacillaria paradoxa</i>	1	1		1							
<i>Diatoma vulgaris</i>	1					3		2			
<i>Melosira varians</i>									3		
<i>Pinnularia viridis</i>	4		1	2	1	1	1				
<i>Sunedra ulna</i>			1								
<i>Gomphonema acuminatum</i>									2	1	1
<i>β-α- сапробные</i>											
<i>Navicula cuspidata</i>	1		1								
<i>Navicula menisculus</i>			1								
<i>ο- сапробные</i>											
<i>Eunotia robusta</i>						2		1	1	1	1
<i>Frustulia vulgaris</i>	2										
<i>Melosira Binderana</i>							2				
<i>Pinnularia subcapitata</i>			1								
<i>Tabellaria fenestrata</i>								2	1		

<b><math>\alpha</math>-<math>\beta</math>- сапробные</b>								
<i>Navicula dicephala</i>			1					
<i>Navicula oblonga</i>	1	2		1				
<i>Nitzschia linearis</i>								
<i>Anphora ovalis</i>	2						1	2
<i>Asterionella formosa</i>					1			
<i>Epithemia zebra</i>				1				1
<i>Fragilaria capucina</i>				1				
<i>Caloneis schumanniana</i>							1	1
<b><math>\chi</math>- сапробные</b>								
<i>Fragilaria virescens</i>			1	1				
<i>Pinnularia gibba</i>						1		
<b><math>\alpha</math>-<math>\chi</math>- сапробные</b>								
<i>Achnanthes linearis</i>			1					
<i>Diatoma anceps</i>	6	2	1	1	1			1
<i>Frustulia rhomboidea</i>	1	2		1		2	2	2
<i>Swirella nervosa</i>								1
<i>Tabellaria flocculosa</i>							1	1
<b><math>\chi</math>-<math>\alpha</math>- сапробные</b>								
<i>Caloneis bacillum</i>	3		2		2			

#### 4.3 Определение коэффициента сходства.

Коэффициент сходства Чекановского - Съеренсена, использованный для сравнения состава диатомовых водорослей различных биотопов, рассчитывали по формуле (Мэгарран, 1992):

$$K_{\text{чс}} = 2C/A + B,$$

где А и В – число видов в каждом из сравниваемых водоемов,

С – число общих для них видов.

Коэффициент сходства выражен в долях единицы, полное сходство равно единице.

Коэффициент сходства для участков:

Озера группы 1

1 и 2 – 0,6      1 и 4 – 0,5      2 и 3 – 0,1      2 и 5 – 0,2      3 и 5 – 0,3

1 и 3 – 0,4      1 и 5 – 0,4      2 и 4 – 0,5      3 и 4 – 0,5      4 и 5 – 0,3

Озера группы 2

6 и 7 – 0,2      6 и 8 – 0,2      7 и 8 – 0,5

Проточные водоемы

9 и 10 – 0,4      9 и 11 – 0,2      10 и 11 – 0,4

Как видно из полученных результатов видовой состав диатомовых водорослей в водоемах всех групп имеет невысокое сходство.

## Вывод

Полученные данные показывают видовое разнообразие диатомовых водорослей в озерных и проточных экосистемах на территории пригорода г. Стрежевого, всего нами было определено 48 видов (24 рода), по результатам работ оформили атлас (Приложение 1).

Таксономическое богатство диатомовых в исследованных водоёмах формируется в основном представителями родов *Navicula* и *Pinnularia*.

Наибольшей степенью обилия обладают *Diatoma vulgare* на участке № 6 и *Diatoma anceps* на участке № 1.

По уровню органического загрязнения водоёмы относятся к слабозагрязненным, исследуя состав диатомовых водорослей мы не обнаружили полисапробов, что совпадает с внешней оценкой водоемов, остальные группы индикаторов присутствуют, что сигнализирует о небольшом органическом загрязнении.

Несмотря на небольшие расстояния между водоемами довольно низкий показатель коэффициента сходства видового состава диатомовых водорослей (самый высокий показатель сходства 0,6 - у близкорасположенных малых водоемов). Вероятно, видовой состав больше зависит от площади, глубины, а также температуры прогревания и скорости течения водоема (в самом небольшом по площади и мелком водоёме, более низкий видовой состав – 3 вида), состава растительности и особенностей водообмена.

Мы планируем продолжение работы по изучению видового состава обилия и индикаторных свойств диатомовых водорослей севера Томской области. Диатомовые водоросли – доступные биоиндикаторы и чутко реагирующие на изменения в составе воды, температурного режима, гидрологического режима и многое другое, наша работа при дальнейшей реализации (создании доступного электронного атласа диатомовых водорослей севера Томской области) позволит упростить исследования для последующего планомерного мониторинга.

## Литература

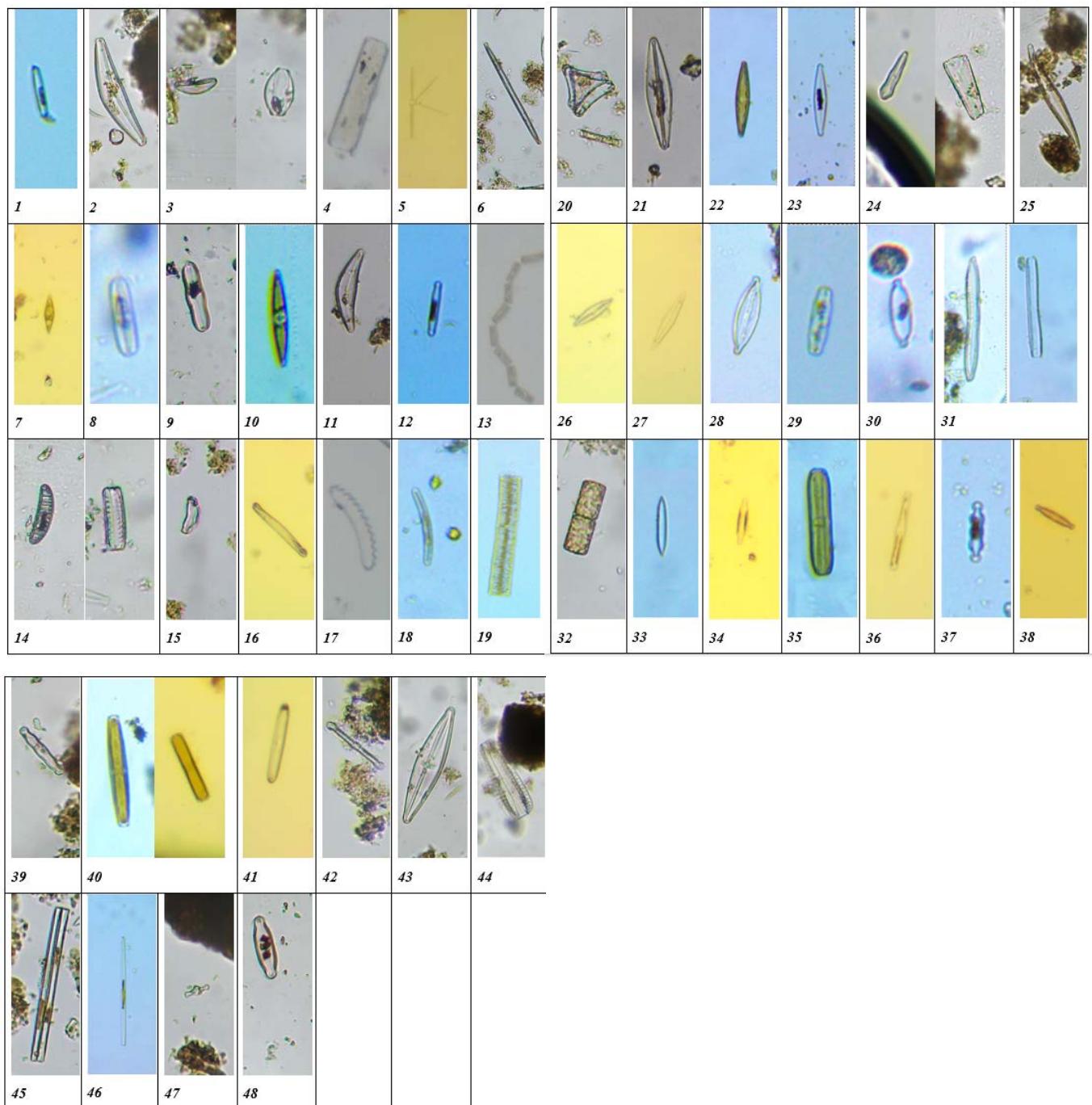
1. Ананичев К. В. Проблемы окружающей среды, энергии и природных ресурсов: Международный аспект. - М.: Прогресс, 1974. - 168 с.
2. Баринова С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. Тель-Авив: PiliesStudio. 2006. 498 с.
3. Воронихин И. Н., Шляпина Е. В. Водоросли. - М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1949. - С. 357-477. - (Жизнь пресных вод; Т. 2).
4. Голлербах М. М. Водоросли, их строение, жизнь и значение. - М.: Изд-во Моск. о-ва испыт. природы, 1951. - 172 с. - (Среди природы; Вып. 34).
5. Голлербах М. М., Полянский В. И. Пресноводные водоросли и их изучение. - М.: Сов. наука, 1951. - 200 с. - (Определитель пресноводных водорослей; Вып. 1. Общая часть).
6. Диатомовые водоросли СССР. - Т. 1, 2. - Л.: Наука, 1974, 1988.
7. Кондратьев К. Я., Поздняков Д. В. Качество природных вод и определяющие его компоненты. - Л.: Наука, 1984. - 54 с.
8. Кульский Л. А., Сиренко Л. А., Шкавро З. Н. Фитопланктон и вода / Отв. ред. К. А. Шевченко. - Киев: Наук. думка, 1986. - 136 с.
9. Мэгарран Э. Экологическое разнообразие и его измерение. - М.: Мир, 1992. - 184 с.
10. Определитель пресноводных водорослей СССР. - Л.: Наука, 1951-1986. - Вып. 1-8, 10, 11, 13, 14.
11. Самоочищение и биоиндикация загрязненных вод. - М.: Наука, 1980. - С. 7-11.

## РесурсыInternet

18.<https://www.researchgate.net/publication/>

19.<https://studfile.net/>

## Приложение 1.

*Атлас диатомовых водорослей озер пригорода г. Стрежевого*

1.	<i>Achnanthes linearis</i>	<i>O<sub>1</sub></i>	26.	<i>Navicula protracta</i>	<i>O<sub>2</sub></i>
2.	<i>Amphora mongolica</i>	<i>P</i>	27.	<i>Navicula cryptocephala</i>	<i>O<sub>2</sub></i>
3.	<i>Amphora ovalis</i>	<i>P, O<sub>1</sub></i>	28.	<i>Navicula cuspidata</i>	<i>O<sub>1</sub></i>
4.	<i>Amphora species</i>	<i>O<sub>2</sub></i>	29.	<i>Navicula dicephala</i>	<i>O<sub>1</sub></i>
5.	<i>Asterionella formosa</i>	<i>O<sub>2</sub></i>	30.	<i>Neidium productum</i>	<i>O<sub>1</sub></i>
6.	<i>Asterionella gracillima</i>	<i>P</i>	31.	<i>Nitzschia apiculata</i>	<i>O<sub>1</sub></i>
7.	<i>Brachysirawygachii</i>	<i>O<sub>2</sub></i>	33.	<i>Nitzschia subtilis</i>	<i>O<sub>1</sub></i>
8.	<i>Calonies bacillum</i>	<i>O<sub>1</sub></i>	32.	<i>Melosira varians</i>	<i>P</i>
9.	<i>Calonies schumanniana</i>	<i>P</i>	34.	<i>Pinnularia biceps</i>	<i>O<sub>2</sub></i>
10.	<i>Ctenophore hulchella</i>	<i>O<sub>1</sub></i>	35.	<i>Pinnularia brevicostata</i>	<i>O<sub>1</sub></i>
11.	<i>Cymbella cymbiformis</i>	<i>P</i>	36.	<i>Pinnularia gibba</i>	<i>O<sub>2</sub></i>
12.	<i>Diatoma anceps</i>	<i>O<sub>1</sub>, O<sub>2</sub></i>	37.	<i>Pinnularia grunowii</i>	<i>O<sub>1</sub></i>
13.	<i>Diatoma vulgare</i>	<i>O<sub>1</sub>, O<sub>2</sub></i>	38.	<i>Pinnularia interrupta</i>	<i>O<sub>2</sub></i>
14.	<i>Epithemia zebra</i>	<i>P</i>	39.	<i>Pinnularia melosepta</i>	<i>P</i>
15.	<i>Eunotiabigibba</i>	<i>P</i>	40.	<i>Pinnularia spacies</i>	<i>O<sub>1</sub>, O<sub>2</sub></i>
16.	<i>Eunotiafallax</i>	<i>O<sub>2</sub></i>	41.	<i>Pinnularia viridis</i>	<i>O<sub>1</sub>, O<sub>2</sub></i>
17.	<i>Eunotia robusta</i>	<i>P, O<sub>1</sub></i>	42.	<i>Rhopalodia gibba</i>	<i>P</i>
18.	<i>Eunotia tenella</i>	<i>O<sub>1</sub></i>	43.	<i>Stauroines anceps</i>	<i>O<sub>1</sub>, P</i>
19.	<i>Fragilaria capucina</i>	<i>O<sub>1</sub></i>	44.	<i>Surirella nervosa</i>	<i>P</i>
20.	<i>Fragilaria inflata</i>	<i>P</i>	45.	<i>Synedra actinastroides</i>	<i>P</i>
21.	<i>Frustulliacryptocephala</i>	<i>P</i>	46.	<i>Synedra ulna</i>	<i>O<sub>1</sub></i>
22.	<i>Frustullia rhomboides</i>	<i>O<sub>1</sub>, O<sub>2</sub></i>	47.	<i>Tabellaria fenestrata</i>	<i>P</i>
23.	<i>Frustullia vulgaris</i>	<i>O<sub>1</sub></i>	48.	<i>Tabellaria flocculossa</i>	<i>P</i>
24.	<i>Gomphonema acuminatum</i>	<i>P.</i>			
25.	<i>Gyrosigma Kuetzingii</i>	<i>P.</i>			

Условные обозначения:

*O<sub>1</sub>* – озера 1 группы (0.001 – 0.002 км<sup>2</sup>);

*O<sub>2</sub>* – озера 2 группы (1-2 км<sup>2</sup>);

*P* – река, протока.

**Оценка сапробности водоемов Осиповичского района по фитоперифитону**  
**Игорь Астраханцев, 11 класс, ГУО «Средняя школа №2 г. Осиповичи», Могилевская**  
**область, Республика Беларусь**  
**Победитель номинации «Сохранение биоразнообразия водных объектов»**  
**Руководитель: С.П. Сергейчик, учитель биологии**

## АННОТАЦИЯ

Исследовательский проект 15 с., 7 рис., 4 табл., 12 литературных источников.

**ПЕРИФИТОН, ФИТОПЕРИФИТОН, ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ СОСТАВ, ОБИЛИЕ, САПРОБНОСТЬ ВОДОЕМОВ**

Объектом исследования является фитоперифитон рек Осиповичского района Могилевской области Республики Беларусь.

Цель работы – оценка сапробности рек Осиповичского района по временным сукцессиям организмов фитоперифитона на искусственных субстратах.

В процессе исследования численность фитоперифитона определяли счетно-объемным методом с использованием камеры Горяева, а видовой состав – методом светового микроскопирования.

Установлен видовой состав организмов фитоперифитона рек Осиповичского района Могилевской области Республики Беларусь. Во всех реках встречаются представители отделов Bacillariophyta, Cyanophyta, Chlorophyta, Euglenophyta В р. Синяя обнаружен вид из отдела Cryptophyta. Доминирующим по видовому разнообразию в р. Свислочь является отдел Bacillariophyta, в р. Синяя и р. Млынка – отдел Cyanophyta. Обилие видов фитоперифитонных организмов, принадлежащих к разным отделам, существенно отличается. Так наибольшая относительная численность установлена для видов из отдела Cyanophyta и некоторых видов из отдела Bacillariophyta. Виды из других отделов (Euglenophyta, Cryptophyta) представлены единичными экземплярами или встречаются редко. Наибольшее обилие фитоперифитонных организмов установлено в р. Свислочь, наименьшее – в р. Синяя. Вода в реках в Осиповичском районе умеренно загрязнена органическими веществами, обследованные участки водоемов относятся к  $\beta$ -мезосапробной зоне. Наиболее чистой рекой оказалась р. Синяя, в наибольшей степени загрязнена органическими веществами – р. Млынка.

Данным исследованием мы показали практическую значимость использования метода искусственных субстратов для установления видового разнообразия фитоперифитонных организмов и для контроля их относительной численности в водоемах. Впервые провели такого рода биомониторинг рек Осиповичского района. Рассматриваемая нами тема интересна. Методика проведения исследований доступна.

## ВВЕДЕНИЕ

С целью решения различных фундаментальных и прикладных вопросов в гидробиологии важным является изучение структуры и функционирования всех живых организмов в водных экосистемах. С течением времени на водоемы антропогенная нагрузка повышается, что связано с увеличением количества промышленных предприятий, хозяйственной деятельностью человека. В результате этого происходит антропогенная трансформация пресноводных экосистем, что является практически повсеместным явлением во всех областях Республики Беларусь. Малые реки в основном менее изучены по сравнению с крупными водными объектами в пределах большинства районов нашей страны, несмотря на их значение в формировании водного баланса. При этом стоит учитывать, что структура малых рек в отличие от таковой в крупных реках отражает местные экологические условия [1].

Одной из составляющих водных экосистем является перифитон. Видовое разнообразие и обилие перифитонных организмов изменяется под действием различных природных и антропогенных факторов, что выражается в пространственных и временных сукцессиях соответствующих сообществ. Выбор фитоперифитона в качестве объекта исследования обусловлен тем, что прикрепленные сообщества свободны от кратковременного влияния случайных, локальных изменений гидрологического и гидрохимического режима и отражает средний фон, преобладающий в водоеме, кроме этого, фитоперифитон является мощным потенциалом в самоочищении водоемов [2].

**Объект исследования:** фитоперифитон рек Осиповичского района.

**Предмет исследования:** качественный и количественный состав фитоперифитона на искусственных субстратах в реках Осиповичского района.

**Цель работы:** оценка сапробности рек Осиповичского района по временным сукцессиям организмов фитоперифитона на искусственных субстратах.

Для достижения поставленной цели были поставлены следующие **задачи**:

1. установить видовое разнообразие организмов фитоперифитона рек Осиповичского района;
2. определить численность и обилие фитоперифитонных организмов разных видов;
3. рассчитать индекс сапробности и оценить уровень загрязнения рассматриваемых водных объектов органическими веществами.

**Гипотеза:** стоит ожидать, что искусственные субстраты можно использовать для создания за короткий промежуток времени сукцессий организмов фитоперифитона водоемов с целью дальнейшего установления их таксономического состава и обилия.

**Методы исследования:** стандартные полевые, лабораторные гидробиологические, идентификация видов с помощью световой микроскопии с использованием разных определителей, атласов и справочников, статистические методы обработки данных.

Работа проводилась в три этапа:

1. апрель – май 2022 г. – изучение литературы о перифитоне и гидробиологических методах изучения перифитона;
2. июнь – август 2022 г. – проведение исследования (учет численности организмов фитоперифитона в реках Осиповичского района, определение их таксономической принадлежности);
3. конец августа – сентябрь 2022 г. – обобщение полученных данных, расчет индексов, составление сводных таблиц, построение диаграмм, оформление работы.

**Новизна** данного исследования заключается в том, что впервые проведена инвентаризация фитоперифитона искусственных субстратов рек Осиповичского района. Методом световой микроскопии с использованием иммерсионного объектива определен 31 вид фитоперифитонных организмов, установлена относительная численность организмов каждого вида. Автором выявлены виды, которые являются индикаторами органического загрязнения водоемов, а также виды, которые в результате массового размножения вызывают «цветение» воды.

**Практическая значимость.** Данным исследованием мы показали практическую значимость использования метода искусственных субстратов для установления видового разнообразия фитоперифитонных организмов и для контроля их относительной численности. В ходе установления принадлежности организмов к тому или иному виду можно обнаружить как потенциально опасные для гидробионтов организмы, так и те, которые выполняют функцию самоочищения водоемов от загрязнения. Фитоперифитонные организмы отличаются быстрым реагированием на изменения в среде обитания, по этой причине данные, полученные в ходе такого рода исследований, можно использовать для экспресс-анализа состояния качества воды как рек Могилевской области, так и других областных центров нашей страны.

## ГЛАВА 1 АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

### 1.1 Современное представление о перифитоне

Перифитоном называют организмы, обитающие на всех твердых субстратах, погруженных в воду. Такие естественные субстраты могут быть представлены судами, буями, свайными сооружениями, трубопроводами, причалами, макрофитами, крупными камнями, корягами, субстратами антропогенного происхождения и т.д.

По мнению А.Л. Бенинга, главный экологический признак перифитонных организмов – их существование на перечисленных выше субстратах в местах, в которых вода в большей степени подвижна по сравнению с ее подвижностью на дне водоема, на некотором расстоянии от дна и берега, при этом организмы на камнях и макрофитах он относил к бентосу [3]. Такого же мнения придерживается и Л.И. Рябушко [4].

С.Н. Дуплаков провел аналогию между понятиями «перифитон» и «обрастание» [5]. В настоящее время эти термины используются в сходном значении для обозначения растений и животных, которые обитают в воде на различных субстратах.

По мнению В.В. Халамана, не существует видов-обрастателей животного или растительного происхождения, которые бы ни встречались среди донных организмов [6]. Сложно разграничить организмы бентоса и обрастания, так как по объективным причинам существенной разницы между этими организмами нет. При определенной совокупности факторов образуются сообщества бентоса и обрастания.

Перифитон в пресных водоемах представлен водорослями, простейшими, коловратками, личинками хирономид, нематодами, олигохетами, в меньшей степени мшанками, губками, грибами, моллюсками и другими организмами. Среди представителей перифитона по типу питания имеются продуценты (водоросли), консументы (простейшие, коловратки, черви), редуценты (бактерии и грибы) [7].

### 1.2 Оценка сапробности водоемов

Перифитон незаменим при исследованиях, связанных с оценкой экологического состояния водных систем. По видовому составу перифитона можно судить об изменениях качества воды, не отмеченному по биологическим или химическим пробам.

Как неотъемлемая часть водных экосистем перифитон подвержен изменения под воздействием различных биотических, абиотических и антропогенных факторов, что выражается во временных и пространственных сукцессиях перифитонных сообществ [8].

В гидробиологии под сапробностью понимают способность организмов жить при большом содержании органических веществ в среде. Сапробность является функцией как потребностей организма в органическом питании, так и устойчивости возникающих при разложении органических соединений ядовитых веществ:  $H_2S$ ,  $CO_2$ ,  $NH_3$ ,  $H^+$ ,

органических кислот [9].

Для оценки сапробности воды по организмам перифитона используется метод индикаторных организмов Пантле и Букка в модификации Сладечека. Индекс сапробности рассчитывается по формуле:

$$S = \frac{\sum s_i h_i}{\sum h_i},$$

где  $S$  – индекс сапробности,  $s_i$  – индикаторная значимость (сапробная валентность),  $h_i$  – относительная частота встречаемости (обилие).

Индикаторную значимость  $s$  и зону сапробности определяют для каждого вида по спискам сапробных организмов. Частоту встречаемости учитывают по общепринятой в биоиндикации десятибалльной шестиступенчатой шкале: 1 – очень редко, 2 – редко, 3 – нередко, 5 – часто, 7 – очень часто, 9 – масса.

На основании рассчитанного индекса сапробности можно установить уровень загрязнения водоема (таблица 1.1).

Таблица 1.1 – Классы качества вод в зависимости от индексов сапробности [9]

Уровень загрязнения	Зоны	Индексы сапробности (S)	Классы качества воды
Очень чистые	ксеносапробная	до 1,00	1
Чистые	олигосапробная	1,00-1,50	2
Умеренно загрязненные	$\beta$ -мезосапробная	1,51-2,50	3
Тяжело загрязненные	$\alpha$ -мезосапробная	2,51-3,50	4
Очень тяжело загрязненные	полисапробная	3,51-4,00	5
Очень грязные	полисапробная	>4,00	6

Существует следующая закономерность: чем ниже сапробность в водоеме, тем он беднее органическими веществами, тем меньше в нем колебания химического состава воды и других показателей. Чем выше показатель сапробности, тем больше органических веществ, тем богаче фауна, тем изменчивее химические и физические параметры данного водоема. Чем больше величина сапробности, тем больше содержание органических веществ в водоеме, тем больше видовое богатство и численность биологических организмов. Установлено, что фактически в ряду олигосапробы – мезосапробы – полисапробы возрастают не только стойкость к органическим загрязняющим веществам, к дефициту кислорода и их эврибионтность.

Таким образом, можно сделать вывод, что по видовому разнообразию перифитона и обилию организмов можно рассчитать индекс сапробности, по которому можно судить об уровне органического загрязнения водоема.

## ГЛАВА 2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 2.1 Место и время проведения исследования

Исследования проводились в период с 15.06.2022 г. по 15.09.2022 г. в соответствии с поставленными задачами на трех проточных водоемах Осиповичского района (р. Свислочь, р. Синяя, р. Млынка) (рисунок 2.1).



Рисунок 2.1 – Водоемы, на которых проводилось исследование

Фитоперифитон в пределах каждой реки исследовался на трех станциях. Кarta-схема расположения станций изображена на рисунке 2.2.

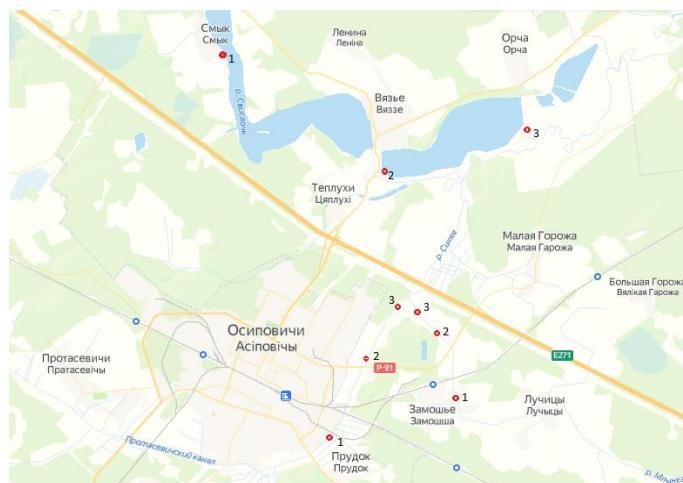


Рисунок 2.2 – Расположение станций отбора проб фитоперифитона

При выборе станций в пределах каждого водоема учитывалась приуроченность к разным типам ландшафта, подверженность разной антропогенной нагрузке, проточность и открытость участков, отсутствие случайных застоев грязной или чистой воды.

### 2.2 Материалы для исследования

Материалом для исследования послужили пробы, собранные с 9 станций трех рек Осиповичского района. На каждой станции закладывалось по 3 пробы. Время экспозиции проб 30 дней. Повторность опыта во времени – трехкратная через 30 дней. За время проведения исследования было отобрано и изучено 81 пробы фитоперифитона.

Отбору проб предшествовало стандартное гидробиологическое обследование

прибрежной зоны (измерение температура воды, скорость течения, цвет, прозрачность, характеристика взвеси, прибрежная растительность). Данные заносились в специальные протоколы обследования (рисунок 2.3).



Рисунок 2.3 – Обследование прибрежной зоны водных объектов

Для исследования фитоперифитона рек Осиповичского района использовали искусственные субстраты (предметные стекла) [10]. Для исследования были изготовлены конструкции для погружения предметных стекол (рисунок 2.4).



Рисунок 2.4 – Конструкции для погружения искусственных субстратов в воду

Для укрепления стекол использовали пенопластовые поплавки, в прорези которых вставляли предметные стекла. Поплавки закрепляли на леске, несущую на нижнем конце груз для заякоривания, а на верхнем – поплавок, ограничивающий глубину погружения. Граница распространения перифитона совпадает со значением 1-1,5 прозрачностей.

### 2.3 Методы исследования

В процессе исследования численность фитоперифитона определяли счетно-объемным методом с использованием камеры Горяева, а видовой состав – методом светового микроскопирования с использованием иммерсионного объектива. Окуляр микроскопа имеет увеличение 10x/18 и объектив для масляной иммерсии – 100xs/1,25 ((коэффициент преломления  $d=1,5$ )). Для установления видовой принадлежности использовали определители [11, 12].

## ГЛАВА 3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

### 3.1 Таксономический состав фитоперифитона водоемов Осиповичского района

За все время исследования в фитоперифитоне р. Свислочь на искусственных субстратах определено 19 видов водорослей, принадлежащих к четырем отделам: Cyanophyta, Euglenophyta, Bacillariophyta, Chlorophyta (рисунок 3.1).

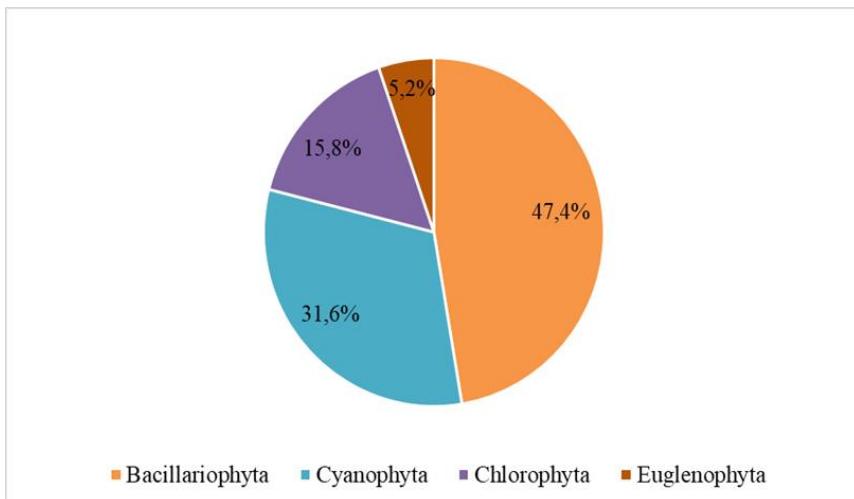


Рисунок 3.1 – Структура видов фитоперифитонных организмов р. Свислочь по отделам

Наибольшее количество видов зафиксировано в отделах Диатомовые водоросли – Bacillariophyta (9 видов, что эквивалентно 47,4%) и Сине-зеленые водоросли – Cyanophyta (6 видов, что эквивалентно 31,6%). Видовое разнообразие в отделе Зеленые водоросли (Chlorophyta) – 3 вида (15,8%), отдел Эвгленовые (Euglenophyta) – 1 вид (5,2%). В отделе Bacillariophyta преобладают представители класса Пеннатные диатомеи (Pennatophyceae), среди которых представители родов *Navicula*, *Cocconeis*, *Gomphnema*. Единственным видом представлен класс Центрические диатомеи (Centrophyceae) – род *Melosira*. Из отдела Сине-зеленые водоросли (Cyanophyta) доминантными родами являются *Microcystis* и *Gloeocapsa* – по 2 вида. Класс Гормогониевые (Hormogoniophyceae) представлен родом *Anabaena*, класс Осцилляториевые (Oscillatoriophyceae) представлен родом *Oscillatoria*. Отдел Зеленые водоросли (Chlorophyta) представлен родами *Scenedesmus* и *Stigeoclonium*. Отдел Эвгленовые водоросли (Euglenophyta) представлен единственным видом *Euglena tucifera*.

В целом на всех станциях доминировали диатомовые водоросли. По окончании исследования (в середине августа) на реке наблюдалось «цветение» воды, что явилось результатом массового размножения сине-зеленых водорослей (*Oscillatoria tenuis*, *Microcystis aeruginosa*, *Anabaena flos-aqua*). В результате этого увеличивается содержание углекислоты и ядовитых продуктов распада в водоеме, а это приводит к гибели рыб, а иногда и высшей растительности.

Фитоперифитон на исследованных участках р. Синяя характеризуется не таким

большим видовым разнообразием, как в р. Свислочь. За все время исследования в фитоперифитоне р. Свислочь на искусственных субстратах определено 11 видов водорослей, принадлежащих к 5 отделам: Bacillariophyta, Cyanophyta, Chlorophyta, Euglenophyta, Cryptophyta (рисунок 3.2).

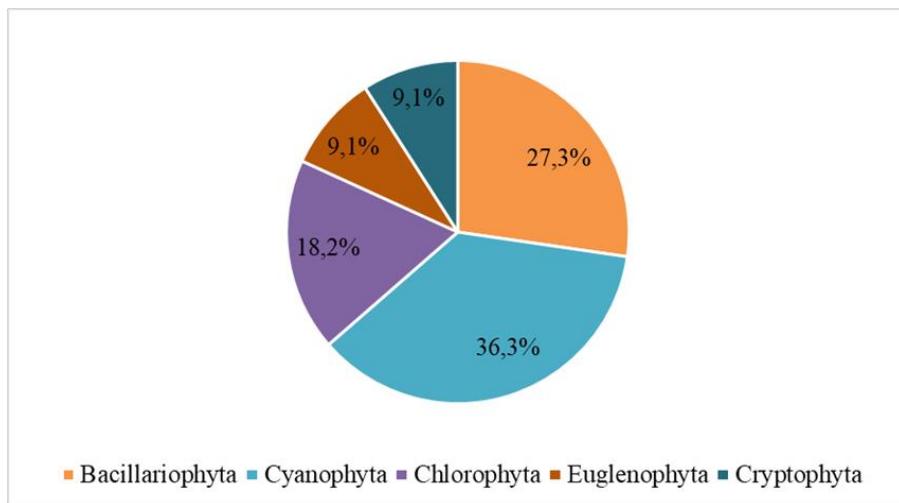


Рисунок 3.2 – Структура видов фитоперифитонных организмов р. Синяя по отделам

Наибольшее количество видов зафиксировано в отделах Cyanophyta (4 вида, что эквивалентно 36,3%) и Bacillariophyta (3 вида, что эквивалентно 27,3%). Из отдела Chlorophyta определено 2 вида (18,2%). Отделы Euglenophyta и Cryptophyta представлены единственным видом (по 9,1%). Отдел Bacillariophyta представлен так же классами Пеннатные и Центрические диатомеи. Из пеннатных диатомей встречаются представители родов *Navicula* и *Cocconeis*. Единственным видом представлены центрические диатомеи рода *Melosira*. Отдел Cyanophyta представлен родами *Microcystis*, *Gloeocapsa* *Anabaena*. Отдел Chlorophyta представлен родами *Pediastrum* и *Closterium*. Отдел Euglenophyta представлен единственным видом *Euglena mucifera*. В р. Синяя обнаружен вид *Cryptomonas ovata* из отдела Cryptophyta. На всех станциях, как и в р. Свислочь, доминировали диатомовые водоросли, во время последней экспозиции на всех участках преобладали сине-зеленые водоросли (*M. aeruginosa*, *A. flos-aquae*), но не в таком количестве, как в р. Свислочь. «Цветение» воды в р. Синяя отмечено не было.

Фитоперифитон р. Млынка отличается большим видовым разнообразием по сравнению с предыдущим водным объектом, обнаружено и определено 13 видов водорослей обрастаний, принадлежащих к 4 отделам: Bacillariophyta, Cyanophyta, Chlorophyta и Euglenophyta (рисунок 3.3).

Наибольшее количество видов зафиксировано из отдела Cyanophyta (5 видов, что эквивалентно 38,5%). По 3 вида (23,1%) принадлежат отделам Bacillariophyta и Chlorophyta. Отдел Euglenophyta представлен 2 видами (15,4%).

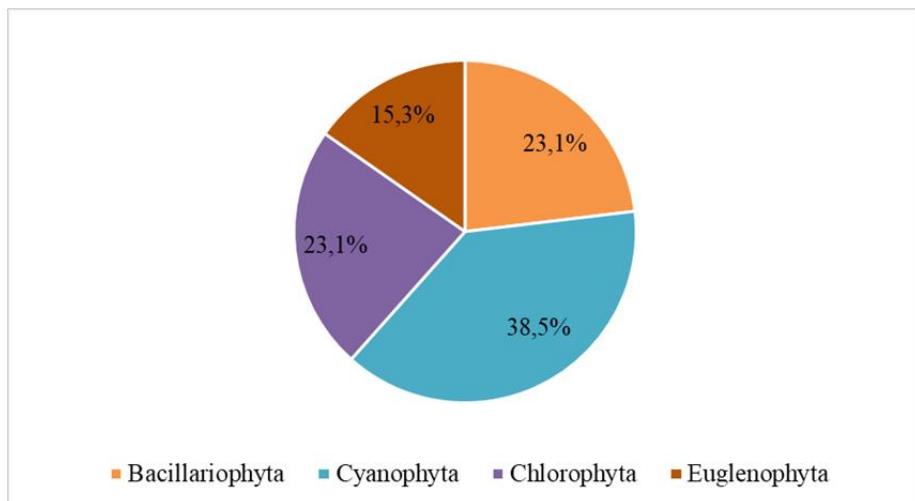


Рисунок 3.3 – Структура видов фитоперифитонных организмов р. Млынка по отделам

Из сине-зеленых ворослей в р. Млынка большое видовое разнообразие водорослей из рода *Oscillatoria* (*O. tenuis*, *O. Subtilissima*, *O. brevis*). Впервые в водоемах Осиповичского района обнаружены водоросли из семейства Формидиевые (Phormidiaceae) *Phormidium autumnale*. «Цветение» воды было обнаружено на участке реки, где происходит спуск очищенных сточных вод из очистных сооружений г. Осиповичи, и вниз по течению. Это явление вызвано, как и в р. Свислочь, массовым размножением сине-зеленых водорослей (*Microcystis aeruginosa*, *O. tenuis*, *O. subtilissima*, *O. brevis*). Необходимо отметить, что на очистных сооружениях происходит очистка сточных вод, поступающих от всех предприятий г. Осиповичи. Не всегда очистка сточных вод происходит на достаточном уровне, что обуславливает загрязнение реки, в которую происходит сброс недоочищенных сточных вод.

Как и в других водоемах, в р. Млынка диатомовые водоросли представлены пеннатными и центрическими диатомеями. Из пеннатных диатомей обнаружена *Navicula clyptosephala*, из центрических – *Melosira varians* и *Stephanodiscus astraea*. Из зеленых водорослей встречаются единичные особи *Scenedesmus acuminatus* и *Pediastrum duplex*, большая численность *Chlorella vulgaris*. Эвгленовые водоросли представлены видами *E. mucifera* и *E. viridis*. При сравнении видового разнообразия на разных станциях р. Млынка обнаружено сходство на участке реки, куда происходит сброс очищенных сточных вод с очистных сооружения (станция № 2), и на участке реки ниже по течению через 1 км (станция №3).

### 3.2 Сапробиологический анализ водоемов по фитоперифитону

Сапробиологический анализ по фитоперифитону в р. Свислочь показал, что качество воды на обследованном участке соответствует  $\beta$ -мезосапробной зоне ( $S=2,1$  – умеренный уровень загрязнения) (таблица 3.1). Преобладали  $\beta$ -мезосапробионты.

Таблица 3.1 – Определение индекса сапробности участка р. Свислочь

Название организма	Показатель сапробности	Индикаторная значимость (s)	Частота встречаемости (h)	Sh
<i>Navicula atomus</i>	β	2,3	3	6,9
<i>N. radiosua var radiosua</i>	ο-β	1,6	1	1,6
<i>N. pupula</i>	β	2,2	3	6,6
<i>Cocconeis pediculus</i>	β	1,75	1	1,8
<i>C. placentula</i>	β	1,35	1	1,4
<i>Gomphonema capitatum</i>	β	2,0	1	2,0
<i>G. parvulum</i>	β	1,95	2	3,9
<i>G. constrictum</i>	β	2,2	2	4,4
<i>Diatoma vulgare</i>	β	1,85	2	3,7
<i>Scenedesmus acuminatus</i>	β	2,2	3	6,6
<i>S. arcuatus</i>	β	1,8	2	3,6
<i>Stigeoclonium tenue</i>	α	2,7	3	8,1
<i>Mycrocystis aeruginosa</i>	β	1,75	5	8,8
<i>M. flos-aquae</i>	β	2,0	5	10
<i>Gloeocapsa minuta</i>	ο	1,2	1	1,2
<i>G. turgiola</i>	ο	1,0	1	1,0
<i>Anabaena flos-aquae</i>	β	2,0	5	10,0
<i>Oscillatoria tenuis</i>	α	2,85	3	8,6
<i>Euglena mucifera</i>	β-α	2,5	5	12,5
Всего			49	103
$S = 102,7/49 = 2,1$ – β-мезосапробная зона				

Отобранные пробы в августе существенно отличались по видовому богатству (6 видов), доминировали сине-зеленые водоросли, массовое размножение которых и вызывало «цветение» воды. В этот период обследованный участок р. Свислочь можно отнести к α-мезосапробной зоне.

Сапробиологический анализ по фитоперифитону в р. Синяя показал, что качество воды на обследованном участке соответствует β-мезосапробной зоне во все месяцы отбора ( $S=1,94$  – умеренно загрязненная зона) (таблица 3.2). По видовому разнообразию в р. Синяя доминировали сине-зеленые водоросли, однако по частоте встречаемости преобладали диатомовые во все месяцы отбора проб. Преобладали β-мезосапробионты, встречались единичные экземпляры – олигосапробионтов и α-сапробионтов.

Таблица 3.2 – Определение индекса сапробности участка р. Синяя

Название организма	Показатель сапробности	Индикаторная значимость (s)	Частота встречаемости (h)	Sh
<i>Navicula radiosa</i>	o-β	1,6	1	1,6
<i>Cocconeis placentula</i>	β	1,35	3	4,1
<i>Melosira varians</i>	B	1,85	7	13,0
<i>Pediastrum boryanum</i>	β	1,85	3	5,6
<i>Closterium aciculare</i>	α	2,8	2	5,6
<i>Microcystis pulverea</i>	β	2,0	2	4,0
<i>M. aeruginosa</i>	β	1,75	3	5,3
<i>Gloeocapsa minuta</i>	o	1,2	1	1,2
<i>Anabaena flos-aquae</i>	β	2,0	3	6,0
<i>Euglena mucifera</i>	β-α	2,5	2	5,0
<i>Cryptomonas ovata</i>	α	3,0	1	3,0
Всего			28	54,4

Наибольший индекс сапробности определен для обследованного участка р. Млынка ( $S=2,25$  – умеренно загрязненная зона). Наибольший индекс сапробности зафиксировано в 100 м от места сброса очищенных сточных вод с очистных сооружений. По показателю сапробности все организмы относятся к α- и β-мезосапробионтам.

