



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра водных биоресурсов, аквакультуры и гидрохимии

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

(бакалаврская работа)

На тему Оценка экологического состояния Сестрорецкого Разлива на основе гидрохимических методов объемного анализа

Исполнитель Бушуева Кристина Анатольевна  
(фамилия, имя, отчество)

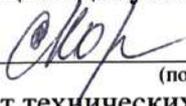
Руководитель кандидат географических наук, старший научный сотрудник

Педченко Андрей Петрович  
(фамилия, имя, отчество)

Консультант по работе старший преподаватель  
(ученая степень, ученое звание)

Позднякова Альбина Искандеровна  
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой   
(подпись)

кандидат технических наук  
(ученая степень, ученое звание)

Королькова Светлана Витальевна  
(фамилия, имя, отчество)

«27» МСЛ 2022 г.

Санкт-Петербург,

2022

# Содержание

ВВЕДЕНИЕ	4
Глава 1 Общая характеристика района и водохранилища Сестрорецкий Разлив	7
1.1 Физико-географическая характеристика района	7
1.2 Характеристика водохранилища Сестрорецкий Разлив	11
1.3 Характеристика притоков Сестрорецкого Разлива. Реки Сестра и Черная	14
1.4 Особо охраняемая природная территория (ООПТ)	15
Глава 2 История формирования современной территории	20
2.1 Ранний период – эпоха формирования Балтийского моря	20
2.2 Период Древней Руси (XII-XVIII века)	23
2.3 Имперский период (начало XVIII- начало XX века)	24
2.4 Советский период	28
2.5 Послевоенные годы. Современный период	31
Глава 3 Экологическое состояние Сестрорецкого водохранилища	34
3.1 Краткая история исследования экологического состояния водного объекта	35
3.2 Анализ причин ухудшения экологического состояния природных вод	37
3.3 Собственные исследования в рамках научной дипломной работы	43
3.3.1 Химические методы объемного анализа	47
3.3.1.1 Особенности титрования окислителями и восстановителями объемного метода химического анализа	49
3.3.1.2 Особенности кислотно-основного титрования объемного метода химического анализа	52
3.3.1.3 Особенности титрования с образованием комплексов	53
3.3.1.4 Особенности осадительного титрования	54
3.3.1.5 Особенности измерения суммы натрия и калия	55
3.3.2 Интерпретация результатов	56

ЗАКЛЮЧЕНИЕ	59
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	61
ПРИЛОЖЕНИЕ А	63
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	64

## ВВЕДЕНИЕ

Водохранилище Сестрорецкий Разлив – это крупнейший и старейший искусственный водный объект Санкт-Петербурга.

Образованный практически в начале XVIII века, Разлив долгое время использовался сестроретчанами – сначала для нужд Оружейного завода с петровский времен и вплоть до советских, а после – пусть и не так продолжительно, – в целях водоснабжения города Сестрорецк. И даже в настоящее время озеро не заброшено людьми – в летнее время сюда стекаются целые семьи, чтобы искупаться, оборудованы пляжи и набережные, по которым гуляют вечерами и даже рыбачат. На западном берегу находится район жилой застройки с собственными пирсами.

Практически 300 лет активного использования изменили не только очертания Разлива, но и его химический состав, а вместе с тем и экологическое состояние, которым в последние десятилетия заинтересовались. Тенденция началась еще до активного внедрения экологического мышления и была связана, в первую очередь, с проблемами водоснабжения, обнаруженными в 1960-ых годах. Уже тогда оказалось, что воды водохранилища имеют невысокое качество, что ставило под сомнение его использование в целях водоснабжения. Тогда же и отмечали некие изменения, говорящие об ухудшении состояния.

Подтвердились эти опасения лишь в 1990-ых годах Институтом озероведения Российской академии наук (ИНОЗ РАН), которые в своих всесторонних исследования также дали неутешительный прогноз водоему, если ничего не предпринимать, – заболачивание и зарастание, продолжающееся накопление загрязняющих веществ и так далее.

Сестрорецкий Разлив всегда имел и имеет важное значение для района и Санкт-Петербурга, что только подтверждает необходимость в изучении его вод и ввода на акватории экологического мониторинга, данные которого в

дальнейшем помогут в разработке методов и методик восстановления экологического состояния.

Именно это и делает тему данной работы *актуальной* и достойной для научного изучения.

В ходе изучения гидрохимического состояния водохранилища автором были проведены лабораторные исследования проб природной воды, которые были отобраны в ходе производственной практики на базе Института озераведения Российской академии наук (ИНОЗ РАН) на 5 станциях на акватории самого Разлива.

*Целью* работы является исследование и дальнейшая оценка экологического состояния природных вод водохранилища Сестрорецкий Разлив.

*Задачи* работы, с помощью которых в рамках данной работы будет достигнута поставленная цель:

1. Ознакомление с водным объектом и его притоками – изучить их гидрологическую и гидрохимическую характеристику,
2. Дать историческую справку этапов освоения прилегающих территорий и создания самого объекта;
3. Анализ источников и причин загрязнения Сестрорецкого Разлива, используя достоверные источники, которые отражали бы современное его состояние и качество вод;
4. Изучение методов проведения лабораторных химических исследований и самостоятельное проведение анализа проб исследуемых природных вод;
5. Оценка степени загрязнения водного объекта и выявление тенденций к дальнейшему изменению экологического состояния.

*Объектом* работы является экологическое состояние природных вод Сестрорецкого Разлива.

Предмет работы, соответственно, – оценка экологического состояния водохранилища Сестрорецкий Разлив на основе проведенного исследования химическими методами объемного анализа.

Отдельно автор работы хочет выразить благодарность своему консультанту по работе – Поздняковой Альбине Искандеровне, за помощь и содействие в написании данной научной работы, а также Институту озероведения Российской академии наук (ИНОЗ РАН) – в особенности Игнатьевой Наталье Викторовне, – за предоставленную возможность производственной практики на базе Института с целью совместных исследований Сестрорецкого Разлива и за предоставление мест в Лаборатории гидрохимии для проведения анализов отобранных совместно проб.

*Структура и объем работы* – ВКР состоит из введения, 3 глав и заключения, объемом в 64 страницы и включает в себя 15 рисунков и 6 таблиц, а также библиографию из 29 наименований.

## Глава 1 Общая характеристика района и водохранилища Сестрорецкий Разлив

Сестрорецкий Разлив является водохранилищем – *искусственным* водоемом, созданным в 1721 году, что делает его одним из старейших водохранилищ в мире. Располагается Сестрорецкий Разлив на реке Сестре и служил для обеспечения нужд Сестрорецкого оружейного завода.

Причем стоит отметить, что это самый крупный подобный водный объект на территории города Санкт-Петербург. Площадь водного зеркала – составляет 11,2 км<sup>2</sup>.

### 1.1 Физико-географическая характеристика района

Водный объект расположен на территории города Сестрорецк, Курортного района города Санкт-Петербурга (Рис.1.1).

Климат характеризуется как умеренный и влажный, *переходный* от морского к континентальному – это *типично* как для *Санкт-Петербурга*, так и для *всего района*, протянувшегося вдоль восточного побережья Финского залива.

Черты морского климата проявляются в большой относительной влажности воздуха в течение всего года, низком, относительно континентальной части перепаде температур, со среднемесячными показателями -8 °С в феврале и +17 °С в июле. Хорошо выражена и смена воздушных масс благодаря циклонической деятельности, проходящей вдоль Финского залива и частыми вторжениями теплых воздушных масс, вызывающих оттепели [25].

Континентальность климата проявляется в значительной амплитуде средних температур самого теплого и самого холодного 5 месяцев (около 25 °С), большой продолжительности зимы (более 3 месяцев), когда температура воздуха может опуститься ниже -30 °С [25].

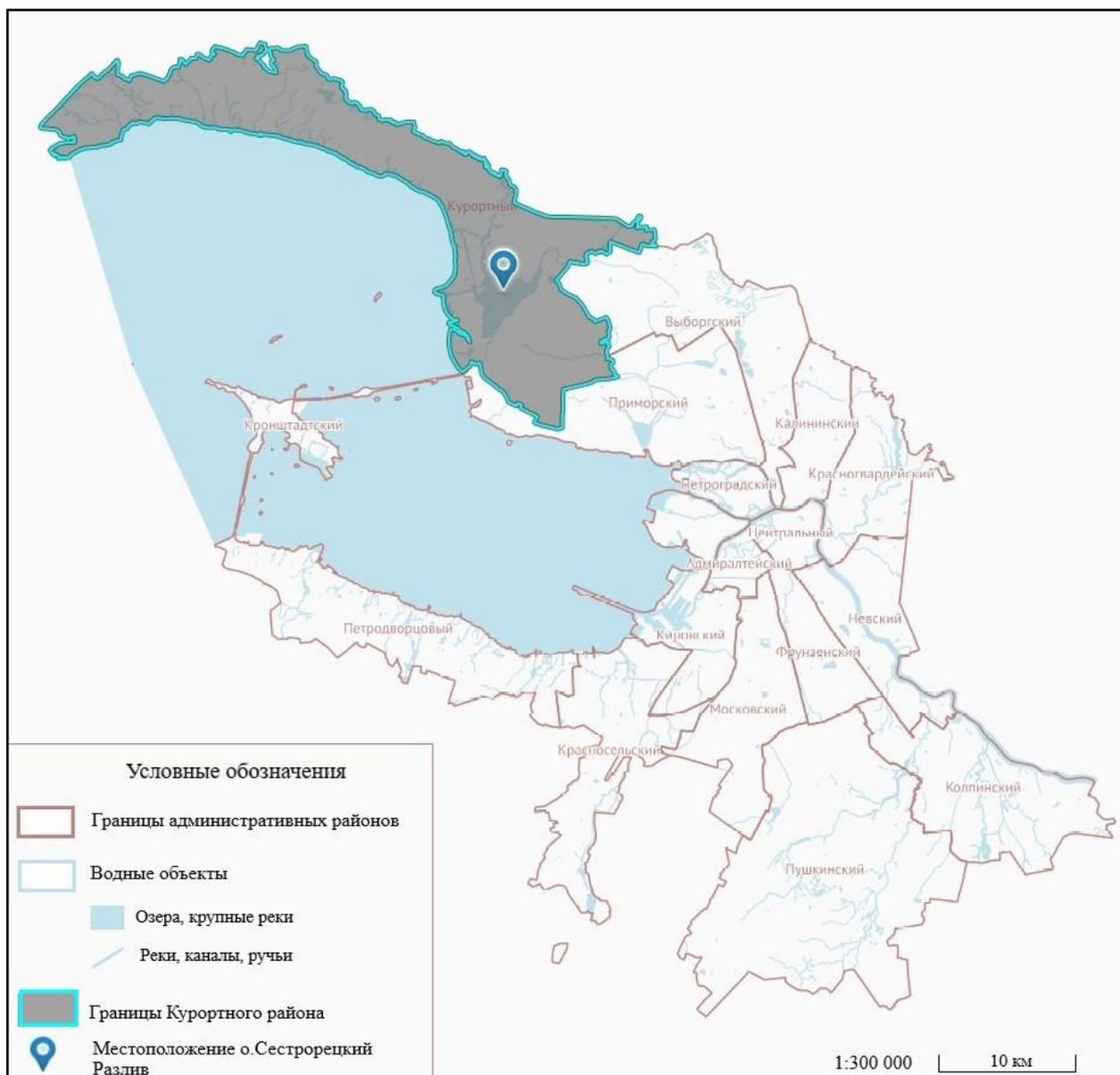


Рисунок 1.1 – Карта Санкт-Петербурга и его районов [7]