Таблица 3.3 – Определение индекса сапробности участка р. Млынка

Название организма	Показатель сапробности	Индикаторная значимость (s)	Частота встречаемости (h)	Sh
<i>Navicula cryptocephala</i>	α	2,7	3	8,1
<i>Melosira varians</i>	β	1,85	5	9,3
<i>Stephanodiscus aстраea</i>	o-β	1,4	3	4,2
<i>Scenedesmus acuminatus</i>	B	2,2	2	4,4
<i>Pediastrum duplex</i>	B	1,7	2	3,4
<i>Chlorella vulgaris</i>	p-α	3,6	1	3,6
<i>Microcystis aeruginosa</i>	B	1,75	5	8,8
<i>Oscillatoria tenuis</i>	A	2,85	2	5,7
<i>O. subtilissima</i>	A	2,7	2	5,4
<i>O. brevis</i>	A	3,0	2	6,0
<i>Phormidium autumnale</i>	β-α	1,95	3	5,9
<i>Euglena mucifera</i>	β-α	2,5	2	5,0
<i>E. viridis</i>	p-α	4,5	1	4,5
Всего			33	74,3

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Поставленная цель достигнута, задачи выполнены. В заключении можно сделать следующие выводы:

1. Установлен видовой состав организмов фитоперифитона рек Осиповичского района. Во всех реках встречаются представители отделов *Bacillariophyta*, *Cyanophyta*, *Chlorophyta*, *Euglenophyta*. В р. Синяя обнаружен вид из отдела *Cryptophyta*. Доминирующим по видовому разнообразию в р. Свислочь является отдел *Bacillariophyta*, в р. Синяя и р. Млынка – отдел *Cyanophyta*.

2. Обилие видов фитоперифитонных организмов, принадлежащих к разным отделам, существенно отличается. Так наибольшая относительная численность установлена для видов из отдела *Cyanophyta* и некоторых видов из отдела *Bacillariophyta*. Виды из других отделов (*Euglenophyta*, *Cryptophyta*) представлены единичными экземплярами или встречаются редко. Наибольшее обилие фитоперифитонных организмов установлено в р. Свислочь, наименьшее – в р. Синяя.

3. Вода в реках в Осиповичском районе умеренно загрязнена органическими веществами, обследованные участки водоемов относятся к  $\beta$ -мезосапробной зоне. Наиболее чистой рекой оказалась р. Синяя ( $S=1,94$ ), в наибольшей степени загрязнена органическими веществами – р. Млынка ( $S=2,25$ ).

Таким образом, подтвердилась гипотеза относительно того, что искусственные субстраты можно использовать для создания сукцессий организмов фитоперифитона водоемов за короткий промежуток времени, подтвердилась.

Данным исследованием мы показали практическую значимость использования метода искусственных субстратов для установления видового разнообразия фитоперифитонных организмов и для контроля их относительной численности в водоемах. Впервые провели такого рода биомониторинг рек Осиповичского района. Рассматриваемая нами тема интересна. Методика проведения исследований доступна.

Теоретические положения и выводы из данного исследования можно использовать на уроках биологии для объяснения темы «Приспособления водорослей к среде обитания. Значение водорослей в природе и жизни человека» в 7 классе, для объяснения тем «Адаптации организмов к жизни в воде» и «Динамика экосистем. Понятие экологической сукцессии» в 10 классе.

Перспективы дальнейшего развития работы: в следующем году планируется изучение вопроса по использованию организмов фитоперифитона для доочистки сточных вод на очистных сооружениях г. Осиповичи.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баринова, С.С. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды / С.С. Баринова, Л.А. Медведева, О.В. Анисимова. – Тель-Авив, 2006. – 498 с.
2. Протасов, А.А. Пресноводный перифитон / А.А. Протасов. – Киев: Наук. думка, 1994. – 308 с.
3. Бенинг, Л. К изучению придонной жизни реки Волги / Л. Бенинг // Монографии Волжской биол. станции. – Саратов, 1924. – 398 с.
4. Рябушко, Л.И. Микрофитобентос Черного моря / Л.И. Рябушко. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2013. – 416 с.
5. Дуплаков, С.Н. Материалы к изучению перифитона / С.Н. Дуплаков // Тр. Лимнолог. ст. – Косино, 1933. – Вып. 16, № 3. – 160 с.
6. Халаман, В.В. Обрастания: терминология и определения / В.В. Халаман // Журнал общей биологии. – 2009. – Т. 70. – №4. – С. 343–351.
7. Бегун, А.А. Состав и количественные характеристики микроводорослей перифитона экспериментальных пластин из разных по степени трофности акваторий залива Петра Великого (Японское море) / А.А. Бегун, Л.И. Рябушко, А.Ю. Звягинцев // Альгология. – 2009. – Т 19, № 3. – С. 240-263.
8. Абакумов, В.А. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем / В.А. Абакумова. – СПб.: Гидрометеоиздат, 1992. – 318 с.
9. Зилов, Е.А. Гидробиология и водная экология (организация, функционирование и загрязнение водных экосистем): учебное пособие / Е.А. Зилов. – Иркутск: Иркут. ун-т, 2008. – 138 с.
10. Горбенко, Ю.А. Об усовершенствовании метода пластинок обрастания для наблюдения за перифитонными микроорганизмами / Ю.А. Горбенко // Биология моря. – 1970. – № 18. – С. 5–11.
11. Ковальчук, Ю.Л. Диатомовые обрастания на антропогенных субстратах / Ю.Л. Ковальчук, Е.Л. Неврова, Е.А. Шалаева // М.: Тв-во научных изданий КМК, 2008. – 174 с.
12. Косинская, Е.К. Определитель морских синезеленых водорослей / Е.К. Косинская. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1948. – 278 с.

**Сток взвешенных наносов реки Сугутка***Егор Силуков, 9 класс, МАОУ «Средняя общеобразовательная школа №61»,**г. Чебоксары, Чувашская Республика***Победитель номинации «Охрана и восстановление водных объектов в бассейне реки Волги» им. проф. В.В. Найденко***Руководитель: О.А. Шлемпа, учитель географии***Аннотация**

Большая часть населения Чувашии проживает на малых реках, формирующих средние и большие реки. Река Сугутка, наряду с другими малыми водотоками, наиболее уязвимое звено гидрографической цепи.

Заиление небольших водотоков вызвано усилением эрозии почв на склонах речных бассейнов из-за распашки и строительных работ, при этом лишь около 20% продуктов эрозии поступает в малые водотоки [2]. Заиление ведет к отмиранию верховий водотоков, переходу поверхностного стока в подземный [1].

Взвешенные наносы снижают качество речных вод, будучи одним из видов загрязнения. [3] Об опасности заиления рек писал в средине прошлого века народный поэт Чувашии Я. Ухсай [6].

Наиболее подробно реки Чувашии изучались Казанским Отделом гидрологии в 1968г. Но точных замеров мутности не проводилось, была выполнена лишь глазомерная съёмка. Карягин Ф.А. и Скребков Г.П. определили среднемноголетний сток взвешенных наносов реки Чебоксарки- 46,2 тыс. м<sup>3</sup>, но Сугутку не рассматривали. [4]

**Необходимость данной работы** вызвана тем, что определение основных характеристик р. Сугутки проводилось 60 и 40 лет назад. Активное строительство, которое ведется в долине реки последние 25 лет должно вызвать увеличение стока наносов из-за активизации эрозионных процессов.

**Цель работы** — определить сток взвешенных наносов реки Сугутки. При достижении цели решались следующие **задачи**:

1. Определение площади водного сечения реки и скорости течения.
2. Отбор проб воды и определение мутности потока.
3. Анализ полученных результатов

**Объект исследования** — река Сугутка. Предмет исследования - сток взвешенных наносов реки Сугутки. При выполнении работы применялись следующие **методы исследования**: **литературный** метод- для определения изученности вопроса и выбора способов исследования, **картографический** метод- для определения точек наблюдения и анализа взаимосвязи явлений, **метод полевых исследований и контактных измерений** для сбора данных, а также **лабораторных исследований**, в ходе которых были получены показатели величины стока и расхода наносов.

## Определение стока взвешенных наносов реки Сугутки.

На первом этапе исследования были определены 5 точек отбора проб – (№1 - р. Сугутки в 200 м от ул. Фруктовой), №2 перед в 400 метров от бульвара Анатолия Миттова через дом 21Б. Точка №3 (под Сугутским мостом). Точка №4 мост у часовни и последняя Точка №5 (у впадения реки Сугутки в Чебоксарку) (Рис.1).

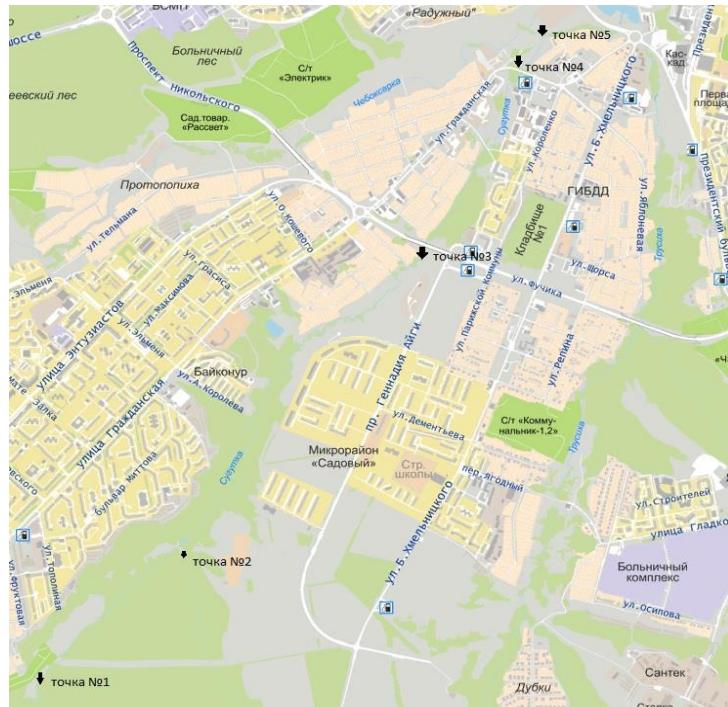


Рисунок 1. Расположение точек наблюдения.

После этого был определен расход воды в выбранных точках. С этой целью были измерены глубины и ширина реки и построен профиль водного сечения реки. В этих же точках была измерена скорость водного потока. Определение скорости проводилось при помощи притопленного поплавка из бутылки, частично заполненной водой и плотно закрытой, что позволяло получить более точные показатели скорости, чем измерение скорости поплавка, находящегося на поверхности. Скорость течения определялась как среднее арифметическое из 5 замеров. Определение расхода воды производилось при помощи формулы

$$Q = \omega \cdot v$$

Где  $Q$  - расход м/с,  $\omega$ - площадь водного сечения  $\text{м}^2$ ,  $v$ - скорость м/с

Для определения взвешенных наносов необходимо измерить их концентрацию в пробах воды. С этой целью был изготовлен упрощенный пробоотборник из бутылки из под воды с плотной пробкой. В пробке сделаны 2 отверстия- одно для кроткой прямой трубки, через которое в пробоотборник поступает вода, другое для длинной трубы, через которое выходит воздух.

Полученные пробы воды были профильтрованы через заранее взвешенные бумажные фильтры в высоком мерном цилиндре. После фильтрации пробы фильтр был высушен в сушильном шкафу при температуре 105°C, охлажден и взвешен ещё раз. Разница между весом фильтра после фильтрации и до фильтрации полученный вес это частиц в 1 литре воды (Приложение 1).[5]

Полученные результаты отражены в таблице 1.

Таблица 1.

Расход воды и взвешенных наносов реки Сугутка

Точка наблюдения	Площадь створа, м <sup>2</sup>	Сред. V	Расход м <sup>3</sup> /с	Расход м <sup>3</sup> /сутки	Расход за год м <sup>3</sup>	В 1000 мл.	Мутнос ть г/м <sup>3</sup>
1 точка	0.0785	0.25 м/с	0,0196 3	1695 м <sup>3</sup>	618894	0.0063 г	6,3
2 точка	0.1765	0.18 м/с	0.0317 7	2744 м <sup>3</sup>	1001898	0.0001 г	0,1
3 точка	0.6	0.17 м/с	0.102	8812 м <sup>3</sup>	3216672	0.0837 г	83,7
4 точка	0,3345	0,34 м/с	0,114	9850 м <sup>3</sup>	3595104	0.0226 г	45,2
5 точка	1.0656	0.24 м/с	0.256 м <sup>3</sup>	22096 м <sup>3</sup>	8065142	0.0185 г	18,5

Минимальная концентрация взвешенных наносов наблюдается в точках №1 и №2, так как река протекает среди леса, склоны хорошо задернованы. Максимальная концентрация в точке №3, что объясняется активной деятельностью человека (стройка рядом) в результате уничтожения растительности на склоне и скоплению масс глины на склонах, а также разгрузки грунтовых вод на склоне. Это приводит к смыву

красноцветных пермских глин и их попадании в реку Сугутку, о чём свидетельствует цвет осадка на фильтре. Из-за низкой скорости течения взвесь довольно быстро выпадает в осадок и количество взвешенных частиц в потоке снижается в точке 5.

### Заключение.

Мутность вод реки характеризует экологическую ситуацию в её бассейне. Обильный сток взвешенных наносов, поступающих из реки Сугутки в Чебоксарку и далее в пруд-приемник, ведет к его быстрому выполнению и требует более частой очистки. В половодье пруд переполняется и воды реки со всеми взвешенными наносами беспрепятственно поступают в Чебоксарский залив. Это приводит к его обмелению и ухудшению качества воды из-за загрязнения принесенными вместе с обломочным материалом, опасными веществами, снижению прозрачности воды, усиленному цветению [Приложение 2]. В результате эрозии уничтожается почвенный покров, растут овраги. Поэтому необходимо проводить противоэррозионные мероприятия в бассейне реки Сугутки и всех малых рек, что приведет к улучшению состояния больших рек, повысит качество воды в них.

## Литература

1. Алексиевский Н. И. Формирование и движение речных наносов, М.:1998.-202с
- 2.Боровков В.С. Русловые процессы и динамика и динамика речных потоков на урбанизированных территориях. - Л.: Гидрометеоиздат, 1989.
- 3.Голосов В.Н., Иванова Н.Н., Литвин Л.Ф. Трансформация стока наносов на водо-сборах малых рек европейской территории СССР // Современное состояние малых рек и пути их использования, сохранения и восстановления. - Л.: Гидрометеоиздат, 1991. - С. 96 - 103.
- 4.Карягин Ф.А., Скребков Г.П. Экологические аспекты Чебоксарского залива./ Экологический вестник Чувашии. Вып. 14, с.3-8.
- 5.Колбовский Е.Ю. Изучаем малые реки/ Ярославль: Академия развития: Академия Холдинг, 2004.-224с.
6. Ухсай Я. Г. Трагедия малых рек . Советская Чувашия. 1959 г. 27 февраля, №49

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1.



Рис.1. Пробоотборник



Рис. 2-3. Промерные работы



Рис.3



Рис. 5. Отобранные образцы



Рис. 6-8. Процесс фильтрации



Рис.7.

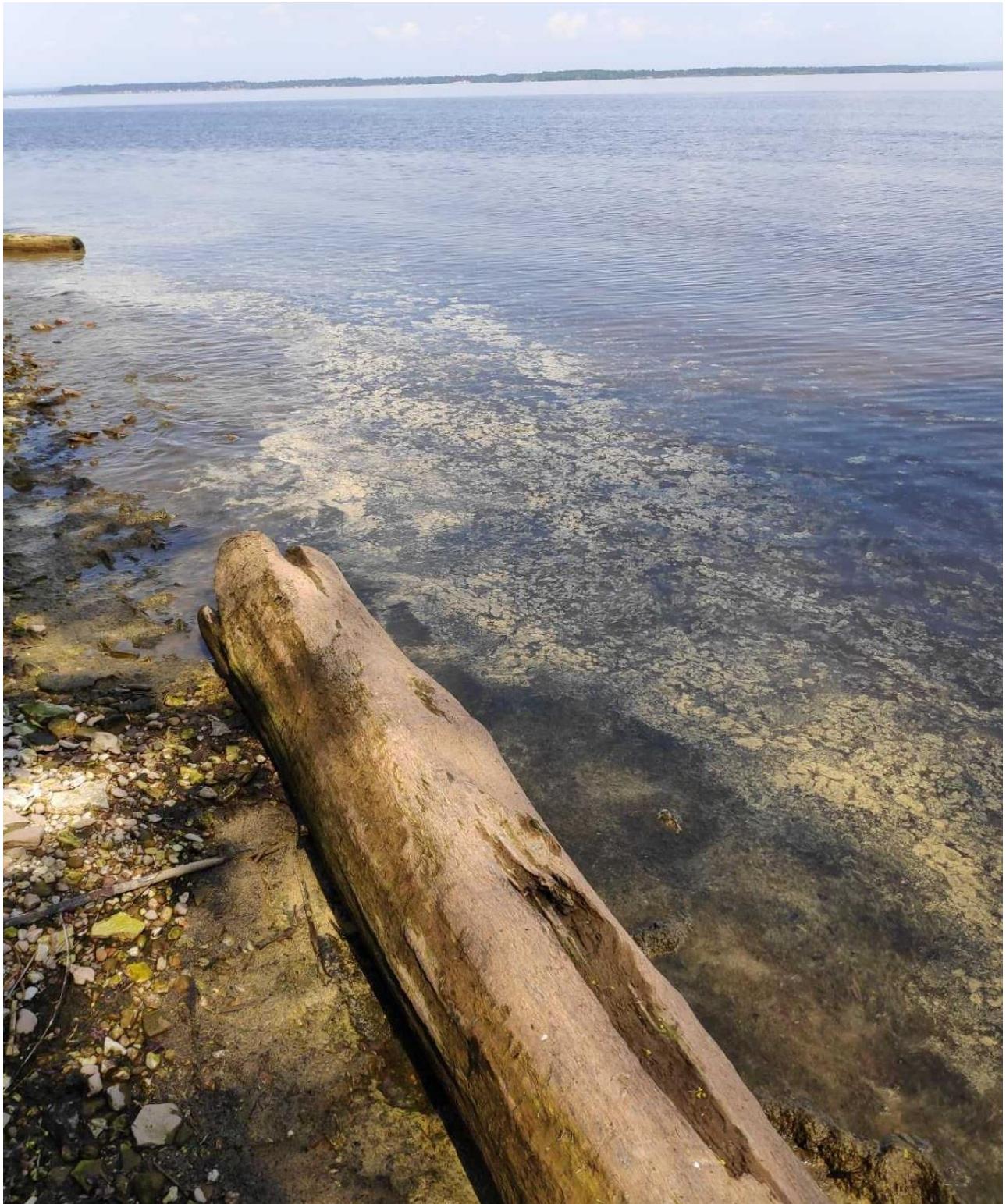


Рис.8



Рис.9. Взвешивание фильтров

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2.



Цветение р. Волга в районе д. Шомиково.

**Модуль возобновляемой энергетики на основе объединения гидроаккумулирующего и фотоэлектрического эффектов**

*Максим Землянкин, 3 курс, ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет», направление «Строительство», модуль «Отопления и вентиляция», Нижегородская область*

**Победитель номинации «Охрана и восстановление водных объектов в бассейне реки Волги» им. проф. В.В. Найденко**

*Руководитель: Иванов А.В., доцент ННГАСУ, канд. экон. наук*

**Аннотация**

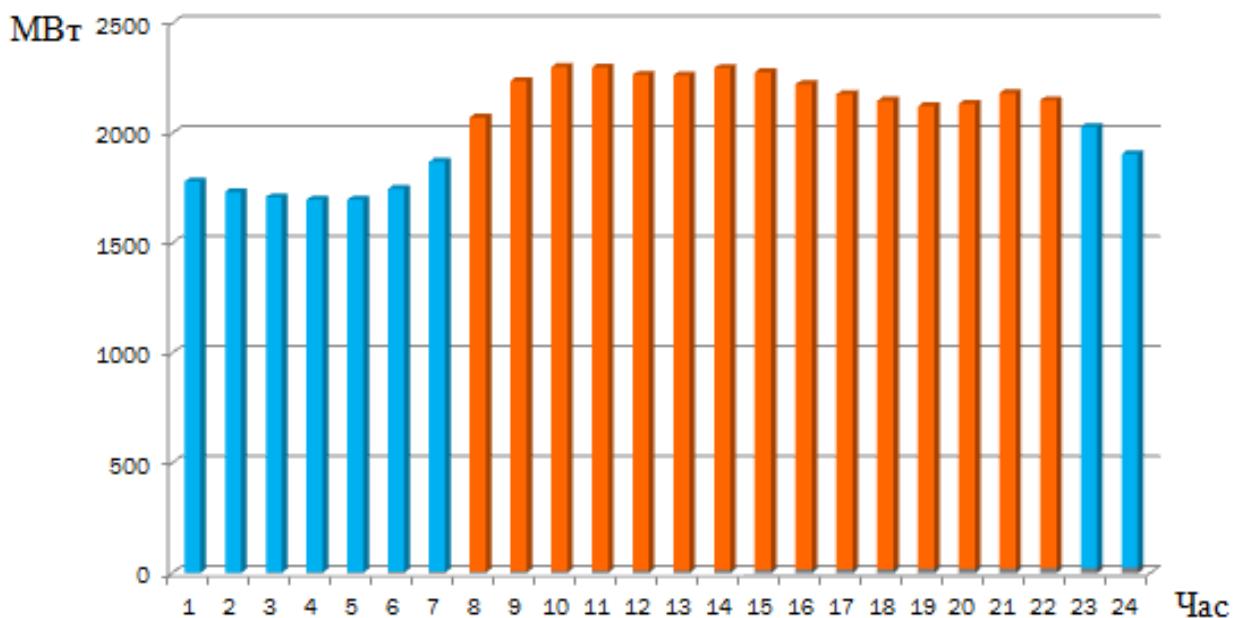
Предложена конструкция установки, состоящей из плавучей фотоэлектрической панели, запитывающей электрический водяной насос в солнечное время суток. Насос обеспечивает перекачку воды из верхнего бассейна в специальную гидроаккумулирующую емкость. Вода из этой емкости направляется по водоводу к турбине расположенной над нижним бассейном, куда стекает вода из Третьего Щёлковского озера. Представлены расчеты экологических и энергетических параметров предлагаемого устройства применительно к Третьему Щёлковскому озеру в Нижнем Новгороде. Предложены решения по взаимному расположению компонентов предлагаемого энергетического устройства и оценен экологический и социальный эффект внедрения такой установки

1. Актуальность возобновляемой энергетики, объединяющей фотоэлектрическую и гидроаккумулирующую энергетику

По прогнозам ведущих экспертных организаций мира возобновляемая энергетика к 2050 г. станет основой мировой энергетики. Наибольший вклад в нее будет вносить солнечная энергетика [1]. Однако площадь объектов солнечной энергетики при таком сценарии потребует сотни тысяч квадратных километров земной поверхности. Чтобы не занимать ценные земли вблизи городских агломераций, предлагается создавать наплавные фотоэлектрические станции, которые характеризуются на 10-15% большей эффективностью по сравнению с наземными и не используют ценные ландшафты [2]. Расположение таких объектов в водохранилищах и озерах снижает инсоляцию приповерхностного слоя воды и, таким образом, препятствует ее цветению.

В мире в настоящее время наблюдается бум строительства наплавных фотоэлектрических станций. Ежегодно вводятся в строй объекты общей мощностью более гигаватта. Самым крупным реализуемым проектом является проект возобновляемой энергетики Сэмангым в Корее [3]. В рамках этого проекта в дельте реки Сэмангым создается система наплавных станций площадью около 30 квадратных километров и мощностью около 3 гигаватт. В России в настоящее время реализован проект наплавной станции в верхнем бьефе Нижне-Бурейской ГЭС [4].

Однако фотovoltaика способна производить электроэнергию только в светлое время суток на протяжении 6...8 часов, не обеспечивая потребителей электроэнергией во время пиковых вечерних периодов, как видно из рисунка 1.



## Рисунок 1. Среднесуточный график потребления электроэнергии в Нижегородской области

Для устранения этого недостатка предлагается использовать гидроаккумулирующие емкости, уровень воды в которых обеспечивается работой насосов, запитываемых от фотоэлектрической панели. Этот уровень обеспечивает работу гидротурбин, которые традиционно располагаются на уровне нижнего бьефа[5,6].

Инженерное решение для реализации предлагаемой схемы применено к третьему Щелковскому озеру Нижнего Новгорода. Эта территория характеризуется в настоящее время низкой рекреационной нагрузкой, которая может значительно возрасти после создания объекта научно образовательного туризма – модуля возобновляемой энергетики.

### 2. Объект исследования, цель и задачи

Целью работы является разработка концепции проекта модуля возобновляемой энергетики, который предлагается разместить в районе стока воды из Третьего Щёлковского озера в Советском районе Нижнего Новгорода. Эта территория включает плотину, в которой располагается труба диаметром около 1 м, обеспечивающая сток воды в Кузнецких ручей, являющийся притоком реки Старки. Перепад высот воды между озером и ручьем составляет 1,1 м.

Задачи работы включают выбор серийно выпускаемого оборудования для создания демонстрационного модуля возобновляемой энергетики, которые обеспечит генерацию солнечной энергии в светлое время суток, ее трансформацию в гидроэнергию, накапливаемую в специальном бассейне и расходование для производства электроэнергии гидротурбиной, расположенной на трубе сброса воды из озера в ручей.

### 3. Методология исследования.

Для создания модуля необходимо выполнить расчеты производства электроэнергии фотоэлектрической плавучей фотоэлектрической панелью, рассчитать параметры емкости специального бассейна и параметры микротурбины, способной преобразовать всю накопленную гидроэнергию в электроэнергию. То есть должна быть решена задача согласования элементов фотоэлектрических, гидроаккумулирующих и гидроэнергетических параметров по мощности и по расположению на рельефе местности.

### 4. Схема установки и ее расчетные параметры

На рисунках 2-6 мы можем наблюдать схемы проектируемой установки, систему подключения всего необходимого оборудования для функционирования, а также обзор местности расположения объекта.

Установка включает в себя следующие устройства:

- Фотоэлемент, в качестве солнечной батареи;
- Контроллер;
- Аккумулятор;
- Инвертор;
- Микротурбина;
- Насос;
- Трекеры.

Конструкция работает за счет работы турбины, которая поворачивает солнечную панель по направлению солнца, для максимальной выработки электричества из солнечной энергии. Накопленная во время инсоляции вода, будет использована для генерации энергии турбины, которая будет располагаться близ поверхности ручья, который расположен на 1.1 метра ниже уровня озера.

Устройства контроллера, аккумулятора и инвертора служат в установке, в качестве преобразователей электроэнергии и техники контролирующей качественную работу системы.

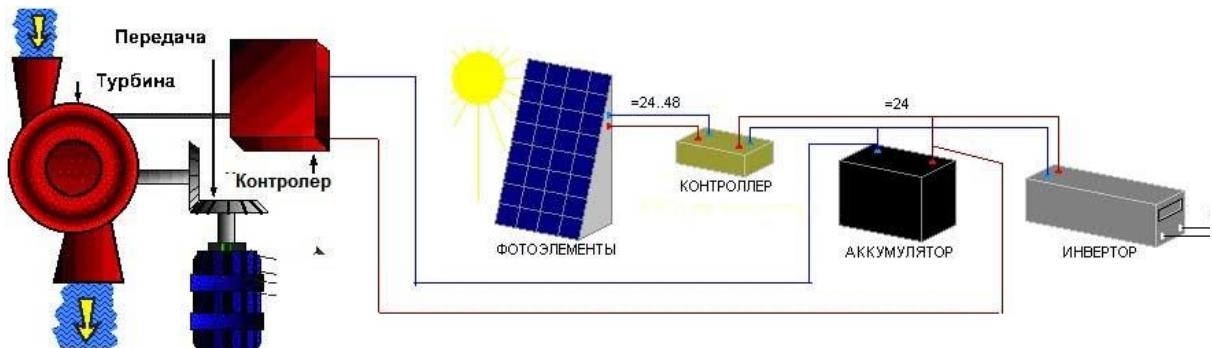


Рис. 2. Схема подключения модуля возобновляемой энергетики на основе объединения гидроаккумулирующего и фотоэлектрического эффектов.



Рис. 3. Выходная труба дамбы 3-его Щёлковского озера.

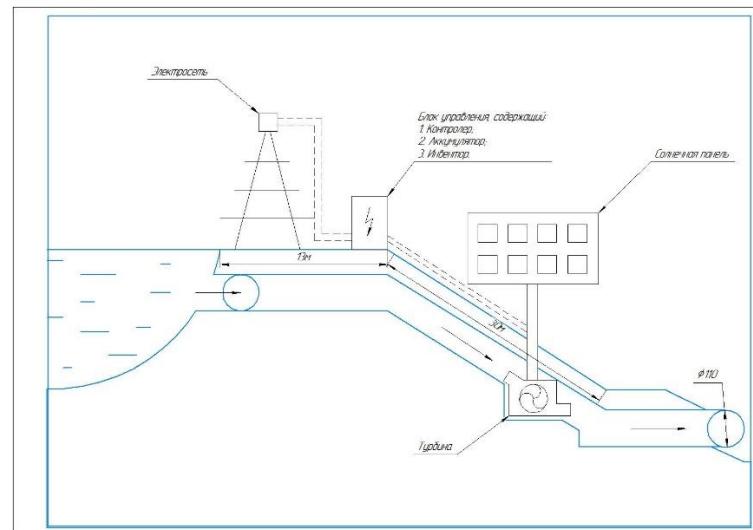


Рис. 4. Схема установки модуля возобновляемой энергетики на основе объединения гидроаккумулирующего и фотоэлектрического эффектов.



Рис. 6. Вид на выход трубы с дамбы 3-его Щёлковского озера и начала реки Старка.

Планируемый вид размещения СЭС – внутри проектируемого резервуара.

Данный вид размещения позволяет достичь большей выработки электроэнергии. Это достигается за счет двух основных факторов:

1. Вода является естественным радиатором, который поглощает тепло от солнечных панелей, выделяющееся во время их работы. Это позволяет максимально нивелировать негативное температурное воздействие на солнечные панели и достичь максимально эффективной работы.
2. Вода имеет довольно высокую отражающую способность. Это приводит к значительному увеличению солнечного излучения, используемого панелями.

Солнечная инсоляция – это величина, определяющая количество облучения поверхности пучком солнечных лучей (даже отраженных или рассеянных облаками). Под поверхностью может пониматься и солнечная панель, при расчетах выработки которой используется величина солнечной инсоляции.

Нижегородская область, как и все другие регионы, также подвержена солнечной инсоляции, величина инсоляции для г. Нижний Новгород и Нижегородской области рассчитана для точки с координатами (56.4397, 44.9725).

В таблице 1 приводится оптимальный угол наклона солнечных панелей относительно поверхности земли. Это позволит рассчитать максимальный КПД для любого времени года. Для управления углом наклона будут использованы трекеры.

Таблица 1. Солнечная инсоляция и оптимальный угол наклона для Нижегородской области

Месяц	Солнечная инсоляция, кВт·ч/м <sup>2</sup>	Оптимальный угол наклона, °
Январь	1,56	73
Февраль	2,63	64
Март	3,77	51
Апрель	4,61	35
Май	5,66	21
Июнь	5,81	12
Июль	5,76	18
Август	4,60	27

Сентябрь	3,27	44
Октябрь	2,18	58
Ноябрь	1,58	70
Декабрь	1,09	74
Среднее за год	3,55	45,4

Оптимальный средний угол наклона составляет  $45,4^\circ$ . Используя трекеры, эффективность работы солнечной батареи можно повысить примерно на 30%. На рисунке 6. приведен график солнечной инсоляции и оптимального угла наклона в зависимости от месяца.

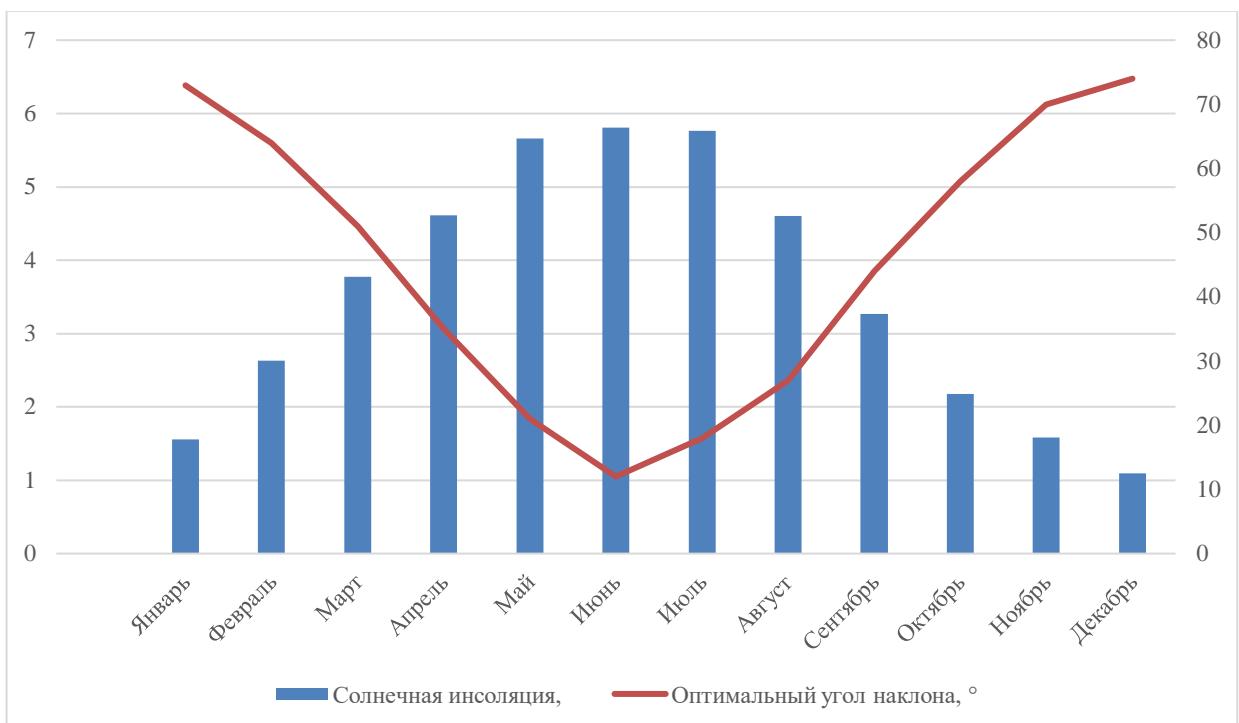


Рисунок 6. График солнечной инсоляции и оптимального угла наклона в зависимости от месяца для условий Нижегородской агломерации.

Расчеты параметров установки включают расчет максимальной мощности, генерируемой фотоэлектрической панелью в летних условиях эксплуатации во время максимальной инсоляции, которая обеспечит в конечном итоге генерацию электроэнергии, которая будет генерироваться турбиной в вечерние часы пик.

Энергия, генерируемая фотоэлектрической панелью российской компании HEVEL размером 160x100 см в течение 8 часов исходя из уровня среднегодовой инсоляции составит 8,72 кВт часов.

Этот результат получен для КПД панели 24% и среднегодового уровня инсоляции 3,55  $\text{кВт}/\text{м}^2$ . При КПД насоса 0,93% эта энергия будет превращена в потенциальную

энергию водного столба, располагающегося в цилиндрической емкости внутри верхнего бьефа, то есть в озере. Энергия водного столба составит 8.1 квт\*час. При высоте 20 м это означает, что насос с указанным выше КПД обеспечит закачку воды в емкость 4 л в секунду. За 8 часов работы (с 8:00 до 16:00) это позволит закачать в расположенную на высоте 32 м емкость 115 м<sup>3</sup> воды. Вышеуказанные параметры соответствуют параметрам первой в мире гиперболической конструкции, созданной по проекту инженера Шухова. Эта водонапорная башня была изготовлена для Всероссийской промышленной и художественной выставки 1896 г., представленной на рисунке 7.



Рисунок 7. Шуховская водонапорная башня в экспозиции Всероссийской промышленной и художественной выставки 1896 г. в Нижнем Новгороде

Гидроэнергия воды в емкости типа бассейна на Шуховской башне будет преобразована в электрическую энергию в вечерние часы пик с помощью микротурбины, располагающейся несколько выше уровня воды в ручье. При КПД микротурбины 0,83% мощность для четырехчасового режима работы (с 19:00 до 23:00) составит 1,68 квт.

Это означает, что оптимальным является использование китайских микротурбин мощностью 2 квт и стоимостью 85 тысяч рублей ([https://aliexpress.ru/item/1005003657549991.html?sku\\_id=12000026680140436](https://aliexpress.ru/item/1005003657549991.html?sku_id=12000026680140436)).

Потребителем этой электроэнергии может стать расположеннное на дамбе кафе.

## 5. Оценка экологического и социального эффекта

Предлагаемый объект способствовать снижению выбросов парниковых газов за счет использования плавучих фотоэлектрических и гидроэнергетических станций. Учитывая наличие привлекательного для туристов объекта в виде Шуховской башни, значительный экологический и социальный эффект возникнет из-за привлечения внимания к объекту возобновляемой энергетики в одной из крупнейших рекреационных зон города.

## 6. Результаты и выводы

В результате выполнения проекта предложена конструкция комплекса возобновляемой энергетики. Расчеты параметров комплекса показали, что применительно к Третьему Щёлковскому озеру Нижнего Новгорода работоспособность комплекса обеспечит одна фотоэлектрическая панель с размерами 1600\*1000 мм<sup>2</sup>, вертикальный многоступенчатый насос мощностью 2 квт, емкость для аккумуляции воды объемом около 125 кубических метров и микротурбина мощностью 2 квт.

Размещение гидроаккумулирующей емкости на конструкции в виде башни Шухова позволит использовать интерес туристов к наследию великого русского инженера для пропаганды возобновляемой энергетики.

## Список литературы

1. Ram M., Bogdanov D., Satymov R., Lopez G., Mensah T.N.O., Sadovskaia K., Breyer C. Accelerating the European renewable energy transition. LUT University and Greens European Free Alliance, Lappeenranta, Brussels, 2022 [https://www.greens-efa.eu/files/assets/docs/study\\_european\\_renewable\\_energy\\_transition.pdf](https://www.greens-efa.eu/files/assets/docs/study_european_renewable_energy_transition.pdf)
2. Where Sun Meets Water. Floating solar market report. World Bank Group, ESMAP and SERIS. Washington, DC: World Bank. 2019.
3. Michael Herh. South Korea To Build World's Biggest Floating Solar Power Plant on Saemangeum Lake /July 19, 2019, 10:41 Available electronically at: [www.businesskorea.co.kr/news/articleView.html?idxno=34083](http://www.businesskorea.co.kr/news/articleView.html?idxno=34083)
4. Объединенная энергосистема Средней Волги [Электронный ресурс] Режим доступа: [https://www.so-ups.ru/index.php?id=oes\\_volga](https://www.so-ups.ru/index.php?id=oes_volga)
5. Филиал АО «СО ЕЭС» Нижегородское РДУ [Электронный ресурс] Режим доступа: [https://www.so-ups.ru/index.php?id=rdu\\_nnovgorod](https://www.so-ups.ru/index.php?id=rdu_nnovgorod)
6. На Нижне-Бурейской ГЭС установлена первая в России наплавная солнечная электростанция [электронный ресурс] [www.rushydro.ru](http://www.rushydro.ru)
7. Hydropower Vision, A New Chapter for America's 1<sup>st</sup> renewable electricity source. Washington, D.C.: U.S. Department of Energy. July 2016. Available electronically at <http://www.osti.gov/scitech>
8. IRENA, Innovation landscape brief: Innovative operation of pumped hydropower storage, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi, 2020

**Палеоархивные находки в пойме реки Нальчик**

Владимир Шорохов, 10 класс, ГБУДО «Эколого-биологический центр» Минпросвещения КБР,

Кабардино-Балкарская Республика

**Победитель номинации «Вода и мир»**

Руководитель: Е.И. Берданова, педагог дополнительного образования

**АННОТАЦИЯ**

Геологическое строение территории КБР и история ее развития связаны с историей формирования Большого Кавказа. В протерозое данная территория представляла собой часть древнего океана Тетис, поэтому окаменелости можно найти на всей территории КБР. Но существуют такие территории, где сохраняется уникальный палеонтологический архив. Палеонтологические находки – ценная научная информация, позволяющая определить виды древних животных, реконструировать ландшафты, климат, гидрологию, геоморфологию района исследования, время образования отложений. Цель исследования - выявление видового состава фоссилий в пойме р. Нальчик. Предмет исследования: приток реки Нальчик – Белая речка. Палеонтологические объекты исследования - ископаемые окаменелости. Планируемый результат – поэтапное решение задач. Новизна исследования: сравнительный анализ фоссилий поймы р. Нальчик с подобными Хазнидонского ущелья. Методы: полевые сборы, химико-техническая обработка, научная обработка (микроскопирование, рентгеновская спектроскопия, сравнительно-морфологический метод; использование атласов-определителей, монографий). Изучено геологическое, геоморфологическое строение верховья р. Белая. Собраны образцы брахиопод и некоего позвоночного, описание которого планируется на следующем этапе исследований. Определение качественного химического состава фоссилий. Произведена систематика образцов и сравнительный анализ с фоссилиями Хазнидонского ущелья. Изучена экология брахиопод в целях выяснения образа жизни и условий их обитания. Вымершие отряды брахиопод имеют большое стратиграфическое значение, поскольку многие виды являются руководящими формами. Сопоставлен геологический возраст с геологической историей региона: стратиграфическая принадлежность образцов – Мезозойская эра, меловой период. Планируется дальнейшее тесное сотрудничество с музеем живой природы НОЦ «Ботанический сад» КБГУ. В обстановке экологического кризиса, когда нормальное функционирование и существование биосфера поставлено под угрозу, растет стремление к знакомству с органическим миром прошлого. К счастью, у нас есть способы получить эту информацию из природных хранилищ — палеоархивов. Такие «палеоархивы» особенно нуждаются в охране как природные памятники. На сегодняшний день имеется восемь главных типов геологических памятников (ГПП). Однако, в перечнях ГПП Кабардино-Балкарской республики представлены пять объектов федерального значения – и все они водные. Актуальной проблемой является пополнение перечней геологическими памятниками именно палеонтологического характера.

## ВВЕДЕНИЕ

Палеонтология помогает ориентироваться, как говорил М.В. Ломоносов, в вечных потёмах земных недр. Тем самым заметно удешевляются поисково-разведочные работы. Кроме того, сегодня бурно развивается новая область знаний — бактериальная палеонтология. Почти все осадочные месторождения создаются при участии микроорганизмов. Это совершенно новый взгляд на генезис. происхождение скоплений не только углеводородов, но и многих других ценных полезных ископаемых, в частности, железа, урана, золота, фосфоритов [6]. Палеонтологические находки — это ценная научная информация, позволяющая определить не только виды древних животных, но и реконструировать ландшафты, климат, гидрологию, геоморфологию всего района исследования, определить время образования отложений и ряд других факторов [1].

Если перефразировать Антуана де Сент Экзюпери, то каждый дворник метёт свой участок планеты, поэтому *целью* данного исследования является выявление видового состава фоссилий в пойме реки Нальчик. *Задачи:* изучение геологического строения поймы р. Нальчик; изучение морфологии, систематики, качественного состава фоссилий; изучение экологии различных групп организмов в целях выяснения образа жизни и условий их обитания, а также закономерностей распределения остатков организмов в геологическом прошлом для обоснования биогеографического районирования исследуемой территории; сопоставление палеонтологических данных с геологической историей; определение химического состава фоссилий; сравнительный анализ фоссилий с подобными палеонтологическими находками Хазнидонского ущелья. *Предмет исследования:* приток реки Нальчик — Белая речка. Палеонтологическими объектами исследования являются ископаемые окаменелости (по-латыни *fossilia*). *Планируемый результат* — поэтапное решение задач. Новизна исследования: сравнительный анализ фоссилий поймы р. Нальчик с подобными Хазнидонского ущелья. *Методы.* Изучение фоссилий включает несколько последовательных операций: а) полевые сборы, б) химико-техническая обработка, в) научная обработка. Более подробно: сбор в маршрутах палеонтологического материала; извлечение макрофоссилий, т. е. ископаемых, различимых невооруженным глазом, из пород непосредственно в полевых условиях; простое механическое препарирование макрофоссилий в лабораторных условиях; химическая обработка макрофоссилий; фотосъёмка; микроскопирование; рентгеновская спектроскопия; сравнительно-морфологический метод; использование атласов-определителей, монографий.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Пробоотбор проводился в сентябре, октябре 2022 года в районе с. Белая Речка в верховье реки Нальчик, в пойме ее правого притока – реки Белой (прил. 1, рис.1,2). Пробы отбирали в естественных обнажениях осадочных пород вдоль берега реки, а также способом простого сбора фоссилий с поверхности земли. Во время экспедиций была собрана коллекция окаменелостей (прил. 1, рис. 3). Так как в пробоотборах преобладали брахиоподы, на первом этапе исследовательской работы мы ограничились таксометрической характеристикой именно этих окаменелостей. Для классификации объектов использовались палеонтологические определители (ключи) [3-4]. Для уточнения статуса исследуемых объектов была проведена консультация у специалиста в области палеонтологии с целью подтверждения или опровержения правильности определения фоссилий. Результаты научной обработки собранного материала представлены в таблице 1 (прил. 1). Зная геологическую составляющую места исследования, мы могли предположить, что руководящими формами, т. е. остатками организмов, выступающими в роли индикаторов возраста являются именно брахиоподы.

В лаборатории «Рентгendiагностика материала» Центра коллективного пользования был проведён химический качественный анализ объектов на аппаратах Spectroscan MAKC - GV и D2-Phaser методом Рентгеновской спектроскопии (прил. 2, рис.4,5). Результаты исследования представлены в приложении 3, в таблице 2, рис.6.

В соответствии с представленными результатами можно заключить, что процессы разрушения кристаллической решетки  $\text{CaCO}_3$ , разложения сложных анионов  $\text{CO}_3^{2-}$ , образование кристаллической решетки  $\text{CaO}$ , то есть превращение гексагональной решетки кальцита в кубическую решетку оксида кальция не наблюдается. Распад анионов и последующее разрушение кристаллической решетки исходного вещества возможны лишь при определенных условиях, которые составляют кристаллохимическую сторону явления диссоциации углекислого кальция.

Мы сравнили брахиоподы, отобранные в верховье реки Нальчик (река Белая) (прил. 1, рис.3) с коллекцией брахиопод, отобранных в Хазнидонском ущелье (прил. 4, рис.7). Пробы отбирались в ноябре 2021г в местах в естественных обнажениях осадочных пород вдоль берега реки (прил. 4, рис.8, 9). Бассейн р. Хазнидон относится к Предкавказской или Скифской плите, в строении фундамента которой присутствуют отложения среднего и верхнего палеозоя и раннего мезозоя. В строении моноклиниали принимают участие отложения от верхней юры до неогена общей мощностью несколько тысяч м, представленные терригенно-карбонатными породами.

По результатам таксометрических (прил. 1, табл.1) и рентгеноскопических исследований фоссилии Хазнидонского ущелья (прил. 10, табл.3, рис.10) идентичны фоссилиям, отобранным в верховье р. Нальчик (прил. 3, табл.2, рис.6.).

Фоссилии можно найти не всегда в тех местах, где они обитали. Возможны снос и переотложение ископаемой фауны, поэтому следует доказывать первичность залегания фоссилий (залегание *in situ*). В связи с этой задачей возникло и развивается особое направление в палеонтологии - «тафономия», наука об особенностях захоронения органических остатков и о возрасте фоссилий по физическим признакам.

## ВЫВОДЫ

Изучено геологическое, геоморфологическое строение верховья р. Белая. Собраны образцы брахиопод и некоего позвоночного, описание которого планируется на следующем этапе исследований. Определение качественного химического состава фоссилий. Произведена систематики образцов и сравнительный анализ с фоссилиями Хазнидонского ущелья. Изучена экология брахиопод в целях выяснения образа жизни и условий их обитания. Вымершие отряды брахиопод имеют большое стратиграфическое значение, поскольку многие виды являются руководящими формами. Сопоставлен геологический возраст с геологической историей региона: стратиграфическая принадлежность образцов – Мезозойская эра, меловой период, нижний отдел (эпох), ярус (век) валанжинский (139,8 -132,9 млн. лет назад). Планируется дальнейшее тесное сотрудничество с музеем живой природы НОЦ «Ботанический сад» КБГУ.

## РЕКОМЕНДАЦИИ К РЕШЕНИЮ ВОДНЫХ ПРОБЛЕМ И ПРОБЛЕМ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

В обстановке экологического кризиса, когда нормальное функционирование и существование биосфера поставлено под угрозу и вопросы охраны окружающей среды интересуют многих людей, растет стремление к знакомству с органическим миром прошлого. К счастью, у нас есть способы получить эту информацию из природных хранилищ — палеоархивов. Такие «палеоархивы» особенно нуждаются в охране как природные памятники. На сегодняшний день имеется восемь главных типов геологических памятников (ГПП): стратиграфические, палеонтологические, минералогические, петрографические, тектонические, геоморфологические, гидрологогидрологические и историко-горногеологические. Однако, в перечнях ГПП Кабардино-Балкарской республики представлены пять объектов федерального значения — и все они водные. Актуальной проблемой является пополнение перечней

геологическими памятниками именно палеонтологического характера. Описание обновленных геологических памятников КБР будет полезно в общем экологическом образовании и в туристской сфере. Кроме того, данные «палеоархивов» представляют интерес и в профессиональном плане, поскольку геологическая хронология основана на палеонтологических данных. И наоборот, развитие палеонтологии немыслимо без широкого использования геологических данных.

Геологическое строение территории КБР и история ее развития связаны с историей формирования Большого Кавказа. В протерозое данная территория представляла собой часть древнего океана Тетис с участками суши в виде островных вулканических построек. Поэтому окаменелости можно найти на всей территории КБР. Но существуют такие территории, как Хазнидонское ущелье, примыкающее к Кабардино-Балкарскому государственному высокогорному заповеднику, где сохраняется уникальный палеонтологический архив.

Большое значение палеонтологии для науки и практики и уникальный характер многих находок диктуют необходимость крайне бережного отношения к палеонтологическим документам.

Охрана таких местонахождений (как Хазнидонский разрез), заключающих бесценные научные материалы, от разрушения при разработке карьеров, водной эрозии и выветривания, вандализма неумелых собирателей окаменелостей крайне необходима.

Несмотря на то, что во многих странах приняты законы об охране природы, памятников археологии и культуры, положение в этой области неудовлетворительно.

Одной из благодарных форм коллекционной деятельности является создание местных краеведческих коллекций. Коллекция ископаемых, собранная в результате многолетних сборов из одного карьера либо отвала, представляет большую научную ценность. При этом происходит не только накопление большого палеонтологического материала, но и автоматическое расширение кругозора коллекционера, который может стать квалифицированным знатоком изучаемого им местонахождения.

Если материал коллекции расположить в порядке геологических систем, то она приобретет стратиграфический характер.

Однако, создание систематических коллекций в настоящее возможно только немногочисленны специальных учреждений — институтов и музеев.

Поэтому планируется дальнейшее тесное сотрудничество с музеем живой природы НОЦ «Ботанический сад» КБГУ.

**ЛИТЕРАТУРА:**

1. Алексеев А.С. Современная палеонтология. Том 2. Методы, направления, проблемы, практическое приложение' \\Шишкин М.А., Мейен С.В., Алексеев А.С. - Москва: Недра, 1988 - с.383
2. Орлов Ю. А. Основы палеонтологии. Справочник для палеонтологов и геологов СССР в пятнадцати томах Главный-редактор Ю. А. Орлов //Издательство Академии наук СССР, Москва 1959
3. Палеонтологический музей имени Ю. А. Орлова / отв. Ред. А. В. Лопатин. — М.: ПИН РАН, 2012. — С. [118]. — 320 [376] с. — ISBN 978-5-903825-14-1.
4. Электронные ресурсы:
4. Виртуальный палеонтологический музей [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ammonit.ru/fossil/72.htm> (дата обращения 12.10.2022)
5. Центр коллективного пользования «Рентгеновская диагностика материалов» | Официальный сайт Кабардино-Балкарского Государственного Университета им. Х.М. Бербекова Официальный сайт Кабардино-Балкарского Государственного Университета им. Х.М. Бербекова (kbsu.ru): <https://kbsu.ru/struktura-nir/nauchnye-podrazdeleniya/tsentr-kollektivnogo-polzovaniya-rentgenovskaya-diagnostika-materialov/?ysclid=lb8lv9hzpn766380048> © Официальный сайт Кабардино-Балкарского Государственного Университета им. Х.М. Бербекова
6. [Электронный ресурс]. URL: <https://naukarus.com/zachem-nuzhna-paleontologiya> (дата обращения 12.10.2022)

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

## Окаменелости в верховье р. Нальчик



Рисунок 1. Пробоотбор в сентябре, октябре 2022г. в районе с. Белая Речка в верховье реки Нальчик (река Белая)



Рисунок 2. Берег реки Белая  
(Фото Шороховой Т.С.)



Рисунок 3. Коллекция окаменелостей: а) брахиоподы, б) «неизвестное»  
(Фото автора)



б

Таблица 1

## Систематика исследуемых брахиопод Brachiopoda Articulata

		Геологический возраст
Царство	Животные ( <i>Animalia</i> )	Мезозойская эра, меловой пери
Тип	<i>Brachiopoda</i>	нижний отдел (эпох), ярус (в
Класс	Плечоногие ( <i>Brachiopoda</i> )	валанжинский (139,8 -132,9 млн. лет
Подкласс	Замковые ( <i>Articulata</i> )	назад)
Отряд	<i>Rhynchonellida</i> Moore	
Подотряд	<i>Rhynchonellidina</i>	
Надсемейство	<i>Rhynchonellidea</i>	
Семейство	<i>Rhynchonellidae</i>	
Подсемейство	<i>Praecyclothyridinae</i> subfam. nov.	
Род	<i>Mosquella</i> Makridin	
Вид	<i>quella oxyptyha</i>	

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

## Химический качественный анализ объектов на аппаратах Spectroscan MAKС - GV и D2-Phaser методом Рентгеновской спектроскопии



Рисунок 4 Работа на аппарате Spectroscan  
МАКС - GV



Рисунок 5 Работа на аппарате D2-Phaser

**D2 PHASER** применяется для решения большинства задач порошковой рентгенографии: качественного и количественного фазового анализа, определения параметров элементарной ячейки, определения размеров кристаллитов, степени кристалличности, микронапряжений. Дифрактометр построен по схеме вертикальной геометрии Брэгга-Брентано и состоит из ультракомпактного гониометра, рентгеновской трубы, высоковольтного генератора, систем формирования рентгеновского пучка и высокоскоростного полупроводникового детектора [5]. 0,1 г измельчённого в порошок образца помещается на плоский прободержатель для исследования.

**Спектрометр Спектроскан Макс-GV** предназначен для определения содержания химических элементов в различных веществах, находящихся в твердом, порошкообразном или растворенном состояниях, а также нанесенных на поверхности и осажденных на фильтры. Спектрометр может применяться в различных отраслях науки и техники для анализа элементного состава вещества [5].

## ПРИЛОЖЕНИЕ 3

## Результаты исследования фоссилий р. Белой

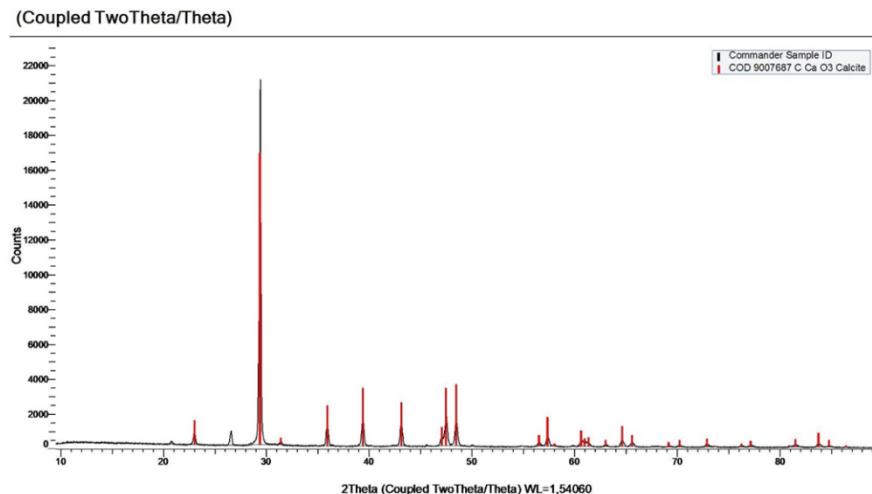


Рисунок 6. Рентгеновская дифрактограмма образцов, собранных в районе р.Белая (аппарат D2-Phaser)

Таблица 2

Определение кристаллической решетки вещества ( $\text{CaCO}_3$ ) для образцов, собранных в районе р. Белая

**Pattern List #1**

Show	Icon	Color	Index	Name	Parent	Scan	Pattern #	
Yes	■	■	1	COD 9007687	Pattern List #1	1.brml (X-Offset) #1	COD 9007687	
Compound Name	Formula	Quality	Y-Scale	I/Ic DB	I/Ic User	S-Q	Concentration Level	
Calcite	C Ca O3	Quality Unknown	89,34%	3,490	0,000	100,0%	Major	
Added Reference	d x by	Scan WL	Wavelength	System	Space Group	a	b	
	1,0000	Yes	1,54060 Å	Hexagonal	R -3 c (167)	4,99100 Å		
c	alpha	beta	gamma	Z	Volume	Density	Cell Tuned	F (N)
17,06200 Å					368,07 Å <sup>3</sup>		No	

## ПРИЛОЖЕНИЕ 4

## Фоссилии Хазнидонского ущелья



Рисунок 7. Пробоотбор (ноябрь 2021 г.) в междуречье рек Хазнидон – Лахумедон, 1 070 м. над у.м. (Фото Елканова А.С.)

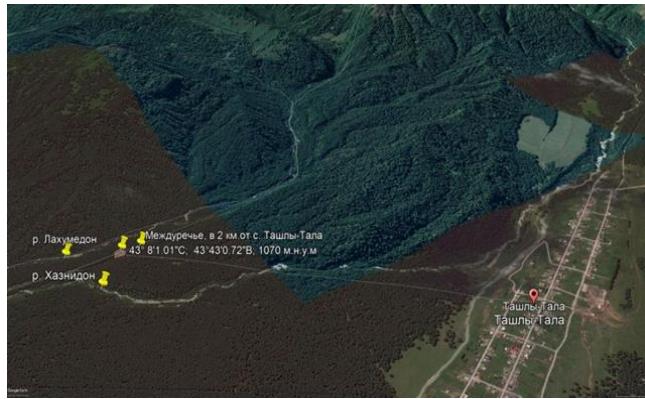


Рисунок 8. Координаты отбора проб макрофоссилий в «Междуречье», 21.11.2021г

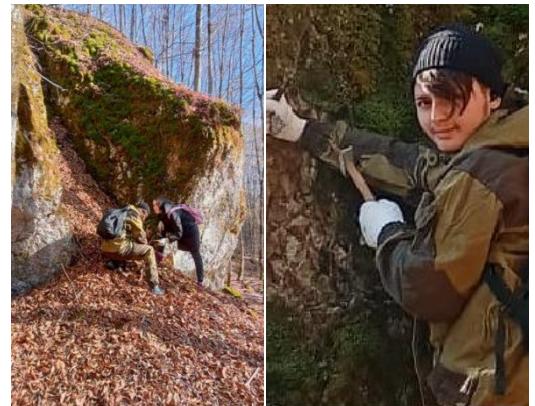


Рисунок 9. Пробоотбор в естественных обнажениях осадочных пород в Междуречье рек Хазнидон – Лахумедон, 1 070 м. над у.м. (Фото Бердановой Е.И.)

## ПРИЛОЖЕНИЕ 5

## Результаты исследования фоссилий Хазнидонского ущелья

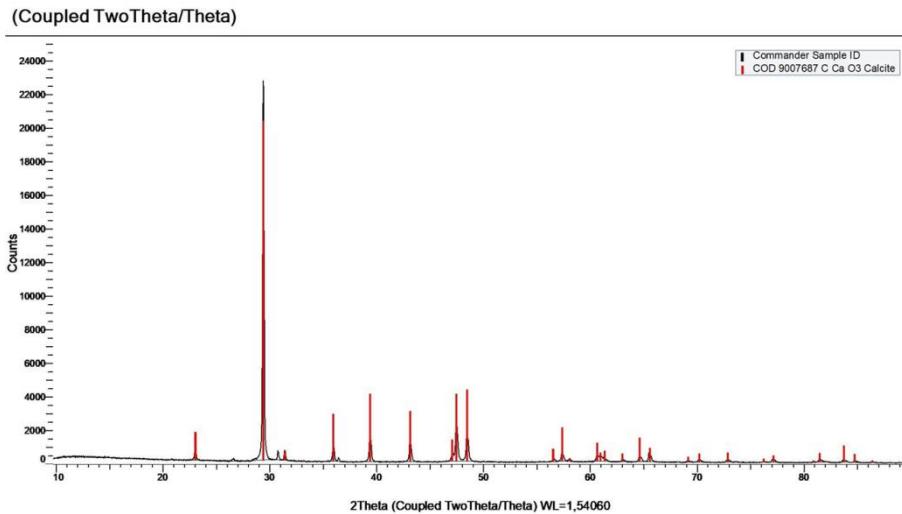


Рисунок 10. Рентгеновская дифрактограмма образцов, собранных в районе р.Хазнидон (аппарат D2-Phaser)

Таблица 3

Определение кристаллической решетки вещества ( $\text{CaCO}_3$ ) для образцов, собранных в районе р. Хазнидон

**Pattern List #1**

Show	Icon	Color	Index	Name	Parent	Scan	Pattern #
Yes	█	█	1	COD 9007687	Pattern List #1	1.brml (X-Offset) #1	COD 9007687

Compound Name	Formula	Quality	Y-Scale	I/Ic DB	I/Ic User	S-Q	Concentration Level
Calcite	C Ca O3	Quality Unknown	89,34%	3,490	0,000	100,0%	Major

Added Reference	d x by	Scan WL	Wavelength	System	Space Group	a	b
	1,0000	Yes	1,54060 Å	Hexagonal	R -3 c (167)	4,99100 Å	

c	alpha	beta	gamma	Z	Volume	Density	Cell Tuned	F (N)
17,06200 Å				368,07 Å <sup>3</sup>		No		

## Экологическое состояние озера Севан и «цветение» цианобактерий

Анна Лазарян, 4 курс, кафедра живописи, Ереванский государственный художественный колледж им. Ф. Терлемезяна, г. Ереван, Республика Армения

### Победитель номинации «Вода и мир»

Руководитель: Л.Р. Гамбaryan, канд. биол. наук, зав. лаборатории гидроэкологии Научного центра зоологии и гидроэкологии, доцент кафедры экологии и охраны природы Ереванского государственного университета

### Аннотация

Севан – одно из крупнейших озер Армянского нагорья и крупнейший высокогорный пресноводный водоем Южного Кавказа. С давних времен оно имеет большое сельскохозяйственное, культурно-историческое и туристическое значение как для Армении, так и для всего Южного Кавказа, однако несбалансированная политика управления ресурсами озера, в купе с некоторыми другими антропогенными и природными факторами привело к активации процессов эвтотрофии, ухудшению показателей качества воды, нарушению экологического состояния водоема и к росту токсикологических рисков.

В данной работе, кроме общего, физико-географического описания озера и кратких сведений о генезисе экологических проблем водоема, отслеживается развитие фитопланктона и увеличение его биомассы в периоды цветения цианобактерий. Так же здесь приводятся новейшие сведения, полученные в результате комплексных исследований по биотестированию и биоиндикации на основе генетического и гидробиологического мониторинга (впервые проводились в Армении), более углубленно исследующие потенциальные токсикологические риски ухудшения качества воды в водоеме.

### Введение

Проблема озера Севан, крупнейшего пресноводного водоема Кавказского региона, является важнейшей из экологических, и одной из важнейших социально-экономических проблем Армении. Многими международными конференциями и организациями она признана так же проблемой всего региона (по ряду аспектов – и глобальной). Озеро включено в список водоемов международной конвенции «Рамсар», а также в список ЮНЕСКО в качестве особо охраняемого водоема. Деградация озера чревата существенным изменением режима поверхностных и подземных вод и общей аридизацией региона, потерей перспективного источника питьевого водоснабжения, важного рекреационного объекта, а также базы для значительного биологического разнообразия, в частности, для перелетных птиц и уникальной эндемичной флоры и фауны.

Целью данной работы является оценка общего экологического состояния водоема на фоне одной из самых актуальных проблем водоема, массового распространения сине-зеленых водорослей (цианобактерий) и оценка влияния «цветения» воды на здоровье человека и водных организмов.

**Задачи;**

1. Отслеживание причин и эволюции проблем озера Севан
2. Описание сине-зеленых водорослей (цианобактерий) и их наиболее распространенных видах в озере Севан
3. Провести биотестирование и биоиндикацию, используя в качестве материала водные пробы бассейна озера из семи точек водозабора
4. Получить сведения о загрязненности воды тяжелыми металлами и цианотоксинами исходя из результатов биотестов

**1.Литературный обзор****1.1.Физико-географическая характеристика озера и его бассейна до искусственного понижения уровня озера**

Озеро Севан расположено в северо-восточной части Армении, между  $40^{\circ}19'$  северной широты и  $45^{\circ}21'$  восточной долготы.

Бассейн озера является огромной тектонической впадиной, замкнутой со всех сторон горами, исключая северо-западную часть у города Севан, где водораздельная линия бассейна снижается до уровня озера и берет начало единственная вытекающая из озера река – Раздан. Бассейн озера ограничен с юга Варденисским, с запада Гегамским, с северо-востока Арегуни-Памбакским и с юго-востока Севанским горными хребтами (высота колеблется от 2200-3800 м над уровнем Балтийского моря). Озеро Севан принадлежит к бассейну реки Аракс и связано с последней рекой Раздан, являющейся самым длинным притоком реки Аракс в пределах Армении.

Общая площадь водосбора до понижения уровня озера составляла  $4891 \text{ км}^2$ , площадь зеркала –  $1416 \text{ км}^2$ , объем –  $58,5 \text{ млрд.куб.м}$ , максимальная глубина составляла  $98,7 \text{ м}$ , средняя глубина –  $41,3 \text{ м}$ , общая протяженность водораздельной линии – около  $400 \text{ км}$ .

Озеро Севан, по происхождению и орографии, состоит из двух частей – Малого Севана (МС) и Большого Севана (БС), границей между которыми служит Норадуз-Арданишская подводная возвышенность. До искусственного понижения уровня озера площадь зеркала Малого Севана составляла  $383,6 \text{ км}^2$ , объем –  $19,52 \text{ млрд.куб.м}$ , максимальная глубина –  $98,7 \text{ м}$ , средняя глубина –  $50,9 \text{ м}$ , площадь зеркала Большого Севана составляла  $1032,4 \text{ км}^2$ , объем –  $38,95 \text{ млрд.куб.м}$ , максимальная глубина –  $58,7 \text{ м}$ , средняя глубина –  $37,7 \text{ м}$ .

Современный полуостров, образованный вышеуказанной подводной возвышенностью, до снижения уровня озера был островом.

В озеро Севан впадает 28 рек; 4 из них – Спитакаджур, Тохлуджа, Дзкнагет и Гаварагет – впадают в МС, а остальные 24 – в БС.

Суммарная площадь бассейнов всех 28 рек составляет 2776 км<sup>2</sup>, т.е. 80%, а межбассейновое пространство – 699 км<sup>2</sup>, т.е. 20% от площади водосборного бассейна озера в целом.

## 1.2. Возникновение и развитие проблемы озера Севан

Генезис проблемы многофакторный, однако, основным источником проблемы являются колебания уровня озера антропогенного характера.

Как известно, с 1933г., по решению руководства бывшего СССР, начался процесс использования вековых запасов вод озера в ирригационных и энергетических целях, более интенсивные попуски начали производиться с 1937г. и, в особенности, – с 1949г. Были поставлены следующие задачи:

- Создание энергетических мощностей для развития народного хозяйства АрмССР;
- Орошение 80 тыс. га земель Арагатской равнины;
- Регулирование Закавказской энергетической системы.

Согласно проекту, разработанному Закавказской комиссией АН СССР, планировалось ежегодно выпускать из озера 1 млрд. куб.м воды и таким образом в течение 50 лет сократить вековые запасы вод озера с 58,5 млрд.куб м до 8,5 млрд.куб м, то есть примерно в 7 раз. Уровень озера должен был быть снижен на 50 м, при этом в чащее Малого Севана осталось бы озеро площадью 239 кв.км, а осушенное дно Большого Севана предполагалось использовать как площадь под посевы.

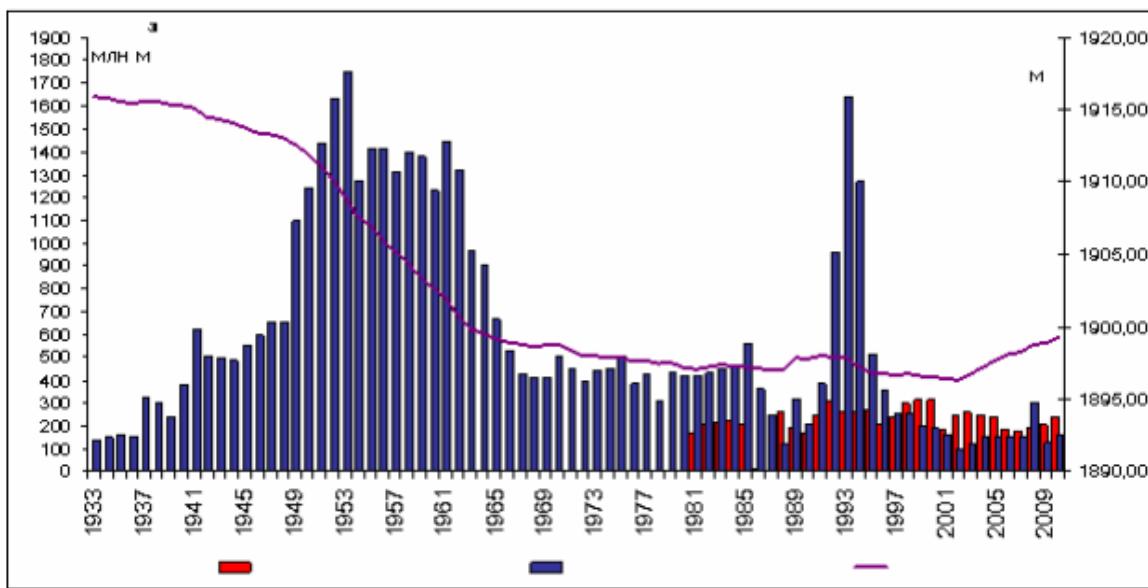
Приход	Млн.куб.м	Расход	Млн.куб.м
Поверхностный приток воды в озере (по рекам)	720	Испарение	1210
Осадки на зеркало	520	Поверхностный сток	50
Подземный сток	50	Подземный сток	60
Итого	1320		1320

**Таблица 1. Усредненный многолетний естественный баланс озера Севан до спуска его уровня**

Как видно из таблицы, основная часть поступающей в озеро воды (92%) расходуется на испарение, и лишь менее 4% вытекает через реку Раздан. Соответственно, предполагалось, что после снижения уровня и резкого сокращения поверхности озера в расходной части произойдет кардинальный сдвиг от испарения в пользу поверхностного стока.

Несмотря на протесты некоторых ученых (Тер-Степанян и др.), доказывающих необоснованность и опасность данной программы, она была утверждена к реализации. В итоге уровень был снижен более чем на 20м (2001/2002гг.), что повлекло за собой глубокие морфометрические, гидрофизические, гидрохимические и гидробиологические изменения. График на рис.2 отражает изменение уровня озера (а также попусков и поступлений вод) в течение последних 70 лет.

Однако, уже в конце 50-ых годов стало очевидно, что вышеуказанная программа понижения уровня озера на 50м требует радикальной корректировки



**Рис. 2. Изменение уровня озера (—), темные столбики - попуски воды из озера, красные столбики – поступление воды в озеро через тоннель Арпа-Севан.**

В 1947-61гг. институтами АН Арм.ССР были выполнены комплексные исследования озера, на основе результатов которых была полностью пересмотрена первоначальная схема использования его вод и принято постановление о сохранении уровня озера ближе к естественному.

Практически проблема озера перешла во второй этап, основной смысл которого заключался в остановке спуска на возможно высокой отметке. Для этого потребовалось

выровнять приходную и расходную части в балансе озера без ущерба для экономики. С 1978г., благодаря вводу других энергетических мощностей (ГЭС, ГРЭС, ТЭЦ и особенно Армянской АЭС), энергетические попуски воды из озера были прекращены (Севан-Разданский каскад ГЭС работал только в том режиме, когда осуществлялись попуски воды в целях ирригации). Для компенсации частичного сокращения ирригационных попусков были введены насосные станции подкачки низинных «свободных» вод Арагатской равнины на высокие отметки, а также построены водохранилища на реках Касах (Апаранское) и Азат (Азатское) в целях более эффективного использования местного стока путем его регулирования. Осуществление этих водохозяйственных мероприятий позволило, начиная с 1965г., сократить попуски из озера до 500 млн куб.м в год, в том числе 380 млн куб.м ирригационных. Наряду с уменьшением расходной статьи баланса озера было необходимо также увеличить его приходную часть. В этих целях был построен 49-километровый тоннель Арпа-Севан для переброски части стока р. Арпа в озеро (250 млн куб.м), который был сдан в эксплуатацию в 1981г. Благодаря комплексу вышеуказанных мероприятий удалось остановить спуск озера после снижения его на 18,48м от начальной, естественной отметки.

В этот же период (1978г.) был создан Национальный парк «Севан».

В 1980-87гг. была произведена комплексная программа исследований озера Севан при участии около 40 научно-исследовательских институтов бывшего СССР. В результате было решено повысить уровень озера, как минимум, до отметки 1903,5м (с учетом высоты волны – 1908,5м), т. е. до уровня, который приведет к восстановлению гиполимнона озера.

Видное на графике рис. 2 повышение уровня озера в 1981-90гг. связано с вышеуказанными мероприятиями и, в особенности, с переброской в озеро части стока реки Арпа через тоннель. Однако, этот позитивный процесс был прерван энергетическим кризисом, разразившимся в результате транспортной блокады Армении (со стороны Азербайджана и Турции в связи с Карабахским конфликтом) в условиях консервации Армянской АЭС после Спитакского землетрясения в целях повышения безопасности станции. Вода озера была опять использована в энергетических целях, и в результате были потеряны все приобретения, связанные с поступлением вод р. Арпа. И, если в результате вышеописанных мероприятий удалось поднять уровень озера примерно на 1м, то в годы энергетического кризиса, вследствие активных попусков, уровень озера

опустился на 1,5 м. После расконсервации атомной станции в 1995г., в соответствии с решением Правительства и согласно официальным данным, попуски на энергетические нужды постепенно были прекращены.

Однако лишь в 1997г. наблюдалось незначительное повышение уровня, (+5 см), а далее вплоть до 2001г. уровень озера продолжал падать (январю 2002г. соответствует самый низкий уровень озера – 1896,32м).

Сопоставление этого факта с многочисленными заявлениями экологической общественности о тревожных фактах значительных попусков из озера позволяет предположить, что, тем не менее, попуски из озера в энергетических целях продолжались. Ниже приведены морфометрические параметры озера, соответствующие началу второй декады декабря 2001г.:

уровень озера – 1896,66м; снизился на ~ 20м,  
 площадь зеркала – 1240 кв.км; сократилась на 180 кв.км,  
 объем – 32,5 млрд куб.м, сократился на 26 млрд куб.м, т.е. озеро потеряло 44% своих вековых водных запасов.

## **2. Развитие фитопланктона в литорали озера Севан и стасусводоема на момент 2018 года**

Вышеуказанная политика в управлении ресурсами озера Севан привела к антропогенному эвтрофированию водоема.

Дестабилизация озерной экосистемы, в условиях колебания уровня, отразилась на показателях качества воды, изменении физикохимических и биологических показателей. Изменение морфометрии озера при понижении его уровня привело к нарушению во всех звеньях пищевой цепи и сокращению биоразнообразия гидробионтов. Отличительной особенностью олиготрофного периода (до снижения уровня) озера Севан было лимитирование первичного звена соединениями азота, по мере усиления процессов эвтрофирования произошла инверсия по отношению к фосфору. Первичное автотрофное звено, фитопланктон озера Севан, является хорошим индикатором произошедших изменений водоема. Так, в разные периоды трофности водоема наблюдались колебания количественных и качественных характеристик микроводорослей. По мере усиления эвтрофирования наблюдалось увеличение общей биомассы, количественных и качественных показателей цианобактерий, а также впервые были зарегистрированы «цветения» воды цианобактериями родов *Anabaena* и *Aphanizomenon* начиная с середины

1960-х (высокоэвтрофный период в жизни озера, когда уровень воды с 1949–1962 гг. был понижен более чем на 13 м). Общая биомасса фитопланктона в олиготрофный период составляла 0,3 г/м<sup>3</sup> , в период «цветений» цианобактериями (эвтрофный период) показатели биомассы уже составляли 3,5 г/м<sup>3</sup>.

В результате поднятия уровня воды по программе, стартовавшей в 2002г., улучшились некоторые показатели, такие как прозрачность, однако произошли глубокие изменения в лitorали озера. Затопления береговой зоны привели к образованию новых биотопов, которые отличаются своим гидрологическими, гидрохимическими и гидрофизическими характеристиками от глубоководных. Плохо очищенные берега стали источником поступления дополнительного количества аллохтонного органического вещества в озеро, что проявилось участившимися «цветениями» в береговой зоне, которые влияли также и на глубоководные участки. Наиболее заметное ухудшение качества воды наблюдалось после «цветения» вида *Aphanizomenon flos-aquae* (24 млн кл/л) в 2006 г., что свидетельствовало о повторяемости процессов в озере при благоприятных условиях. «Цветение» микроводорослей фитопланктона, в частности цианобактерий, является опасным для пресноводных экосистем и требует детального мониторинга.

Анализ горизонтального и вертикального развития фитопланктона лitorали озера с 2016–2018 гг. выявил неравномерное распределение показателей, ежегодные «цветения» цианобактериальных и диатомовых таксонов в летне-осенний период, непредсказуемые сукцессии во флористическом составе водорослей. Наиболее интенсивным было «цветение» цианобактериального таксона *Anabaena flos-aquae* в 2018 г., которое распространилось на всю акваторию озера и составило 66 г/м<sup>3</sup> в литре воды. В период цветения прозрачность воды на различных станциях составляла 0,2–4 м, количество растворенного кислорода (O<sub>2</sub>) 9,3–11,7 мг/л, температура поверхности воды – от 20,2–23,6 °С. Количество фосфат-ионов в поверхностном слое составляло 0,08 мг/л, показатель нитрат-ионов был 0,18 мг/л. С помощью космических съемок Sentinel-2 и сервиса USGS Earth Explorer было выявлено, что цветение воды началось в Большом Севане в районе устья р. Масрик. По показателям сапробности определено, что в Малом Севане «цветение» было более интенсивным: и по количественным показателям, и по времени оно продлилось дольше (больше месяца), что может говорить о более высоком трофическом статусе в период «цветения». Динамика среднегодовых показателей биомассы фитопланктона в 2016–2018 гг. в Большом Севане составляла 1–8 г/м<sup>3</sup> , а в Малом Севане – от 3,5 до 7,5 г/м<sup>3</sup> . В обеих частях озера

наблюдалось увеличение среднегодовых показателей, максимальные показатели были отмечены в 2018 г. Данные факты свидетельствуют об активации процессов эвтрофирования, состояние озера Севан на момент 2018 года можно характеризовать как мезотрофное.

### **3. Современная оценка состояния воды озера Севан (летний период 2021 г.) с применением модельных тест объектов**

По данным гидроэкологических наблюдений (2019–2021 гг.) масштабное цветение воды начиналось в прибрежной части Большого Севана (особенно, в пунктах Гилли и Цапатах), распространяясь на глубоководные участки. Цветение в озере вызывали в основном виды рода цианобактерий *Dolichospermum/Anabaena*, которые являются потенциально токсичными. В этот период сотрудниками НЦЗГ ин-та Гидроэкологии и ихтиологии в сотрудничестве с немецкими коллегами, впервые было обнаружено присутствие токсинов: группы микроцистинов и анатоксина-а, как в глубоководных, так и в прибрежных частях озера. Исследования выявили, что вследствие эвтрофикации изменялись физикохимические показатели воды. В частности уменьшилась прозрачность воды и концентрация растворенного кислорода, в то время как концентрации ионов аммония, нитритов и фосфатов увеличились.

Целью настоящего исследования являлось биотестирование уровня генотоксичности и кластогенности глубинных вод, а также биоиндикация поверхностных вод из точек водозабора бассейна оз. Севан. В целях биотестирования применялись два биотеста (Трад-ВТН и Трад-МЯ) модельного тест-объекта традесканции (клон 02); а для биоиндикации – анализ наличия и распределения фитопланктона (микроводорослей) литоральной части оз. Севан.

#### **3.1. Материалы и методы исследования**

За исследуемый период проводились две серии мониторинговых наблюдений. Выполнялись работы по биотестированию водных образцов (с привлечением двух биотестов традесканции) и по биоиндикации состояния поверхностных вод в тех же водосборных пунктах на основе изучения состава, численности и биомассы фитопланктона. Материалом исследования служили водные пробы бассейна оз. Севан из семи точек водозабора (мониторинговых трансект): район Д-модельный, Гаварагет, Шоржа (участок Малого Севана), Цапатах, Арпа, Норадус, Гилли (участок Большого Севана). Водные пробы были отобраны в летний период: для биотестирования – с глубины

2– 4 м, а для биоиндикации изучались поверхностные воды (0.5 м) в тех же пунктах водозабора. Тестирование проводили по стандартным методикам [Ma et al., 1994 (a, b)] с использованием двух модельных тест-систем клона 02 традесканции – системы волосков тычиночных нитей (тест Трад-ВТН) и микроядерного теста (тест Трад-МЯ). На каждый водный образец было просмотрено по 10– 17 тыс. ВТН для теста Трад-ВТН и по 3000 тетрад для теста Трад-МЯ. В исследуемых водных образцах определяли концентрации химических элементов и тяжелых металлов (Ca, Na, K, Mg, Fe, Co, Mo, Ni, Cd). В качестве условно фонового образца (контроля) использовали водопроводную воду. Проводили корреляционный анализ между частотой мутационных событий в ВТН, а также частотой встречаемости микроядер в тетрадах микроспор и концентрацией химических элементов в исследуемых водных пробах. Все полученные результаты были статистически обработаны с применением компьютерной программы Stastgraphics Centurion 16. 2. Для анализа наличия и изучения фитопланктона водные пробы отбирались с поверхности семи мониторинговых трансект из двух частей оз. Севан (МС и БС), расположенных параллельно береговой зоне, в летний период. Пробы воды консервировали 40%-ным раствором формальдегида и выдерживали в темном месте в течение 10–12 дней. Затем объем пробы уменьшали с 1000 мл до 100 мл, повторяя этот же процесс, объем образцов был уменьшен до 10 мл.. Одновременно с определением численности, проводили измерения массовых клеток фитопланктона. Биомассу вычисляли на основании индивидуальных размеров клеток методом геометрического подобия. Качественный и количественный анализ фитопланктона проводили под световым микроскопом Motic в камере Нажотта ( $V = 0.1$  мл). Таксономические группы фитопланктона определяли с помощью определителей

На основании проведенных исследований представлены результаты биотестирования воды оз. Севан с использованием основных тест-маркеров традесканции и биоиндикации на основе изучения численности, биомассы и состава доминирующих видов фитопланктона в летний период 2018 г.. Для оценки возможной зависимости изучаемых эффектов от содержания химических элементов был проведен гидрохимический анализ состава воды изучаемых образцов. Все изученные параметры по своему значению не превышали предельно допустимые нормативы (ПДК) для водных объектов. Определение уровня генотоксичности водных образцов оз. Севан по результатам биотеста Трад-ВТН показало, что во всех изученных вариантах наблюдалось достоверное повышение частоты

соматических мутаций (PMC и BMC), а также морфологических нарушений в ВТН типа НВ по сравнению с условно фоновым образцом. Уровень PMC превысил фоновый в 1.5–5 раз в зависимости от водной пробы. Наибольшая частота соматических мутаций отмечалась в образце Гилли, превысив уровень фона в 5 раз. В вариантах Цапатах, Арпа и Норадус (пункты BC) проявление генотоксических эффектов (точковых мутаций) находилось на одном уровне и превышало фоновый в 1.5 раза. Частота встречаемости BMC во всех изученных вариантах была выше фонового уровня в 1.5–5.5 раза, с максимальным повышением в образцах Цапатах и Норадус.