Преобладающие ветра – юго-западные, со среднемесячной скоростью с сентября по март 5-8 м/с, и более слабой 3-6 м/с в период с апреля по август. Относительная влажность воздуха высокая, среднемесячные показатели колеблются от 87% в ноябре-декабре до 70% в мае [25].

Рассмотрим почвенный покров города.

Санкт-Петербург расположен в южной подзоне тайги. В целом для таежно-лесной зоны характерны такие типы почв, как подзолистые, дерновые

и болотные (подтипы: дерново-подзолистые, подзолисто-глеевые, болотно-торфяные, болотные торфяно-глеевые, дерново-глеевые, дерново-карбонатные, болотно-подзолистые, торфяно-подзолистые, мерзлотно-таежные, мерзлые подзолистые, соответственно).

Согласно Национальному Атласу почв Российской Федерации [28] для Санкт-Петербурга характерны разновидности подзолистых (поверхностно-глееватые, надмерзлотно-глееватые, иллювиально-железистые и т.д.), дерново-подзолистых (иллювиально-железистые, поверхностно-глееватые, остаточнок-карбонатные и т.д.) и торфяных почв. Встречаются и искусственные черноземы на территориях, принадлежащих сельскохозяйственным угодьям в садоводческих и огороднических целях.

Что касается Курортного района, то тут наиболее распространены подзолы торфянистые и торфяные. Почвообразующие породы при этом различные по механическому составу, но преобладают пески и супеси – особенно на побережье Финского залива.

Почвенный покров характеризует и ландшафты. Часть территории района располагается на Приневской низине (Рис. 1.2), которая здесь, на севере характеризуется цепью камовых холмов, песчаных кос, дюн и береговых валов. Преобладающая высота от 0 до 3 метров. Тут же расположены и торфяники города – от небольших низинных, переходных и верховых болот до наиболее крупных – Сестрорецкое, Большое Марковское и Лахтинское болота. Заболоченность района составляет примерно 8-10 %.

Остальная часть Курортного района – к западу от реки Сестра, – относится к территории Приморской северо-бережной равнины и включает в себя разнообразные ландшафты: камовые холмы, террасированные равнины на озерно-ледниковых песках, заболоченные понижения вытянутой формы, озера, песчаные пляжи и дюны вдоль побережья Финского залива.



Рисунок 1.2 – Схема физико-географического районирования Северо-Западной ландшафтной области южно-таежной подпровинции Восточно-Европейской равнины, где районы 1 – Приневский низменных морских и озерных равнин, 2 – Приморский северо-бережный озерно-ледниковых песчаных равнин, 3 – Токсовско- Лемболовский камовый, 4 – Предглинтовый озерно-ледниковых песчаных равнин, 5 – Ижорский (плато на карбонатной морене, подстилаемой ордовикскими известняками), 6 – Юго-Западное Приладожье (древнеозерные песчаные равнины и болота), 7 – Колтушские высоты (камовые холмы и плато), 8 – Лужско-Оредежский (низменные моренные равнины на суглинках) [25]

Природная зона Санкт-Петербурга в целом относится к южной подзоне тайги, что определяет видовой состав растительности. Так, около 275 км<sup>2</sup> – это около 20% от городской площади, – в северных и юго-западных районах занимают леса: сосняки (44%), березняки (38%), ельники (13%), осинники (4%).

В рассматриваемых нами районах есть некоторые отличия:

- В первом растительность сильно преобразована из-за жилой застройки, но вне ее преобладают в основном заболоченные леса мелколиственных пород с зарослями кустарников, а также зарастающие и заболоченные луга, образованные на местах вырубок деревьев. Но сохранились и крупные участки сосняков и еловых лесов.
- Второй район, наоборот, отличается наибольшей степенью покрытости нетронутых лесов и лесопарков, благодаря чему их площадь занимает  $\frac{3}{4}$  площади. При этом хвойные леса сохранены и в пределах населенных пунктов с рассредоточенным типом застройки. Наиболее массовый вид района – сосны. Далее – еловые леса (с сосной и березой). Здесь же и располагается основная часть рекреационных комплексов Санкт-Петербурга (например, санаторий «Балтийский Берег», пансионат «Аквамарин» и пр.).

## 1.2 Характеристика водохранилища Сестрорецкий Разлив

Сестрорецкий Разлив и его акватория занимают половину территории Сестрорецкой низины, а другую – болота (Сестрорецкое – по левому берегу реки Сестры, и Канавное – по правому берегу, соответственно).

Средняя глубина 2 м, максимальная – 4,6 м. Такие небольшие глубины способствуют произрастанию здесь высшей водной растительности (тростник, камыш озерный и осока). Общая площадь заросших участков достигает 153,7 га, что составляет около 15% акватории [11].

Нормальный подпорный уровень (НПУ) регулируется *двумя спускными дамбами*, и должен находиться на высоте 8 метров над уровнем моря. На деле этот уровень несколько ниже – около 7,8 метров.

Дамбы показаны на Рисунке 1.3:

1. Одна на территории ныне не действующего завода имени Воскова (Сестрорецкий оружейный завод) – *плотина Де Воллана*, дающая начало реке Малая Сестра;

2. Вторая – *плотина Гаусмана*, выводящая воду в Южный Водосливной канал, который впадает прямо в Финский Залив.

Также была еще одна – *плотина Дестрема*, строительство которой велось с 1830 года по 1833, была прорвана сразу же после окончания строительства, с первым паводком. Именно на ее месте и построили плотину Гаусмана.

Как упоминалось ранее, площадь водного зеркала водохранилища составляет 11,2 км<sup>2</sup>, а объем водной массы – 19 млн м<sup>3</sup>, при этом морфометрические характеристики водоема за всю историю его существования водоема не раз менялась. На данный момент скорость отступления берегов со стороны реки Сестры свыше 20 м/год, а со стороны реки Черной намного ниже – около 2 м/год [27].

Суммарный средний расход питающих рек – 8 м<sup>3</sup>/с. Глубина водоема изменяется в диапазоне от 0,9 (заросли камышей) до 5,5 м (под берегом ПТУ-120), при этом средняя глубина составляет 1,6 м [27].

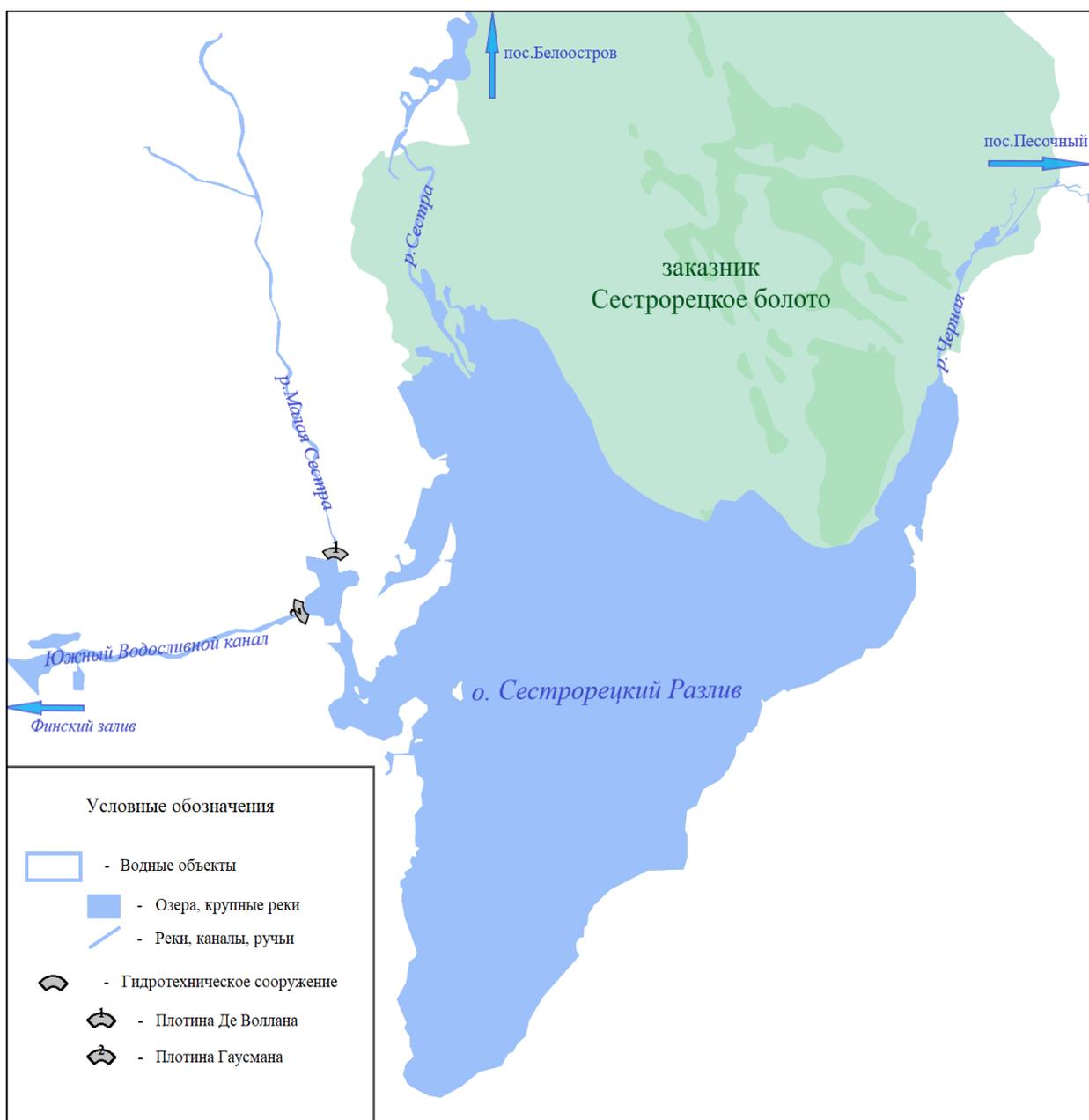


Рисунок 1.3 – Карта акватории Сестрорецкого Разлива с ООПТ «Сестрорецкое болото», где 1 – плотина Де Воллана, 2 – плотина Гаусмана

Основными факторами, определяющими гидрохимический режим Сестрорецкого Разлива, являются высокая проточность и мелководность.