Среди наблюдаемых морфологических нарушений в ВТН увеличение частоты встречаемости НВ отмечалось во всех изученных вариантах, и их значение превысило фоновый уровень в 2.5–11.5 раз в зависимости от водной пробы. Максимальное значение НВ проявился в вариантах Гаварагет и Цапатах, превысив контроль в 8 и 11.5 раза соответственно, что может свидетельствовать о наличии в данных образцах компонентов, обладающих повышенной тератогенной активностью, приводящей к снижению выживаемости соматических клеток ВТН традесканции. При проведении корреляционного анализа между уровнем соматических мутаций и концентрациями химических элементов в водных образцах по результатам теста традВТН отмечена достоверная положительная корреляция между уровнем PMC и концентрацией в водных пробах ионов Ca, K, Na, Mo, Fe, Mg, Ni ( $p<0.05$ ) в исследуемых водных пробах.

В ходе исследований выявлено интенсивное летнее цветение воды по всей акватории в обеих частях озера (MC и BC), которое было вызвано наличием потенциально токсичных форм цианобактерий рода – *Dolichospermum/Anabaena* как в литорали, так и в глубоководных участках озера. Развитие данного вида было количественно доминирующим, его доля составила 98.6% (BC) и 99.7% (MC) от общих количественных показателей фитопланктона. Известно, что решающими факторами для цветения цианобактерий, рассматриваются концентрация биогенов и температура воды. Сезонная динамика концентраций минерального фосфора в воде оз. Севан, в исследуемый летний период превышала экологические нормы фосфатов (0.11 мг/л) для бассейна оз. Севан и колебалась от 0.12 до 0.17 мг/л, одновременно наблюдалось повышение температуры воды в озере, которая в разных пунктах составила 18–21°C. Максимальные показатели фитопланктона литорали (численность – 16 528 000 кл./л и биомасса – 66.1 г/м<sup>3</sup> ) в MC, в период цветения были зарегистрированы в пунктах Шоржа и Д-модельный, что по данным

показателям соответствует сильному цветению. Изучение качественного состава выявило, что цветение воды вызывали виды: *Dolichospermum/Anabaena flos-aquaе*, в меньшей степени встречались *Dolichospermum/Anabaena circinales* и *Dolichospermum/Anabaena lemmermannii*. По мере убывания интенсивности цветения наблюдалось увеличение количественных и качественных показателей зеленых водорослей, доминировал крупноклеточный вид *Oocystis solitaria*. Изменения происходили также и в БС, где на фоне уменьшения показателей диатомовых и эвгленовых водорослей, наблюдалась сукцессия на уровне основных групп. Так доминантной группой по показателям численности и биомассе были зеленые водоросли, составляющие 54% и 81%, субдоминантами сообщества, по показателям численности были синезеленые водоросли – 39%, а по биомассе – эвгленовые водоросли и составляли 10% соответственно. Доминантными были виды: зеленая *Oocystis solitaria* (пункт Норадус) и синезеленая *Dolichospermum/Anabaena flos-aquaе* (пункты Гилли и Цапатах). Для БС максимальные показатели численности и биомассы фитопланктона в летний период составляли 3 080 000 кл./л и 9.5 г/м<sup>3</sup> соответственно и наблюдались в пункте Гилли. Вероятно, массовое развитие цианобактерий на данной акватории, расположенной в устье р. Масрик, обусловлено сложившимися гидролого-гидрохимическими условиями т.к. реки приносят в приусьевые участки большое количество органических и минеральных веществ). Обобщая данные биотестирования показано генотоксическое и тератогенное действие исследуемых образцов оз. Севан в летний период на соматические клетки традесканции, которое выражается в достоверном повышении уровня рецессивных мутаций и морфологических нарушений типа НВ. Увеличение частоты формирования микроядер, как результат повреждения хромосом в период микроспорогенеза, свидетельствует о наличии кластогенного эффекта, оказываемого водными пробами озера на спорогенные клетки традесканции. Таким образом, по результатам обоих биотестов выраженное повышение уровня генотоксичности и кластогенности за исследуемый период свидетельствует о загрязненности воды оз. Севан химическими элементами и тяжелыми металлами (Ca, Na, K, Mg, Fe, Mo, Ni, Cr, Co, Cd), а также цианотоксинами, выделяемыми потенциально токсичными цианобактериями в тестируемых точках, с наибольшим уровнем рецессивных мутаций в водном образце Гилли, а по значениям БМС и НВ, а также по показателям микроядерного теста – в пробе Цапатах.

Следует отметить, что в результате биотестирования в образцах с акватории МС, несмотря на увеличение численности и биомассы фитопланктона, не зарегистрированы высокие уровни генетических параметров по сравнению с БС. Данный факт можно объяснить неодновременным цветением воды в БС и МС. Если рассматривать пространственно-временную динамику распространения фитопланктона по акватории оз. Севан, то начало цветения регистрируется вначале в БС, а затем – распространяется на МС. Так как водные образцы для исследования забираются одновременно, то, когда в БС уже заканчивается активная фаза цветения и начинаются процессы разложения фитопланктона, в МС наблюдается активная фаза цветения. Процесс эвтрофикации обусловлен повышенным содержанием биогенных веществ (минеральные и органические соединения фосфора, азота и др.), а после разложения микроводорослей, кроме биогенов в воде могут накапливаться также вторичные метаболиты цианобактерий, которые также потенциально токсичны. Кроме того, микроводоросли, после разложения не исчезают, а опускаются на дно озера, где конечным результатом их распада становится накопление органических веществ. Возможно, именно этим, наряду с наличием в воде цианотоксинов, обусловлен высокий уровень генетоксичности образцов из БС (особенно, в вариантах Гилли и Цапатах). По данным биоиндикационных исследований за период наблюдений основными группами фитопланктона оз. Севан были: Cyanophyta (синезеленые водоросли) и Chlorophyta (зеленые водоросли), наблюдалось угнетение развития Bacillariophyta (диатомовые водоросли). Также отмечены значительные изменения количественных показателей и качественного состава фитопланктона, непредсказуемые флуктуации и участившееся цветение потенциально токсичных видов цианобактерий в пунктах гидроэкологического мониторинга. Максимальные показатели по численности и биомассе фитопланктона в летний период на участке МС наблюдались в пунктах: Дмодельный и Шоржа, а на участке БС – Гилли и Цапатах. Различия наблюдаемых эффектов, повидимому, обусловлены неравномерностью бытовых и техногенных нагрузок, изменениями физико-химических показателей воды вследствие эвтрофикации, а также суммарным токсическим действием всего комплекса загрязняющих веществ, что могло привести к повышению уровня генетических эффектов в исследуемых водных образцах, а также к накоплению цианобактерий в водозаборных пунктах. Нахождение потенциально токсичных таксономических форм цианобактерий (синезеленая *Dolichospermum/Anabaena flos-aquae* и *D/A. circinales*) в пунктах Гилли и Цапатах является возможной причиной

увеличения генотоксичности воды на исследуемых участках. Но для более достоверной информации необходимо и целесообразно проведение дополнительного мониторинга на наличие других более токсичных компонентов в воде Севана (особенно, хлорорганических поллютантов и стойких органических загрязняющих веществ – СОЗ), поступающих с водостоком реки Масрик, загрязненной биогенными веществами, устье которой находится рядом с пунктом водозабора Гилли, а также – с коммунально-бытовыми и сельскохозяйственными стоками с близлежащих прибрежных территорий БС

### **. Выводы**

.Увеличение биогенного загрязнения экосистемы оз. Севан привело к неблагоприятным изменениям в фитопланктоне: рост биомассы, увеличение в составе сообщества потенциально токсичных цианобактерий и частых цветений, что наряду с другими показателями указывает на наличие процессов эвтрофирования. В целом, произошло ухудшение показателей качества воды, возросли экологические и токсикологические риски (накопление цианотоксинов в воде) для всей лимносистемы. В связи с этим необходимо проводить постоянный мониторинг и регулирование антропогенной нагрузки на экосистему оз. Севан, приводящей к его эвтрофикации, особенно для веществ, формирующихся под действием природных и антропогенных факторов. Комплексные исследования по биотестированию и биоиндикации на основе генетического и гидробиологического мониторинга проводились в республике впервые, и в дальнейшем необходимо их продолжить для более эффективной и всесторонней оценки экологического состояния экосистемы.

### **Список литературы**

- 1.Гамбaryan L.P. Сезонная сукцессия фитопланктона в период повторного понижения уровня вод озера Севан: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Ереван, 2001. 24 с.
- 2.Китаев С.П. Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2007. 395 с.
3. Легович Н.А. О «цветении» воды оз. Севан // Экология гидробионтов озера Севан. 1979. № 17. С. 51–74.
- 4.Овсепян А.А., Гамбaryan L.P. Некоторые сведения о развитии фитопланкtonного сообщества озера Севан // Тр. Братск. гос. ун-та. Т. 2. Братск, 2013. С. 193–195.

5. Овсепян А.А., Гамбaryan Л.Р., Оганесян Р.О., Гусев Е.С. Планктонные водоросли озера Севан // Экология озера Севан в период повышения его уровня. Махачкала: Наука ДНЦ, 2010. С. 90–104.
6. US Geological Survey. Earth Explorer. URL: <https://earthexplorer.usgs.gov> (дата обращения: 25.05.2019)
7. Newcombe G., House J., Ho L., Baker P., Burch M. Management strategies for Cyanobacteria (Blue-Green algae): A guide for water utilities. Research Report 74. 2010.
8. Water Quality Research Australia Limited. URL: [www.wqra.com.au](http://www.wqra.com.au) (дата обращения: 27.05.2019).
9. Результаты комплексных исследований по Севанской проблеме. АН АрмССР. Институт водных проблем. Том I, II, III. Ереван. 1961-62 гг.
10. Narimanian V. The Sewage Treatment and Industrial Pollution Mitigation in Sevan Lake Water Reservoir. // Lake Sevan: Problems and Strategies of Action. Proceedings of the International Conference. Sevan, Armenia. 13-16 Oct. 1996.
11. Мониторинговые материалы Министерства охраны природы РА. 2000-2011, Интернет, <http://www.mnpiac.a>
12. Александрова В.В. Биотестирование как современный метод оценки токсичности природных и сточных вод. Нижневартовск: Изд-во Нижневарт. гос. ун-та, 2013. 119 с.
13. Алексеевский Н.И. Генетический анализ качества воды. Москва: Изд-во МГУ. География, 1993. 135с.
14. Арутюнян Р.М., Авалин Р.Э., Атоянц А.Л., Агаджанян Э.А., Габриелян Б.К. Биотестирование водных проб оз. Севан в период цветения воды и после обработки цеолитом с применением модельного тест-объекта // Доклады АН Армении. 2021. Т. 121. № 4. С. 294–301.
15. Гамбaryan Л.Р., Шахазизян И.В. Краткий определитель родов пресноводных водорослей. Ереван: Изд-во ЕГУ. 2014. 61 с.
16. Aghajanyan E., Avalyan R., Atoyan A., Khosrovyan A., Aroutiounian R. Assessing a Freshwater Ecosystem Using Tradescantia Model Test Object // Water, Air, & Soil Pollution. 2020. № 231(2). P. 231–244. DOI: 10.1007/s11270-020-4407-3
17. Hambaryan L., Khachikyan T., Ghukasyan E. Changes in the horizontal development of phytoplankton of the littoral of lake Sevan (Armenia) in conditions of water level fluctuations // Limnology and Freshwater Biology. 2020

## Гидрохимический состав притоков Телецкого озера

Игорь Акимов, 10 класс, БОУ РА «Республиканская гимназия им. В.К Плакаса», Республика Алтай

### Призер номинации «Вода и мир»

Руководитель: О.В. Кузнецова, лаборант

#### Аннотация

Воздействие человека на экосистему Телецкого озера и прилегающих территорий усиливается с каждым годом, поэтому актуальным является комплексное исследование и мониторинг вод Телецкого озера.

Цель исследования: изучить гидрохимические особенности природных вод Телецкого озера и его притоков

Методы исследования: капиллярный электрофорез, потенциометрический метод.

Данные, полученные в процессе исследования, позволяют понять особенности формирования химического состава воды Телецкого озера и пополнить данные экологического мониторинга.

Отбор проб воды для изучения химического состава проводили в летнюю межень 2021 года на мониторинговых стационарных участках Телецкого озера и его притоках.

Лабораторные исследования концентрации главных ионов ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ), соединений азота и фосфора ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ), осуществлялись методом капиллярного электрофореза.

Обобщение полученных результатов определения химического состава природных вод Телецкого озера и его притоков показало, что все воды делятся на несколько типов. В рамках рассматриваемой классификации большинство исследуемых вод относится к гидрокарбонатной натриево-кальциевой, пресной или ультрапресной. Воды южной части Телецкого озера и ее основного притока р.Чулышман характеризуются как гидрокарбонатные кальциево-натриевые, ультрапресные. Вода восточного притока р.Кыга отличается по своему химическому составу от остальных притоков и имеет формулу – гидрокарбонатная магниево-кальциевая, ультрапресная.

Химический состав поверхностных вод Телецкого озера и его основных притоков формируются под влиянием химического выветривания горных пород, которые преобладают над вкладом атмосферных осадков – талых вод ледников и снежников, а также атмосферного питания, имеющих низкую минерализацию. Особенности химического состава озерной воды и основных ее притоков позволяют считать ее слабоминерализованной (пресной и ультрапресной) мягкой нейтральной(слабощелочной) водой. Состав озерной воды создается под влиянием поверхностного стока и имеет промежуточный характер между составом вод его притоков. Отмечены различия в химическом составе вод западных и восточных притоков Телецкого озера. Эти различия выражаются в общей минерализации и некоторых других показателей для восточных притоков озера по сравнению с западными, что предположительно объясняется различными геохимическими особенностями их формирования и природными условиями водосборных бассейнов.

## Введение

Особо актуальны в настоящее время вопросы загрязнения окружающей среды. Не раз цитировались слова В.И. Вернадского о том, что хозяйственная деятельность человека по мере развития научно-технического прогресса становится мощной геологической силой, приводящей к глобальным изменениям. Вода - самая универсальная и самая важная среда миграции, это – «кровь» земной коры. Все природные воды связаны между собой, находятся в постоянном движении и обновлении, представляют единое целое - гидросферу Земли. Химический состав природной воды определяет предшествующая ему история, то есть путь, совершенный водой в процессе своего круговорота. Количество растворенных веществ в такой воде будет зависеть, с одной стороны, от состава тех веществ, с которыми она соприкасалась, с другой - от условий, в которых происходили эти взаимодействия. Влиять на химический состав воды могут следующие факторы: горные породы, почвы, живые организмы, деятельность человека, климат, рельеф, водный режим, растительность, гидрогеологические и гидродинамические условия и пр. (Родыгина В.Г. Курс геохимии: Учебник для вузов. - Томск: Р 617 Изд-во НТЛ, 2006.-288 с.: ил.).

**Актуальность работы:** Воздействие человека на экосистему Телецкого озера и прилегающих территорий усиливается с каждым годом, поэтому актуальным является комплексное исследование и мониторинг вод Телецкого озера.

**Объект исследования:** поверхностные притоки и акватория озера Телецкого.

**Предмет исследования:** гидрохимический состав вод озера и его притоков

**Цель исследования:** изучить гидрохимические особенности природных вод Телецкого озера и его притоков

Поставленная цель достигалась решением следующих задач:

1. Анализом гидрохимических показателей в поверхностных притоках;
2. Изучением особенностей пространственного распределения показателей химического состава воды Телецкого озера.

**Методы исследования:**

1. капиллярный электрофорез,
2. потенциометрический метод

**Практическая значимость исследования:**

Данные, полученные в процессе исследования, позволяют понять особенности формирования химического состава воды Телецкого озера и пополнить данные экологического мониторинга.

## Географическое положение и основные геоморфологические особенности региона

### Физико-географическое описание долины и котловины Телецкого озера

Озеро является уникальным природным объектом, его протяжённость более двухсот километров, среднее значение ширины 80 км (максимальное значение ширины около 150 км), высота над уровнем моря 1940 м. Водоем имеет склон в направлении северо-запада, что определяет высоты окружающих горных цепей с 3000-3350 м на юго-восточной части, а в направлении северо-запада уровень высоты достигает до 600-1300 м. Западную, а также северо-западную границу озера окружают высокие горные хребты: Курайский, Чихачева, Алтын-Ту и Сумультинский. В направлении юго-запада это место занимает хребет Айгулакский и Абаканский, а также хребтом Торот на северной границе. Указанные хребты представляют собой природными границами разделения с водными объектами: рек Чуей, Катуни, река Могенбурен, впадающийся в монгольское озеро Агит-Нур, с водопритоками Енесея, такими как Хемчиком, Чульчей, Большим Абаканом. Горные массивы и их водные ветви в большинстве случаев имеют направление с юго-востока на северо-запад, тем не менее на протяжении Телецкого озера также характерно направление на северо-восток и север [Алекин О.А. «Исследование озёр СССР»].

Озерная котловина занимает место на северо-западе, абсолютная высота составляет 435 м. В аспекте для озера Телецкого характерно клинообразная форма, складывающаяся из частей: северной, или широтной, километраж которой приблизительно 28 км; южной, или меридиональной, длиной 50 км. Стоит отметить, Телецкое озеро содержит небольшое количество заливов, к числу которых относятся Кыгинский и Камгинский. Усреднённые значение ширины водоема 2,9 км, при том что максимальное составляет 5,2 км.

В настоящее время насчитывается около 70 рек, а также порядка 150 прочих водных притоков, которые впадают в озеро Телецкое. Источником большей части водных масс, которые постоянно впадают в водную чашу озера, считается Чулышман. На долю этого водного пути приходится порядка 71% от общего количества всех впадающих притоков [Алекин О.А. «Исследование озёр СССР»].

Для озера характерна трапециевидная форма в Чулышманской долине, которая в свою очередь играет роль продолжения южной части Телецкого озера. Все значимые притоки стоит рассматривать как правобережные и левобережные.

К восточным притокам относятся: р. Камга, р. Корбу (малый и большой), р. Чечек напротив Яйлю, р. Кокши, р. Челюш, р. Кыга, р. Чири. К западным притокам относятся: р. Самыш, р. Чоодор, р. Чулышман, р. М. Чили, р. Б. Чили, начало оз. Телецкого (впадение Чулышмана) (см. рисунок 1).

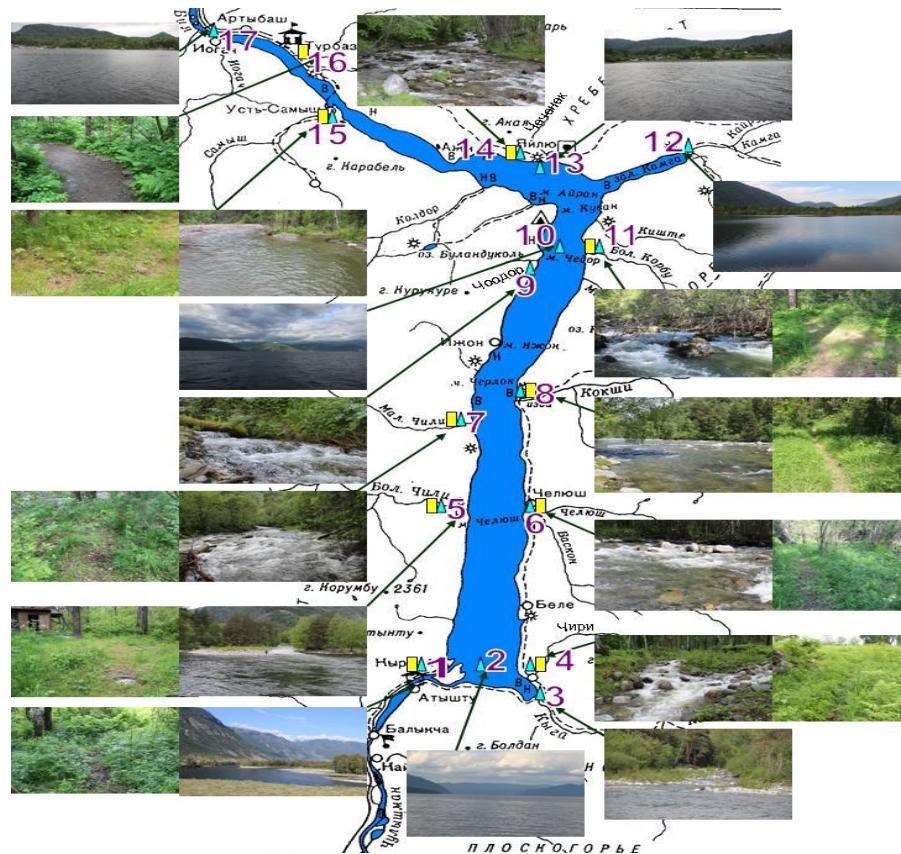


Рисунок 1- Карта-схема Телецкого озера

Все боковые притоки озера имеют свои характерные особенности, например, есть такие, которые не располагают сформировавшимся углублений в устье, по этой причине водные массы вливаются подобно водопадному потоку. Более массивные речные притоки направляются в озеро из каньонов, так как обладают сформировавшимися углубление [Селегей В.В., 1978].

Правобережные реки Кыга и Камга на расстоянии нескольких километров от места впадения в озерную котловину имеют характерные долины, в трапециевидном виде, вместе с тем, и они видоизменяются на корытообразную долину. Обеспечивание, приблизительно, на 30 % суммарного водного притока в о. Телецкое, из которых лишь 15,7 %, приходится на боковые притоки рек от общего количества водоснабжающего озерного бассейна, как следствие хорошей увлажненности. Стекание воды из озерной котловины производится всего одной рекой, под названием Бия.

### Поверхностный приток в Телецкое озеро

Поверхностный приток, образуется из притока по основной р. Чулышман и боковой приточности. Площадь бассейна, формирующего основной приток р. Чулышман,  $16600 \text{ км}^2$ , что составляет 84,3% всей площади бассейна озера ( $20\ 400 \text{ км}^2$  по истоку р. Бии). Сток с приустьевой части бассейна в  $174 \text{ км}^2$  не охвачен инструментальными замерами и определен

по среднему модулю стока близлежащих рек Чири и Большие Чили, период наблюдений на которых был приведен к длинному ряду по р. Чулышман. Площадь водосбора, с которого поступает боковой приток, составляет  $2970 \text{ км}^2$ , или 14,6% всей площади. Для горных районов наиболее четко выражена связь стока со средней высотой водосбора. Эта связь принята для определения притока в озеро. Количественно и качественно такую связь определяют: распределение осадков и снежного покрова по высоте, испарение с бассейна, распространение гольцов, залесенность, уклоны бассейна и рек, заболоченность, озерность, распределение по высоте почв и растительного покрова.

По величине и характеру водосбора, скорости течения, длине и ширине русла притоки Телецкого озера очень разнообразны, в таблице 1 приведены характеристики некоторых наиболее крупных. Многие мелкие притоки существуют только в периоды весеннего половодья или сильных дождей.

#### Характеристика основных притоков Телецкого озера

Таблица 1

Приток	Длина, км (1)	Площадь водосбора, $\text{км}^2$ (1)	Средняя высота водосбора, м	Уклон реки, %	Расход воды в летнюю межень, $\text{м}^3/\text{с}$ (2)
р. Чулышман	241	17200	2040	8,6	158
р.Кыга	43	512	1780	41	18,7
р.Челюш	13	63,5	1680	110	-
р.Кокши	37	456	1540	18	19,17
р.Б.Чили	48	423	1670	34	-
р.М. Чили	19	110	-	-	-
р.Б. Корбу	7,6	20,6	960	200	0,37
р.Камга	23	202	1040	31	0,2
р.Колдор	23	163	1200	44	2,14
р.Самыш	30	159	-	-	1,28

<sup>1</sup> по данным Селегей В.В.(1978), <sup>2</sup> по данным Алекина О.А.(1934)

Самой крупной рекой является Чулышман, и его притоки реки Башкаус, Шавла и Чульча, на которой находится самый большой на Алтае водопад – Чульчинский(Учар). Истоком р. Чулышман является озеро Джулукуль, расположенное на высоте 2176 м над у.м. Средняя высота водосбора – 2040 м над у.м. Почти на всем протяжении река имеет врезанное русло и протекает по узкой долине. В трех километрах от устья р. Чулышман разделяется на два рукава, которые уже не соединяясь, впадают в озеро, образуя дельту, с многочисленными песчаными островками и косами (Алекин О.А., 1934)

(рис .1). Питание Чулышмана смешенное с преобладанием снегового.



Рис. 1 .Дельта р.Чулышман. Вид с горы Алтын-Ту

Река Кыга – один из больших (после Чулышмана) притоков Телецкого озера. Ее длина 43 километров. Впадает Кыга в юго-восточную часть озера, образуя Кыгинский залив. Долина реки в приустьевой части расширяется до одного километра, ее правые притоки берут начало на склонах Абаканского хребта, левые - на северных отрогах Чулышманского плоскогорья. Верховье реки изобилует лесами. В бассейне Кыги найдены руды с содержанием меди.

При впадении в озеро Кыга образует покрытую песчаными наносами обширную дельту, напоминающую Чулышманскую. Берега у устья заросли мелким кустарником и небольшим хвойным лесом.

Река Челюш впадает в озеро на восточном берегу южной части. Средняя высота водосбора – 1680 м над у.м. При впадении в озеро разбивается на ряд рукавов с валунно-галечниковым дном.

Река Кокши протекает по глубокой покрытой густым лесом долине между Абаканским хребтом и хребтом Корбу. Средняя высота водосбора – 1540 м над у.м. В нижнем течении река образует пороги и перекаты. При впадении в озеро р. Кокши разбивается на два рукава, образуя остров из валунов и галечника.

Река Бол.Чили является самым крупным левым притоком Телецкого озера. Стремительно, с шумом вырывается она из глубокого ущелья, разделяющего горы Алтын-ту и Каракорум. Длина 48 километров на всем протяжении она бурная, порожистая. Долина завалена камнями, покрыта тайгой и поэтому труднопроходима.

Река М. Чили впадает в озеро с западного берега центральной части озера. Истоки реки

лежат в горах, средняя высота водосбора – 1470 м над у.м. Река впадает в озеро по ущелью с большим уклоном.

Река Б. Корбу – приток восточного побережья озера. Питание реки, преимущественно, снеговое. В 100 м от устья на реке находится водопад, высотой 12,5 м, средняя высота водосбора – 960 м над у.м. Устье реки неширокое с валунно-галечниковыми грунтами.

Река Камга берет начало у Абаканского хребта. В верховьях скорость течения реки высокая, грунт – каменистый (Селегей В.В., 1978). В низовьях скорость течения небольшая, грунт, преимущественно песчаный, берега местами заболоченные или поросшие смешанным лесом. В районе устья и часть залива в районе впадения реки мелководны и на 90% покрыты растительностью. В дельте р.Камга находится самый высокий (20 м) в окрестностях оз.Телецкого водопад Б.Шалтан.

Река К coldор впадает в озеро с южного берега широтной части озера, образуя несколько рукавов и заболоченную дельту. На всем протяжении реки берега покрыты густым хвойным лесом. В нижнем течении река образует большую приусьевую долину, заросшую смешанным лесом. В приусьевой части скорость речения невысокая, ширина русла около 10-15 м, дно песчаное с небольшими валунами, глубина около 0,5 м, с отдельными промоинами в русле до 1,5 м.

Река Самыш, по величине расхода воды (табл.1), один из значительных притоков Телецкого озера, длиной 30 км, берет начало в горах и протекает по относительно ровной, окруженной горами лесистой долине. При впадении в озеро, река разбивается на несколько рукавов, образуя обширную песчаную дельту с большим количеством островков, покрытых ивами и мелким кустарником. В районе устья дно песчаное с мелкой галькой.

Таким образом, большинство притоков Телецкого озера являются порожистыми и бурными, в устьевой части образуют конусы выноса, состоящие из несортированного материала (песка, гравия, встречаются большие валуны). Конусы выносов этих рек не обновляются, а даже подвергаются частичному разрушению.

Реки Чулышман, Камга, Кыга текут в широких долинах, имеют относительно небольшие уклоны, V - образную форму. Они выносят в озеро много аллювия и обмеляют Телецкий водоем на значительное расстояние. Дельта Чулышмана начала вдаваться в озеро так же как дельта р.Самыш. За береговой полосой рек Камга и Кыга имеются заболоченные участки.

Максимальное количество твердых осадков выпадает на высоте 1300—1600 м, жидких — на высоте 1600—1900 м. Доля снегового питания в бассейне Телецкого озера составляет

55—60%, дождевого—15—25%. Таким образом, средний годовой максимальный модуль стока приходится на высоту 1500—1700 м [Сухова М.Г. «Климат и рекреационно-климатические ресурсы котловин Алтая-Саянской горной страны»].

### Метод капиллярного электрофореза

**Капиллярный электрофорез** - интенсивно развивающийся метод разделения сложных смесей, позволяющий анализировать ионные и нейтральные компоненты различной природы с высокой экспрессностью и уникальной эффективностью. Его принцип заключается в разделении исследуемой пробы на компоненты в длинном капилляре с электролитом. Под действием высокого напряжения в капилляре создается электроосмотический поток, в котором компоненты пробы, двигаясь с различной скоростью, разделяются и детектируются виде узких пиков, площадь которых пропорциональна концентрации. Анализ выполнен на системе «Капель 105-М» по методикам.



### Потенциометрический метод анализа

Потенциометрия — электрохимический метод анализа, основанный на определении концентрации электролитов путем измерения потенциала электрода, погруженного в исследуемый раствор. Она является селективным количественным методом анализа. Метод потенциометрического измерения концентрации ионов в растворе основан на измерении разности электрических потенциалов двух специальных электродов, помещенных в испытуемый раствор, причем один электрод — вспомогательный — в процессе измерения имеет постоянный потенциал. Различают прямую и косвенную потенциометрию, или потенциометрическое титрование. Одно из главных преимуществ этого метода — возможность раздельного определения ряда близких по свойствам компонентов одного и

того же раствора. Достоинствами потенциометрического метода измерений являются также его высокая точность и чувствительность. Сбор данных, анализ полученных электрофорограмм и расчеты по калибровочным кривым выполнены в пакете для обработки хроматографических данных «МультиХром для Windows», водородный показатель – потенциометрией на иономерерН-105М, минерализацию – расчетом по сумме ионов.



### Анализ и вывод по полученным результатам

Отбор проб воды для изучения химического состава проводили в летнюю межень 2021 года на мониторинговых стационарных участках Телецкого озера и его притоках.

Лабораторные исследования концентрации главных ионов ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ), соединений азота и фосфора ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ), осуществлялись методом капиллярного электрофореза.

Миграция химических элементов во многом зависит от кислотности - щелочности воды как растворителя. Вода, как известно диссоциирует по схеме  $\text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}^+ + \text{OH}^-$

Величина pH воды это показатель ее качества. Концентрация ионов водорода имеет большое значение для химических и биологических процессов, происходящих в природных водах. Развитие и жизнедеятельность водных растений, устойчивость различных форм миграции элементов зависят от величины pH.

Значение pH в речных водах обычно варьирует в пределах 6,5-8,5, в незагрязненных атмосферных осадках около 5,6, в болотах 4,5-6,0, в морских водах 7,9-8,3 (Линник, П.Н. Формы миграции металлов в пресных поверхностных водах / П.Н. Линник, Б.И. Набиванец. Ленинград: Гидрометиздат, 1986. – 270 с.).

Средние значения показателей pH озерной воды (7,6) в целом совпадают с их величинами для воды основных притоков озера (7,8). Это указывает на тесную связь вещественного состава озерной и речной воды, обусловленную ведущей ролью поверхностного стока в питании Телецкого озера (рис. 2).

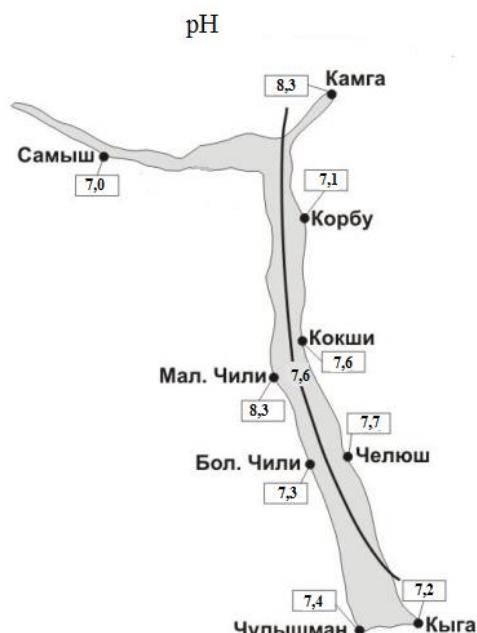


Рисунок-2 Уровни pH воды основных притоков Телецкого озера

Для некоторых притоков Телецкого озера реакция pH среды сдвинута в сторону щелочной реакции. Наибольшие значения выявлены в притоках р. М. Чили, Камга (8,3), р. Чоодор (7,9). Повышенные значения pH приурочены к различными геохимическими особенностями их формирования и природными условиями водосборных бассейнов – большой длине притоков, более пологих профилях долин, к мелким и относительно врезанным заливам, их большей залесенности, что способствует развитию водной растительности и организмов. Изменения pH тесно связаны с жизнедеятельностью водных организмов,

процессами фотосинтеза (при потреблении  $\text{CO}_2$  водной растительностью высвобождаются ионы  $\text{OH}^-$ , что дает щелочную реакцию среды).

Природные воды в зависимости от величины pH принято делить на семь групп. Воды Телецкого озера и его притоков можно отнести к нейтральным (6,5-7,5) или слабощелочным (7,5-8,5).

В водных растворах подавляющее большинство солей существует в виде ионов. В природных водах преобладают три аниона (гидрокарбонат  $\text{HCO}_3^-$ , хлорид  $\text{Cl}^-$  и сульфат  $\text{SO}_4^{2-}$ ) и четыре катиона (кальций  $\text{Ca}^{2+}$ , магний  $\text{Mg}^{2+}$ , натрий  $\text{Na}^+$  и калий  $\text{K}^+$ ) - их называют главными ионами.

Разное питание притоков, влияют на неоднородность состава воды и выражаются в разбросе значений содержания главных ионов и соответственно минерализации (рис. 3)



Уровень минерализации всех исследованных притоков можно разделить на несколько группы рек, протекающих на различных участках со своими геохимическими особенностями их формирования и обусловленными различными природными условиями водосборных бассейнов, что соответственно влияет на неоднородность состава воды. Реки с невысоким содержанием основных ионов  $27,6 - 37,1 \text{ мг/дм}^3$  – восточные притоки (р. Чири, р. Челюш, р. Кокши, р. Корбу) , стекающие со склонов гор, состоящих из трудноразрушаемых пород без известняков. Вторая группа исследуемые нами притоки минерализация, которых близка к Телецкому озеру – ( $77,4 - 116,1 \text{ мг/дм}^3$ ) – это реки, протекающие среди наносных пород, иногда содержащих известняки, с высоким содержанием карбонатов. Третья группа рек (Чеченек и Колдор) протекает в пределах селитебных зон и участков массовой рекреации, отличается от вышеотмеченных притоков более высокой минерализацией (до  $0.2 \text{ г/дм}^3$ ), щелочностью, повышенным содержанием кальция, щелочей, сульфатов. В целом минерализация поверхностных вод Телецкого озера определяется смешиванием всех притоков.

Для того, чтобы наглядного показать химический состав вод используется формула Курлова, которая представляет собой псевдодробь, в числителе которой слева направо записывают анионы в процент - эквивалентах в порядке их убывания, а в знаменателе в том же порядке – катионы. По формуле Курлова дается название воды. В него включают все ионы (сначала анионы, затем катионы), содержание которых превышает 25%.

Обобщение полученных результатов определения химического состава природных вод Телецкого озера и его притоков показало, что все воды делятся на несколько типов таблица 2.

Таблица 2

	Название образца	Расчет по формуле Курлова	Характеристика воды

Восточные притоки			
	р.Кыга	$M_{0,1} = \frac{HCO_3(87)[SO_4(8)]}{Ca(52)Na(35)[Mg13]}$	Гидрокарбонатная натриево-кальциевая, пресная
	р. Чири	$M_{0,06} = \frac{HCO_3(90)}{Na(90)[Ca(7)]}$	Гидрокарбонатная натриевая, ультрапресная
	р. Челюш	$M_{0,07} = \frac{HCO_3(74)[SO_4(12)]}{Na(81)[Ca(15)]}$	Гидрокарбонатная натриевая, ультрапресная
	Р.Кокши	$M_{0,07} = \frac{HCO_3(74)[SO_4(13)]}{Na(87)[Ca(9)]}$	Гидрокарбонатная натриевая, ультрапресная
	р. Корбу	$M_{0,06} = \frac{HCO_3(79)[SO_4(11)]}{Na(91)[Ca(7)]}$	Гидрокарбонатная натриевая, ультрапресная
	р.Камга	$M_{0,07} = \frac{HCO_3(84)}{Ca(79)Mg(21)}$	Гидрокарбонатная магниево-кальциевая, ультрапресная
	р. Чеченек(Яйлю)	$M_{0,17} = \frac{HCO_3(93)}{Ca(70)[Mg(22)Na(8)]}$	Гидрокарбонатная кальциевая, пресная
Западные притоки			
1	р. Чулышман	$M_{0,09} = \frac{HCO_3(91)[SO_4(6)]}{Na(53)Ca(35)[Mg(12)]}$	Гидрокарбонатная кальциево-натриевая, ультрапресная
2	р. Б.Чири	$M_{0,1} = \frac{HCO_3(96)}{Ca(57)Na(27)}$	Гидрокарбонатная натриево-кальциевая, пресная
3	р. М.Чили	$M_{0,07} = \frac{HCO_3(87)[SO_4(5)]}{Ca(87)[Mg(13)]}$	Гидрокарбонатная кальциевая, ультрапресная
4	р. Чоодор	$M_{0,11} = \frac{HCO_3(88)[SO_4(6)]}{Ca(68)[Na(19)Mg(13)]}$	Гидрокарбонатная кальциевая, пресная
5	р. Самыш	$M_{0,1} = \frac{HCO_3(96)}{Ca(56)Na(33)[Mg11]}$	Гидрокарбонатная натриево-кальциевая, пресная
Телецкое озеро			

	начало оз. Телецкого (впадение Чулышмана)	$M_{0,09} = \frac{HCO_3(88)}{Na(55)Ca(33)}$	Гидрокарбонатная кальциево-натриевая, ультрапресная
	середина оз. Телецкого	$M_{0,13} = \frac{HCO_3(82)}{Ca(51)Na(31)}$	Гидрокарбонатная натриево-кальциевая, пресная
	оз. Телецкое напротив Яйлю	$M_{0,1} = \frac{HCO_3(89)[SO_4(6)]}{Ca(52)Na(29)[Mg(17)]}$	Гидрокарбонатная натриево-кальциевая, пресная
	устье оз. Телецкого	$M_{0,12} = \frac{HCO_3(90)}{Ca(46)Na(40)}$	Гидрокарбонатная натриево-кальциевая, пресная

В рамках рассматриваемой классификации большинство исследуемых вод относится к гидрокарбонатной натриево-кальциевой, пресной или ультрапресной. Воды южной части Телецкого озера и ее основного притока р.Чулышман характеризуются как гидрокарбонатные кальциево-натриевые, ультрапресные. Вода восточного притока р.Кыга отличается по своему химическому составу от остальных притоков и имеет формулу – гидрокарбонатная магниево-кальциевая, ультрапресная.

### Заключение

Химический состав поверхностных вод Телецкого озера и его основных притоков формируются под влиянием химического выветривания горных пород, которые преобладают над вкладом атмосферных осадков – талых вод ледников и снежников, а также атмосферного питания, имеющих низкую минерализацию. Особенности химического состава озерной воды и основных ее притоков позволяют считать ее слабоминерализованной (пресной и ультрапресной) мягкой нейтральной(слабощелочной) водой. Состав озерной воды создается под влиянием поверхностного стока и имеет промежуточный характер между составом вод его притоков. Отмечены различия в химическом составе вод западных и восточных притоков Телецкого озера. Эти различия выражаются в общей минерализации и некоторых других показателей для восточных притоков озера по сравнению с западными, что предположительно объясняется различными геохимическими особенностями их формирования и природными условиями водосборных бассейнов.

### **Список используемой литературы.**

1. В.В. Селегей, Т.С. Селегей. Телецкое озеро (1978)
2. Линник, П.Н. Формы миграции металлов в пресных поверхностных водах / П.Н. Линник, Б.И. Набиванец. Ленинград: Гидрометиздат, 1986. – 270 с.).
3. Родыгина В.Г. Курс геохимии: Учебник для вузов. - Томск: Р 617 Изд-во НТЛ, 2006.- 288 с.: ил.).
4. [https://studme.org/242242/tehnika/potentsiometricheskiy\\_metod\\_analiza-](https://studme.org/242242/tehnika/potentsiometricheskiy_metod_analiza-)
5. [https://www.lumex.ru/methods/kapillyarnyij\\_elektroforez.php](https://www.lumex.ru/methods/kapillyarnyij_elektroforez.php)
6. Сухова М.Г. «Климат и рекреационно-климатические ресурсы котловин Алтая-Саянской горной страны
7. В.В. Селегей, Т.С. Селегей. Телецкое озеро (1978)

## **Качество воды из разных источников д.Заречье**

*Григорий Исаков, 8 класс, ГУДО РК «Республиканский центр экологического образования», Республика Коми*

### **Призер номинации «Вода и мир»**

*Руководитель: И.И. Исакова, педагог дополнительного образования*

## **Аннотация**

Качество питьевой воды имеет огромное значение. Она должна быть безопасной!

Исследованием качества воды источников д.Заречье никто не занимался.

**Цель:** определить качество воды из различных источников д.Заречье Усть-Вымского района Республики Коми.

Автором был произведён забор 7 проб из основных источников воды: трёх колодцев, две пробы из оз.Тыва и канавы. Произведён анализ этих проб органолептическим и инструментальным методами. Выяснилось, что только пять проб соответствуют нормам СанПин. Воду из колодца около д.12 и канавы употреблять в пищу не рекомендуется. Результаты исследования доведены до сведения жителей деревни, воду колодца д.12 стали использовать только для хозяйственных нужд.

## Введение

Вода играет огромную роль в жизни людей, поскольку её доля в организме человека составляет около 70%. Все важнейшие процессы жизнедеятельности организма проходят в водных растворах. Поэтому огромное значение имеет качество питьевой воды, которая используется для питья и приготовления пищи. Она должна быть безопасной! В ней не должно быть вредных веществ. В деревне Заречье есть 6 мест для добычи воды: озеро Тыва, канава, четыре колодца. Исследованием качества воды этих источников никто не занимался.