Вода притоков и водохранилища *низко минерализована*. Наблюдается пространственная и вертикальная неоднородность ионного состава, однако на большей части акватории вода относится к гидрокарбонатному классу, кальциевой группе (по классификации О.А. Алекина), за исключением места

впадения реки Чёрная. Здесь вода принадлежит к сульфатному классу, натриевой группе и хлоридному классу, натриевой группе [3].

Показатель рН воды в озере близок к нейтральному, но в периоды массового развития фитопланктона значительно увеличивается, иногда достигая величины 9,8 [3].

Коэффициент условного водообмена = 10, что причисляет Сестрорецкий Разлив к группе водоёмов со *значительным водообменом* [18]. В связи с этим экологическое состояние озера в большой степени обуславливается принесённым загрязнением с его притоков – р. Сестры и р. Чёрной.

С 1966 по 2000-ые годы Разлив использовался в целях водоснабжения города, но из-за ухудшения экологического состояния и качества вод, соответственно, Сестрорецк подключили к централизованному водоснабжению Санкт-Петербурга через Северную зону водоснабжения [24].

В настоящее время водоём используется в рекреационных целях – в летнее время пляжи заполняются как жителями Сестрорецка, так и приезжающими из Санкт-Петербурга отдыхающими.

В последние годы процветают прогулки на байдарках и шортбордах (доска для серфинга). Западный и юго-западный берега водохранилища активно застраиваются частными коттеджами.

### 1.3 Характеристика притоков Сестрорецкого Разлива. Реки Сестра и Черная

Длина реки Сестры 74 км. Питание реки – смешанное: 44% уходит на снеговое, 31% – дождевое, и 25% – грунтовые воды. Сестра – порожистая река. Средняя скорость течения 0,3 м/с на порогах, которые встречаются каждые 2-5 километров, достигает 0,7-1,5 м/с [22].

Исток реки располагается в болотах на Лемболовской возвышенности, которая характерная такими ландшафтами, как камовые и песчаные холмы

высотой до 101 метра, котловины с болотами и небольшими озерами. Данная территория известна как «Парголовские высоты» и в настоящее время застраивается жилыми постройками – многоэтажные дома, коттеджи и т.д. Ранее здесь преобладали сельскохозяйственные угодья.

Далее по течению в неё впадают многочисленные притоки, самые крупные из которых – р. Люблинка и р. Саменская. На большей площади водосбора располагается большое количество садоводств, дачных и коттеджных посёлков, включая самый крупный в Санкт-Петербурге – посёлок Белоостров. Остальная часть водосбора в основном занята лесами (70%), болотами (10%) и совсем малая часть озёрами (1%).

Водосбор реки Черной располагается на абсолютных высотах от 100 до 8 м. Общая протяжённость 35 км, крупных притоков не имеет. Площадь водосборного бассейна 126 км<sup>2</sup>. Скорость течения в верховьях 0,3 м/сек, в нижнем течении 0,1 м/сек [26].

Питание реки схожее с Сестрой, т.е. преимущественно из осадков.

Залесенность водосбора составляет 70%, заболоченность – 6%, сельскохозяйственные угодья – 8%, озёра – 2%. 15% водосбора составляют крупные населённые 10 пункты – г. Сертолово, пос. Песочный, Осиновая Роща, пос. Левашово.

#### 1.4 Особо охраняемая природная территория (ООПТ)

Также к Разливу примыкает особо охраняемая природная территория (ООПТ) – заказник «Сестрорецкое болото», образованный в 2011 году (Рис.1.4).

Цель создания – сохранение и восстановление ценных природных комплексов Сестрорецкого болота и озера Сестрорецкий Разлив, поддержание экологического баланса [5].

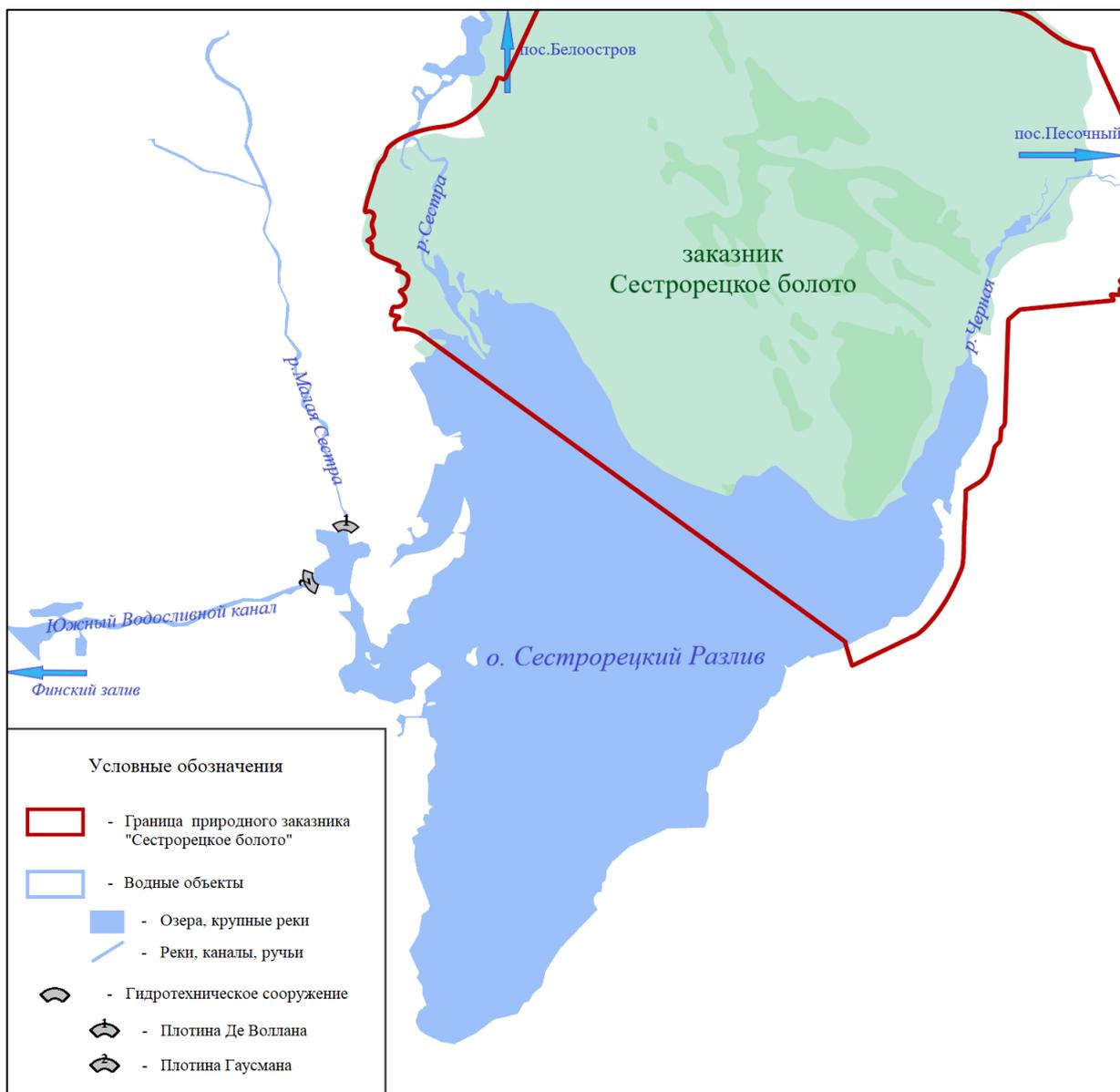


Рисунок 1.4 – Карта акватории Сестрорецкого Разлива с границами заказника «Сестрорецкое болото», где 1 – плотина Де Воллана, 2 – плотина Гаусмана

Общая площадь заказника составляет 1877,3 га. При этом около  $\frac{3}{4}$  территории занимают болота (торфяники):

1. Наиболее распространены *верховые* торфяники. Тут встречаются как полностью безлесные участки, так и сомкнутые сосняки;
2. *Переходные* болота – плоские равнины, покрытые сообществами с пушицей влагилицной, осоками и сплошным покровом сфагновых мхов.

Иногда встречается подрост березы и сосны. Распространены в основном в западной части заказника. В таких местах много клюквы;

3. *Низинные* торфяники встречаются по западной, северо-западной и восточной периферии болотного массива, а также вдоль северо-восточного берега Сестрорецкого Разлива. Они наиболее обводнены, моховой покров почти отсутствует. Растительность представлена безлесными травяными болотами, зарослями кустарниковых ив и березово-черноольховыми топями.

Возраст болота составляет примерно *восемь тысяч лет*. Оно практически нетронута людьми, так как территория абсолютно непригодна для, например, ведения сельскохозяйственной деятельности. Тут не проводилось ни осушение, ни торфоразработка, при том, что территория активно осваивалась. Так, например, вблизи р. Черной были найдены следы стоянок первобытных охотников, рыболовов (примерно 3000-1001 годы до нашей эры) [5].