Целью работы является: определить качество воды из различных источников д.Заречье Усть-Вымского района Республики Коми.

Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи:

1. Изучить нормативы показателей для питьевой воды
2. Произвести забор воды из основных источников в д. Заречье и сделать анализ их показателей.
3. Дать сравнительную характеристику изученных источников

Объект исследования: вода из основных источников д.Заречье.

Предмет исследования: качество воды.

Методы исследования:

- теоретические (анализ литературы и результатов эксперимента);
- практические (анализ проб воды).

Материально-техническое обеспечение: исследование проводилось силами автора проекта, а также его родителей и педагога с использованием материальной базы ГУДО РК «РЦЭО», специальных финансовых вложений не требовалось.

Место проведения исследования: д.Заречье Усть-Вымского района Республики Коми.

Сроки проведения исследования: сентябрь 2021 г – октябрь 2022 г

# Глава 1. Обзор литературы

## 1.1 Питьевая вода. Её основные характеристики.

Вода, соответствующая нормам питьевого водоснабжения по радиационным, бактериологическим, органолептическим и обобщённым показателям, а также по содержанию токсичных химических веществ, называется питьевой водой. Качество питьевой воды контролируется специально разработанными методами, при этом численные значения показателей исходной воды сравниваются с нормативными.

Основным документом, определяющим гигиенические требования к качеству питьевой воды централизованных систем водоснабжения, являются СанПиН 2.1.4.1074-01 (Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водопользования). Документ предоставляет численные значения микробиологических, паразитологических, органолептических, радиологических и химических показателей, являющихся критериями качества питьевой воды. [1]

Согласно этому документу, питьевая вода должна быть прозрачной, без неприятного запаха и вкуса (до 2 баллов), водородный показатель в пределах 6-9, общая жёсткость 7 (для колодезной воды допустима 10) [2]. Определение мутности, вкуса и запаха проводится согласно ГОСТ Р 57164-2016 [3]

## 1.2. Характеристика района исследования.

Деревня Заречье расположена на левом берегу р.Вычегды на территории Усть-Вымского района Республики Коми (фото 1, 2). Географические координаты 62.202325, 50.030727

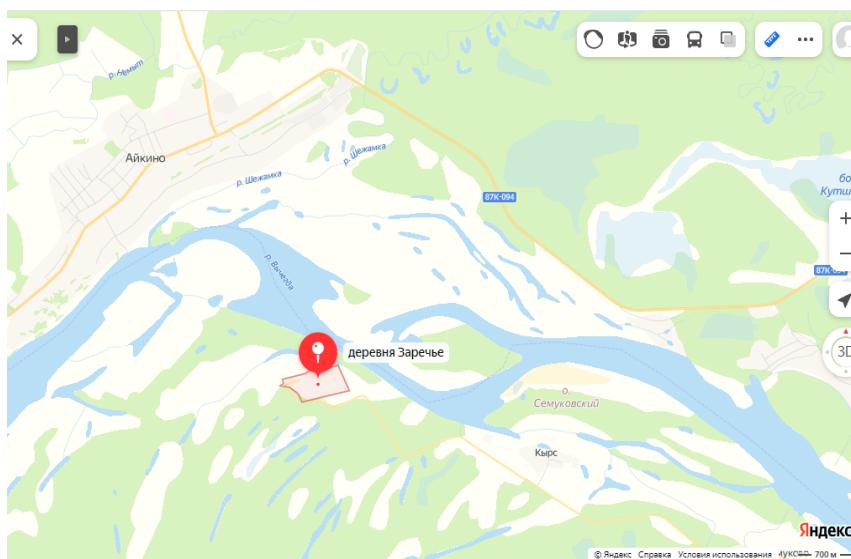


Фото 1. Деревня Заречье (Яндекс Карты)



Фото 2. Фотография со спутника д.Заречье (Яндекс Карты).

Климат умеренно континентальный, рельеф равнинный. На территории деревни находится пойменное оз.Тыва, ежегодно заливаемое во время половодья и соединяющееся в этот период с р.Вычегдой несколькими протоками.

На данный момент постоянно (круглогодично) в деревне проживает 3 человека, более 25 человек приезжают периодически («дачники»).

## Глава 2. Методика проведения исследования

Забор воды был осуществлён 19 сентября 2021 г. из источников воды, используемых населением деревни. Всего было взято 7 проб: №1- оз.Тыва (причал), №2- оз.Тыва (местечко Нырд), №3 - колодец около д.4, №4 - колодец около д.20, №5 – колодец около д.12, №6 - колодец около д.22, №7 – осушительная канава (фото 3) (фото 1-6 приложения). Пробы были отобраны в чистые стеклянные банки с плотно завинчивающимися крышками объёмом 250 мл. Анализ по вкусу, запаху, прозрачности, цвету был сделан сразу же, а измерение pH и электропроводности было произведено на следующий день по прибытию в г. Сыктывкар (что допускается ГОСТ 31861-2012) [4].



Фото 3. Места взятия проб (Яндекс Карты).

Анализ запаха, вкуса, цветности производился органолептическими методами согласно шкалам, представленным в таблицах 1 - 3. [3], [5]

Таблица 1

Шкала определения запаха

Баллы	Интенсивность запаха	Характер проявления запаха
0	Нет	Отсутствие ощутимого запаха
1	Очень слабая	Запах очень слабый
2	Слабая	Запах слабый и не вызывает неодобрительного отзыва о воде
3	Заметная	Запах легко замечается и вызывает неодобрительный отзыв о воде
4	Отчётливая	Запах отчётливый, вызывает неодобрительный отзыв о воде и заставляет воздержаться от питья
5	Очень сильная	Запах настолько сильный, что делает воду непригодной к употреблению

Таблица 2

## Шкала определения вкуса и привкуса

Баллы	Интенсивность вкуса и привкуса	Характер проявления вкуса и привкуса
0	Нет	Вкус и привкус не ощущаются
1	Очень слабая	Вкус и привкус очень слабые
2	Слабая	Вкус и привкус слабые и не вызывают неодобрительного отзыва о воде
3	Заметная	Вкус и привкус легко замечаются и вызывают неодобрительный отзыв о воде
4	Отчётливая	Вкус и привкус отчётливые, вызывают неодобрительный отзыв о воде и заставляют воздержаться от питья
5	Очень сильная	Вкус и привкус настолько сильные, что делают воду непригодной к употреблению

Таблица 3

## Характеристика воды по цветности

Цветность	Единицы измерения, градус платино-кобальтовой шкалы
Очень малая	До 25
Малая	Более 25 до 50
Средняя	Более 50 до 80
Высокая	Более 80 до 120
Очень высокая	Более 120

Измерение pH и электропроводности производилось датчиками набора для экологического мониторинга «Экопатруль» (фото 7-8 приложения). Поскольку в СанПин нет норматива электропроводности, был произведен расчёт норматива по калибровочной кривой жёсткости воды [6, с. 80]: 285,8 (360) мкСм/см

Все полученные данные заносились в таблицу.

## Глава 3. Результаты исследования

Результаты измерений занесены в таблицу 4, а также отражены в рис. 1-4.

Таблица 4

### Результаты анализа проб

№ Пробы	Цвет, градусы цветности	Прозрачность	Вкус, баллы	Запах, баллы	pH	Электропро- водность, мСм/см
1	Светло жёлтый, до $25^0$	Прозрачная	1	0	9,5	0
2	Светло жёлтый, до $25^0$	Прозрачная	1	0	7,6	0
3	Бесцветный, до $25^0$	Прозрачная	2	0	6,7	0,11
4	Бесцветный, до $25^0$	Прозрачная	2	0	7,5	0,09
5	Светло коричневый, до $25^0$	Мутная	4	0	7	0,1
6	Светлый, до $25^0$	Прозрачная	2	0	8	0,08
7	Светло коричневый, до $25^0$	Слегка мутная	3	4	7,5	0,03
Норма	до $35^0$	Прозрачная	2	2	до 10	до 0,36



Рис.1 Оценка вкуса воды.



Рис.2 Оценка запаха воды.



Рис. 3. Оценка водородного показателя воды



Рис.4 Оценка электропроводности воды.

Как видно из таблицы и гистограмм (рис.1-4), вода проб №1-4, 6 соответствует нормативным показателям СанПин и может быть использована для питья, вода проб №5 и 7 не соответствует нормам по мутности, запаху и вкусу и не может быть использована для питания.

## Выводы

На основании проделанной работы были сделаны следующие выводы:

- Согласно действующим нормам СанПин питьевая вода должна быть прозрачной, без неприятного запаха и вкуса (до 2 баллов), водородный показатель в пределах 6-9, общая жёсткость 7 (для колодезной воды допустима 10).
- Вода из оз.Тыва, а также из колодцев около д. 4, д.20 и д.22 может быть использована для питья.
- Воду из колодца около д. 12 и из канавы нельзя употреблять в пищу, т.к. она не соответствует санитарно-гигиеническим нормам.

## Заключение

Данные, полученные в результате этого исследования, были донесены до сведения жителей деревни. Буклет по результатам исследования с рекомендациями по водосбережению для жителей деревни (рис.5) размещён в группе д.Заречье ([https://vk.com/club60680030?w=wall-60680030\\_375%2Fall](https://vk.com/club60680030?w=wall-60680030_375%2Fall)) и на страничке в ВК ([https://vk.com/id85757139?w=wall85757139\\_1873%2Fall](https://vk.com/id85757139?w=wall85757139_1873%2Fall)). Вода из колодца около д.12 больше не используется для питания, а только для хозяйственных нужд. Хозяин д.12 принял решение о строительстве нового колодца и приступил к его осуществлению.

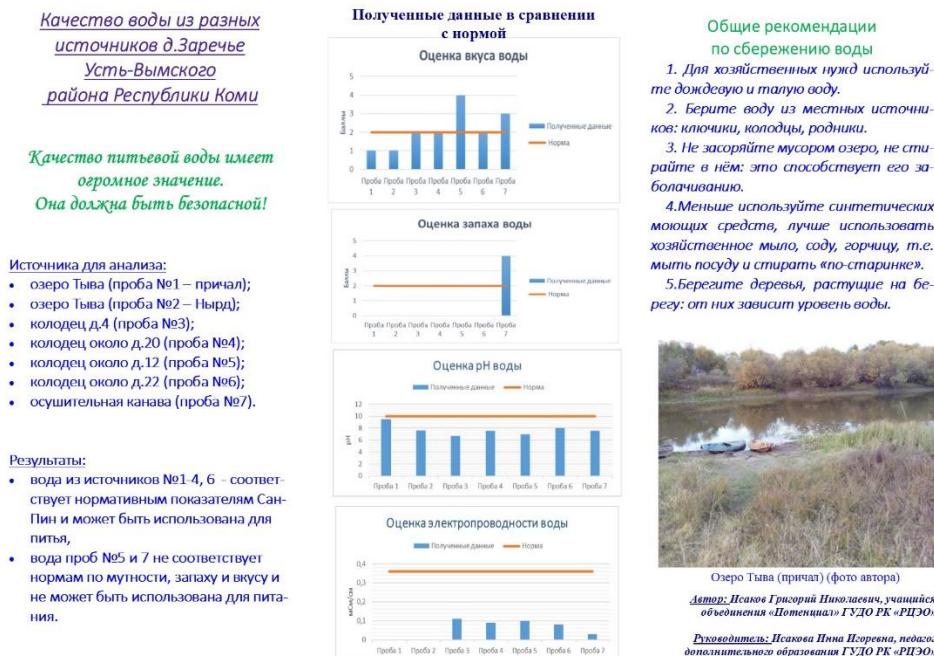


Рис.5. Буклет по результатам исследования с рекомендациями по водосбережению для жителей деревни.

## Список литературы:

1. Питьевая вода. Что это значит? - <http://water2you.ru/articles/prochies-materialy/pitevaya-voda/> (дата обращения 27.09.2022 г 16:41)
2. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. - <https://eng-eco.ru/upload/iblock/f62/f62518fef27847ef31fcc40c3543b2a5.pdf> (дата обращения 4.10.2022 г 15:55)
3. ГОСТ Р 57164-2016 Методы определения запаха, вкуса и мутности. - <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293751/4293751153.pdf> (дата обращения 4.10.2022 г 16:08)
4. ГОСТ 31861-2012 Вода. Общие требования к отбору проб - <https://docs.cntd.ru/document/1200097520?marker=7D20K3> (дата обращения 4.10.2022 г 16:10)
5. Определение цветности сточной, водопроводной и питьевой воды <https://vistaros.ru/stati/analizatory/opredelenie-tsvetnosti-vody.html> (дата обращения 11.10.2022 г 15:35)
6. Хомченко И.Г., Трифонов А.В., Разуваев Б.Н. Современный аквариум и химия. – Владимир: изд-во «Новая Волна». 1997 г. – 119 с.

## Приложение



Фото 1. Озеро Тыва (причал) (фото автора).



Фото 2,3. Озеро Тыва (местечко Нырд) (фото автора).



Фото 4. Колодец около д.4 (фото автора).



Фото 5. Колодец около д.12 (фото автора).



Фото 6. Колодец около д.22 (фото автора).



Фото 7. Набор для экологического мониторинга «Экопатруль» (фото автора).



Фото 8. Измерение pH (фото автора).

**Эко-раковина. Инновационная технология использования воды***Яран Худайбердиев, 2 курс, Туркменский сельскохозяйственный университет имени С.А.**Ниязова, кафедра «Бухгалтерский учёт и аудит сельского хозяйства», факультет**«Экономика и управление сельского хозяйства», Республика Туркменистан***Победитель номинации «Лучший инновационный проект»***Руководитель: М.А. Пириев, проректор по научной работе***Аннотация**

В настоящее время у жителей современных городов и посёлков активно наблюдается тенденция неэффективного использования воды. Если прислушаться к статистике, около 300 литров воды в день потребляется одним человек, среди которых 13 литров и больше он использует неэффективно (подразумевается вода, которая была затрачена в процессе мытья овощей, фруктов, зелени и т.п., в целом, вода, в которую не были добавлены никакие химические средства).

В данной работе приведена авторская инновационная технология управления водными средствами в быту, а также цели и ожидаемые результаты, методы исследований, которые были применены в процессе изучения, материалы и источники литературы, в заключении, результаты исследований, касаюоо этого проекта.

Сутью проекта является введение ново изменений в конструкцию раковины, а именно, внедрение механического рычага, контролирующего поворот заслонки, которая сортирует воду, а сама вода в дальнейшем будет направлена в резервуар.

Намеченными целями и ожидаемыми результатами моего проекта являются:

1) Повышение продуктивности воды и земли. 2) Охрана и рациональное использование воды. 3) Стимулировать пользователей (жители посёлков городского типа, домов с участком земли, садоводы, земледельцы, отели и т.д.) на использование водосберегающих систем. 4) Разрабатывать и испытывать новые модели и инструменты по управлению водой. 5) Получение прибыли из проекта.

Методы научного исследования, которые были применены в изучении данного проекта: Опрос. Была выявлена проблема неэффективного использования воды жителями городов, посёлков и т.д. Сравнение. Воспользовавшись статистическими данными из международных источников был проведён анализ данных. Инженерно-конструктивный метод. Были проведены несколько исследований в области определения наилучшего варианта конструкции (чертежа) «Эко-раковины». Биохимический анализ воды. В лаборатории был определён биологический и химический состав воды в канализации, а также воды в резервуаре после её использования. Были также определены сроки хранения (период пригодности ко вторичному использованию) воды, а также её составляющих: запах и т.п. Эксперимент. Для проведения эксперимента были внедрены несколько «Эко-раковин» в дома студентов ТСХУ, проживающих в семейных общежитиях.

Создание такого вида эко-раковины:

1) Отдаст приоритет долгосрочным решениям вместо краткосрочных. 2) Будет уделять внимания аспектам климатической устойчивости и адаптации. 3) Вовлечет частный сектор и заинтересованные стороны. 4) Будет повышать экологическую образованность.

## Введение

Жители современных городов привыкли к бесперебойной подаче воды в своей жизни. В настоящее время в комфортных условиях порой создаётся ложное ощущение того, что столь важный источник жизни легко и на долгое время доступен каждому человеку.

Как мы знаем, в данное время, основными проблемами в экологическом и в водном секторе являются:

1. Неэффективное использование водных ресурсов
2. Дефицит пресной воды
3. Засоления земель из-за чрезмерного расхода воды для орошения
4. Ухудшения качества воды
5. Использование традиционных видов орошения
6. Нехватка финансов на проекты в отношении всех компонентов окружающей среды
7. Нецеленаправленные программы расходов
8. Недостаточная эффективность
9. Чрезмерное рассеяние ресурсов

Если прислушаться к статистике, около 300 литров воды в день потребляется одними человек, среди которых 13 литров и больше он использует неэффективно. Одна среднестатистическая семья, состоящая из 5 людей, тратит в день около 1500 литров, в месяц 45000 литров, а год этот объём может составить примерно 540000 литров воды. Опираясь на свои возможности, я попытался снизить критичность данной проблемы. И поэтому вашему вниманию предлагается новый эко-бизнес проект под названием «Экораковина».

Целями и задачами проекта являются:

1. Повышение продуктивности воды и земли.
2. Охрана и рациональное использование воды.
3. Стимулировать пользователей (жители посёлков городского типа, домов с участком земли, садоводы, земледельцы, отели и т.д.) на использование водосберегающих систем.
4. Разрабатывать и испытывать новые модели и инструменты по управлению водой.
5. Получение прибыли из проекта.

## Основной вопрос

В данной работе рассматриваются вопросы изучения неэффективного использования водных ресурсов, путём анализа водного хозяйства. Будет рассмотрено внедрение инновационного метода ИУВР населению Туркменистана и Центральной Азии. Также проводится анализ результатов исследования, показывающих эффективность внедрения ИУВР. Исследование сосредоточено на рассмотрении решения вопросов, связанных с продвижением подхода WEFE Nexus. В добавок, продвижение исследования взаимосвязи отраслей вода-сельское хозяйство-окружающая среда.

### Методология исследования

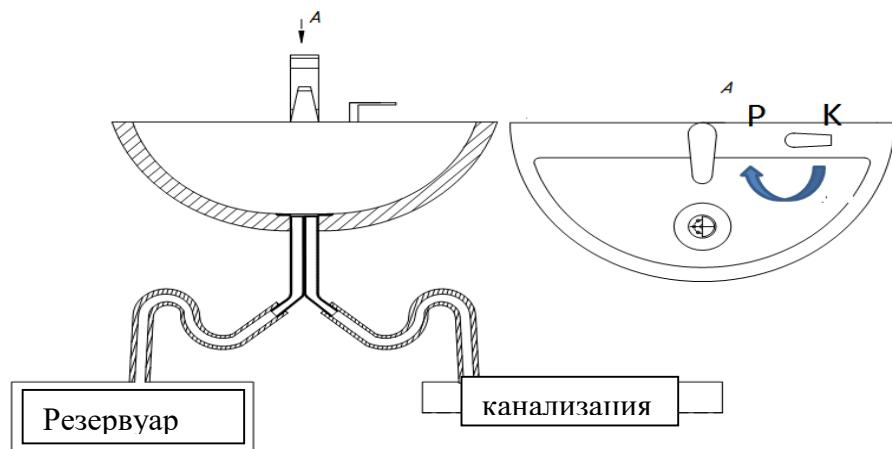
1. Интервью. Стоит острая необходимость выявления проблемы неэффективного использования воды жителями городов, посёлков, отелей, общественных учреждений и т.д. Опрос был проведён среди студентов Туркменского сельскохозяйственного университета имени С.А. Ниязова. В опросе участвовали более 50 студентов, в основном проживающих в сельских местностях. Был составлен определённый ряд вопросов, позволяющих изучить мнения участников опроса. Особо активные студенты оставляли свои пожелания и конкретные предложения, связанных с выявлением проблемы, а также внедрением данной инновационной технологии.
2. Сравнение. Воспользовавшись статистическими данными из международных источников, а также данными полученными после опроса студентов, был проведён анализ всех данных. Также была проведена консультация с местным предпринимателем (DerýaPlastik), занимающимся производство раковин, и другой продукции из керамики. Опираясь на выявленные сведения, были определены оптимальные пути решения (создание «Эко-раковины»).
3. Инженерно-конструктивный метод. При содействии студентов инженерной специальности были проведены несколько исследований в области определения наилучшего варианта конструкции (чертежа) «Эко-раковины». Воспользовавшись современными программами (AutoCAD, SolidWorks, ThinkDesign) были созданы несколько вариантов чертежей, удовлетворяющих требованиям проекта, а также была создана 3D модель самого оптимального варианта.
4. Биохимический анализ воды. В лаборатории Туркменского сельскохозяйственного университета имени С.А. Ниязова был определён биологический и химический состав воды в канализации, а также воды в резервуаре после её использования. Были также определён сроки хранения (период пригодности ко вторичному использованию) воды, а также её составляющих: запах, стагнация и т.п.

5. Эксперимент. Для проведения эксперимента были внедрены несколько «Эко-раковин» в домах студентов ТСХУ имени С.А. Ниязова, проживающих в семейных общежитиях. По результатам эксперимента были выявлены определённые трудности со внедрением данной инновационной технологии. На данный момент, разрабатываются, а также изучаются актуальные пути решения выявившихся трудностей.

### Краткий обзор исследования

В основу проекта легло исследование, показывающее, что вода, которая была неэффективно использована, тратится в процессе мытья овощей, фруктов, зелени, разных зерновых и т.д., обобщая всё вышеперечисленное, вода, в которую не были добавлены химические средства. По результатам данного исследования можно понять, что эта вода вполне имеет возможность быть вторично использованной. Моей основной целью является сохранение, а также вторичное потребление неэффективно использованной воды, тем самым одновременно облегчая жизнь потребителей и сохранения водных ресурсов.

Опираясь на эти цели мы придумали новый эко-проект. В связи с этим, проектом отвечающим данным критериям является эко-раковина, которая будет сортировать воду с химией от воды с органическими веществами. Сутью проекта является введение новоизменений в конструкцию раковины, а именно, внедрение механического рычага, контролирующего поворот заслонки, которая сортирует воду. Путём исследований различных чертежей мы пришли к выводу, что самым оптимальным вариантом подобной конструкции является нижеприведённый образец:



Как показано на данном чертеже, вода, которая не была загрязнена химией, путём поворота рычага влево, будет в дальнейшем собираться в резервуаре, а вода, которой использована химия, соответственным движением поворота рычага вправо, будет в дальнейшем направлена в канализацию.

### Внешнее устройство «Эко-раковины»



### Механический рычаг переключения



Эта раковина является выгодной, практичной, а также легкой в эксплуатации, так как она не требует лишних расходов и дополнительных электрических приспособлений. В тоже время она является многофункциональной.

Внедрение данной раковины в жизнь будет легко, а также финансово и экологически выгодно, ведь установив данную технологию, потребитель также экономит свои расходы на воду.

## Вывод

Создание такого вида эко-раковины:

1. Отдаст приоритет долгосрочным решениям вместо краткосрочных
2. Будет уделять внимания аспектам климатической устойчивости и адаптации
3. Вовлечет частный сектор и заинтересованные стороны
4. Будет повышать экологическую образованность.
5. Количество воды, которую одна среднестатистическая семья может экономить по данной технологии, будет составлять в день 55 литров, в месяц 1650 литров, а год 19800 литров воды.
6. В результате, вода, сохранённая данной разработкой может быть вторично потреблена для таких целей, как полив огородов, мытьё автомобилей, окон, полов, и многих других бытовых целей. Если так же учесть внедрение фильтров или других очистительных приборов, то эту воду также можно использовать для мытья рук, принятия душа, ванны и т.д.

## Бюджет проекта

Ориентировочный бюджет исследования проекта равен **2500-3000 USD**. В эту сумму были включены все расходы такие как, транспортные расходы, проведение лабораторных анализов, покупка сырья для постройки «Эко-раковины». Однако, здесь не учитываются непредвиденные расходы, которые могут возникнуть на стадии эксперимента (внедрения данной инновационной технологии).

<b>Юнит</b>		<b>Эко-раковина</b>
<b>средний чек</b>	\$	<b>121,50</b>
<b>стоимость одного клиента</b>	\$	<b>4,00</b>

<b>Переменные расходы</b>	\$	<b>20 578,17</b>
Эквайринг (2,5%)	\$	3,04
Фаянц, 250 раковин	\$	2 307,70
Система сантехники (смеситель и трубы)	\$	3 461,50
Резервуары 65l, 300l, 1500l, 2500l	\$	14 463,50
Аудит, консультация, различные услуги	\$	100,00
Газ и электрические расходы	\$	40,00
Транспортные расходы	\$	200,00
налог (2%)	\$	2,43

<b>Маржа</b>	\$	<b>9 792,83</b>
<b>Постоянные расходы (за месяц)</b>	\$	<b>11 840,00</b>
Директор	\$	200,00
Бухгалтер	\$	130,00
Главный конструктор	\$	450,00
Сварщик-металлург, 10 чел	\$	1 500,00
Плотник-сантехник, 15 чел	\$	2 150,00
Менеджер по рекламе	\$	120,00
обеспеченцы материалов	\$	200,00
поставщик	\$	410,00
Экономист	\$	130,00
ландшафтный дизайнер	\$	150,00
Программист	\$	140,00
Охранник	\$	130,00
Водитель	\$	120,00
Расходы на рекламу	\$	150,00
непредвиденные убытки	\$	250,00
Административные расходы 10%	\$	1 000,00
основное оборудование	\$	4 500,00
уборщица	\$	110,00

<b>Доход</b>	\$	<b>30 375,00</b>
<b>Стоимость клиента</b>	\$	<b>1 000,00</b>
<b>Рентабельность по марже</b>	\$	<b>0,32</b>
<b>Точка безубыточности</b>	\$	<b>36 724,82</b>

## Список использованной литературы

1. Инструментальный Ящик ИУВР на русском языку:  
<http://www.cawater-info.net/library/rus/gwp/toolbox2.pdf>
2. Питер Р., Аллан У. Холл, Эффективное руководство водой – Сборник вспомогательных материалов №7, ГВП 2002г.  
<https://www.gwp.org/globalassets/global/toolbox/publications/background-papers/07-effective-water-governance-2003-russian.pdf>
3. Система поддержки и управления зоной водосбора “CSIRO”  
<https://www.csiro.au/en/Research/LWF>
4. Реализация принципов интегрированного управления водными ресурсами в странах Центральной Азии и Кавказа, ГВП 2004г.  
[http://www.cawater-info.net/library/rus/gwp/iwrm2004\\_r.pdf](http://www.cawater-info.net/library/rus/gwp/iwrm2004_r.pdf)
5. Винпенни, Ж., Реформируя политику в области водных ресурсов, справочник, освещающий методы, процессы и практику. Публикация:ISBN 92-5-103506, 1995г.  
<http://www.fao.org/docrep/V7160E00.htm>
6. Серикбаев Б.С., Бараев Ф.А., Серикбаева Э.Б., Салиев Б.К. Эксплуатации гидромелиоративных систем. - Т., 2014
7. Peter Waller, Muluneh Yitayew. Irrigation and Drainage Engineering. - Springer International Publishing, Switzerland, 2016
8. Чудновский С.М. Эксплуатация и мониторинг систем и сооружений. - Вологда, 2016.

**Мониторинг качества питьевой воды нецентрализованного снабжения***Матвей Темрук, 11 класс, ГОУ «Забродская средняя школа Шкловского района»,**Могилевская область, Республика Беларусь***Специальный приз Номинационного комитета за лучший социальный проект***Руководитель: И.П. Кадушикина, учитель химии***Аннотация**

Целью данного исследования является проведение мониторинга нитратного загрязнения питьевой воды нецентрализованного снабжения на территории Словенского сельского совета Шкловского района.

Гипотеза о взаимосвязи нитратного загрязнения питьевой воды и физиологическим состоянием жителей деревень Словенского с/с.

Исследование проводилось 11.01.2022; 20.04.2022; 18.07.2022; 25.10.2022.

Методы:

1. Исследование ПВ на содержание нитратов с использованием экспресс-метода, основанного на применении тест полосок Merckoquant Nitrate Test.
2. Статистический метод обработки данных по t- критерию Стюдента.
3. Биотестирование лука сорта Крывіцкі ружовы по наращиванию фитомассы.
4. Социологический опрос жителей деревень Словенского с/с.

В ходе исследования были проведены экспресс анализы ПВ на нитраты из 39 К и 16 колонок, расположенных на территории Словенского сельского совета Шкловского района 4 раза в течение года. Только в 9 К (23%) концентрация нитратов в воде не превышала ПДК. 667 жителей Словенского с/с, что составляет 35% от общей численности населения пользуются ПВ из К. Из них 467 человек (70%) пользуются колодезной ПВН.

В среднем 1 К обслуживает 667/39=17 человек. Коэффициент обслуживания К пользователей по с/совету – 0.059.

В среднем 1 К с ПВН обслуживает 467/30=15 человек. Коэффициент обслуживания загрязненными нитратами К по с/совету - 0.065.

В среднем 1 К с ПВЧ обслуживает 200/9=22 человека. Коэффициент обслуживания К ПВЧ – 0.045.

Полученные данные можно использовать для сравнения с другими регионами страны. Колодцы, в которых ПВН занесены на карту «Водного контроля».

Затронутая нами тема актуальна, и не оставила равнодушными тех, кто имеет отношение к качеству питьевой воды из различных источников. В первую очередь, это жители деревень, которые пользуются колодезной водой. Они создали инициативную группу, которая непосредственно общалась с председателем Словенского с/с и сотрудниками центра гигиены и эпидемиологии г. Шклова. Были проведены повторные анализы воды в центре гигиены и эпидемиологии. Созданная комиссия провела обследование технического состояния колодцев. Начат ремонт колодцев, где целесообразно его проводить.

## ПЕРЕЧЕНЬ ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ

Список используемых сокращений:

ПВ – питьевая вода;

К – колодец;

ОК – общественный колодец;

ПВН – питьевая вода, с превышением ПДК по нитратам;

ПВЧ – питьевая вода, с содержанием нитратов, не превышающим ПДК; СО – социологический опрос.

### 3. Результаты исследования

В д.Забродье водоснабжение обеспечивают 5 К и 3 водозаборные скважины, от которых вода поступает к населению через колонки. Численность населения – 197 человек. Отобраны пробы воды из 5 ОК. Неблагополучными по нитратам оказались 4. Первичные данные по каждому К находятся в таблице 1 (Приложение 1). В таблице 2, представлена сводная информация о проведенных исследованиях в д. Забродье.

Колодец	Год постройки	Глубина до уровня воды, м	Концентрация нитратов мг/л	Концентрация нитритов мг/л
1	1950	4	250 /250/100/100	0/0/0/0
2	1950	3	250 /250/100/100	0/0/0/0
3	1951	4	100/100/100/100	0/0/0/0
4	1950	4	100/100/50/50	0/0/0/0
5	1951	6	25/25/25/25	0/0/0/0

Глубина К до уровня воды определялась путем подсчета колец. Анализ глубины К позволяет сделать вывод, что в К **1.2.3.4.** питание осуществляется не защищенными от загрязнений верховодными водами. При осмотре К в д.Забродье было установлено грубое нарушение технического состояния. Все К расположены непосредственно на обочине дороги. Расстояние от источников загрязнения от 5 до 60 м.

На рисунке 3.1 представлены данные о количестве жителей, использующих данные К. Необходимо отметить, что в зимний период, в связи с замерзанием некоторых колонок, ПВ из К пользуются намного больше жителей. ПВ из К **1.2.3.4.**, где – концентрация нитратов превышает ПДК пользуются **34% (67)** жителей, из К 5- 13% (25) жителей.

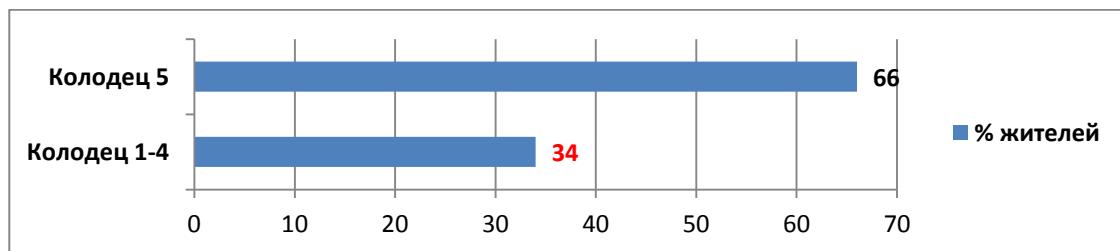


Рисунок 3.1 – Процент жителей д. Забродье, пользующихся ПВ из К

На рисунке 3.2 представлены данные об использовании различных удобрений на земельных участках д.Забродье. Исходя из опроса жителей органические удобрения вносятся в почву осенью, минеральные удобрения используются для подкормки многолетних трав и зерновых культур.

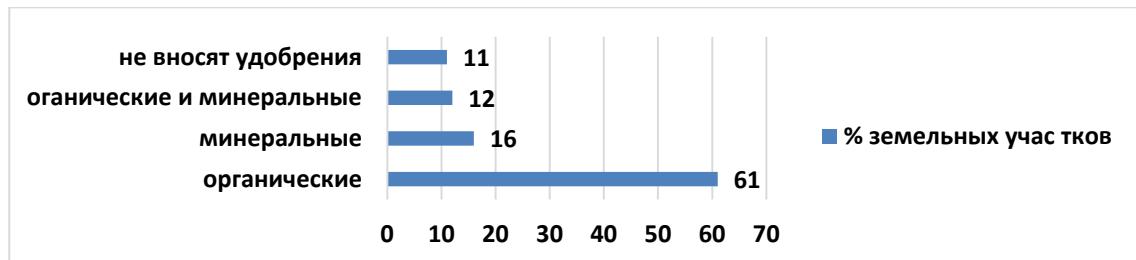


Рисунок 3.2 – Процент земельных участков, на которые вносятся удобрения

Особые опасения вызывает ПВ из колонок и К по ул.2 Центральной. На этой улице проживает 12 семей (17 % от всего населения д. Забродье), в которых есть пожилые люди, новорожденные дети. Снабжение осуществляется скважина, которая расположена на территории животноводческого комплекса ЗАО «Любиничи - Агро». Превышение ПДК нитратов более, чем в 5 раз. На всей улице, протяженностью более 1 км. нет источника с чистой ПВ. ПВ, которая поступает из двух других скважин показала 0 мг/л  $\text{NO}_3^-$ .

По результатам СО жители, которые постоянно пользуются ПВН чаще обращаются с жалобами на состояние здоровья в медучреждения. С января по октябрь 2022 года в среднем было зафиксировано 173 обращений. На 1 жителя, который пользуется ПВЧ приходится 0.6 посещений в медучреждения. На 1 жителя, который пользуется ПВН приходится 1.42 посещений. Эти результаты являются косвенным доказательством отрицательного влияния нитратов в ПВ на физиологическое состояние человека. Однако следует учесть, что на территории Словенского с/с нет промышленных предприятий, нет радиационного загрязнения.



Рис.1.- Мониторинг колодезной воды. Проведение анализа на нитраты

В д.Любиничи водоснабжение обеспечивают 3 водозаборные скважины и 7 К. Численность населения составляет 326 человек. Отобраны пробы воды из 7 ОК. Неблагополучными по нитратам оказались 2 К. В таблице 4, представлена сводная информация о проведенных исследованиях в д. Любиничи.

Колодец	Год постройки	Глубина до уровня воды, м	Концентрация нитратов мг/л	Концентрация нитритов мг/л
1	1953	4	250 /250/100/100	0/0/0/0
2	1953	7	25 /25/25/25	0/0/0/0
3	1952	10	0/0/0/0	0/0/0/0
4	1952	10	10/10/10/10	0/0/0/0
5	1951	6	25/25/25/25	0/0/0/0
6	1953	11	0/0/0/0	0/0/0/0
7	1953	7	50/50/50/50	0/0/0/0

На рисунке 3.3 представлены данные о количестве жителей, использующих данные колодцы. Питьевой водой из колодцев 1,7, где – концентрация нитратов превышает ПДК пользуются 19% (62) жителей, из колодца 2-6 - 29% (95) жителей.

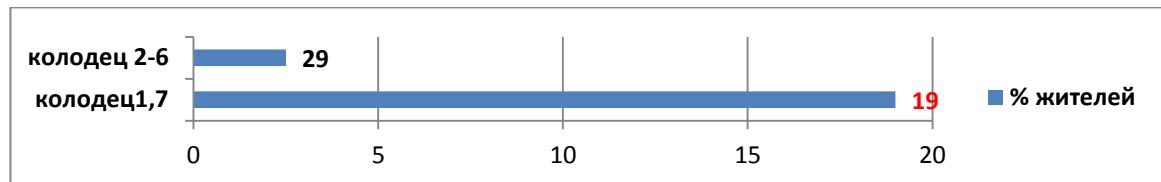


Рисунок 3.3 - Процент жителей д. Любиничи, пользующихся водой из К

На рисунке 3.4 представлены данные об удобрениях, вносимых в почву.

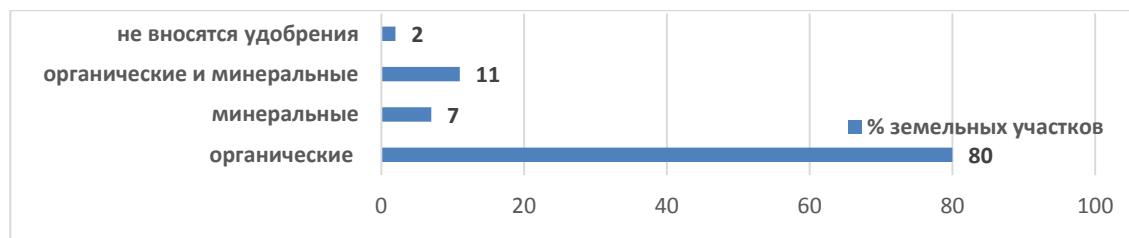


Рисунок 3.4 – Процент земельных участков, на которые вносятся удобрения  
По результатам СО на 1 жителя, который пользуется ПВЧ 0.91 посещений в медучреждения. На 1 жителя, который пользуется ПВН приходится 1.86 посещений

В д. Староселье проживает 159 человек. Для этой деревни характерно расположение поселков и улиц, как на небольшом холме, так и в низине. Деревня окружена сельхозугодиями; расположен комплекс по выращиванию КРС; долгое время имелись склады минеральных удобрений.

Отобраны пробы воды из 6 ОК. Результаты проб ПВ на нитраты из исследованных К показали самые высокие значения. В рабочей таблице 5 выделены значения превышающие

ПДК. (Приложение 3). В таблице 6, представлена сводная информация о проведенных исследованиях в д. Староселье.

Колодец	Год постройки	Глубина до уровня воды, м	Концентрация нитратов мг/л	Концентрация нитритов мг/л
1	1952	7	500 /500/250/250	0/0/0/0
2	1951	6	250 /250/250/250	0/0/0/0
3	1951	3	100/100/100/100	0/0/0/0
4	1952	3	250 /250/250/250	0/0/0/0
5	1951	3	250 /250/250/250	0/0/0/0
6	1952	3	250 /250/250/250	0/0/0/0

На рисунке 3.5 представлены данные о количестве жителей, использующих данные К. ПВ колодезной пользуются 81% (113) жителей деревни.

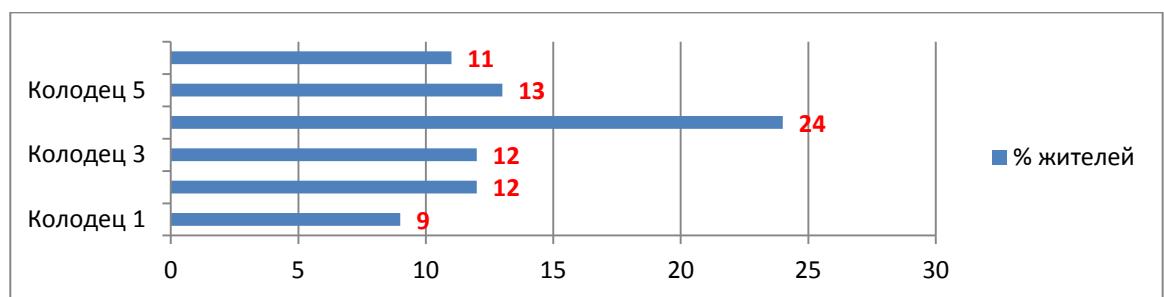


Рисунок 3.5 - Процент жителей, пользующихся водой из К

На рисунке 3.6 представлены данные об удобрениях, вносимых в почву.

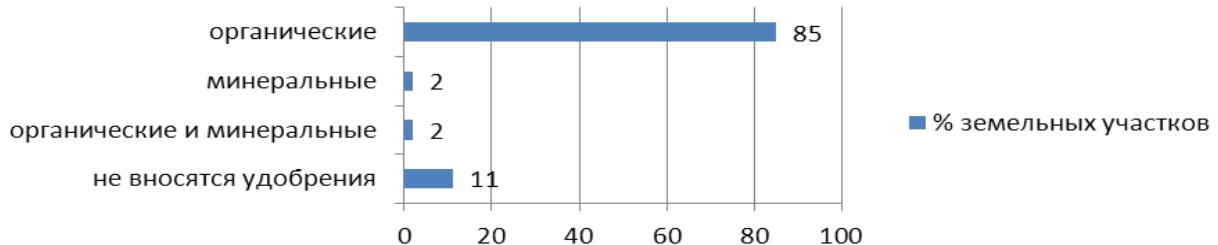


Рисунок 3.6 – Процент земельных участков, на которые вносятся удобрения в д.Староселье

По результатам СО на 1 жителя, который пользуется ПВЧ приходится 0.45 посещений. На 1 жителя, который пользуется ПВН приходится 1.42 посещений.

В д. Никитиничи численность населения составляет 126 человек. Водоснабжение обеспечивают 1 водозаборная скважина и 8 К. Отобраны пробы воды из 8 ОК и колонок. Неблагополучными по нитратам оказались все 8 К. Первичные данные по каждому К находятся в таблице 7 (Приложение 4). В таблице 8, представлена сводная информация о проведенных исследованиях в д. Никитиничи.

Колодец	Год постройки	Глубина до уровня воды, м	Концентрация нитратов мг/л	Концентрация нитритов мг/л
1	1952	3	100 /100/50/50	0/0/0/0
2	1952	4	100 /100/50/50	0/0/0/0
3	1951	4	100/100/100/100	0/0/0/0
4	1952	4	100 /100/50/50	0/0/0/0
5	1952	3	100/100/100/100	0/0/0/0
6	1951	4	100 /100/50/50	0/0/0/0
7	1951	4	100 /100/50/50	0/0/0/0
8	1952	4	100 /100/50/50	0/0/0/0

На рисунке 3.7 представлены данные об использовании жителями колодезной воды. 68% (84) жителей пользуются колодезной ПВ.

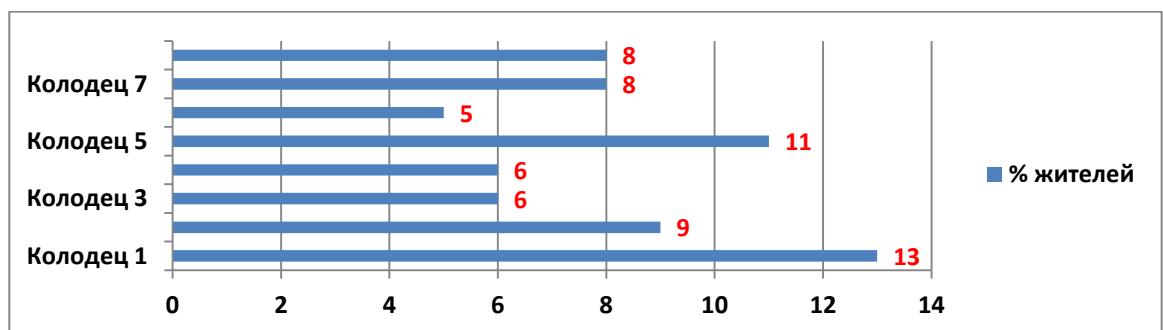


Рисунок 3.7 - Процент жителей д. Никитиничи, пользующихся ПВ из К.

На рисунке 3.8 представлены данные об удобрениях, вносимых в почву.

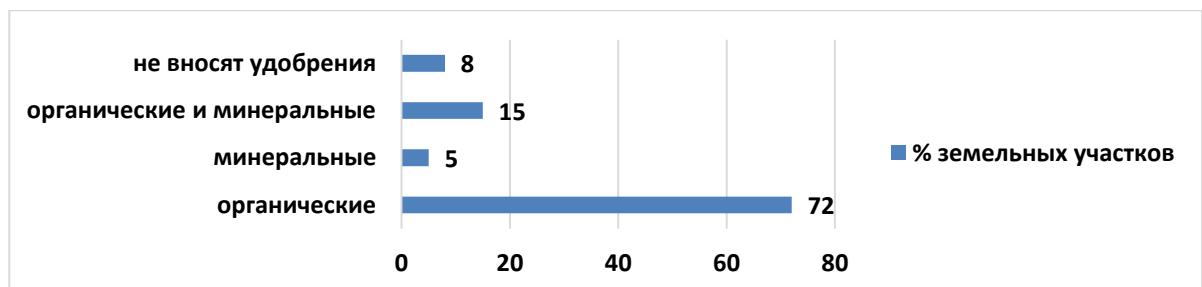


Рисунок 3.8 – Процент земельных участков, на которые вносятся удобрения

По результатам СО на 1 жителя, который пользуется ПВЧ приходится 0.82 посещений. На 1 жителя, который пользуется ПВН приходится 1.12 посещений.

В д. Волосовичи численность населения составляет 139 человек. Водоснабжение обеспечивают 1 водозаборная скважина и 7 К. Отобраны пробы воды из 7 ОК и колонок. Неблагополучными по нитратам оказались 5 К. В таблице 9 выделены значения превышающие ПДК. (Приложение 5). В таблице 10, представлена сводная информация о проведенных исследованиях в д. Волосовичи

Колодец	Год постройки	Глубина до уровня воды, м	Концентрация нитратов, мг/л 11.01/20.04/18.07/25.10	Концентрация нитритов, мг/л
1	1953	4	100 /100/50/50	0/0/0/0
2	1955	3	100 /100/50/50	0/0/0/0
3	1957	3	100/100/100/100	0/0/0/0
4	1952	4	100/100/100/100	0/0/0/0
5	1956	3	100/100/100/100	0/0/0/0
6	1951	7	10/10/0/0	0/0/0/0
7	1951	9	10/10/0/0	0/0/0/0

На рисунке 3.9 представлены данные о проценте жителей, использующих данные колодцы.

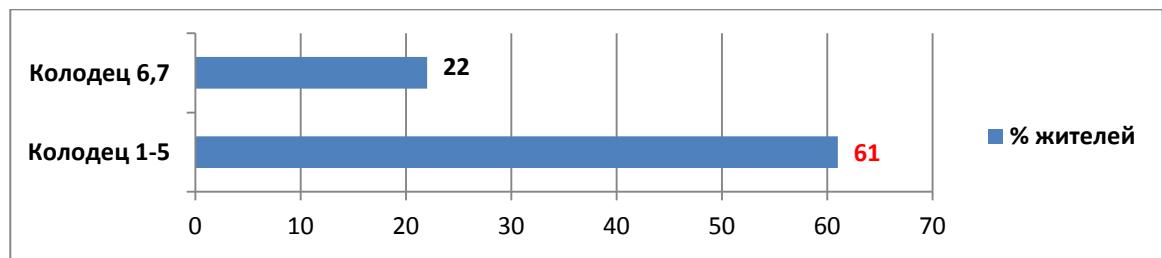


Рисунок 3.9 - Процент жителей д. Волосовичи, пользующихся ПВ из К

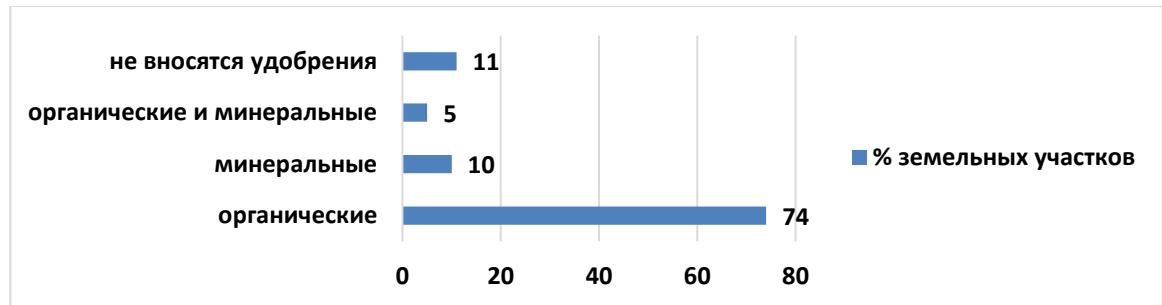


Рисунок 3.10 – Процент земельных участков, на которые вносятся удобрения в д. Волосовичи

По результатам СО на 1 жителя, который пользуется ПВЧ приходится 1.12 посещений. На 1 жителя, который пользуется ПВН приходится 1.83 посещений.

В д. **Большие Словени** численность населения составляет 282 человека. Водоснабжение обеспечивают колонки и 6 К. Отобраны пробы воды из 6 ОК и колонок. Неблагополучными по нитратам оказались 4 К. В таблице 11 представлены результаты первичных данных. (Приложение 6). В таблице 12, представлена сводная информация о проведенных исследованиях в д. Б. Словени.

Колодец	Год постройки	Глубина до уровня воды, м	Концентрация нитратов, мг/л 11.01/20.04/18.07/25.10	Концентрация нитритов, мг/л
1	1967	8	0/0/0/0	0/0/0/0
2	1956	3	250 /250/100/100	0/0/0/0

3	1957	3	100/100/50/50	0/0/0/0
4	1958	3	100/100/50/50	0/0/0/0
5	1956	3	100/100/100/100	0/0/0/0
6	1967	6	0/0/0/0	0/0/0/0

На рисунке 3.12 представлены данные о проценте жителей, использующих данные К.

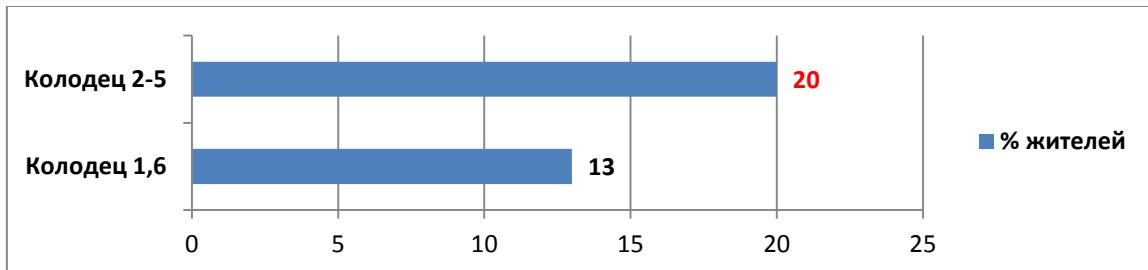


Рисунок 3.11 - Процент жителей д. Б.Словени, пользующихся ПВ из К.

На рисунке 3.12 представлены данные об удобрениях, вносимых в почву.

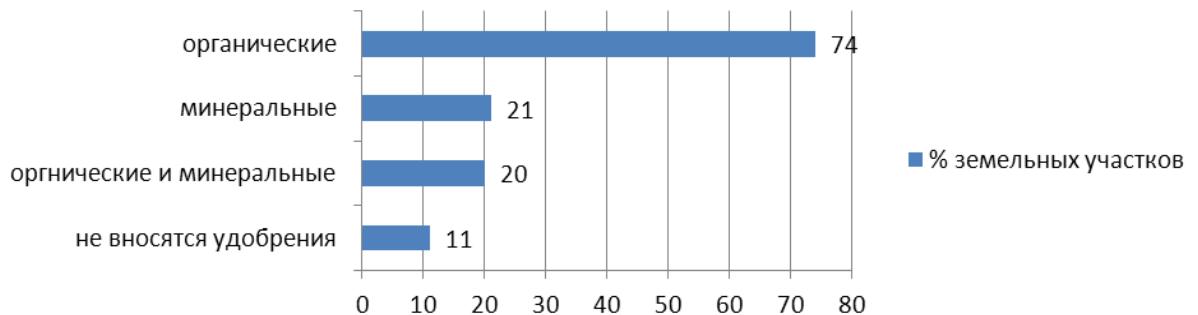


Рисунок 3.12 – Процент земельных участков, на которые вносятся удобрения д. Б.Словени

По результатам СО на 1 жителя, который пользуется ПВЧ приходится 1.52 посещений. На 1 жителя, который пользуется ПВН приходится 2.13 посещений.

Таким образом, в ходе исследования были проведены экспресс анализы ПВ на нитраты из 39 К и 16 колонок, расположенных на территории Словенского сельского совета Шкловского района 4 раза в течение года. Только в 9 К (23%) концентрация нитратов в воде не превышала ПДК. 667 жителей Словенского с/с, что составляет 35% от общей численности населения пользуются ПВ из К. Из них 467 человек (70%) пользуются колодезной ПВН.

В среднем 1 К обслуживает  $667/39=17$  человек. Коэффициент обслуживания К пользователей по с/совету – 0.059.

В среднем 1 К с ПВН обслуживает  $467/30=15$  человек. Коэффициент обслуживания загрязненными нитратами К по с/совету - 0.065.

В среднем 1 К с ПВЧ обслуживает  $200/9=22$  человека. Коэффициент обслуживания К ПВЧ – 0.045.

Полученные данные можно использовать для сравнения с другими регионами страны. Колодцы, в которых ПВН занесены на карту «Водного контроля».

На рисунке 3.13 представлена сводная информация по числу К и содержанию нитратов в ПВ на территории Словенского с/с.

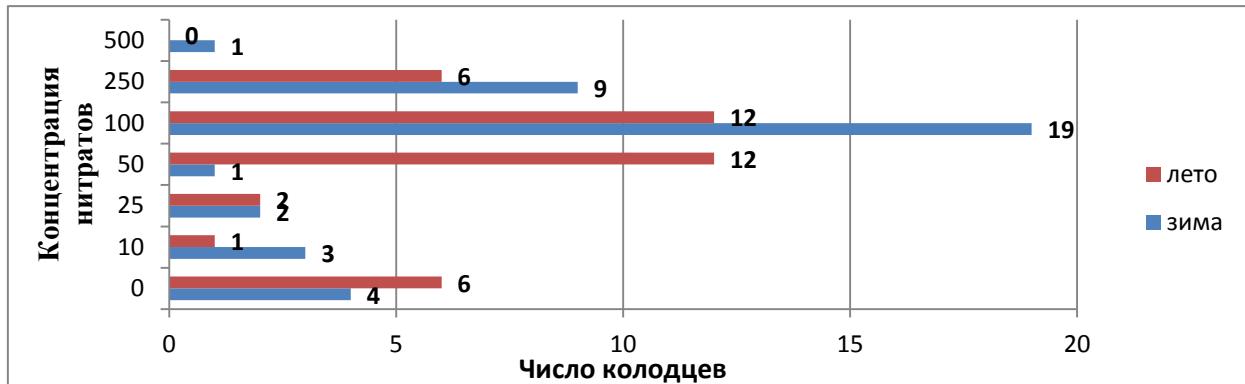


Рисунок 3.13- Число К и содержание нитратов в ПВ на территории Словенского с/с в течение года

Можно сделать вывод, что основными факторами, влияющими на содержание нитратов в ПВ нецентрализованного снабжения являются:

1. Отсутствие «глиняного замка», отмостки, крышки и навеса.
2. Появление трещин или смещение колец.
3. Местоположение колодца и глубина колодца;
4. Расстояние колодца от имеющихся источников загрязнения .

Определение фитомассы лука сорта Кривіці ружовы проводилось на 25 день после посадки путем обрезки и взвешивания на весах первичной продукции с 12 луковиц.

По морфологическим признакам перо группы Г250 и Г500 прямое, широкое, отмечается интенсивная зеленая окраска, max длина 19 см., большое количество сформировавшихся ложных стеблей, число листьев отдельно в каждом ложном стебле и в целом с растения.

Результаты исследования представлены на рисунке.

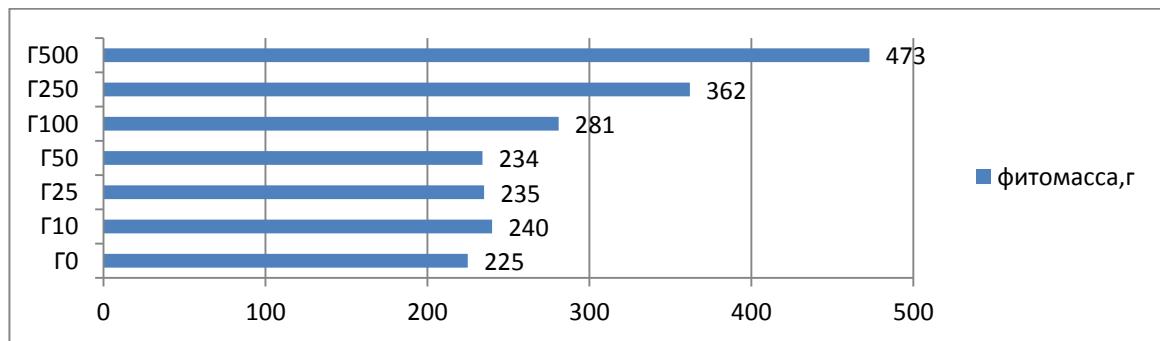


Рисунок 3.14 – Определение фитомассы лука сорта Кривіці ружовы.

Для сравнения средних величин двух выборок использовали t- критерий Стьюдента. Полученное эмпирическое значение t (6.4) находится в зоне значимости.

Таким образом, в группах тест-объекта, которые поливались ПВН полученные эмпирические значения находятся в зоне значимости в сравнении с Г0, следовательно качество питьевой воды влияет на наращивание фитомассы лука.

Результаты определения количества нитратов с помощью «Нитрат-тест» представлены на рисунке 3.16. Следует отметить, что ПДК для лука на перо составляет 600 мг/кг. Так как тестовая система «Нитрат-тест» не позволяет сделать максимально точный анализ, значение нитратов для Г500 промежуточное и было получено  $200+1000/2=600$  мг/кг. В данном исследовании было исключено влияние состава почвы, внесение удобрений и т.д., только полив водой с различной концентрацией нитратов.

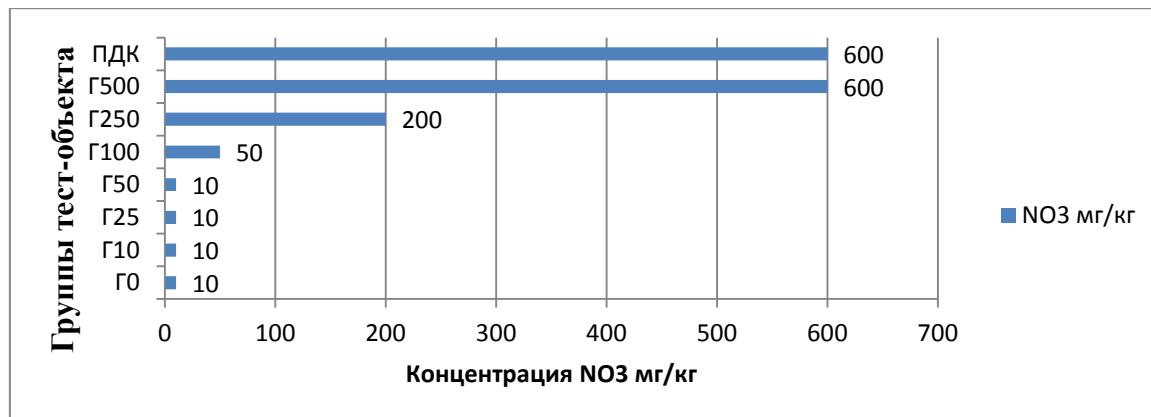


Рисунок 3.16 – Содержание нитратов в зеленом луке



Рисунок 3.15 – Выращивание лука на перо

Особо следует отметить неинформированность населения о наличии нитратной проблемы и способах ее решения. Поэтому для жителей, которые пользуются ПВ колодезной, была проведена разъяснительная работа по вопросам влияния нитратов на здоровье человека. А также названы основные факторы, вызывающие повышенную концентрацию нитратов в воде, с целью дальнейшего возможного устранения.

В поисках способа снижения нитратов в ПВ, был проведен ряд исследований: ПВ кипятилась в течение 5 минут, помещалась на 5 минут в микроволновую печь, очищалась аква- и угольным фильтрами. Концентрация нитратов не изменилась.

Замораживание ПВ проводили трижды, с концентрацией 50мг/л и 100 мг/л объемом 200 см<sup>3</sup> и с концентрацией 100 мг/л объемом 10 дм<sup>3</sup>.



Рис 3.16 – Проведение экспресс-анализа талой воды

Для сравнения средних величин двух выборок использовали *t*- критерий Стьюдента. Результат:  $t_{\text{ЭМП}} = 2.87$ ; Критические значения  $p \leq 0.05 = 2.78$ ; следовательно, мы можем говорить о достоверном различии содержания нитратов в ПВ колодезной и талой воде после замораживания.

Тема, освещенная в нашей работе, казалось бы, имеет узкий характер: анализ качества воды в К небольшого административного участка – сельсовета. Но давайте посчитаем, сколько в нашей республике сельсоветов и сколько на их территориях расположено К. Отсюда вывод: затронутая нами тема актуальна, и не должна оставить равнодушными тех, кто имеет отношение к проверке качества ПВ из различных источников.

Таким образом, для уменьшения концентрации нитратов в колодезной воде необходимо не только соблюдать технические требования при постройке и эксплуатации колодцев, но и повышать экологическую грамотность населения.

## **Выводы**

В ходе исследования выдвинутая нами гипотеза о взаимосвязи нитратного загрязнения ПВ и физиологическим состоянием жителей деревень Словенского с/с подтвердилась.( $p=0.05$ ).

На основании проделанной работы можно сделать следующие выводы:

- 1) В ходе исследования были проведены экспресс анализы ПВ на нитраты из 39 К и 16 колонок, расположенных на территории Словенского сельского совета Шкловского района 4 раза в течение года. Только в 9 К (23%) концентрация нитратов в воде не превышала ПДК.
- 2) Выявлены возможные факторы, вызывающие нитратное загрязнение питьевой воды.
- 3) Нитратное загрязнение колодезной воды влияет на физиологическое состояние жителей деревень. ( $p=0.05$ )
- 4) Концентрация нитратов в колодезной воде влияет на наращивание фитомассы лука ( $p=0.05$ ) и, возможно, не безопасно для здоровья человека.
- 5) Для повышения уровня экологической культуры проведена информационная работа среди населения. Выработаны рекомендации для жителей, пользующихся питьевой водой из колодцев.
- 6) Систематизированы полученные данные и предоставлен отчёт в санитарно-эпидемиологическую службу г.Шклова, а также председателю Словенского сельского совета Шкловского района.

## Список литературы

1. Соколов О.А., Семенов В.И., Агаев В.В. Нитраты в окружающей среде. – Пущино, 1990.
2. Соколов О.А. Нитраты под строгий контроль// Наука и жизнь.- 1988.-№3
3. Трухина М.Д. Статья «Азотсодержащие соединения и их влияние на организмы»  
Московский педагогический государственный университет, газета "Химия",  
Издательский дом "Первое сентября", сайт "Я иду на урок химии".  
<http://him.1september.ru/articlef.php?ID=200103101>
4. Анастова Л.Н., Гольнева Д.П., Короткова Л.С. Человек и окружающая среда.- М., 1995
5. Морозов Э.А., Стецюк А.В., Справочник по эксплуатации и ремонту водозаборных скважин. 1984-96 г.
6. Санитарно-пищевая мини-экспресс лаборатория учебная «СПЭЛ-У» Руководство по применению, Санкт-Петербург, 2008. 30 с

## Реконструкция системы водоснабжения г. Майлуу-Суу

Дастан Саркобенов, 3 курс, Кыргызский Государственный Технический Университет им. И. Рazzакова, кафедра «Водоснабжение и водоотведение», Кыргызская Республика  
Победитель номинации «Технологии водоподготовки и очистки сточных вод»  
Руководитель: Т.Х. Каримов, канд. техн. наук, профессор, заведующий кафедрой «Водоснабжение и водоотведение»

### Аннотация

Система водоснабжения города Майлуу-Суу была построена в период с 1950 по 1979 год и с тех пор ее состояние ухудшалось, поскольку для ее восстановления необходимы были постоянные инвестиции, которых было недостаточно. Следовательно, изношенная и обветшала система водоснабжения города с каждым годом приносила все больше и больше потерь ресурсов, и риск перебоев в обслуживании из-за частых поломок труб и оборудования резко возрастал с каждым годом.

Водоканал города Майлуу-Суу в настоящее время предоставляет услуги водоснабжения и водоотведению населению и коммерческим потребителям.

**Цель** - данного проекта направлены на разработку технологии по очистке поверхностных вод, с целью получения питьевой воды отвечающей требованиям безопасности и безвредности, установленным в технических регламентах и санитарно-эпидемиологических правилах.

Настоящее время в Кыргызской Республике стоит очень острая проблема по обеспечению качественной питьевой водой населения городов и других населенных пунктов. Во многих селах и малых городах наблюдается нехватка питьевой воды из-за несовершенства подготовки питьевой воды. В связи, чем необходима разработка современных технологий получения питьевой воды с использованием местных материалов. Полученная технология для очистки поверхностных вод будет дешевле аналогичных в странах СНГ и зарубежья в 2 раза. А по эффективности степени очистки не будет уступать аналогом.

### Методы и методология проведения исследования:

Теоретический и экспериментальный метод исследований. Моделирование процессов фильтрования воды через фильтры с кварцевой загрузкой местных месторождений.

### Результаты исследования и их новизна:

1. Получена усовершенствованная технология получения питьевой воды для малых городов и населенных пунктов сельской местности, которая обеспечит качественной питьевой водой населения и будет дешевле два раза аналогов.
2. Разработан макет технологии подготовки воды питьевого качества.
3. Проведены экспериментальные научные исследования по очистке поверхностных вод на лабораторной установке.
4. Предложена методика расчетов на проектирование технологии для получения воды питьевого качества из поверхностных источников в условиях Кыргызской Республики.

**Практическая значимость работы:** Применен комплексный подход к изучению и исследованию фильтрующего материала из кварцевого песка кыргызских месторождений. Этот фильтрующий материал является наиболее дешевым по сравнению с другими материалами, которые есть в нашей республике. Существует много материалов, которые можно использовать в качестве фильтрующих материалов, но большинство из них трудно обрабатываемые и дорогие. Наиболее экономически выгодными считаются фильтрующие материалы: базальт, песок, уголь.

Производство фильтрующего материала из кварцевого песка основано на принципе безотходной технологии. Выход продукта составляет 70 - 80 % от общего количества сырья, а понятие «отход» является условным, поскольку фракция менее 0,5 мм получает широкое применение, в частности, является научно обоснованной эффективной добавкой в строительные растворы и бетоны.

Кварцевый песок являются наиболее выгодными и экономично эффективными фильтрующими материалами в условиях Кыргызской Республики.

### Экономическая эффективность:

Приведенные технико-экономические расчеты, которые показывают, что по сравнению с фильтрующими материалами РФ, местный фильтрующий материал наиболее эффективен и дешевле.

## ВВЕДЕНИЕ

Система водоснабжения города Майлуу-Суу была построена в период с 1950 по 1979 год и с тех пор ее состояние ухудшалось, поскольку для ее восстановления необходимы были постоянные инвестиции, которых было недостаточно. Следовательно, изношенная и обветшала система водоснабжения города с каждым годом приносила все больше и больше потерь ресурсов, и риск перебоев в обслуживании из-за частых поломок труб и оборудования резко возрастал с каждым годом.

Водоканал города Майлуу-Суу в настоящее время предоставляет услуги водоснабжения и водоотведению населению и коммерческим потребителям.

Полный объем работ в рамках данного проекта включает прокладки трубопроводов, установки счётчиков воды, установок для обеззараживания воды и реконструкцию станции водоподготовки (фильтры, водозабор), закупку лабораторного оборудования, стенда для калибровки и проверки счётчиков, включая установку оборудования обнаружения утечек, а также строительство резервуаров чистой воды и поставку машин и механизмов. Этот проект нацелен на значительное улучшение энергоэффективности, снижение потерь питьевой воды, а также повышение качества и надёжности водоснабжения в городе.

Вода поставляется в город из реки Майли-Суу через систему сооружений водозабора и водоподготовки, расположенную в 12км вверх по течению от города Майлуу-суу.

Около 72% населения (13628 человек) имеют домовые или дворовые подключения к системе водоснабжения, около 4% используют водоразборные колонки, а остальные обращаются к продавцам воды, используют каналы, реки и др. Некоторая часть населения берет воду из реки или из колодцев в городе и его окрестностях.

С целью экологической, санитарно-эпидемиологической безопасности населения, приоритетными задачами для водоканала являются – выполнить работы по реконструкции и/или новому строительству систем централизованного водоснабжения районов и подключение сел к центральной системе водоснабжения.

Текущий объем работ по новому строительству/укладке распределительных трубопроводов (включая поставку и установку пожарных гидрантов, задвижек, водомеров):

**Цель** - данного проекта направлены на разработку технологии по очистке поверхностных вод, с целью получения питьевой воды отвечающей требованиям безопасности и безвредности, установленным в технических регламентах и санитарно-эпидемиологических правилах.

Настоящее время в Кыргызской Республике стоит очень острая проблема по обеспечению качественной питьевой водой населения городов и других населенных пунктов. Во многих селах и малых городах наблюдается нехватка питьевой воды из-за несовершенства подготовки питьевой воды. В связи, чем необходима разработка современных технологий получения питьевой воды с использованием местных материалов. Полученная технология для очистки поверхностных вод будет дешевле аналогичных в странах СНГ и зарубежья в 2 раза. А по эффективности степени очистки не будет уступать аналогом.

### **Методы и методология проведения исследования:**

Теоретический и экспериментальный метод исследований. Моделирование процессов фильтрования воды через фильтры с кварцевой загрузкой местных месторождений.

### **Результаты исследования и их новизна:**

1. Получена усовершенствованная технология получения питьевой воды для малых городов и населенных пунктов сельской местности, которая обеспечит качественной питьевой водой населения и будет дешевле два раза аналогов.
2. Разработан макет технологии подготовки воды питьевого качества.
3. Проведены экспериментальные научные исследования по очистке поверхностных вод на лабораторной установке.

4. Предложена методика расчетов на проектирование технологии для получения воды питьевого качества из поверхностных источников в условиях Кыргызской Республики.

#### Экономическая эффективность:

Приведенные технико-экономические расчеты, которые показывают, что по сравнению с фильтрующими материалами РФ, местный фильтрующий материал наиболее эффективен и дешевле.

### ГЕОГРАФИЯ

Город Майлуу-Суу с населением около 24 000 человек расположен на юго-западе Кыргызстана в Джалал-Абадской области, в 95 км от областного центра и в 550 км от Бишкека. Джалал-Абадская область разделена на восемь административных районов, на западе граничит с Узбекистаном. Расстояние города Майлуу-суу до границы с Узбекистаном составляет 24 км. Территория города составляет 12216 гектаров. Город находится в горной местности в пойме реки Майлуу-Суу на высоте 650-1200 метров над уровнем моря. Вода подается в город из верховья бассейна реки Майлуу-Суу, в 12 км вверх по течению и к северу от центра города. Ниже по течению реки находятся села Кызылкия, Кыпчактала, Бургонду с общей численностью населения 50 тысяч человек, далее на узбекской границе густонаселённые пункты Маданият, Куйган- яр, Андижан.

Главная сеть питьевой воды Майлуу-Суу расположена между водоочистной станцией на северо-востоке (вверх по течению реки) и ламповым заводом (юго-запад). Сеть функционирует в основном за счет гравитационных резервуаров с гидравлическим напором, создаваемым благодаря высокому расположению производственного участка по сравнению с более низкой высотой сети распределения.



Рис. 1. Местоположение г. Майлуу-Суу в западной части Кыргызстана

Участки, на которых будет выполняться работы по реконструкции/замене систем водоснабжения расположены в районе г. Майлуу-суу Джалал-Абадской области. Расстояние от объекта до областного центра г. Джалал-Абад составляет 80 км. Ближайшая железнодорожная станция находится в г. Ташкумыр на расстоянии 50 км.

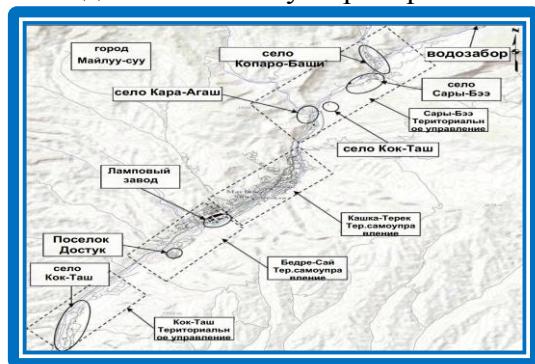


Рис. 2. Местонахождение г. Майлуу-Суу и прилегающих сел

## Система водоснабжения

Водоснабжение города осуществляется при помощи двух трубопроводов диаметром 600мм общей протяженностью около 12км.

Хозяйственно-питьевой водопровод идет к сужению, таким образом разделяясь на два или три трубопровода до лампового завода и южных окраин города. С этой точки проходит труба диаметром 100мм до села Кок-Таш, откуда идет небольшая распределительная сеть из труб диаметром от 15 до 50мм.

Городская сеть составляет около 54км трубопровода в центре города, построенного с 1940 по 1999 год, где большинство труб было проложено с 1950 по 1979 год. С учетом основной системы водоснабжения от водозабора с верхним селом и другими обслуживающими районами, ориентировано система водоснабжения имеет протяженность более 137км трубопроводов.

Существует перепад напора приблизительно в 240м между водозабором/системой водоподготовки и нижней частью города - ламповым заводом, что система, в основном, работает самотеком. Однако система в настоящее время контролируется на максимальном рабочем давлении 30-40м, во избежание проблем с чрезмерным всплеском выше установленного давления. Более высокие районы города и поселки на южном берегу реки обслуживаются тремя насосными станциями.

В городе не установлены районные распределительные зоны, также система не была закольцована.

Схема существующей водопроводной сети приведена ниже, где также показаны отдельные зоны водоснабжения, существующие в городе.

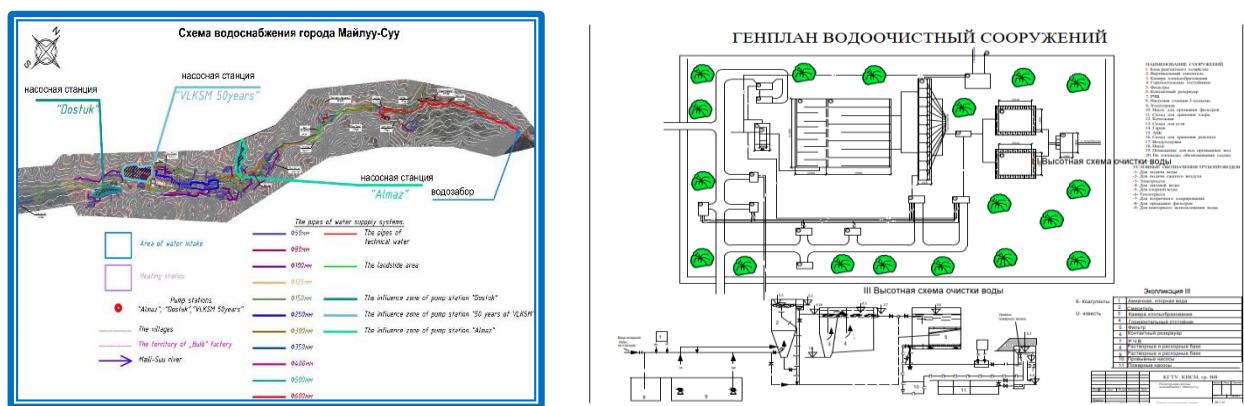


Рис. 3. Схема водоснабжения и генплан водоочистного сооружения г. Майлуу-суу

Основная часть водопроводной сети состоит из стальных трубопроводов, у которых заканчивается или закончился экономический срок службы, что приводит к разрывам и утечкам на стыках, что ведет к снижению операционного давления в системе. Ситуационно, в некоторые части сети вода закачивается напрямую из-за снижения давления в главной системе водоснабжения, и это приводит к перепадам давления в этих частях сети, что усугубляет проблему разрывов в системе.

Также из-за сезонных высоких содержаний осадка в воде, происходит накопление и оседание поседного в трубах, в результате чего сеть сужается из-за оседания наносов в трубах до 50% диаметра труб, что наблюдается при ремонте трубопровода. По этим двум причинам давление в системе понижается, что является причиной недостаточного давления на верхних этажах в районах города, расположенных на более высоких отметках.

Специфические системы водоснабжения обустроены в селе Кок-Таш на юге основного города: из-за ограниченного водоснабжения (трубы диаметром 100мм проложены только на поверхности по инициативе общественности, а не запроектированы

надлежащим образом, в результате чего давление в трубах низкое), потому что система дополняется емкостями для воды и ручными насосами или простыми гусаками.

### Качество воды

Первостепенный источник питьевой воды расположен в северной стороне, и вода в этом источнике считается хорошего качества (кроме высокого содержания взвешенных веществ). Основными проблемами по качеству воды из поверхностного источника является высокий уровень мелкозернистого осадка и, как результат – высокий показатель мутности и цветности. Эта проблема является сезонной. Только в течение 4 месяцев – с декабря по март, качество воды вполне удовлетворительное каждый год. В течение остальной части года вода имеет высокую мутность, и цвет намного превышает показатели качества ЕС для питьевой воды. Загрязнения, которые будут удаляться из воды, являются глинисто-песчаного происхождения, которые находятся в пылевидном – коллоидном состоянии. Пермангантная окисляемость воды -величина, характеризующая содержание в воде органических и минеральных веществ, окисляемых одним из сильных химических окислителей, - не более 4 мгО2/л.

Кроме того, существует несколько местных источников водоснабжения, используемых для различных целей, вода в которых плохого качества.

Изношенная водопроводная распределительная сеть представляет риск внешнего загрязнения, особенно в результате оползней и наводнений, которые часто случаются в данном регионе. Кроме того, поскольку водоочистное сооружение ранее не справлялось на 100% с удалением сезонных взвешенных частиц, существует риск накопления их в распределительной системе с дальнейшим выносом и/или засорение трубопроводов меньшего диаметра.

### Методика экспериментальных исследований на лабораторной установке по очистке поверхностных вод

В данной работе основным фильтрующим материалом является кварцевый песок. В Кыргызской Республике широко известны месторождения кварцевого песка: Ивановский, Васильевский карьеры в Чуйской области.

Данные исследования произведены в лабораторном помещении кафедры «Водоснабжение, водоотведение и гидротехническое строительство». Для очистки взята вода из реки Ала-Арча. Основными фильтрующими загрузками являются песок Ивановского, Васильевского карьеров и речной песок, взята вода из р. Ала-Арча. Эксперимент произведен «макетом фильтра», сделанного в этой лаборатории.

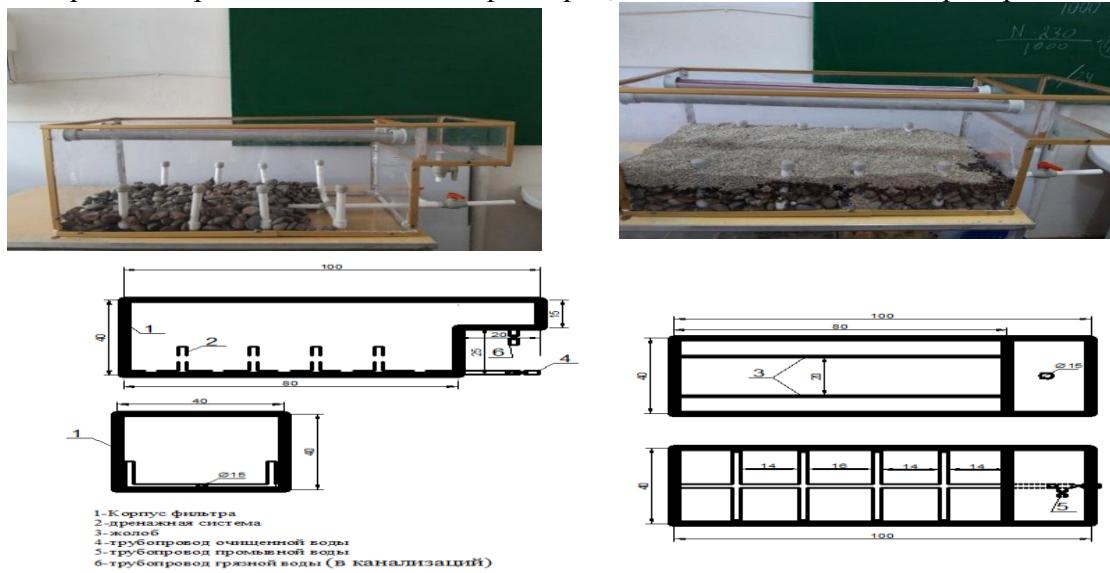


Рис. 4. Скорый безнапорный фильтр с оптимизированной дренажной системой.

Качество исходной суспензии и фильтрата контролировалось по оптической плотности на фотоэлектрокалориметре ФЭК-М. Для получения абсолютных значений концентраций загрязнений проводилась тарировка прибора весовым способом с фильтрованием суспензии через мембранные фильтры. Скорость фильтрования постоянная, напор переменный, пропорциональный  $H_t$ . В качестве насадки использован кварцевый песок р. Ала-Арча – высокоэффективный фильтрующий материал, применение которого в водоочистных фильтрах обеспечивает повышение их производительности в 2,8 – 3,7 раза. Крупность зерен в опытах – от 0,1 до 0,24 см, скорость фильтрования – от 0,14 до 0,7 см/сек. На фильтры для разделения подавались искусственно приготовленные суспензии и природная вода. Концентрация загрязнений изменялась в пределах  $1,10^{-2} + 1,10^{-3} \%$ . В некоторых опытах для упрочнения осадка, формирующегося в свободном объеме слоя, вводили флокулирующую добавку – полиакриламид. Опыты проводились так, что на все пять фильтров-моделей подавалась суспензия одного качества. Переменными параметрами являлась или скорость фильтрования, или крупность зерен. В опытах, результаты которых использованы нами для обсуждений, переменными были одновременно оба этих параметра. В табл. 1. даны условия проведения и результаты наших характерных опытов, а также опытов Минца по фильтрованию искусственных и естественных суспензий через кварцевый песок.

### **1.2.1. Краткая характеристика месторождений фильтрующего кварцевого песка**

Исследования кварцевого песка с целью использования его в качестве сырьевой базы для производства фильтрующего материала были проведены кафедрой «Водоснабжение и водоотведение» КГТУ им. И. Раззакова и носили комплексный характер. Они содержали обследование месторождений, взятие проб с различных участков, определение наиболее пригодных к разработке карьеров, анализ и обобщение полученных результатов.

На территории Кыргызской Республики широко известны месторождения кварцевого песка на юге республики в районах Кок-Янгакского, Сулюктинского, Маркайского угольных месторождений. А в Чуйской области кварцевый песок – Ивановский, Васильевский карьеры в Иссык-Атинском районе и в Иссык-Кульском районе.

#### **Показатели и свойства фильтрующего материала**

Исследования показателей и свойств фильтрующего материала из кварцевого песка можно провести на основе комплексного подхода к оценке фильтрующих материалов по следующей программе:

- 1) Определение показателей и свойств кварцевого песка: физико-механических, химической стойкости, санитарно-токсикологических;
- 2) Определение показателей зернистого слоя: геометрической структуры, гидравлических характеристик, касательных напряжений на поверхности зерен;
- 3) Определение технологических показателей фильтрующего слоя: скорости фильтрования, продолжительности фильтроцикла, грязеемкости;
- 4) Проведение производственных испытаний фильтрующего материала.

Испытания и анализы проведены в лаборатории кафедры «Водоснабжение и водоотведение».

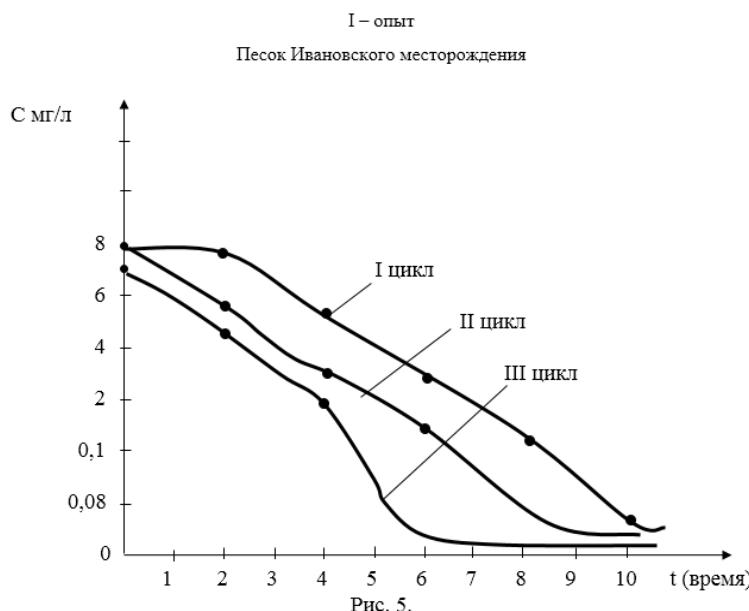
Таблица 1.