Некоторые вмешательства были, но значительно позже. Так, например, в 1721 году часть болота была затоплена под нужды Сестрорецкого оружейного завода – тогда Разлив активно наполняли водой. А в 1965 году в западной части болота шла разработка месторождения лечебных грязей, необходимых для грязелечебниц Курорта. При этом площадь выработок составила менее 2 га.

Остальная деятельность человека (например, постройка автомагистрали ЗСД или Сестрорецкого рубежа) лишь примыкает к границам болота.

Причиной присвоения статуса особо охраняемой природной территории (ООПТ) стало также то, что в заказнике встречаются редкие, охраняемые виды животных и растений:

- Птицы: *1 вид* (Скопа), включенный в Красную книгу Международного союза охраны природы, *5 видов* (Европейская Чернозобая Гагара, Евразийский Подвид Скопы, Белоглазый Нырок, Большой Кроншнеп и

Филин), занесенных в Красную книгу РФ, и 33 вида, редко встречающихся в Санкт-Петербурге и Ленинградской области [5];

- Растительность: Пухонос Дернистый, Орхидея-Пальцекорник Мясо-Красный, Росянка Английская.

Примеры таких охраняемых видов представлены на следующей странице на Рисунках 1.5 и 1.6, соответственно.

В настоящее время в заказнике функционирует так называемая *экотропа*, протяжённость которой составляет около 3,5 км. Из них 500 метров – это пешеходные настилы на свайно-винтовом каркасе. По маршрутному пути установлены смотровые площадки, а также информационные стенды.

Присвоенный статус запрещает любую деятельность, если она противоречит целям и задачам образования Заказника и может причинить вред природным комплексам и объектам, – от замусоривания территории до строительства, не связанного с сохранением природных комплексов.

Также существует и виртуальный тур по заказнику.



Рисунок 1.5 – Примеры видов птиц, занесенных в Красную Книгу Российской Федерации и встречающихся в заказнике «Сестрорецкое болото»



Рисунок 1.6 – Примеры видов растений, занесенных в Красную Книгу Санкт-Петербурга и Ленинградской области и встречающихся в заказнике «Сестрорецкое болото»

## Глава 2 История формирования современной территории

Город Санкт-Петербург и Курортный район имеют исключительно богатую историю. Его территории менялись на протяжении всех времен. Они активно формировались на протяжении тысячелетий и продолжают в наши дни.

На развитие и изменение территорий одновременно повлияло сразу несколько факторов. В том числе, такие наиболее значимые как – природные катаклизмы, погодные условия и вмешательство человека. Последнее происходило в целях добычи необходимых ресурсов, создания поселений и дорог.

Именно благодаря общей совокупности всех вышеперечисленных факторов, сформировалась и образовалась территория современного Курортного района, которую мы имеем возможность наблюдать и исследовать в наши дни.

### 2.1 Ранний период – эпоха формирования Балтийского моря

Современный облик Санкт-Петербурга и его близлежащих территорий – в том числе и Курортного района, – обязан во многом деятельности ледников, от которых полностью эти окрестности смогли освободиться лишь двенадцать тысяч лет назад.

Это была эпоха формирования и Балтийского моря, которое считается относительно молодым – ему всего четыре тысячи лет. При этом кристаллической впадине, на которой и лежит море, порядка двух миллиардов лет.

Процесс формирования занимал долгие годы, современный облик, форма Балтийского моря начала проявляться только около ста тысяч лет назад. Наиболее знаковым является последний послеледниковый период, стадии которого представлены на Рисунке 2.1.

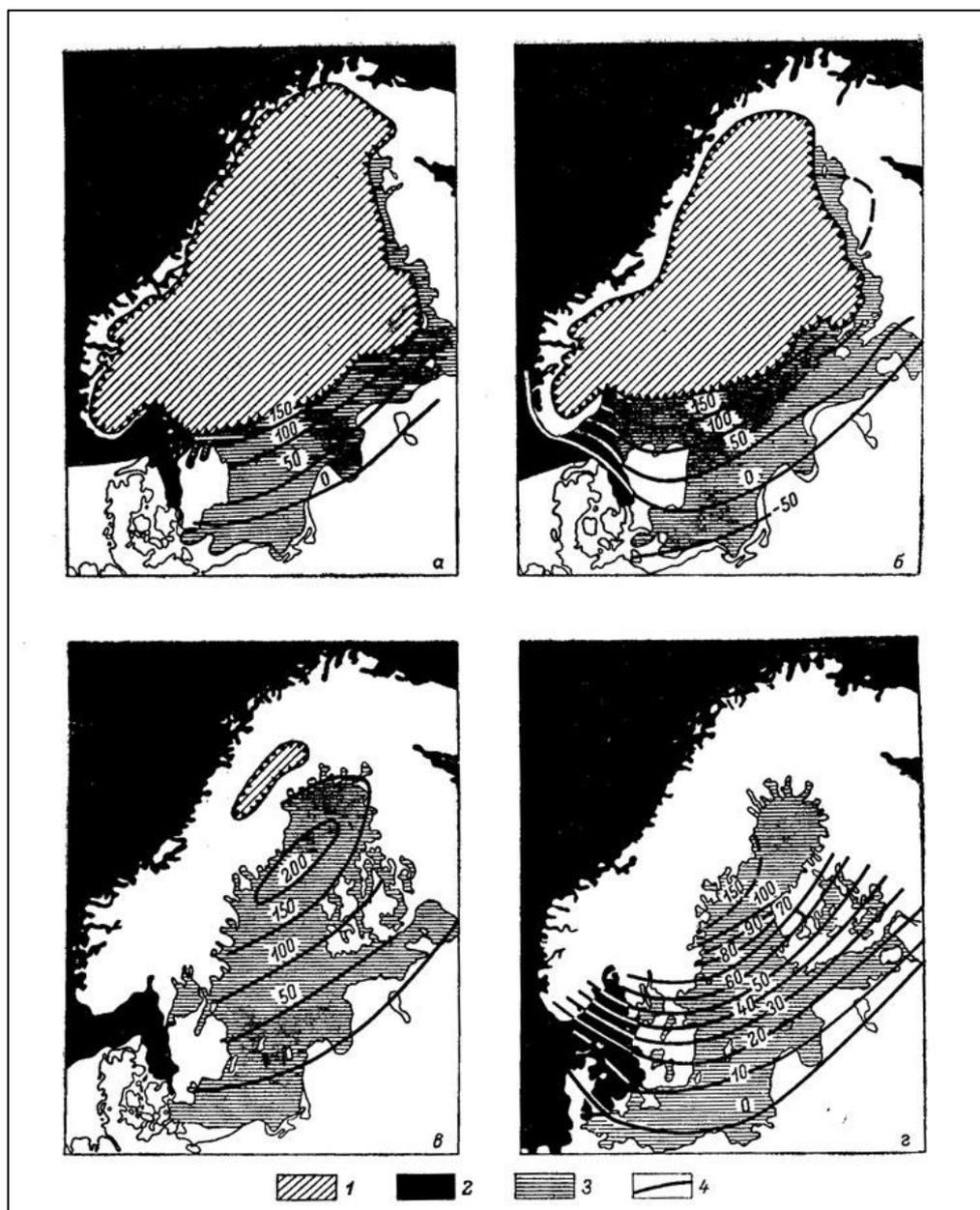


Рисунок 2.1 – Стадии формирования Балтийского моря, где а – Балтийское ледниковое озеро (10 тыс. лет назад); б – второе Иольдиевое море (9,5 тыс. лет назад); в – Анциловое озеро (8,5 тыс. лет назад); г – Литориновое море (7 тыс. лет назад); 1 – материковый лед; 2 – моря; 3 – озера; 4 – изолинии поднятия (м) [8]

После того, как ледник сошел, около восьми тысяч лет назад исследуемая в данной научной работе территория была частью дна древнего моря – Литоринового. Территория современного Санкт-Петербурга была

полностью покрыта водой. Уже спустя тысячелетие, наблюдался максимум подъема воды. Тогда данная местность представляла собой мелководный залив.

Недолго после, в пятом тысячелетии до нашей эры, началась *регрессия моря*. Бурные морские волны встречались со спокойной, почти стоячей водой мелководного залива. В ходе они теряли свою скорость и интенсивность. Песок, галька, гравий и ракушечник, который переносили волны, оседал узкой полосой на входе в залив, скапливаясь на дне.

Таким образом, постепенно формировались косы, которые с течением времени, сначала частично, а затем и полностью преградили путь для морской воды в Сестрорецкую низину, и там образовалось озеро.

Помимо преграждения Сестрорецкой низины и образования озера, именуемое в наше время Разлив, также частично было ограничено течение и в Лахтинскую низину. В последствии на этой территории образовался Финский залив.

В 2-3 веке до нашей эры, как только земли освободились от моря, данные территории начали активно заселяться первыми жителями. Появлялись и активно развивались первые поселения. Об этом свидетельствуют находки археологов в самом основании древних песчаных дюн на побережье. Сейчас ознакомиться с находками можно в нескольких музеях Санкт-Петербурга, например в Российском Этнографическом музее и выставочном зале «Арт-Курорт», где проходят выставки и лекции по истории Курортного района.

Так как земли северо-запада были насыщены дичью и рыбой, первым поселенцам не было нужды возделывать земли. Люди активно занимались и развивали навыки рыболовства и охоты [12].

В первые века нашей эры территория стала местом расселения финноугорских племен с севера и славян с юго-востока.

Тогда впервые река Сестра стала граничным рубежом [18] – между карелами и ингерманландцами. Народы принесли на территорию современного Сестрорецка свои традиции, в том числе подсечно-огневое земледелие. Этот вид земледелия был тогда одним из наиболее доступных для возделывания земли. Основывался он на выжигании леса и посадке на освобожденном месте культурных растений. На Руси это называлось – лядо.

Животноводством на тот период еще не занимались.

## 2.2 Период Древней Руси (XII-XVIII века)

Спустя тысячелетия река Сестра, пролегающая по территории современного Сестрорецка, все еще оставалась неким рубежом для народов.

Так, например, с 1323 года (XIV век) река Сестра стала границей и разделяла по оба своих берега два государства – Швецию и Новгородскую республику, которые активно развивались в то время.

Поселения на берегах реки укреплялись, стали образовываться деревни в два три дома. Произошел переход от подсечно-огневого земледелия к более полезному и плодоносному – пашенному виду возделывания земли. Также в этот период начало развиваться животноводство. Охота и рыбалка постепенно отходили на второй план.

Уже начиная с пятнадцатого столетия, после того как земли Новгородской республики и территория реки Сестры были присоединены к Московскому княжеству начало отслеживаться формирование первых поселков нынешнего Курортного района.

Так, благодаря введению обязательной переписи дворов и жителей мы можем узнать о существовании поселка Лисичкино, который впоследствии образовал современный Лисий Нос.

Активно развивались и окрестные поселения. Например – деревня «на Ковдуи», современная Конная Лахта.

Последующие два столетия стали смутным временем для многих. Для жителей окрестностей реки Сестры в том числе. Жёсткая московская власть высокими податями разорила все дворы. Впоследствии многие новгородцы были вынуждены покинуть свои родные дома. После территорию современного Санкт-Петербурга захватили шведы и больше века полуразрушенные деревни, и поселения заселяли финны и карелы. Потомков жителей по сей день довольно часто можно встретить среди современных жителей поселков Курортного района.

### 2.3 Имперский период (начало XVIII- начало XX века)

Этот период знаменуется многими важными событиями. Во-первых, именно в имперский период территория Курортного района окончательно перешла во владение России. Произошло это благодаря усилиям, правящего тогда Российской Империей, Петра I. Он не только вернул земли, но и заложил на этой территории город – новую столицу империи, город Санкт-Петербург.

Во-вторых, правление Петра Великого стало временем бурного развития и строительства столицы и ее пригородов. Так, северное побережье Петербурга развивалось в первую очередь, как *военная промышленная зона*.

И именно этот момент наиболее важен для данной научной работы. Важен он следующим.

Сравнивая карты этого периода (Рис.2.2), можно заметить одно очень важное и значимое преобразование – изменение водной сети района. А именно – на месте болотистой низины, что располагалась ранее, в долинах двух рек – реки Сестры и реки Чёрной образовалось крупное озеро. Если быть точнее, то это первое в регионе искусственное водохранилище – Сестрорецкий Разлив.



Рисунок 2.2 – Исторические карты местности Сестрорецка с наглядным изменением гидрографии, где красным обозначена современная граница города Сестрорецка <sup>1</sup>

Такое изменение было необходимо для нужд знаменитого Сестрорецкого Оружейного завода. Для работы установленных механизмов и

<sup>1</sup> На первой карте – карте Финляндии 1662 года, – населенный пункт *Systerbäck* это нынешний город Сестрорецк.

станков завода была необходима энергия – удобнее всего было использовать природную, энергию реки Сестры (гидроэнергию). Для этого возвели плотину (ныне «плотина Де Воллана», которую мы упоминали ранее в Главе 1), за которой были установлены деревянные колёса, которые приводились в движение под силой воды. В это же время сооружались и запруды. Все это было необходимо для поднятия уровня воды, и именно это, в дальнейшем, и привело к активному затоплению низины, которое привело к образованию водохранилища [10].

Вокруг завода активно стал расти город, основным населением которого стали рабочие завода и их семьи. Практически все территории от Лахты и до Выборга были отданы рабочим вместе с крестьянами. Благодаря их активному заселению, довольно быстро развивались старые и основывались новые посёлки.

Однако на большей части исследуемой местности, строительство не велось. Там по-прежнему располагались леса и болота. Сейчас эти территории, в большинстве своем, были объявлены заповедными зонами, на их территории открываются эко-тропы, запрещено строительство, охота и рыбалка.

Но некоторые живописные участки все-таки обживались, и в большей степени самим императором – вдоль побережья Финского залива было заложено несколько парков и высажены дубовые аллеи, прорыты каналы. Так и были построены три императорских путевых дворца:

- Ближние Дубки – между Лахтой и Лисьим носом;
- Средние Дубки в районе Лисьего Носа;
- Дальние Дубки – в районе Сестрорецка [10].

К сожалению, до наших дней не сохранилась ни один из дворцов в этих парках, так как после Петра развитие территории практически прекратилось. Практически прекратилась работа завода, возобновлявшаяся лишь во времена очередных военных действий, остальное время либо ремонтировал орудия,

либо брал разовые заказы на изготовление дверных ручек, пуговиц для мундиров и прочего [29].

Тогда обширные лесные и болотные пространства использовались в основном как охотничьи угодья.

Значимым событием для развития района стало открытие к 1870 году железной дороги до Выборга, вдоль неё отстраивали множество станционных посёлков, которые в конце XIX века стали разрастаться дачными участками.

Особенно привлекательными для горожан были прибрежные территории близ Сестрорецка и Лисьего Носа, находившиеся ближе к границе города. Однако из-за отсутствия хороших дорог, добраться до них могли немногие. Тогда было решено строить железную дорогу от Новой Деревни до Сестрорецка. Путь её пролегал вдоль береговой линии Финского залива, и соединял уже сформировавшиеся на тот момент дачные посёлки: Лахту, Ольгино, Горскую, Александровскую, Тарховку, Разлив и Сестрорецк с Санкт-Петербургом. В начале XX века после открытия в 1900 году Санатория Сестрорецкий Курорт ветку было решено продлить до станции Курорт [29].

Именно этот период стал началом бурного развития Приморского и, в большей степени, Курортного районов города как *центров туристической и дачной жизни*. На побережье стали отстраивать санатории и гостевые дома, саму береговую линию обустривать набережными, что еще увеличило поток туристов. Самым популярным санаторием стал «Сестрорецкий Курорт».

Развитие поселков шло исключительно вдоль железных дорог, на более благоприятных для проживания и ведения сельского хозяйства, и более доступных для подъезда землям. Именно поэтому даже в период такого бурного развития большие площади лесов оставались нетронутыми человеком. Леса служили местами для охоты и собирания дров для отопления.

## 2.4 Советский период

Вторая половина XIX века в истории Сестрорецка знаменуется, в первую очередь, строительством Приморской Санкт-Петербургско-Сестрорецкой железной дороги и знаменитого оздоровительного санатория «Сестрорецкий Курорт».

С 1900 года «Сестрорецкий Курорт» начал свою работу, город быстро приобрел востребованность. Популярностью Курорт обязан, в первую очередь, своему местоположению. Сестрорецкий район с двух сторон обрамляют воды Балтийского моря и озера Разлив. На суше – сосновые и дубовые боры. Морской воздух и хвойные ароматы издавна считались целебными.

На территории района началась активная застройка частными именьями и дачами.

Важным событием советского периода непосредственно для территории нынешнего Сестрорецка стало пребывание на берегах Сестрорецкого Разлива будущего вождя мирового пролетариата – Владимира Ильича Ленина. Здесь, в тихой лесной чаще, на берегу озера Разлив он писал свои революционные работы, полностью скрываясь от царской полиции [2].

Сейчас на месте пристанища Ленина стоит музей «Шалаш Ленина».

Позднее, уже в послереволюционные 1920-е годы стало уделяться гораздо большее внимание лечению и оздоровлению трудящихся и их детей. По этой причине президиумом исполкома Петрогубсовета было принято решение реэвакуировать и восстановить Сестрорецкий оздоровительный комплекс.

Уже осенью 1921 года, возобновивший свою работу, Курорт принял первых 154 больных: рабочих производств и солдат-инвалидов гражданской войны.

С 1922 года на объединенной территории Курорта, начали свою работу столовые для отдыхающих, бильярдные, карточные и курительные комнаты, клубы, делящиеся по направлениям и увлечениям.

Не учли только возможный наплыв пациентов – их оказалось значительно больше, чем предполагал санаторий. В попытках решить возникшую проблему палаты для проживания начали размещать прямо в помещениях ресторана, стараясь выделить дополнительные “койки”. И тем не менее, мест не хватало.

Было принято решение передать санаторию конфискованные дачи бывшей аристократии за пределами парка, удобно располагавшиеся на берегах Финского залива и озера Разлив. Считалось, что окруженные морской водой и сосновыми борами территории Сестрорецка обладали наиболее благоприятными условиями. Дачи активно перестраивались под дома отдыха, а также, их переоборудовали в пионерские лагеря и сезонные дачи детских садов.

Два года спустя, в 1924 – в Сестрорецке, на территории санатория расширили и добавили новые оздоровительные центры. В их числе: отделение физиотерапии, лаборатория, стоматология, аптека и поликлиника. Сестрорецк стал истинным центром оздоровления и отдыха. Только за три месяца 1924 года санаторий принял 1435 пациентов.

Примерно в то же время в «Сестрорецком курорте» основали первый ученый совет. Свою деятельность совет посвящал научным совещаниям и освещению важных медицинских тем народу. Все это проводилось с активным участием профессоров-консультантов. На территории санатория медицинские работники читали лекции по основам медицины и гигиены пациентам санатория и жителям Сестрорецка.

## 2.5 Период военных действий 40-ых годов XX века

Как уже упоминалось ранее в работе, территория современного Курортного района, в частности по реке Сестре, всегда была границей – сначала для коренных народов севера (карелы и ингерманландцы), позже – для шведов и русских.

Так и во времена русско-финской войны, продолжавшейся с 1930 по 1940 год, а впоследствии и Великой Отечественной войны, длившейся с 1941 по 1945 год, северный фронт с Выборгских рубежей отодвинулся к самым границам города Сестрорецка.

Однако советские военные остановили натиск врага на левом берегу реки Сестры и подходы к городу Ленинграду с севера были надежно заблокированы.

Крупных военных действий на территории современного Сестрорецка не происходило. Единственный бой, про который известно из исторических справок – «Бой на Ржавой канаве», происходивший 30-31 августа 1941 года. К концу августа финская армия подошла к самым берегам Ржавой канавы и 30-го августа предприняла попытку наступления на город Сестрорецк. Тогда единственная боевая сила, оставшаяся в городе – рабочие завода встали на защиту рубежей. «В бою у Оллила ополченцы Сестрорецкого завода подбили танк и две танкетки, наступление финнов было остановлено» [23]. При поддержке ДОТов, армия удержала границу, и уже к началу сентября отбили поселок Белоостров.