## Песок Ивановского месторождения

№ п/п	Время T (мин)	Скорость, V (м/с)	Концентрация, C <sub>нач</sub> (мг/л)	Концентрация , C <sub>кон</sub> (мг/л)	pH	Температура , C <sup>0</sup>
Цикл 1						
1	2		8	0,075	7,9	18
2	4		8	0,05	7,8	18
3	6		8	0,03	7,5	18
4	8		8	0,01	7,2	18
5	10		8	0,006	8,2	18
2-цикл						
1	2		8	0,055	10	18
2	4		8	0,035	9,2	18
3	6		8	0,011	7,5	18
4	8		8	0	6,8	18
5	10		8	0	7,4	18
3-цикл						
1	2		7	0,05	9,8	18
2	4		7	0,02	9,4	18
3	6		7	0	9,2	18
4	8		7	0	8,8	18
5	10		7	0	8,5	18

## Вычисление сухого остатка

1. 38,080840 мг - остат. = 0,258 мг
2. 38,80265 мг - остат. = 0,258 мг
3. 39,50680 мг - остат. = 0,417 мг
4. 38,80555 мг - остат. = 0,255 мг
5. 39,60305 мг - остат. = 0,947 мг
6. 39,50325 мг - остат. = 1,147 мг



Конструкция фильтрующего слоя

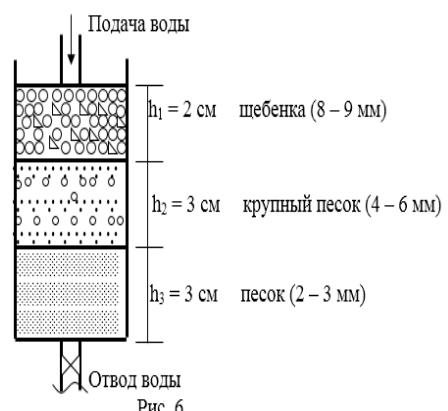


Таблица 2.

## Песок Васильевского месторождения

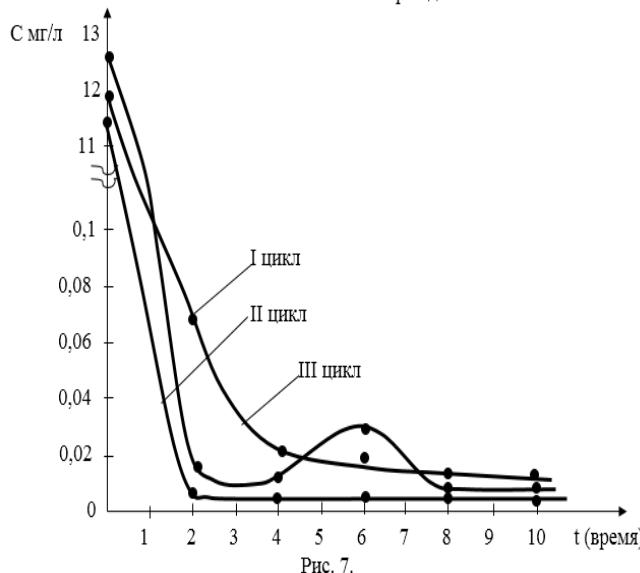
№ п/п	Время T (мин)	Скорость, V (м/с)	Концентрация, C <sub>нач</sub> (мг/л)	Концентрация, C <sub>кон</sub> (мг/л)	pH	Температура , C°
1	2		12	0,075	5,7	18
2	4		12	0,025	5,3	18
3	6		12	0,02	5,8	18
4	8		12	0,01	6,8	18
5	10		12	0,005	6,9	18
			2-цикл			
1	2		11,5	0,017	7,8	18
2	4		11,5	0,005	7,6	18
3	6		11,5	0,0025	7,3	18
4	8		11,5	0	6,4	18
5	10		11,5	0	5,8	18
			3-цикл			
1	2		12,5	0,02	7,8	18
2	4		12,5	0,01	8,0	18
3	6		12,5	0,3	7,5	18
4	8		12,5	0,015	7,7	18
5	10		12,5	0	7,6	18

## Вычисление сухого остатка

1. 38,4506 мг - ост. = 0,192 мг
2. 38,6491 мг - ост. = 0,187 мг
3. 39,0944 мг - ост. = 0,244 мг
4. 38,5510 мг - ост. = 0,197 мг
5. 38,7562 мг - ост. = 0,185 мг
6. 39,4761 мг - ост. = 0,215 мг

II - опыт

## Песок Васильевского месторождения



## Конструкция фильтрующего слоя

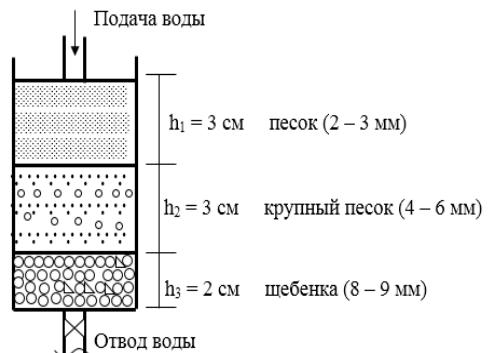


Рис. 8.

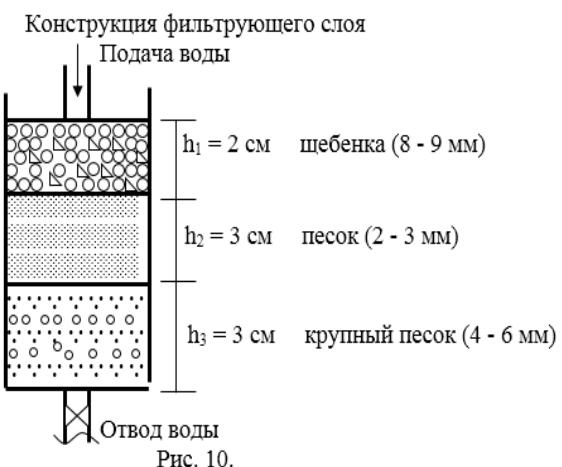
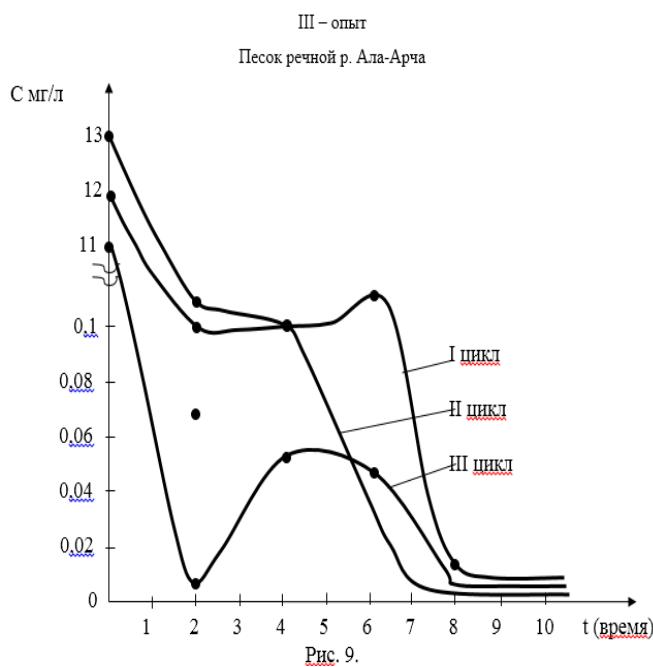
Таблица 3.

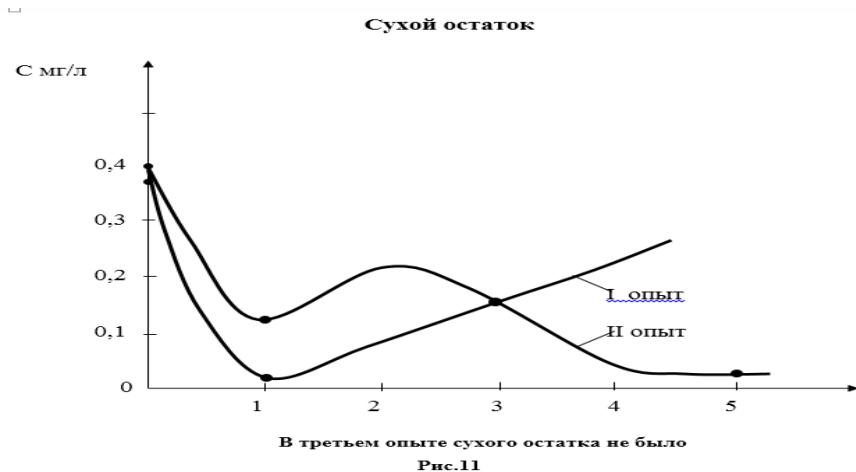
## Речной песок р. Ала-Арча

№ п/п	Время T (мин)	Скорость, V (м/с)	Концентрация, C <sub>нач</sub> (мг/л)	Концентрация, C <sub>кон</sub> (мг/л)	pH	Температура, C <sup>0</sup>
1	2		12	0,115	7,8	18
2	4		12	0,11	6,4	18
3	6		12	0,195	7,8	18
4	8		12	0,005	7,6	18
5	10		12	0	7,3	18
			2-цикл			
1	2		0,135	0,125	8,2	18
2	4		0,135	0,105	7,6	18
3	6		0,135	0,035	6,8	18
4	8		0,135	0	7,3	18
5	10		0,135	0	7,2	18
			3-цикл			
1	2		11	0,15	7,4	18
2	4		11	0,055	7,1	18
3	6		11	0,05	6,7	18
4	8		11	0	6,7	18
5	10		11	0	6,5	18

## Вычисление сухого остатка

1. 382572 мг - ост. = 0,099 мг
2. 38,1560 мг - ост. = 0,499 мг
3. 38,0568 мг - ост. = 0,299 мг
4. 38,3563 мг - ост. = 0,752 мг
5. 38,6559 мг - ост. = 0,651 мг
6. 39,1224 мг - ост. = 1,012 мг





## Глава 2. Технико-экономическое обоснование фильтрующего материала из кварцевого песка из местных месторождений

В данной диссертации необходимо произвести технико-экономическое сравнение двух вариантов, а именно – сравнить экономические показатели фильтрующего материала: базальтового волокна.

**На его основе, возникает необходимость рассмотреть ТЭП этих технологий (для сравнения взят второй материал – кварцевый песок).**

Таблица 2.1

Наименование фильтрующего материала	Единицы измерения	Расход в день	Расход в год	Цена, сом
Кварцевый песок местных месторождений	кг	730	3942	15
Кварцевый песок Волгоградский месторождения	кг	730	8760	23

### 1. Кварцевый песок местных месторождений:

1. Заработка плата в год:

$$3.П. = N_{раб} * 3.П.мес. * t * K; \quad (11)$$

$N_{раб}$  – число рабочих;

3.П. – заработка плата в месяц;

$t$  – время;

$K$  - соц.фонд

$$3.П.=3\text{чел.} * 25000\text{сом} * 12\text{мес.} * 1,1725\text{тариф} = 1055250 \text{ сом}$$

2. Эксплуатационные расходы на машины и механизмы:

$$\mathcal{E}_{м.м} = M * t_{час} * t_{год} * R; \quad (12)$$

$M$  – расход на электричество;

$t_{час}$  – время, (час);

$t_{год}$  – время. (год);

$R$  - тариф

$$\mathcal{E}_{м.м}=1\text{квт} * 24\text{часа} * 365\text{дней} * 1,16\text{т} = 10161 \text{ сом}$$

### 3. Материальные вложения для кварцевый песка местного месторождения

$$M = H_p * \Pi; \quad (13)$$

$H_p$  – расход материала в год;

$\Pi$  – цена;

$$M_1 = 3942\text{сом} * 15\text{сом} = 59130 \text{ сом}$$

4. В стоимость входят также непредвиденные затраты

$$H.З. = 3.П. + \mathcal{E}_{м.м} \cdot 5/100; \quad (14)$$

3.П.– заработка плата в год;  
 Эм.м. - эксплуатационные расходы на машины и механизмы;

$$Н.3. = (1055250+10161) \cdot 5/100 = 53270,55 \text{ сом}$$

5. Общая сумма капитальных вложений составляет

$$К_в = 3.П. + Эм.м. + Н.3. + М_1; \quad (15)$$

3.П.– заработка плата в год;

Эм.м. - эксплуатационные расходы на машины и механизмы;

Н.3. – непредвиденные затраты;

М<sub>1</sub> – материальное вложения;

$$К_в = 1055250 + 53270,55 + 10161 + 59130 = 1177811,55 \text{ сом}$$

6. Эксплуатационные расходы в год

$$Э_и = М_{год} + 3.П. + Эм.м.; \quad (16)$$

М<sub>год</sub> – материальные вложения в год;

3.П.– заработка плата в год;

Э<sub>м.м</sub> - эксплуатационные расходы на машины и механизмы;

$$Э_{i,год} = 59130 + 1055250 + 10161 = 1124541 \text{ сом}$$

7. Приведенные затраты

$$\Pi = Э_и + Е_и * К_в; \quad (17)$$

Е<sub>и</sub> – нормативный коэффициент (Е<sub>и</sub> = 0.15), сом

К<sub>в</sub> – капитальные вложения итого варианта, сом

Э<sub>и</sub> – Эксплуатационные расходы, сом

$$\Pi = 1124541 + 0,15 * 1177811,55 = 1314862,73 \text{ сом}$$

## 2. Кварцевый песок Волгоградский месторождения (Россия):

1. Заработка плата в год:

$$3.П. = Нраб * 3.П.мес. * t * K; \quad (18)$$

Нраб – число рабочих;

3.П.мес. – заработка плата в месяц;

t – время;

K - соц.фонд

$$3.П.=3чел.*25000сом*12мес.*1,1725тариф = 1055250 \text{ сом}$$

2. Эксплуатационные расхода на машины и механизмы:

$$Эм.м = M * t_{час} * t_{год} * R; \quad (19)$$

M – расход на электричество;

t<sub>час</sub> – время, (час);

t<sub>год</sub> – время. (год);

R - тариф

$$Э_{м.м}=1квт*24часа*365дней*1,16тариф = 10161сом$$

3. Материальные вложения для кварцевого песка

$$M = Н_р * Ц; \quad (20)$$

Н<sub>р</sub> – Расход материала в год;

Ц – цена;

$$M_2 = 8760 \text{ сом} * 23 \text{ сом} = 201480 \text{ сом}$$

4. В стоимость входят также непредвиденные затраты

$$Н.3. = 3.П. + Эм.м. \cdot 5/100; \quad (21)$$

3.П.– заработка плата в год;

Эм.м. - эксплуатационные расходы на машины и механизмы;

$$Н.3. = (1055250+10161) \cdot 5/100 = 53270,55 \text{ сом}$$

5. Общая сумма капитальных вложений составляет

$$К_в = 3.П. + Эм.м. + Н.3. + М_2; \quad (22)$$

3.П.– заработка плата в год;

Эм.м. - эксплуатационные расходы на машины и механизмы;

Н.З. – непредвиденные затраты;

**M<sub>1</sub>** – материальное вложение;

$$К_в = 1055250 + 101161 + 53270,55 + 201480 = 1320161,55 \text{ сом}$$

6. Эксплуатационные расходы:

$$\mathcal{E}_i = M_{\text{год}} + З.П. + \mathcal{E}_{\text{м.м.}}; (23)$$

**M<sub>год</sub>** – материальные вложения в год;

З.П. – заработка плата в год;

**Э<sub>м.м.</sub>** - эксплуатационные расходы на машины и механизмы;

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = 201480 + 1055250 + 10161 = 1266891 \text{ сом}$$

7. Приведенные затраты:

$$\Pi = \mathcal{E}_i + E_n * K_v; (24)$$

**E<sub>n</sub>** – нормативный коэффициент (**E<sub>n</sub>** = 0,15), сом

**K<sub>v</sub>** – капитальные вложения итого варианта, сом

**Э<sub>i</sub>** – Эксплуатационные расходы, сом

$$\Pi = 1266891 + 0,15 * 1320161,55 = 1464915,23 \text{ сом}$$

Произвести технико-экономическое сравнение двух вариантов, а именно – сравнить экономические показатели фильтрующего материала: Известняк.

**На его основе, возникает необходимость рассмотреть ТЭП этих технологий (для сравнения взят второй материал – Шунгит и известняк).**

**Таблица 2.2.**

Наименование фильтрующего материала	Единицы измерения	Расход в день	Расход в год	Цена, сом
Известняк	кг	547,5	1094	7
Шунгит	кг	547,5	547,5	750

### 3. Известняк:

1. Заработка плата в год:

$$З.П. = N_{\text{раб}} * З.П. \text{мес.} * t * K; (25)$$

**N<sub>раб</sub>** – число рабочих;

З.П. – заработка плата в месяц;

**t** – время;

**K** - соц.фонд;

$$З.П. = 3 \text{ чел.} * 25000 \text{ сом} * 12 \text{ мес.} * 1,1725 = 1055250$$

2. Эксплуатационные расходы на машины и механизмы:

$$\mathcal{E}_{\text{м.м.}} = M * t_{\text{час}} * t_{\text{год}} * R; (26)$$

**M** – расход на электричество;

**t<sub>час</sub>** – время, (час);

**t<sub>год</sub>** – время. (год);

**R** - тариф

$$\mathcal{E}_{\text{м.м.}} = 1 \text{ квт} * 24 \text{ часа} * 365 \text{ дней} * 1,16 = 10161$$

3. Материальные вложения для известняка:

$$M = H_p * \Pi; (27)$$

**H<sub>p</sub>** – Расход материала в год;

**Π** – цена;

$$M_3 = 1095 * 7 \text{ сом} = 7665 \text{ сом}$$

4. В стоимость входят также непредвиденные затраты:

$$Н.З. = З.П. + \mathcal{E}_{\text{м.м.}} * 5/100; (28)$$

З.П. – заработка плата в год;

**Э<sub>м.м.</sub>** - эксплуатационные расходы на машины и механизмы;

$$Н.З. = (1055250 + 10161) * 5/100 = 53270,55 \text{ сом}$$

5. Общая сумма капитальных вложений составляет

$$К_В = З.П. + Э_{м.м.} + Н.З. + М_3; (29)$$

Ен – нормативный коэффициент (Ен = 0.15), сом

К<sub>В</sub> – капитальные вложения итого варианта, сом

Э<sub>i</sub> – эксплуатационные расходы, сом

$$К_В = 1055250 + 10161 + 153270,55 + 7665 = 1217346,55 \text{ сом}$$

6. Эксплуатационные расходы

$$Э_i = М_{год} + З.П. + Э_{м.м.}; (30)$$

М<sub>год</sub> – материальные вложения в год;

З.П. – заработка плата в год;

Э<sub>м.м.</sub> – эксплуатационные расходы на машины и механизмы;

$$Э_i = 7665 + 10161 + 1055250 = 1073076 \text{ сом}$$

7. Приведенные затраты

$$П = Э_i + Е_н * К_В; (31)$$

Ен – нормативный коэффициент (Ен = 0.15)

К<sub>В</sub> – капитальные вложения итого варианта.

Э<sub>i</sub> – эксплуатационные расходы

$$П = 1073076 + 0,15 * 1217346,55 = 1255677,98 \text{ сом}$$

#### 4. Шунгит:

1. Заработка плата в год:

$$З.П. = Н_{раб} * З.П.мес. * t * K; (32)$$

Н<sub>раб</sub> – число рабочих;

З.П.мес. – заработка плата в месяц;

t – время;

K - соц.фонд

$$З.П.=3\text{чел.}*25000\text{сом}*12\text{мес.}*1,1725=1055250 \text{ сом}$$

2. Эксплуатационные расходы на машины и механизмы:

$$Э_{м.м} = M * t_{час} * t_{год} * R; (33)$$

M – расход на электричество;

t<sub>час</sub> – время, (час);

t<sub>год</sub> – время. (год);

R - тариф

$$Э_{м.м}=1\text{квт}*24\text{часа}*365\text{дней}*1,16=10161\text{сом}$$

3. Материальные вложения для шунгита:

$$M = Н_p * Ц; (34)$$

Н<sub>p</sub> – Расход материала в год;

Ц – цена;

$$M_4 = 547,5 * 750 = 410625 \text{ сом}$$

4. В стоимость входят также непредвиденные затраты:

$$Н.З. = З.П. + Э_{м.м.} \cdot 5/100; (35)$$

З.П. – заработка плата в год;

Э<sub>м.м.</sub> – эксплуатационные расходы на машины и механизмы;

$$Н.З. = (1055250+10161) \cdot 5/100 = 53270,55 \text{ сом}$$

5. Общая сумма капитальных вложений составляет

$$К_В = З.П. + Э_{м.м.} + Н.З. + М_4; (36)$$

Ен – нормативный коэффициент (Ен = 0.15), сом

К<sub>В</sub> – капитальные вложения итого варианта, сом

Э<sub>i</sub> – эксплуатационные расходы, сом

$$К_В = 1055250 + 10161 + 53270,55 + 410625 = 1529306,55 \text{ сом}$$

6. Эксплуатационные расходы

$$Э_i = М_{год} + З.П. + Э_{м.м.}; (37)$$

М<sub>год</sub> – материальные вложения в год;

З.П. – заработка плата в год;

$\mathbb{E}_{\text{м.м}}$  - эксплуатационные расходы на машины и механизмы;

$$\mathbb{E}_{\text{год}} = 410625 + 1055250 + 10161 = 1476036 \text{ сом}$$

7. Приведенные затраты:

$$\Pi = \mathbb{E}_i + E_n * K_v; \quad (38)$$

$E_n$  – нормативный коэффициент ( $E_n = 0.15$ )

$K_v$  – капитальные вложения итого варианта.

$\mathbb{E}_i$  – эксплуатационные расходы

$$\Pi = 1476036 + 0,15 * 1529306,55 = 1705431,98 \text{ сом}$$

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Кафедра «Водоснабжение и водоотведение» КГТУ им. И. Раззакова в течение трех лет проводим исследование по использованию дешевого местного сырья для фильтрующей загрузки фильтров тонкой очистки воды. В качестве загрузки использовался песок кыргызских месторождений. В результате исследования выяснилось, что продолжительность фильтроцикла увеличивается в два раза, качество воды удовлетворяет всем требованиям ГОСТА «Вода питьевая» и САН ПИНА Кыргызской Республики.

## Список литературы

1. Басса Г.М. «Водоснабжение. Технико-экономические расчеты». - Киев, Высшая школа, 1977.
2. Минц Д.М., Шуберт С.А. Гидравлика зернистых материалов. – М.: изд. Минкомхоза РСФСР, 1965-109 с.
3. Минц Д.М. Теоретические основы технологии очистки воды. М.: Стройиздат, 1964. - 156с.
4. Николадзе Г.И., «Водоснабжение» Учебник для техникумов, М., Стройиздат, 1989г., 496с.
5. Репин Б.Н., Запорожец С.С, Ереснов В.Н., Справочник. «Водоснабжение и водоотведение. Наружные сети и сооружения», М., Высшая школа, 1995.
6. СНиП 2.04.02-84. «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения».
6. Фрог Б.Н., Левченко А.П., «Водоподготовка». Учебное пособие для вузов .- М., Издательство МГУ, 1996.- 680 с..
8. Кожинов В.Ф., «Очистка питьевой и технической воды», примеры и расчеты, - М., 1971.
9. Абрамов Н.Н., «Водоснабжение». Учебник для вузов.- 3-е изд., перераб. и доп.- М., Стройиздат, 1982.- 440 с..
10. Назаров И.А., «Справочник проектировщика. Водоснабжение население населенных мест и промышленных предприятий». Изд. 2-е, перераб. и доп. – М., Стройиздат, 1977.- 288 с..

## **Исследование экологического состояния и определение качества воды реки Большая Кузьмиха**

*Егор Зеленков, 10 класс, МАОУ «Лицей ИГУ», Ксения Колосова, 10 класс, МБОУ СОШ № 75, МАОУ ДО г. Иркутска «Дворец творчества», Иркутская область*

### **Специальный приз «Участие в научной экспедиции школьников на Байкал»**

*Руководители: Ю.Н. Кудрявцева, учитель географии, Н.А. Зеленкова, педагог дополнительного образования*

### **АННОТАЦИЯ**

Актуальность работы: В настоящее время состояние малых рек, в результате резко возросшей антропогенной нагрузки на них оценивается как катастрофическое. Значительно сократился сток малых рек, многие оказываются на пороге исчезновения.

В данной работе рассматривается проблема настоящего состояния реки Большая Кузьмиха и прогноз ее будущего.

Главной целью работы является определение и оценка изменений, произошедших с рекой за последние 50 лет, а также определение современного состояния водоема.

Основное содержание исследования составляет определение гидрологических характеристик реки, химический анализ и определение качества воды методом биотестирования. Для проведения гидрологических измерений на реке разбит временный гидрологический пост, определены координаты гидропоста и отметка нуля водомерного поста. Проведенные наблюдения показали, что расход воды в реке за последние 50 лет уменьшился почти в 10 раз. В гидробиологических пробах обнаружены облигатные гидробионты и околоводные беспозвоночные. Химический анализ воды позволил сделать выводы, что вода в реке относится к гидрокарбонатному классу с повышенным содержанием сульфатов и железа, что вероятнее всего объясняется антропогенным воздействием человека. Определение качества воды методом биотестирования основанном на выживании рака дафнии показал, что на разных участках реки качество воды разное и оценивается от слаботоксичной до токсичной. Это зависит от сезона взятия пробы (в осенний период антропогенная нагрузка снижается). Особое внимание в работе уделено источникам антропогенного загрязнения и рассмотрены пути решения этой проблемы.

Авторы пришли к выводу: Вода в реке Большая Кузьмиха на грани между загрязненной и удовлетворительно чистой.

Даны рекомендации: Продолжить реализацию комплекса мероприятий по оздоровлению реки, произвести благоустройство территории вокруг устоев старого железнодорожного моста.

## 1.Введение

**Актуальность:** В настоящее время состояние малых рек, в результате резко возросшей антропогенной нагрузки на них оценивается, как катастрофическое. Значительно сократился сток малых рек. Велико число рек, прекративших существование в последнее время, многие оказываются на пороге исчезновения. Так и наша река Большая Кузьмиха сейчас находится в очень плачевном состоянии. В нашей работе мы постарались выявить основные ее проблемы и наметить пути их решения. Работа посвящена изучению экологических проблем, связанных с вопросом: «Почему в Иркутске строят прямо в руслах рек и даже над ними?». Возьмем, к примеру, район, где мы живем, учимся и отдыхаем. Это микрорайон Энергетиков. Здесь есть небольшая речка, о которой мы расспросили своих родных. Они сказали, что река называется Большая Кузьмиха, а перед нашим домом течет её левый приток - ручей Кочумиха. Когда-то река была довольно большой и полноводной. На ее берегах росло много черемухи, а в реке водилась рыба. Но сейчас мы видим, что часть реки уже засыпана, так как здесь построен большой торговый центр.

Все ли мы понимаем, какое это сокровище – речка? И как оно уязвимо, это сокровище?! Можно заново построить разрушенный город. Можно посадить новый лес, выкопать пруд. Но живую речку, если она умирает, как всякий живой организм, сконструировать невозможно. Вот почему нас заинтересовала данная тема, которая остается актуальной и сейчас

**Проблемный вопрос:** Есть ли будущее у реки Большая Кузьмиха?

**Цель исследования:** Определить изменения, которые произошли с рекой Большая Кузьмиха, и её современное экологическое состояние.

**Задачи исследования:**

1. По картам, литературным источникам, публикациям, материалам из интернета выявить перемены, которые произошли с рекой Большая Кузьмиха.
2. Исследовать состояние реки на сегодняшний день.
3. Провести химический анализ воды в школьных лабораторных условиях и химической лаборатории водоканала
4. Определить качество воды методом биотестирования.
5. Разработать рекомендации по проведению мероприятий для оздоровления реки.

## 2.Методы исследования

Для ответов на поставленные вопросы проанализирована литература, проведен визуальный осмотр реки от истока до устья и ее левый приток ручей Кочумиха с целью

установления современного состояния реки, определения основных источников ее загрязнения. В различных местах проведены замеры глубины, ширины, скорости течения, рассчитаны расходы воды. Методом биотестирования определено качество воды. Проведен химический анализ воды

### 3. Общая характеристика реки Большая Кузьмиха

**Историческая справка.** Река получила свое название в честь села Кузьмиха, которое вплотную прилегало к Ангаре, с запада и востока имея границами две небольшие речки, Большая и Малая Кузьмиха. С XIX века через село пролегла Кругобайкальская железная дорога.

После постройки ГЭС, в 1956 году, от неё остались лишь каменные опоры железнодорожного моста через Большую Кузьмиху.



**Рис.1.** Опоры моста через р. Большая Кузьмиха

### 4. Полевые наблюдения

Для проведения гидрологических измерений на реке был разбит временный гидрологический пост. Для выбора места расположения поста было проведено рекогносцировочное обследование участка реки от объездной дороги микрорайона Юбилейного до центральной магистрали по улице Академической. Соответствующее место нашлось в 540 мерах от школы и 73,5 метрах от большого торгового центра «БУМ». Рядом с пешеходным мостом, соединяющим микрорайоны Энергетиков и Южный.

Поскольку река малая с узким руслом и спокойным течением, неглубокая, рядом находится пешеходный мост через реку выбран речной тип поста. При открытии гидрологического поста выполнены следующие работы: установка реперов, нивелирование берегов и промеры глубин, установлена водомерная рейка, проведено нивелирование поста (основного и контрольного реперов, водомерной линейки), разбит гидроствор.

Нивелирование берегов реки для определения уровня 0 поста проведено полуинструментальным методом. Высотную привязку основного и контрольного реперов выполнил специалист ОАО «Востсибтранспроект» с помощью тахеометра Geomax ZTS

605 LR. Основной репер имеет координаты  $52^{\circ}13'59''$  с.ш. и  $104^{\circ}17'39''$  в.д. и высоту 441,04 м. Контрольный репер координаты  $52^{\circ}13'58''$  с.ш. и  $104^{\circ}17'38''$  в.д. и высоту 440,58 м. Водомерная рейка имеет координаты  $52^{\circ}13'59''$  с.ш. и  $104^{\circ}17'39''$  в.д. и высоту 437,42 м – это нулевой уровень гидрологического поста.

От основного репера по берегу и руслу реки, измерение высот точек берегов проведено методом ватерпасовки.



Рис. 2. А- Измерительные работы, Б - Гидрологический пост на реке Б. Кузьмиха

Справочные данные по учебному гидрологическому посту Б.Кузьмиха

Координаты гидропоста:  $52^{\circ}13'59''$  с.ш. и  $104^{\circ}17'39''$  в.д.

Расстояние от устья: 1,2 км Отметка нуля водомерного поста (в Балтийской системе высот): 437,42 м

#### 4.1 Гидрологические особенности реки Большая Кузьмиха

Во время постройки железнодорожного моста через реку её расход составлял  $6,93 \text{ м}^3/\text{с}$

После активной застройки территории гидрологические характеристики сильно изменились:

- Площадь водосбора –  $8,9 \text{ км}^2$ ;
- Длина, в том числе в черте города -  $3,8/3,8 \text{ км}$ ;
- Уклон – 10,80 %;
- Максимальная скорость в паводок  $1,39 \text{ м/с}$ ;
- Расход воды  $2,8 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Питание реки осуществляется за счёт грунтовых вод и атмосферных осадков, (эти данные были взяты из гидрологических ежегодников, выпускаемых Иркутским гидрометцентром, последние сведения датируются 1971г., в настоящее время гидрологиче-

ское состояние реки оценивается не регулярно, по запросам администрации города Иркутска).

**Таблица 1.** Гидрологические показатели реки в летние и осенние месяцы по годам:

Основные параметры реки	2018	2019	2020	2021	2022
Ширина, м	1,26	1,44	1,34	1,48	1,30
Глубина, м	0,48	0,52	0,62	0,61	0,58
Скорость течения, м/с	0,27	0,44	0,59	0,39	0,52
Расход воды, м <sup>3</sup> /с	0,36	0,33	0,49	0,35	0,37
Годовое количество осадков, мм	461	593	627	435	

- Расход воды в 2020 увеличился в полтора раза, что вероятнее всего можно объяснить большим количеством осадков летом этого года.

Можно отметить, что за последние 50 лет расход воды в реке уменьшился почти в 10 раз.



**Рис. 3.** Полевые измерения на реке Большая Кузьмиха (2018 - 2022год)

За последние 40 лет изменилась прибрежная растительность в среднем и нижнем течении реки, многие участки берега заболочены;

В гидробиологических пробах были обнаружены облигатные гидробионты и околоводные беспозвоночные. Преобладали личинки комаров-звонцов и малошетинковые черви, встречены даже личинки мух-береговушек, ручейников. С помощью микроскопа (увеличение 160 раз) в воде были обнаружены остракоды и веслоногие раки.

В черте города вдоль реки нарушен регламент, установленный Водным кодексом РФ (статья 65). С 2004 года по настоящее время пересохли и исчезли два водоема в нижнем течении реки. Строительство объектов ведется непосредственно по берегам и

над руслом реки (ул. Академическая, 26, Торговый центр Б.У.М. на рис.2), хотя ширина водоохранной зоны для рек и ручьев до 10 км длины от истока до устья устанавливается в размере 50 м;

Наиболее опасные для здоровья реки соседи: садоводство «Энергетик», АЗС (БРК, КрайсНефть), торгово-развлекательный центр, строй-рынок «Радужный» и гаражные объединения (более 15) расположенные вдоль её берегов.

Вода реки содержит большое количество примесей, по берегам много бытового мусора, исчезла рыба, хотя местные жители вспоминают о том, что когда-то здесь ловили карасей (Рис. 4). Во время полевых исследований мы произвели очистку берега Кузьмихи (Рис. 5, 6).



**Рис.4.** Экологическое состояние реки до 2018 года



**Рис.5.** Экологический субботник на реке Кузьмиха

Наша активная деятельность не осталась незамеченной. На нее обратили внимание общественные организации и администрация города, которые на сегодняшний день являются нашими добрыми партнерами:

- Комитет Городского обустройства администрации г. Иркутска;
- Департамент образования КСПК администрации г. Иркутска;

- Компания «РосГосСтрах»;
- МАОУ ДОД ДДиЮТ г. Иркутска;
- ЛИН СО РАН, ИГУ.

С 2019 года проводится совместная с партнерами акция по санитарной очистке реки Большая Кузьмиха, в которой принимают участие ученики, педагоги, родители, администрация города и сотрудники РосГосСтраха.



**Рис.6.** Субботник на реке. Апрель 2022года.

Раньше берега речки Большая Кузьмиха выполняли функцию зелёной зоны. С недавнего времени эта территория очень активно осваивается строителями. Отдельные участки русла уже засыпаны и на них построены: жилые дома, развлекательный центр, гаражи, АЗС, рестораны и много других подчас непонятных громадных строений. Многие иркутяне покупали здесь квартиры, как в самом экологически чистом месте города. Но буквально за несколько лет берега р. Большая Кузьмиха стали неузнаваемы, а часть вообще оказалась объектами строительства или несанкционированной свалкой.

После неоднократного обращения в администрацию города прилегающая к реке территория частично была очищена от мусора. А некоторые землепользователи благоустроили прилегающую к их объектам территорию.



**Рис. 7.** Прилегающая к реке территория после благоустройства

## 5. Определение качества воды

### 5.1. Химический анализ воды

Для проведения химического анализа воды мы обратились с просьбой в химическую лабораторию водоканала, куда были предоставлены взятые с реки Кузьмиха пробы воды. Результаты представлены в таблице 2.

**Таблица 2.** Гидрохимические показатели рек Кузьмиха и Ангара

Показатель	Река Кузьмиха	Река Ангара
Водородный показатель	6	7
Общая жесткость	0,5	0,7
Хлориды	0,37	0,16
Сульфаты	19	5,9
Гидрокарбонаты	83	73
Калий	1,5	1,1
Натрий	2,0	3,8
Магний	2,5	3,1
Кальций	6,0	18
Нитраты	1,8	0,2
Гидрофосфаты	1,8	2,0
Железо	16,1	8,0

По результатам анализа можно сделать вывод, что вода в реке Кузьмиха относится к гидрокарбонатному классу, мягкая. По показателю РН она приближена к кислым водам атмосферных осадков.

Повышенное содержание сульфатов в воде Кузьмихи, вероятнее всего можно объяснить антропогенным воздействием человека (это садоводства, гаражные кооперативы, автомойки, АЗС непосредственно на берегах реки). При разложении органических веществ растительного происхождения образуются ионы аммония, в окислительных условиях при участии бактерий аммонийный азот окисляется до нитритного, т.о. источником этих соединений в водах реки могут служить утечки из выгребных ям садоводств, поверхностные стоки. Этим мы можем объяснить повышенное содержание нитратов в реке. Источником железа являются заболоченные берега.

### 5.2. Практическая работа

#### 5.2.1 Проведение анализа воды в школьной лаборатории

### 1. Определение содержания растворенного кислорода в пробе воды.

Содержание растворенного в воде кислорода мы определяли по Насоновой. Для этого:

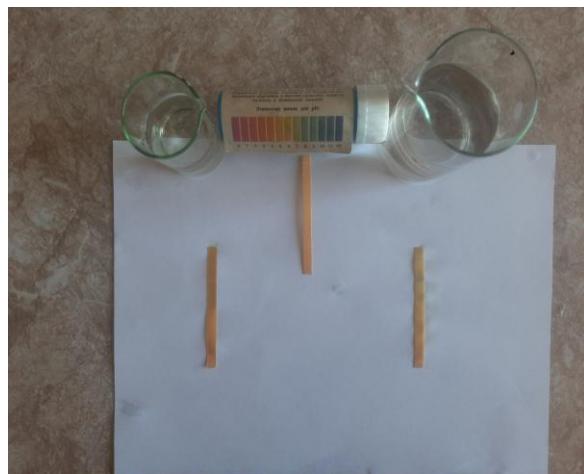
- Отфильтровали пробы воды
- К 10 мл. отфильтрованной воды добавили 0,5 мл. 30% - ной серной кислоты и 1 мл. 0,01н раствора перманганата калия.
- Тщательно перемешали содержимое и оставили на 20 минут при температуре 20° С.

Окраска стала бледно-розовой, содержание растворенного кислорода в воде можно считать = 8мг/л

### 2. Определение содержания ионов водорода в воде: pH-фактор воды.

Приближенно реакцию раствора можно определить с помощью специальных реагентов, называемых индикаторами, окраска которых меняется в зависимости от концентрации ионов водорода. В нашем случае мы использовали следующие индикаторы: метиловый оранжевый, лакмус и фенолфталеин.

С помощью индикаторов мы определили, что исследуемая нами вода имеет нейтральную среду, т.е. pH воды равен 6-6,5.



**Рис.8.** Показатель pH воды: слева- водопроводная вода, справа- вода р. Кузьмиха.

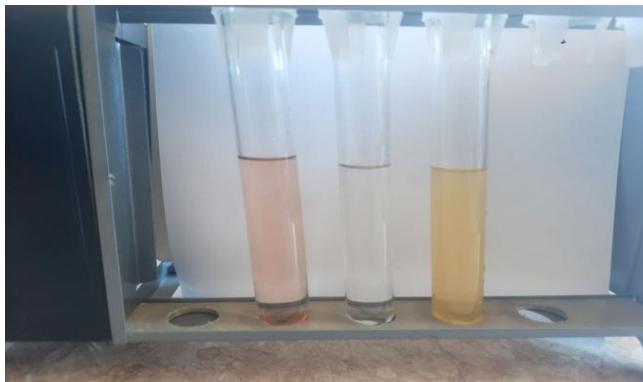
### 3. Определение карбонатной жесткости воды.

Для определения карбонатной жесткости налили в склянку 10 мм анализируемой воды и добавим 5-6 капель фенолфталеина. Возникновение розовой окраски говорит о наличии карбонат-ионов.

### 4. Определение прозрачности питьевой воды.

Прозрачность, или светопропускание воды обусловлена ее цветом и мутностью, т.е. содержанием в ней различных окрашенных и минеральных веществ. Прозрачность

определяют наряду с мутностью, особенно в тех случаях, когда вода имеет незначительную окраску и мутность, обнаружение которых затруднительно. Воды, подаваемые для питьевого водоснабжения должны иметь прозрачность не менее 30 см. Для определения прозрачности воды мы использовали прозрачный мерный цилиндр с плоским дном, в него мы налили воду. Под цилиндр подложили на расстояние 4 см от дна шрифт. Высота букв данного шрифта - 2 мм, а толщина линии букв - 0,5 мм. Мы сливали воду до тех пор, пока сверху через слой воды не стал виден этот шрифт. Измерили высоту столба оставшейся воды линейкой и выразили степень прозрачности в см. Высота водяного столба в сантиметрах, сквозь который текст можно прочитать, считается значением прозрачности воды. Прозрачность воды Кузьмихи равна 0,20 см.



**Рис.9.** Проведение анализа

Таким образом, наши исследования совпадают с результатами анализа химической лаборатории!

Химический анализ воды позволяет сопоставить полученные данные со стандартными показателями качества воды, установленными нормативными документами. А гидробиологический метод позволяет дать характеристику состояния водной экосистемы по растительному и животному населению водоема. Этот метод дает комплексную оценку качества воды т.к. учитывает взаимодействие разных загрязняющих веществ с биотой.

#### 5.2.2 Определение качества воды гидробиологическим методом

Оценка качества воды была определена методом биотестирования

**Методика биотестирования.** Метод основан на определении изменений выживаемости и плодовитости дафний при воздействии токсических веществ, содержащихся в тестируемой воде, по сравнению с контролем.

Кратковременное биотестирование (до 96 час) позволяет определить острое токсическое действие воды на дафний по их выживаемости. Показателем выживаемости служит среднее количество тест-объектов, выживших в тестируемой воде или в контроле за определенное время. Критерием токсичности является гибель 50 и более процентов дафний за период времени до 96 ч в тестируемой воде по сравнению с контролем. Длительное биотестирование (20 и более суток) позволяет определить хроническое токсическое действие воды на дафний по снижению их выживаемости и плодовитости. Показателем выживаемости служит среднее количество исходных самок дафний, выживших в течение биотестирования, показателем плодовитости - среднее количество молоди, выметанной в течение биотестирования, в пересчете на одну выжившую исходную самку. Критерием токсичности является достоверное отличие от контроля показателя выживаемости или плодовитости дафний. Кратковременное биотестирование (до 96 час) позволяет определить острое токсическое действие воды на дафний по их выживаемости. Показателем выживаемости служит среднее количество тест-объектов, выживших в тестируемой воде или в контроле за определенное время. Критерием токсичности является гибель 50 и более процентов дафний за период времени до 96 ч в тестируемой воде по сравнению с контролем. Длительное биотестирование (20 и более суток) позволяет определить хроническое токсическое действие воды на дафний по снижению их выживаемости и плодовитости. Показателем выживаемости служит среднее количество исходных самок дафний, выживших в течение биотестирования, показателем плодовитости - среднее количество молоди, выметанной в течение биотестирования, в пересчете на одну выжившую исходную самку. Критерием токсичности является достоверное отличие от контроля показателя выживаемости или плодовитости дафний.