Во времена блокады многие здания были разрушены, сильно повреждены центральные водопроводные и электрические сети. Большое количество жителей из-за невыносимых условий для жизни покинуло пограничные территории. В то время, Сестрорецкий завод с большинством заводских рабочих, а также всем оборудованием, установленным на нем, был оперативно эвакуирован под город Новосибирск [29]. В городе остался лишь Батальон ополченцев, рабочих Сестрорецкого оружейного завода, не согласившихся на эвакуацию, а также служащие Балтийского флота.

За 3 года блокады Ленинграда значительно пострадали лесные массивы. Многие были выжжены или вырублены для лучшего просмотра границ. Много деревьев отправлялось в блокадный Ленинград в качестве дефицитного на тот момент топлива. Тогда по южной границе озера Сестрорецкий Разлив, в район Шалаша Ленина была протянута железнодорожная ветка (в послевоенные годы железная дорога была преобразована и продлена, и используется по сей день), по которой дрова отправляли в блокадный город.

Примечательно, что валили и транспортировали лес исключительно женщины, жительницы ближайших посёлков, не захотевшие эвакуироваться. Они работали, не покладая рук, помогая городу и его населению выживать в тяжелых военных условиях.

Не менее важная задача стояла перед солдатами Горской и Лисьего Носа – именно там начиналась малая дорога жизни. Оттуда летом по воде, зимой по льду отправляли грузы в Ленинград и в Кронштадт. Именно по ней к городу Ломоносов на южную границу фронта отправляли солдат и перевозили раненых.

## 2.5 Послевоенные годы. Современный период

В послевоенные тяжелые годы очень многое пришлось восстанавливать буквально с нуля. Отстраивали по новой и реставрировали наиболее уцелевшие жилые дома, дачи, школы, больницы, поликлиники и необходимые коммуникации.

Велось активное восстановление леса, который сильно пострадал в военные годы. Тогда было высажено несколько тысяч деревьев, которые до сих пор можно увидеть на восточном побережье озера Сестрорецкий Разлив.

В 50-е годы государство начало активно раздавать земли для рабочих под дачные участки. Благодаря этому многие жители города в сложной экономической ситуации, могли себя обеспечивать собственными выращенными продуктами. Территории под участки выделялись в Сестрорецке, Белоострове,

Левашово, Лисьем Носу и во многих других. Огороды стали занимать большие площади, ранее поросшие лесами.

Оставшиеся лесные массивы использовались как места охоты и сбора грибов и ягод. Это стало причиной уменьшения численности лесных крупных и мелких животных – многих убивали ради добычи, другим же не хватало пропитания, и они покидали привычное место обитания.

Экономическая нестабильность в стране длилась очень долго. Из-за этого, в периоды сильного голода и острого дефицита продуктов, а особенно в период перестройки для того, чтобы прокормить людей, отстреливали всех животных. В тот период были практически полностью истреблены крупные звери – олени, лоси, кабаны, зайцы и даже медведи.

Однако, несмотря на почти пятисотлетний период освоения территории Сестрорецка, на активное вмешательство в природу этого района, по сей день остались участки с нетронутой природой. Как упоминалось ранее, большинство из них сейчас преобразованы в заповедные зоны и тщательно оберегаются. На этих территориях запрещены постройки, охота, рыбалка и собирательство.

Например, на территории Курортного района действуют следующие заповедники: Природный заказник Эко-тропа «Сестрорецкое болото» (Рис.1.4), Парк «Комаровский берег», Парк «Разлив», Парк «Гагарка» и Заказник «Озеро Щучье».

Что касалось Сестрорецкого Разлива в этот период – водохранилище с 1960-ых годов обеспечивало весь Сестрорецк и прилегающие к нему поселки питьевой водой. Прошедшая очистку вода из озера Разлив подавалась в Сестрорецк и прилегающие к нему посёлки. Это положило начало появлению централизованной системы водоснабжения и водоотведения в районе. Во многом, поспособствовало этому создание Сестрорецкой водопроводной башни для нужд центрального водоснабжения и водоотведения города.

Но уже спустя 40 лет, в 2000 году Разлив перестал использоваться в этих целях. Причиной этому стал активный рост города и его жителей, соответственно. Очистительных сооружений не хватало для активно возросшего количества людей. По этой же причине – развитие города и его среды, значительно ухудшилось качество воды в Сестрорецком Разливе.

Это подтверждает актуальность работы.

В ходе данного исследования были использованы не только теоретические материалы, но, также, проведена тщательная практическая работа по изучению экологического состояния города Сестрорецк и Сестрорецкого водохранилища. Более подробно эта часть исследования будет раскрыта в следующей главе.

### Глава 3 Экологическое состояние Сестрорецкого водохранилища

Предыдущая глава дает нам понять, насколько богата история Санкт-Петербурга, Курортного района и Сестрорецкого Разлива в частности – местность активно заселялась и заселяется до сих пор (Рис.3.1), а вместе с тем увеличивается не только население, но и антропогенная нагрузка на всю окружающую природную среду.



Рисунок 3.1 – График изменения численности населения города Сестрорецк в период с 1926 по 2021 годы [13, 14]

По данным, полученным на сайте Глобальной статистики, основанном на информации Всемирного банка и ООН, в среднем в Сестрорецке будет сохраняться численность населения равная 34 тысячам человек.

Мы можем предположить, что жилищная застройка дачными кооперативами, коттеджными поселками, частными участками и т.д. – продолжится. Причиной этому является факт того, что город Сестрорецк и

весь Курортный район сохраняет репутацию экологически благополучной для жизни «зеленой» местности. В этом случае, водопотребление города и прилегающих поселков продолжит возрастать.

Сейчас Курортный район, в частности город Сестрорецк и его исторические районы (Горская, Александровская, Тарховка, Разлив, Курорт и Дюны), остро нуждаются в качественной питьевой воде. До сих пор на территории района многие поселки и, например, город Зеленогорск обеспечиваются водой из артезианских скважин. Но запасы подземных вод ограничены. Помимо этого, артезианские воды, так же, как и поверхностные воды, подвержены загрязнению.

Ситуация, произошедшая этой осенью, а именно отключение воды у всего района на несколько дней из-за прорыва водопровода Водоканала, только подкрепила мнение жителей о том, что району необходимо вернуться обратно к водоснабжению из Сестрорецкого Разлива или присвоить ему статус резервного источника питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения.

К сожалению, как упоминалось ранее, за последние 40 лет качество воды в водохранилище значительно ухудшилось из-за чего не может более использоваться для удовлетворения хозяйственных и культурно-бытовых нужд. И это при том, что Разлив находится в курортно-оздоровительной зоне Санкт-Петербурга.

Именно это подкрепляет мысли о необходимости экологического мониторинга с всесторонними исследованиями (в том числе гидрохимическими) для поддержания объекта в специальном режиме эксплуатации.

### 3.1 Краткая история исследования экологического состояния водного объекта

Экологическим состоянием водохранилища интересовались еще в прошлом, двадцатом (XX) веке, так как оно, как упоминалось ранее, использовалось для нужд водоснабжения, что ведет к необходимости проведения гидрохимических исследований качества воды.

Режимные наблюдения начали проводиться с момента ввода в эксплуатацию комплекса очистных сооружений городского водопровода в декабре 1962 года [11].

Первые полноценные исследования с целью изучения экосистемы Разлива были осуществлены *Институтом озераведения Российской академии наук (ИНОЗ РАН)* в 1980-1981 годах. Результаты исследования позволили понять и количественно оценить многие процессы, происходящие в водоеме, в частности, был описан гидрохимический режим, определен уровень биопродуктивности, оценен ряд микробиологических характеристик и степень зарастания водоема [27].

Были получены следующие итоги:

- Избыточная биогенная нагрузка;
- Источники загрязненных вод – притоки Разлива, то есть реки Сестра и – в особенности, – Черная. Причиной тому стало интенсивное антропогенное воздействие на них самих (сбросы из коттеджных поселков);
- Экологическое состояние Разлива и качество его вод удовлетворительны.

Также, был дан прогноз – Разлив подвержен интенсивному эвтрофированию. В те годы он еще относился к *мезотрофным* водоемам, занимая промежуточное положение.

Полученные данные обосновали тогда необходимость в мониторинге – причем в постоянном, – и комплексной оценке состояния водохранилища для отслеживания происходящих в нем процессов.

Позже, в 1993-1998 годах за комплексное исследования Сестрорецкого Разлива и впадающих в него рек (Сестра и Черная) взялся *ФГБУ Государственный гидрологический институт* [11].

Из-за ухудшения состояния вод (невысокое их качество, «зарастание» и «заболачивание») проводились исследования уже с целью разработки

рекомендаций по оздоровлению водохранилища – в 2015-2016 годах по заказу Комитета по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности администрации Санкт-Петербурга силами специалистов ведущих научно-исследовательских учреждений города (в том числе и упомянутых выше).

Было выполнено обширное маршрутное обследование как Сестрорецкого Разлива и его водоохранной зоны, так и его притоков (реки Сестра и Черная, а также ручьи – Серебряный, Пасторский, Лесной, Сертоловский, Дранишник, и Левашеский канал и т.д.) с целью описания гидрологических, морфологических и биологических характеристик и выявления источников загрязнения вод для дальнейшего их описания.

Результаты этого исследования лишь подтвердили неутешительные прогнозы, сделанные Институтом озероведения в 1980-1981 годах. По прошествии 30 с лишним лет состояние вод Сестрорецкого Разлива и его притоков значительно ухудшилось – трофический статус изменился (с мезотрофного к *высокоэвтрофному*), что говорит о высокой фосфорной нагрузке на водоем, снизилось разнообразие водной растительности рек Сестра и Черная.

### 3.2 Анализ причин ухудшения экологического состояния природных вод

Все вышенаписанное в Главе 2 – использование в качестве объекта водоснабжения раньше и зоны отдыха сейчас, активная застройка прибрежной зоны в 90-ых и 00-ых годах, – позволяет сделать вывод о значительной антропогенной нагрузке на водный объект со стороны урбанизированных ландшафтов.

Это подтверждают и вышеуказанные исследования.

Причем нагрузка происходит не только непосредственно на Разливе, но и на его притоках. Так, например, активная вырубка лесов по берегам Сестры, распашка полей привели к размыву песчаных дюн, из-за чего большая часть

песка с потоками воды попала непосредственно в водохранилище. В результате, средняя глубина снизилась с 6 (при образовании) до 2 метров. И даже это, казалось бы, некритичное вмешательство человека привело к зарастанию водного объекта растительностью [11].

Другой актуальной проблемой, влияющей на экологическое состояние вод, является освоение водосборов реки Сестра и Черная в хозяйственных целях – водоснабжение и водоотведение, что привело к сбросу неочищенных (только с 2012 года Сертолово было переключено на коллекторскую сеть Водоканала Санкт-Петербурга) сточных вод и дальнейшему развитию эвтрофикации. Это подтверждает и маршрутное обследование в 2015 году – на фотографиях, показанных на Рисунке 3.2, изображены места сбросов, запечатленные специалистами.



Рисунок 3.2 – Места сбросов в реку Сестра, выявленные в ходе всестороннего изучения водохранилища Сестрорецкий Разлив по заказу Комитета по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности администрации Санкт-Петербурга

[19]

То же самое наблюдается и у реки Черной – вне ее водоохранной зоны был обнаружен объект биологической очистки – пруд-отстойник, который также связан с рекой и в котором исследователи смогли провести гидрохимические анализы. Они показали, что в водах пруда есть превышения по тяжелым металлам.

Внешний водообмен Разлива с его притоками ведет к, так называемому, «цветению» (*эвтрофикации*) водоема с последующим ухудшением качества воды, нарушением внутри биоценозов (например, исчезновение гидробионтов).

Наносы песка в водохранилище с водосборов, по ветру, размыв берегов и прочее – все это приводит к заилению водоема и уменьшению его глубины (с 1991 года по 2010 годы в разных частях акватории это уменьшение составило от 20 до 50-60 см). Уже к 2010 году максимальная глубина достигала 3,25 м [15].

Это наиболее важная проблема, обостряющаяся и ухудшающаяся из-за антропогенной деятельности. Уже сейчас по отчетам Института озераведения Российской академии наук (ИНОЗ РАН) видно, что трофический статус водохранилища уже который год определяется как высоко *эвтрофный*. Само по себе это значит, что Сестрорецкий Разлив находится на предпоследнем этапе эволюции озера в болото.

Также стоит упомянуть то, что на акватории и берегах Сестрорецкого Разлива не осуществляется систематическое наблюдение в целях мониторинга экологического состояния.

Воспользовавшись порталом Автоматизированной системы учета наблюдательных подразделений Росгидромета, можем подкрепить данную информацию (Рис.3.4) [6].

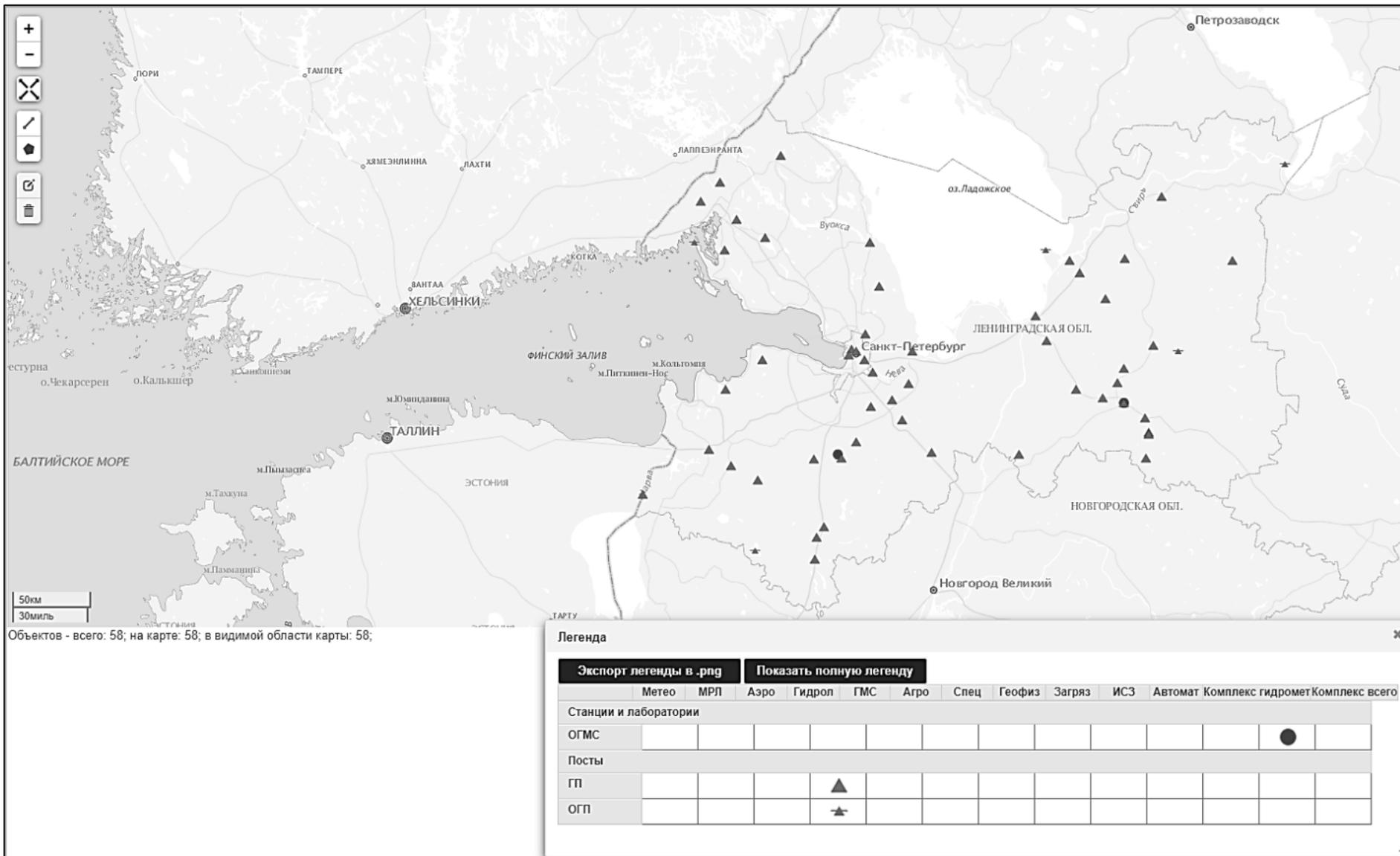


Рисунок 3.3 – Расположение пунктов, осуществляющих гидрологические наблюдения в Санкт-Петербурге и ЛО

Как видим, нет ни одного пункта гидрологических наблюдений в Сестрорецке.

Существуют створы мониторинга загрязнений ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» на реке Малая Сестра и на Водосливном канале (Рис.3.4), но результаты его оценки загрязненности воды по данным регулярных наблюдений несравнимы с оценкой по данным Северо-западного управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (ФГБУ СЗУГМС) по причине различий в программах наблюдений [9].

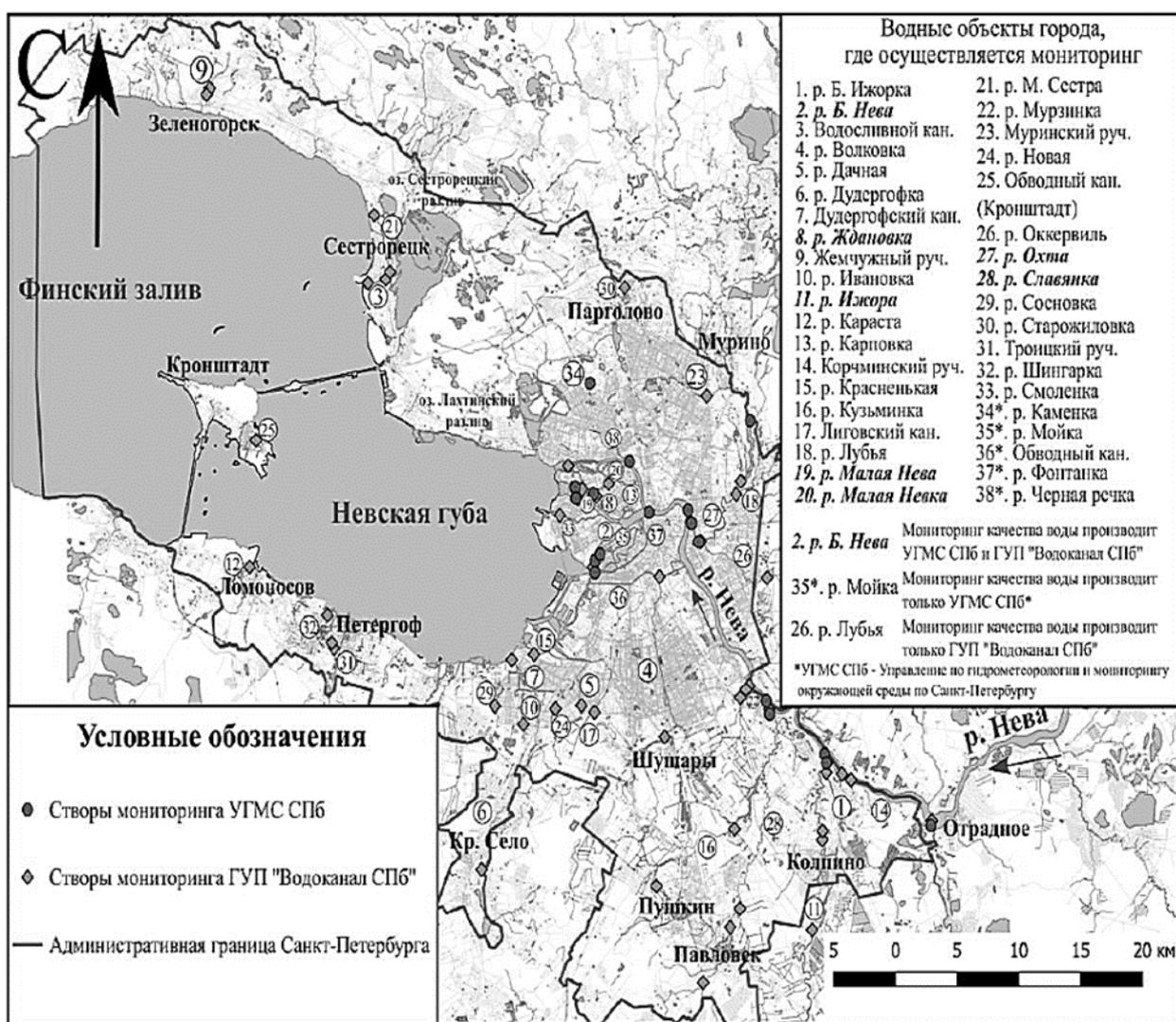


Рисунок 3.4 – Карта схема створов регулярных наблюдений за качеством поверхностных вод Санкт Петербурга [9]

Так, например, Водоканал проводит гидрохимический анализ по 19 показателям, а ФГБУ СЗУГМС использует для оценки качества воды 48 показателей, при этом удельный комбинаторный индекс загрязнения воды рассчитывается по 17 показателям. Также Водоканал отбирает пробы воды всего 7 раз в год в период навигации, а СЗУГМС производит ежемесячный отбор проб воды для гидрохимического анализа по 17 показателям [9].