Начальная плотность посадки - 6-10 особей на 1 л воды. Спустя 5-7 суток, в течение которых дафнии привыкают к лабораторным условиям существования и начинают размножаться, в сосуды доливают воду для дальнейшего культивирования. Культуру дафний выращивают в климатостате, люминостате, боксе или помещении, не содержащем токсических паров или газов. Оптимальная температура для культивирования дафний и биотестирования составляет 20+2°C, освещенность 400-600 лк при продолжительности светового дня 12- 14 ч. При проведении эксперимента культура дафний выращивалась в пресноводном аквариумном центре Лимнологического института СО РАН.



**Рис. 10.** Культивирование дафний

Отборы проб проводились в 2 точках: У торгового комплекса БУМ и в районе садоводств (поселок Юбилейный)

**Таблица 3.** Результат биотестирования с помощью дафний. Эксперимент № 1

Точка отбора	Время от начала биотестирования	Количество выживших дафний		Смертность дафний в опыте, % к контролю
		контроль	опыт	
Точка 1: Район торгового центра БУМ	1 час	10	10	0%
	6 часов	10	10	0%
	24 часа	10	7	30%
	48 часов	10	7	30%
	72 часа	10	6	40%
	96 часов	10	6	40%
			8	23%

Так как в пробе погибло 25% дафний, что свидетельствует о слаботоксичности воды в данных образцах и среднем уровне загрязнения реки

**Таблица 4.** Результат биотестирования с помощью дафний. Эксперимент № 2

Точка отбора	Время от начала биотестирования	Количество выживших дафний		Смертность дафний в опыте, % к контролю
		контроль	опыт	
Точка 2: вблизи садоводства,	1 час	10	9	10%
	6 часов	10	7	30%

гаражного коопера- тива	24 часа	10	4	60%
	48 часов	10	3	70%
	72 часа	10	3	70%
	96 часов	10	3	70%

По отношению к контролю за время тестирования погибло 70 %, т.е. проба воды оценивается как токсичная. Зона загрязнения - 1 (особи держатся в придонном слое, часть теряет активность, наблюдаются случаи «вертлячки»)

**Таким образом:**

1. Вода в реке Большая Кузьмиха на грани между загрязненной и удовлетворительно чистой.

2. Вода реки Большая Кузьмиха может быть использована в рекреационных целях, что и делают жители окрестных домов.

## 6. Выводы и рекомендации

Малым рекам принадлежит исключительно важная роль в биосфере. Они в силу своей природной уязвимости в первую очередь реагируют на хозяйственную деятельность человека - на вырубку лесов, распашку, осушение, орошение, они обладают более низкой способностью к самоочищению, быстрее загрязняются. Проблема чистой воды - одна из острейших в мире. Необходимо беречь и охранять водные ресурсы. Нужно «мыслить глобально, а действовать локально». Оглянитесь вокруг: может, спасая малую реку, вы сбережете большую?

В настоящее время решить экологические проблемы малых рек одними только природоохранными мерами невозможно. Необходима разработка и осуществление специальных инженерных мероприятий. Очевидно, что успех данной деятельности возможен только в том случае, если усилия экологов и инженеров объединены в единой программе экологического обустройства. Необходимо:

1. провести комплексное исследование состояния реки и прибрежной территории с привлечением ученых экологов, биологов, географов, архитекторов, историков и других специалистов;
2. ученым-экологам Иркутска разработать полноценный проект водоохранной зоны реки, которая обеспечит целостность и устойчивость экологической системы реки, и общественный доступ всех жителей к её природным и эстетическим ресурсам;

3. продолжить работы по благоустройству прибрежной зоны реки с помощью её землепользователей;
4. продолжить реализацию комплекса мероприятий по оздоровлению реки с участием коллектива школы и партнеров (укрепление склонов через посадку зелёных насаждений, проведение экологических субботников, организацию профилактических мероприятий).

## 7. Список литературы

1. Кузьмиха, село. [Электронный ресурс]. URL:<http://www.lib23.irk.ru/sverdl.htm>. (Дата обращения: 10.11.2015).
2. Большаков А.Г. Градостроительная форма городского ландшафта как условие и результат планирования и регулирования градостроительной деятельности в г. Иркутске // Вестник ИГУ. – Изд-во: ИНИТУ, Иркутск, 2010. - № 7(47). – С. 70-80.
3. Атлас развития Иркутска. - Иркутск: Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2011. - 131 с.
4. Большаков А.Г Принципы организации прибрежных территорий как экологического каркаса территорий //Известия ИГУ. Сер. Биология. Экология. Том 4, №2 (10), 2011. – С.5-11.
5. Фотографии с высоты 492 м. [Электронный ресурс]. Программа "Google Планета Земля" (Дата обращения: 10.12.2016).
6. Водный кодекс РФ / Кодексы и законы РФ. [Электронный ресурс]. URL: [http://kzrf.ru/vdkrf\\_head\\_06.html](http://kzrf.ru/vdkrf_head_06.html). (Дата обращения: 10.12.2016).
7. Проект планировки Южной части Свердловского округа. [Электронный ресурс]. URL: // <http://rudocs.exdat.com/docs/index-419103.html>. (Дата обращения: 10.12.2016).

**Влияние диффузного загрязнения на сток биогенных элементов в реке Ия**  
**Зулейха Хафизова, 9 класс, МБОУ «Лесхозская средняя общеобразовательная школа»**  
**Арского муниципального района, Республика Татарстан**  
**Специальный приз Героя Советского Союза летчика-космонавта В.В. Терешковой**  
**Руководитель: С.А. Курбанова, учитель химии**

## АННОТАЦИЯ

Исследования процессов антропогенного эвтрофирования, направленные на снижение внутренней и внешней биогенной нагрузки на водные объекты, ведутся уже достаточно давно. Известно, что основной вклад в загрязнение поверхностных вод соединениями азота и фосфора вносят разнообразные диффузные источники, в первую очередь, сельскохозяйственная деятельность. Для Республики Татарстан, территория которой почти на 80% распахана, проблема эвтрофирования рек, озер и водохранилищ занимает одно из первых мест в рейтинге актуальных экологических проблем, требующих своего решения. В рамках федерального проекта «Оздоровление Волги» в бассейне реки Казанка (левый приток реки Волга) специалисты Российской Академии наук проводили исследования по анализу диффузной биогенной нагрузки. Так как учащиеся Лесхозской школы Арского муниципального района уже в течение нескольких лет проводят гидрохимический мониторинг реки Казанка, нам показалось интересным и актуальным провести собственные исследования и оценить биогенную нагрузку на один из притоков Казанки в верхнем ее течении. С этой целью мы установили три пункта наблюдений на реке Ия, где ежемесячно в течение года отбирали пробы воды и анализировали их на содержание минеральных форм азота и фосфора. Параллельно проводилось обследование водосборной территории, водоохранной зоны реки, собирался материал по объемам внесения минеральных удобрений и другим источникам диффузного загрязнения. Это позволило нам сформировать собственное представление о показателях содержания биогенных элементов в речной воде, а также количественно оценить их вынос с территории водосборного бассейна. В получении необходимой для расчетов информации нам помог Исполнительный комитет Арского района, большую заинтересованность и внимание к нашей работе проявила ООО «Агрофирма «Кырлай», которая занимается выращиванием сельхозпродукции в бассейне реки. Хотя по результатам исследований и не было выявлено значительных превышений ПДК в речных водах концентраций минеральных форм азота и фосфора, полученные нами данные говорят о том, что в целом биогенная нагрузка на водоток является существенной. Самое главное – есть потенциал для ее снижения, о чем мы постарались донести до жителей нашего района, агрофирмы «Кырлай», а также до органов исполнительной власти. По завершении исследований мы узнали, что Министерство экологии и природных ресурсов РТ планирует в 2023 году реализовать большую программу по сохранению р. Казанка. Мы надеемся, что полученные нами результаты можно будет использовать для решения поставленных в этой программе задач.

## ВВЕДЕНИЕ

В Федеральном проекте «Оздоровление Волги» значительное место уделено разработке мер по снижению антропогенной нагрузки на водные объекты, расположенные в волжском бассейне. В рамках проекта выполнены научные исследования, направленные на установление вклада диффузных источников загрязнения в формирование качества воды и в развитие процессов эвтрофирования (Полянин и др., 2020). Установлено, что вклад диффузной составляющей в общую биогенную нагрузку на Куйбышевское водохранилище от водосбора достигает 85–95% (Поздняков и др., 2020). Для малых рек региона такие расчеты единичны (Минакова и др., 2020) из-за отсутствия необходимых исходных данных.

В Республике Татарстан проводится мониторинг соединений биогенных элементов в поверхностных водных объектах (Государственный ..., 2022). Его результаты показывают, что, несмотря на предпринимаемые меры по строительству новых и модернизации существующих очистных сооружений, уровень загрязнения рек и водохранилищ соединениями азота и фосфора остается высоким; в ряде водных объектов систематически отмечаются превышения их предельно допустимых концентраций. Следствие – развитие процессов «цветения» воды. Это указывает на необходимость борьбы не только с сосредоточенным, но и с диффузным загрязнением, связанным с сельскохозяйственной деятельностью на водосборах.

Как известно, для получения высоких урожаев на поля ежегодно вносят высокие дозы минеральных и органических удобрений. Часть из них не усваивается растениями и вымывается из почв в водоемы и водотоки (Башкин, Кудеяров, 1989; Коплан-Дикс и др., 1985), что приводит к росту биомассы водорослей и эвтрофикации, ухудшению качества воды, размножению сине-зеленых водорослей, токсическим эффектам для гидробионтов. Не менее существенный антропогенный источник биогенных элементов в поверхностных водах – отходы животноводства. Неправильное обращение с ними, отсутствие специально оборудованных мест складирования, как правило, ведет к смыву органических отходов в водные объекты и негативным последствиям для водных экосистем.

Таким образом, оценка диффузной нагрузки на водосборную территорию речных бассейнов представляет теоретическую и практическую значимость.

**Цель исследования** – определить уровень биогенной нагрузки и рассчитать показатели стока соединений минерального азота и фосфора в бассейне реки Ия.

**Задачи исследования:**

- 1) провести гидрохимический мониторинг и определить концентрации минеральных форм азота и фосфора в водах верхнего, среднего и нижнего течения реки;
- 2) рассчитать показатели стока биогенных элементов;
- 3) выполнить инвентаризацию источников диффузной биогенной нагрузки в бассейне р. Ия и оценить их вклад в показатели стока минеральных форм азота и фосфора.

### **1. Диффузное загрязнение**

Диффузное (рассредоточенное) загрязнение – это ухудшение качества воды в водных объектах, вызванное источниками, загрязняющими вещества от которых минуют централизованные очистные сооружения, и/или очистка для которых не предусмотрена, не применима или не может их полностью охватить (Полянин и др., 2020). Особенностями диффузного загрязнения являются прерывистый характер поступления загрязняющих веществ; значительная изменчивость потоков загрязняющих веществ. Периодами проявления диффузного загрязнения являются весенне-половодье и дождевые паводки, в результате которых происходит формирование загрязненного стока за короткий период времени.

Влияние сельского хозяйства как источника поступления биогенных элементов в водоемы и водотоки возрастает с увеличением процента распаханности земель, применения минеральных и органических удобрений, строительства ферм и животноводческих комплексов. Повышение почвенного плодородия связано с внесением значительного количества биогенных элементов – азота, фосфора и калия, часть которых поступает в водные объекты и может вызвать их ускоренное эвтрофирование (Расчет ..., 1989). Поступление биогенных элементов в водоемы и водотоки определяется характером использования земель, структурой угодий, дозами, сроками и технологией внесения удобрений, урожайностью сельскохозяйственных культур. Из природных факторов – геоморфологической и геологической структурой территории, гидрологическими и климатическими условиями.

С сельскохозяйственных водосборов значительное количество азота и фосфора выносится с удобрениями. Коэффициент использования азота из минеральных удобрений составляет до 30%, минерального – до 50%. Величина вымывания подвижных форм фосфора по различным оценкам колеблется для пашни от 0.5 до 1.8 кг/га (Расчет ..., 1989).

### **2. Общие сведения о р. Ия**

Река Ия – правый приток р. Казанка, впадает в нее в 114 км от устья в районе д. Купербаш Арского муниципального района (рис. 1). Длина реки 21.9 км. Площадь водосбора 141.7 км<sup>2</sup>. Среднегодовой расход воды в устье 50% обеспеченности равен 0.750

$\text{м}^3/\text{с}$ , в половодье –  $0.627 \text{ м}^3/\text{с}$ , в межень –  $0.123 \text{ м}^3/\text{с}$  (Водные объекты ..., 2018). Лесистость водосбора 4%. Густота речной сети  $0.3 \text{ км}/\text{км}^2$ . Ия принимает три притока – ручей Утня и два притока без названия. Питание реки смешанное, с преобладанием снегового. Модуль подземного питания  $1.1\text{--}3.0 \text{ л}/\text{с}\cdot\text{км}^2$ . Средний многолетний слой годового стока в бассейне  $154 \text{ мм}$ , слой стока половодья  $120 \text{ мм}$ . Весенне половодье начинается в первой декаде апреля. Ледостав образуется в конце октября – начале ноября (<https://tatarica.org>).

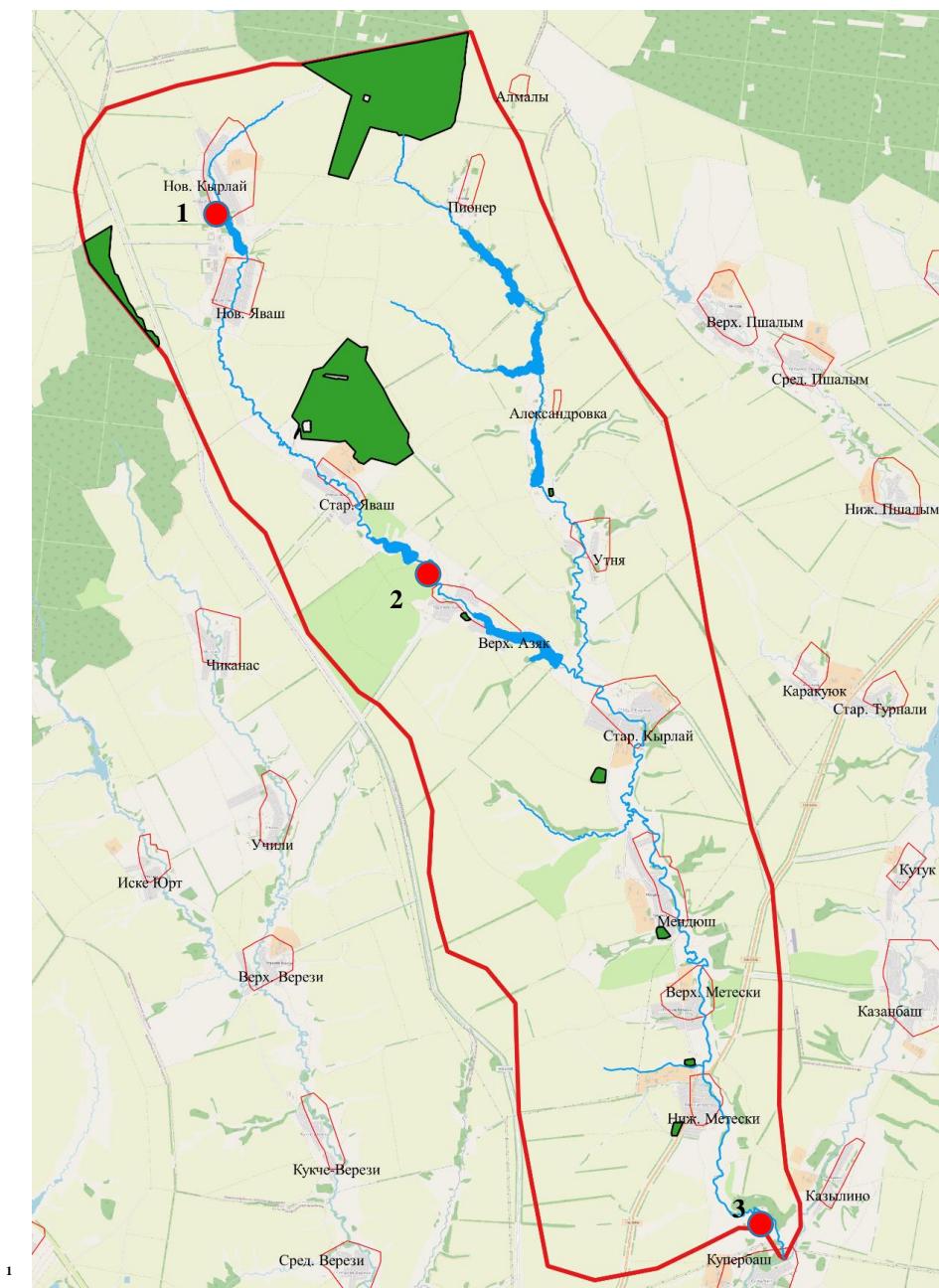


Рис. 1. Карта-схема бассейна р. Ия с пунктами отбора проб воды

Красной линией обозначена граница водосборной площади

● пункты отбора проб (описание см. в разделе Материалы и методы)

Распаханность сельскохозяйственных угодий в бассейне – 75%. Площадь пашни, подверженная эрозии – 69%. В бассейне реки расположено шесть прудов (табл. 1, рис. 1). Пруды используются для орошения, водопоя скота, разведения рыбы и водоплавающей птицы, а также в рекреационных целях. Ширина водоохранной зоны р. Ия составляет 100 м. Ширина прибрежной защитной полосы: при уклоне берега 3° и более – 50 м, при уклоне берега менее 3° – 40 м (Об установлении ..., 2018).

Таблица 1. Основные сведения о прудах в бассейне р. Ия (Водные объекты ..., 2018)

Пруд	Привязка	Площадь, га	Год ввода в эксплуатацию
Пруды на р. Ия			
Верхний	с. Новый Кырлай	4.3	1971
Средний	ниже д. Старый Яваш	6.6	н/д
Нижний	ниже с. Верхний Азяк	15.5	н/д
Пруды на притоке р. Ия – р. Утня			
Верхний	ниже д. Пионер	11.5	1981
Средний	выше д. Александровка	9.8	н/д
Нижний	выше д. Утня	5.6	н/д

В бассейне р. Ия мы насчитали семь животноводческих ферм и два летних лагеря для выпаса скота. Большая их часть расположена на расстоянии менее 100 м от русла, с нарушением режима водоохраных зон (рис. 2). Места складирования навоза не оборудованы защитными валами, которые препятствовали бы стоку органических отходов животноводства на рельеф местности и далее в водотоки.

### 3. Сельскохозяйственная нагрузка в бассейне р. Ия

По данным, которые нам предоставили в Исполнительном комитете Арского муниципального района, в бассейне р. Ия осуществляет сельскохозяйственную деятельность ООО «Агрофирма «Кырлай»». Она занимается выращиванием различных сельскохозяйственных культур: пшеница озимая занимает 630 га, рожь озимая – 600 га, ржич озимый – 172 га, пшеница яровая – 1788 га, ячмень – 1640 га, овес – 409 га, горох – 122 га, рапс – 705 га, картофель – 1150 га, капуста – 10 га, морковь – 10 га, столовая свекла – 100 га, кукуруза на зерно – 200 га и силос – 700 га, многолетние травы – 1810 га.

В хозяйстве в среднем на 1 га ежегодно вносится порядка 100 кг действующих веществ минеральных удобрений, в том числе: диаммофоска, азофоска, аммиачная селитра, аммиачная вода, калимаг, калий хлористый, карбамид, сульфат аммония (табл. 2). Эти дозы считаются небольшими (Панников, Минеев, 1987; Расчет ..., 1989).



Рис. 2. Фермы КРС и летние загоны для скота в водоохранных зонах р. Ия

Таблица 2. Сведения о количестве внесенных минеральных удобрений в 2021 г.  
(по данным государственной статистической отчетности №9-сх)

Элементы питания	Внесено удобрений в пересчете на питательное вещество		
	ц	кг д.в.	кг/га
N	7021.8	702180	68.0
P	1694.0	72842	7.1
K	3816.0	209880	20.4

Органические удобрения в основном вносятся под картофель в количестве не менее 60 т/га на площади 250–300 га ежегодно, также используется сидеральный пар (донник желтый, горчица) на площади 250–300 га.

Агрофирма «Кырлай» ведет строительство мегафермы, рассчитанной на 1800 голов КРС. В настоящее время в хозяйстве 490 голов КРС. Это означает, что биогенная нагрузка на бассейн р. Ия может кратно увеличиться, если не в должной мере будут соблюдены требования по эксплуатации животноводческого комплекса, в первую очередь, по складированию и утилизации отходов.

#### 4. Материалы и методы исследования

Для решения поставленных в работе задач в 2022 г. на р. Ия были установлены три пункта гидрохимических наблюдений, расположенные на участках верхнего (1 – Новый Кырлай), среднего (2 – Старый Яваш) и нижнего (3 – устье, Купербаш) течения (рис. 1).

Отбор проб воды осуществляли ежемесячно с февраля по декабрь. Гидрохимические исследования выполнены на базе Северного территориального управления Министерства экологии и природных ресурсов РТ. В перечень определяемых показателей вошли: нитратный, нитритный и аммонийный азот, фосфор фосфатов.

Расчет показателей стока биогенных элементов и биогенной нагрузки на водосбор проводили с учетом рекомендаций (Расчеты ..., 1989; Суханов и др., 2006; Ясинский и др., 2019).

#### 5. Результаты и их обсуждение

##### 5.1. Динамика содержания минерального азота и фосфора в воде р. Ия

Главную роль в процессах антропогенного эвтрофирования играют минеральные формы азота и фосфора. Для бассейна р. Ия можно выделить следующие главные их источники: удобрения, поступающие с полей, почвенная эрозия, участки складирования отходов жизнедеятельности животных, места выпаса скота.

Минеральный **азот** представляет собой сумму нитратных, аммонийных и нитритных его форм. Все формы азота способны к взаимным превращениям в зависимости от физико-химических и биологических условий водных масс. Ионы аммония и нитриты –

это индикаторы свежего загрязнения, увеличение содержания нитратов указывает на загрязнение в предшествующее время.

Для бассейна р. Ия выявлен тренд на снижение концентраций минерального азота ( $N_{\text{мин}}$ ) в воде с февраля по декабрь (рис. 3). В среднем течении азот содержится на уровне 3.0–3.5 мгN/л. Концентрации  $N_{\text{мин}}$  в устье на 10% ниже. В июле и августе на всем протяжении реки содержание минерального азота, особенно нитратного, падает из-за активного его потребления фитопланктоном и высшей водной растительностью. В сентябре и ноябре был замечен рост концентраций  $N_{\text{мин}}$  в среднем течении.

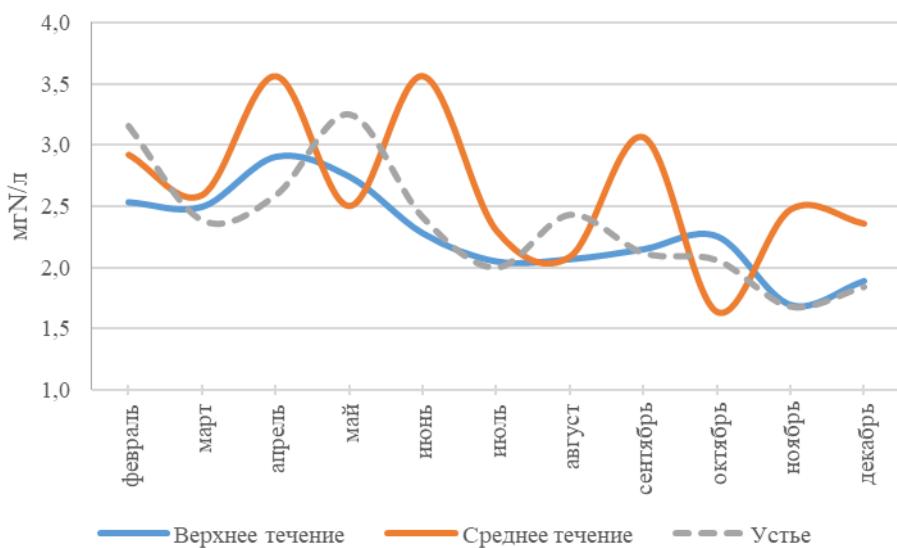


Рис. 3. Динамика содержания минерального азота в воде р. Ия

Среди минеральных форм азота в водах р. Ия преобладал нитратный – 85% от общего. Превышения предельно допустимых концентраций отмечены по аммоний-иону и нитритам, но они были единичны и на всех участках течения отмечались только в августе. Заметим, что в августе на водосборе выпало минимальное количество осадков – 0.3 мм, что привело к снижению разбавляющей способности реки.

Минеральный **фосфор** в речных водах в основном представлен фосфором фосфатов. В отличие от минерального азота, минимальные и максимальные концентрации  $P_{\text{мин}}$  в водах р. Ия отличались на целый порядок и в течение года варьировали от 0.02 до 0.18 мгР/л (рис. 4). Пик содержания  $P_{\text{мин}}$  в воде отмечен в устье в период половодья (апрель). В остальные гидрологические сезоны концентрация минерального фосфора в основном не превышала 0.06 мгР/л, оставаясь в пределах ПДК для олиготрофных водоемов (Приказ ..., 2016).

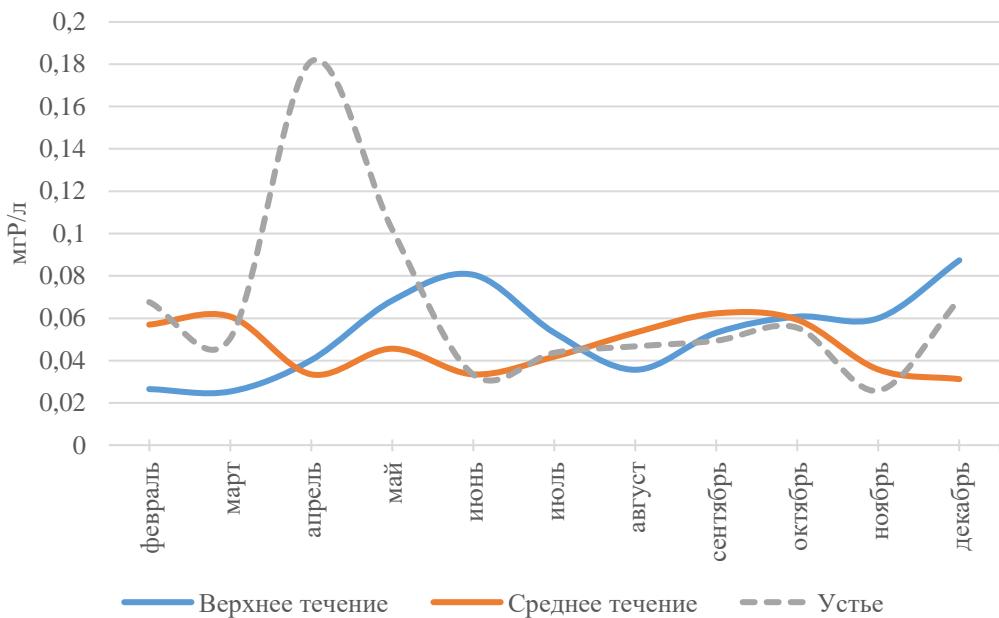


Рис. 4. Динамика содержания минерального фосфора в воде р. Ия

### 5.3. Показатели стока биогенных элементов

В бассейне р. Ия расположено 9 населенных пунктов (рис. 1). Ни один из них не оборудован системой канализации. Сброс бытовых сточных вод население осуществляет в выгребные ямы, которые, как показал проведенный нами опрос, чаще всего представляют собой бетонные кольца без основания. Из-за отсутствия герметичности выгребов происходит инфильтрация растворенных соединений азота и фосфора сначала в грунтовые воды, а затем в реки. Этот вывод подтверждается исследованиями учащихся нашей школы (Заллялиев, 2023): повышенные концентрации нитрат-ионов и фосфатов были обнаружены в родниковых водах исследуемой нами части бассейна р. Казанка. Существенный источник биогенного загрязнения речных вод – отходы животноводства. Навоз на фермах и в личных подсобных хозяйствах складируется на незащищенной территории и смывается в водоемы при снеготаянии и в дождевые паводки.

По литературным данным (Полянин и др., 2020), со стоками с ферм и личных подсобных хозяйств в водоемы поступает 0.01–0.05 кгР/сут. на одно животное, а с недоочищенными или неочищенными бытовыми сточными водами – 0.003–0.006 кгР/сут. на одного жителя. По азоту аналогичных данных в литературе мы не нашли.

В таблице 3 представлены данные о численности населения и о количестве голов крупного рогатого скота (КРС) в личных подсобных хозяйствах населенных пунктов в бассейне р. Ия, которые были использованы для расчета выноса азота и фосфора в речную сеть. Расчеты показали, что со сточными водами населенных пунктов в р. Ия посту-

пает не менее 3.48 тР/год, от крупного рогатого скота личных подсобных хозяйств и агрофирмы «Кырлай» (490 голов) – еще не менее 6.69 тР/год (табл. 4).

Таблица 3. Численность населения и количество голов КРС в бассейне р. Ия

№	Населенный пункт	Кол-во дворов	Численность населения	Кол-во КРС	Выпас КРС
1	Новый Кырлай	191	501	253	+
2	Новый Яваш	165	371	172	+
3	Старый Яваш	77	201	144	+
4	Верхний Азяк	54	127	120	+
5	Старый Кырлай	109	281	105	+
6	Мендюш	146	468	292	+
7	Верхние Метески	84	266	127	-
8	Нижние Метески	200	503	83	+
9	Купербаш	117	461	47	-
Итого:			3179	1343	

Таблица 4. Показатели стока минеральных форм азота и фосфора в р. Ия

Биогенные элементы	Минеральные удобрения, т/год		Поступление от КРС, т/год	Сточные воды населенных пунктов, т/год	Речной сток		
	Внесено в почвы	Вынос из почв (15%)			т/год	% от антропогенного поступления	кг/(км <sup>2</sup> ·год)
Азот	702.2	105.0	-	-	59.29	-	410.0
Фосфор	72.8	10.9	6.69	3.48	3.75	17.8	26.5

Концентрация минерального фосфора в устье в период паводка – 0.18 мгР/л, в межень – в среднем 0.05 мгР/л. С учетом величины расходов воды в паводок (0.627 м<sup>3</sup>/с) и межень (0.123 м<sup>3</sup>/с), сток фосфора в р. Казанка в 2022 г. в паводковый период составит 3.56 т, в межень 0.19 т, модуль стока – 0.0265 т/км<sup>2</sup>·год.

Концентрация минерального азота в устье в период паводка равна 2.92 мгN/л, в межень – 2.23 мгN/л. Отсюда, сток азота в р. Казанка в 2022 г. в паводковый период равен 57.73 т, в межень – 1.56 т, модуль стока – 0.41 т/км<sup>2</sup>·год.

Наиболее существенным источником диффузного загрязнения р. Ия является вынос биогенных элементов из почв с минеральными удобрениями (51%), а также отходы животноводства (32.8%) (табл. 4).

Считается (Расчет ..., 1989), что вынос азота и фосфора удобрений из почв не превышает 15% от их внесения. Получаем для бассейна р. Ия: вынос азота 105 т/год, фосфора 10.9 т/год (табл. 4).

По данным Е.А. Минаковой (Минакова и др., 2020), средний экспорт общего азота и фосфора со всей территории водосбора р. Казанка равен 444 тN/год и 23 тР/год.

Площадь бассейна р. Казанка равна 2717.5 км<sup>2</sup> (Водные ..., 2018). Отсюда можно рассчитать и модули их стока в бассейне Казанки: азот 163.4 кг/(км<sup>2</sup>·год), фосфор 8.5 кг/(км<sup>2</sup>·год).

Используя данные таблицы 4 по показателям стока азота и фосфора в бассейне р. Ия (т/год), получаем, что ее вклад в суммарный вынос биогенных элементов в бассейне р. Казанка по азоту равен 13.3%, по фосфору 16.3%.

Площадь водосбора р. Ия составляет 5.2% от суммарной площади водосборного бассейна р. Казанка. Таким образом, показатели выноса азота и фосфора в бассейне р. Ия в 2.5–3.1 раза превышают аналогичные показатели в бассейне р. Казанка.

Зная ПДК минеральных форм азота и фосфора в воде, расходы воды и площадь водосбора, можно рассчитать показатели предельно допустимого выноса минерального азота и фосфора (максимально допустимые значения модулей стока) в бассейне р. Ия. По нашим расчетам, они составят 1500 кгN/(км<sup>2</sup>·год), фосфора 66.8 кгP/(км<sup>2</sup>·год). Таким образом, в 2022 г. фактический модуль стока азота составил 27% от допустимого, фосфора – 40% от допустимого. Какой-либо качественной оценки по этим расчетным значениям мы дать не можем, однако вполне очевидно, что их снижение будет положительно влиять на качество воды в р. Ия и р. Казанка.

### **Выводы и рекомендации**

1) В воде реки Ия среднегодовые концентрации минерального азота составляют 2.43 мгN/л, минерального фосфора – 0.055 мгP/л.

2) Основной вклад в диффузное загрязнение реки биогенными элементами вносят минеральные удобрения (51%) и отходы животноводства (33%). Со сточными водами населенных пунктов в р. Ия поступает около 3.5 тP/год.

3) В реке Ия сток фосфора в паводковый период составил 3.56 т, в межень – 0.19 т, модуль стока – 0.0265 т/км<sup>2</sup>·год. Около 95% минерального фосфора поступает из р. Ия в р. Казанка в период весеннего паводка; 80% от годового объема стока (20.5 т) имеет антропогенное происхождение.

4) Вклад р. Ия в суммарный вынос биогенных элементов в бассейне р. Казанка в среднем равен 15%. Показатели удельного выноса азота и фосфора в бассейне р. Ия в 2.5–3 раза превышают аналогичные показатели в бассейне р. Казанка.

Снижение биогенной нагрузки на водосбор р. Ия может быть обеспечено оптимизацией минерального питания растений, проведением работ по водоохранному лесоразведению и формированию полезащитных лесных полос на водосборной территории реки, соблюдением режима водоохраных зон, правильным обращением с отходами животноводства.

*Благодарности.* Автор благодарит Исполнительный комитет Арского муниципального района и специалистов Северного территориального управления Министерства экологии и природных ресурсов Республики Татарстан за содействие в выполнении работы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Башкин В.Н., Кудеяров А.Ю. Смыв азота, фосфора и калия с водосборных территорий рек, дренирующих сельскохозяйственные районы // Водные ресурсы. 1989. № 6. С. 36–45.
2. Залялиев Б. Химический состав родниковых вод в верховьях р. Казанка. Исследовательская работа. Казань, 2023. 20 с.
3. Коплан-Дикс М.С., Назаров Г.В., Кузнецов В.К. Роль минеральных удобрений в эвтрофировании вод суши. Л.: Наука, 1985. 180 с.
4. Лурье Ю.Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод. М.: Химия, 1984. 448 с.
5. Мартынова М.В. Донные отложения как составляющая лимнических систем. М.: Наука, 2010. 243 с.
6. Минакова Е.А., Шлычков А.П., Кондратьев С.А., Брюханов А.Ю. Особенности формирования биогенной нагрузки Куйбышевского водохранилища в пределах Республики Татарстан // Сборник статей, посвященный 100-летию со дня образования Гидрохимического института, «Современные проблемы гидрохимии и мониторинга качества поверхностных вод». Ростов-на-Дону, 2020. Ч. 1. С.111-114.
7. Об установлении водоохранных зон и прибрежных защитных полос реки Казанка и ее притоков: Сухая, Кисьмесь, Нокса, Киндерка, Солонка, Шимяковка, Кырлай, Красная, Атынка, Каменка, Верезинка, Ия, Каймарка, Сула и 4 безымянных притока, расположенных на территории Республики Татарстан. Приказ Министерства экологии и природных ресурсов РТ от 28.12.2018 г. №1396-п.
8. Панников В.Д., Минеев В.Г. Почва, климат, удобрение, урожай. М.: Агропромиздат, 1987. 512 с.
9. Поздняков Ш.Р., Шагидуллин Р.Р., Кондратьев С.А., Брюханов А.Ю., Шмакова М.В., Обломкова Н.С., Горшкова А.Т., Иванов Д.В., Горбунова Ю.В., Урбанова О.Н., Бортникова Н.В. Инвентаризация источников внешней антропогенной

- нагрузки на Куйбышевское водохранилище // Труды Карельского научного центра РАН. Сер. Лимнология и океанология. 2020. №4. С. 125–138.
- 10.Полянин В.О., Фащевская Т.Б., Кирпичникова Н.В., Курбатова И.Е., Розенталь О.М., Беляев С.Д., Елизарьев А.Н. Концепция снижения диффузного загрязнения реки Волги. М., 2020. 120 с.
- 11.Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 13.12.2016 г. №552 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения».
- 12.Расчет поступления биогенных элементов в водоемы для прогноза их эвтрофирования и выбора водоохранных мероприятий. Рекомендации. М.: Агропромиздат, 1989. 48 с.
- 13.Степанова Е.В. Геоэкологическое обоснование предельных уровней экспорта биогенных элементов с территорий стран Бассейна балтийского моря: Автореф. дисс. ... канд. геогр. наук. СПб, 2009. 25 с.
- 14.Суханов П.А., Даишев Ш.Т., Перцович А.Ю., Соболева В.Н., Хоффман М., Делстра Й., Бергман Н. Мониторинг стока биогенных веществ // Агрохимический вестник. 2006. № 1. С. 16–23.
- 15.Ясинский С.В., Веницианов Е.В., Вишневская И.А. Диффузное загрязнение водных объектов и оценка выноса биогенных элементов при различных сценариях землепользования на водосборе // Водные ресурсы. 2019. Т. 46. № 2. С. 232–244.
- 16.<https://tatarica.org/ru/razdely/priroda/gidrograficheskaya-set/reki/iya>. Онлайн - энциклопедия Tatarica (Дата обращения: 12.12.2022)

# Российский открытый молодежный водный конкурс

с 2003 года

■ **Цель Водного конкурса** – поддержка научно-исследовательской и проектной деятельности школьников и студентов вузов Российской Федерации и стран-участниц в сфере охраны окружающей среды и устойчивого развития, включая анализ проблем водоподготовки и очистки загрязненных стоков и сохранения водного биоразнообразия, исследование корреляций водных, социальных, климатических и других факторов, а также форсайт-исследования.

■ **Организатор** – автономная некоммерческая организация «Институт консалтинга экологических проектов».

Директор – Н.Г. Давыдова, канд. техн. наук, почетный работник водного хозяйства РФ, руководитель Водного конкурса, лауреат Премии Правительства РФ в области образования.

Председатель Номинационного комитета – А.Н. Косариков, докт. экон. наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, лауреат Государственной премии РФ.

Конкурс признан лучшим образовательным проектом по продвижению идей рационального водопользования в Российской Федерации

■ **Водный конкурс проводится в три этапа:**

- муниципальный;
- региональный (на уровне субъекта Федерации)/национальный (на уровне стран-участниц)
- общероссийский/международный (совмещенный)

Конкурс входит в «Перечень мероприятий, направленных на развитие интеллектуальных способностей, интереса к научно-исследовательской деятельности, а также на пропаганду научных знаний» Минпросвещения России в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 17 ноября 2015г. № 1239 «Об утверждении Правил выявления детей, проявивших выдающиеся способности, сопровождения и мониторинга их дальнейшего развития»

■ **Номинации Водного конкурса – 2023**

- Гран-при Конкурса – стеклянную композицию «Золотая рыбка» получает автор лучшего проекта
- Номинация Федерального агентства водных ресурсов
- Номинация Председателя Номинационного комитета
- Водная индустрия 4.0 (цифровизация)
- Вода без пластика
- Вода и климат
- Вода и атом
- Арктическая лента
- Вода и мир
- Моря и океаны
- Охрана и восстановление водных ресурсов в бассейне реки Волги им. проф. В.В.Найденко
- Экономическая эффективность реализации проекта в сфере охраны и восстановления водных ресурсов (премия компании «Профессиональные бухгалтеры»).
- Использование методов космического мониторинга при выполнении исследовательских проектов по охране и восстановлению водных ресурсов (премии НИЦ "Планета")
- Лучший инновационный проект
- Сохранение биоразнообразия водных объектов
- Номинация молодежного жюри
- Лучший педагог - научный руководитель проекта

■ **Статистика Водного конкурса**

За 21 год в Водном конкурсе приняли участие 37255 школьников и студентов из 85 регионов Российской Федерации и 8 стран-участниц (Армения, Беларусь, Казахстан, Киргизстан, Молдова, Таджикистан, Туркменистан, Узбекистан), выполнивших 27355 исследовательских и прикладных проектов по теме охраны и восстановления водных ресурсов.

## Контакты

125124, г. Москва, ул. Расковой, 16/26, корп.2, помещение 1

Тел/факс: (495) 614-69-44, тел. (929) 915-71-35

E-mail: [feedback@water-prize.ru](mailto:feedback@water-prize.ru)

Сайт: [www.eco-project.org](http://www.eco-project.org)

Положение о Конкурсе и полная информация на сайте

<http://водный-конкурс.рф>





Институт консалтинга экологических проектов – автономная некоммерческая организация, реализующая природоохранные проекты и программы в целях расширения межсекторального, межрегионального и международного сотрудничества для достижения устойчивого развития



УЧРЕДИТЕЛЬ И ОРГАНИЗАТОР РОССИЙСКОГО ОТКРЫТОГО МОЛОДЕЖНОГО ВОДНОГО КОНКУРСА – АВТОНОМНАЯ НЕКОММЕРЧЕСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ  
«Институт консалтинга экологических проектов»



Контакты:

[WWW.ECO-PROJECT.ORG](http://WWW.ECO-PROJECT.ORG)

E-MAIL: RUSSIA@WATER-PRIZE.RU

Тел./факс: +7 (495) 614 69 44