Но как видим из Рисунка 13 Северо-западное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (ФГБУ СЗУГМС) не располагает сетью створов в Сестрорецке и, соответственно, не осуществляет регулярные наблюдения за качеством воды в городе.

Конечно, практически ежегодно происходят исследования акваторий самого водохранилища, рек Сестра и Черная, Водосливного канала, но они происходят по госзаказу только на сбор данных. Но поскольку полная смена воды в озере происходит через 1,3-1,5 месяца, то становится очевидной необходимость детального изучения гидрохимии и гидробиологии не только озера, но и его притоков рек Сестры и Черной, как и говорилось ранее [15].

Если не предпринимать никаких мер, то согласно прогнозу [10] на месте Разлива сформируется болото, подпитываемое водами рек Сестры и Черной, а также подземными водами, осадками и талыми водами. Будет происходить накопление торфа с Сестрорецкого болота, сформируется восстановительная водная среда болота. Так как болото будет расположено выше уровня воды в Финском заливе, его воды будут поступать в сам залив.

Это негативно скажется не только на экологическом состоянии Сестрорецка, но и на его экономике – курортный город будет выглядеть менее привлекательно для отдыхающих и потенциальных жителей, пляжи как на берегу Разлива, так и Финского залива опустеют, санатории также лишатся постояльцев.

### 3.3 Собственные исследования в рамках научной дипломной работы

В Введении нами был определен предмет данной научной работы – оценка экологического состояния водохранилища Сестрорецкий Разлив на основе проведенного химическими методами объемного анализа.

Для этого во время прохождения производственной практики в Институте озероведения Российской академии наук (ИНОЗ РАН) были произведены полевые работы – на водном объекте, и камеральные – непосредственно в лаборатории гидрохимии Института озероведения. Также учреждением были предоставлены научные работы и публикации, заключительные отчеты, посвященные непосредственно исследованиям Сестрорецкого Разлива и его природных вод.

Перед началом *полевого этапа* исследований водохранилища Сестрорецкий Разлив был определен их *маршрут* и составлена *схема расположения станций отбора проб* (Рис.3.5). Отбор проб, их транспортировка и хранение выполнялись в соответствии со следующими *нормативно-правовыми документами*:

1. РД 52.24.309-2011 «Организация и проведение режимных наблюдений за загрязнением поверхностных вод суши на сети Росгидромета» – в целях установления пунктов наблюдений (Глава 5, пункт 5.1) и сбора, хранения, обработки, обобщения и передачи информации (глава 7);
2. ГОСТ 31861-2012 «Вода. Общие требования к отбору проб» – в целях отбора проб воды и дальнейших их транспортировки и хранения, которые предназначены для определения показателей ее состава и свойств;
3. ГОСТ 17.1.5.05-85 «Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков» – в целях отбора проб воды и ознакомления с требованиями безопасности при этом.

Отбор проб произведен в 5 точках, расположенных:

- Станция 1 – в центральной части водоема;
- Станция 2 – в южной оконечности водоема;
- Станция 3 – у западного побережья вблизи водосливного канала;
- Станция 4 – в северо-западной оконечности вблизи устья р. Сестры;
- Станция 5 – в северо-восточной оконечности вблизи устья р. Черной.

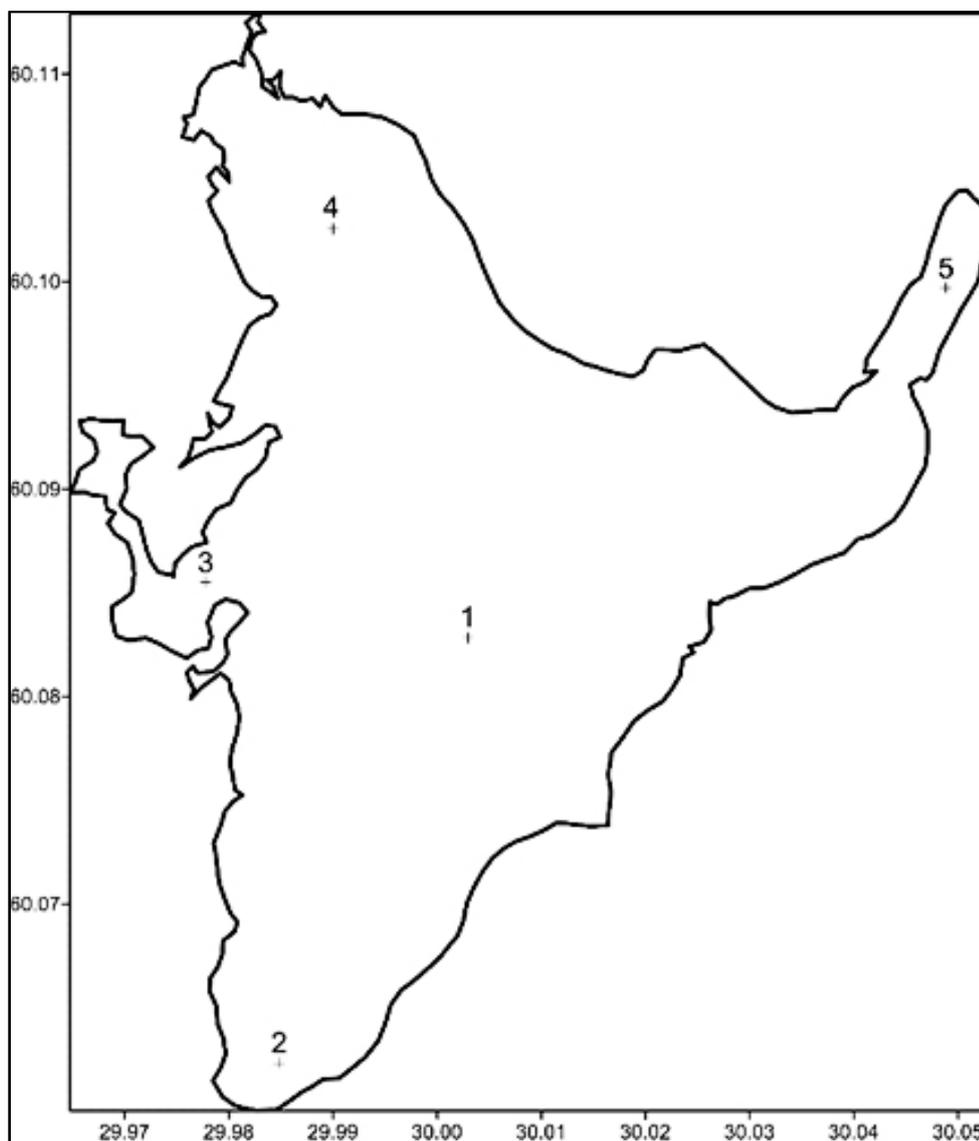


Рисунок 3.5 – Схема расположения станций отбора проб с их номерами на акватории водохранилища Сестрорецкий Разлив

Выезд на исследуемый объект – водохранилище Сестрорецкий Разлив, был осуществлен 07.07.2021 г. Температура воздуха во время выезда составляла 28 °С, погода была преимущественно ясной.

По прибытии на сам водный объект было необходимо произвести оценку качества воды, начав с характеристики общесанитарных показателей (физические параметры и органолептические показатели). К ним относятся:

1. *Температура* воды измерялась как поверхностная, так и придонная температуры при помощи встроенного в батометр (Приложение А) термометра;
2. *Запах* воды и его *интенсивность* в баллах определялся благодаря органолептической оценке (обоняние). Баллы указываются в соответствии с РД 52.24.496-2005 Температура, прозрачность и запах поверхностных вод суши. Методика выполнения измерений;
3. *Прозрачность* определялась при помощи аналога диска Секки - белого диска на тросе-веревке с отметками сантиметров для указания длины. Основа – измерение высоты столба воды, сквозь который можно наблюдать белый диск, погруженный в воду.

Результаты представлены в Таблице 1 для каждой станции отбора проб.

Таблица 3.1

Физические и органолептические показатели по станциям отбора проб

Показатель, СИ	Станция 1	Станция 2	Станция 3	Станция 4	Станция 5
Температура, °С					
Пов. <sup>2</sup> , °С	25,4	25,5	26,8	26	26
Прид. <sup>3</sup> , °С	25	24,5	26,4	25,5	25,8
Запах	Отсутствовал	Отсутствовал	Отсутствовал	Отсутствовал	Отсутствовал
Интенсивность запаха, балл	0	0	0	0	0
Прозрачность, см	15	20	20	25	30

<sup>2</sup> Пов. – поверхностная;

<sup>3</sup> Прид. – придонная.

Далее был произведен непосредственно отбор проб воды на гидрохимический анализ при помощи пробоотборника батометра Limnos (Приложение А) в пластиковые тары-бутылки.

Также сразу же после отбора пробы фиксировались на содержание растворенного в воде кислорода в кислородных склянках. Фиксация происходила по *методу Винклера* следующим образом: кислородная склянка в кювете до краев заполняется пробой воды, после чего последовательно вводятся растворы (1 мл хлористого марганца и 1 мл щелочного раствора йодистого калия); при прибавлении растворов пипетка вводится до половины склянки и по мере опускания раствора пипетка медленно поднимается и плавно вынимается из склянки.

Процесс фиксации можно наблюдать на фотографиях ниже (Рис.3.6)



Рисунок 3.6 – Процесс фиксирования растворенного кислорода в кислородных склянках

Сам *метод Винклера*, по которому происходила фиксация полученных проб на содержание растворенного в воде кислорода, относится к химическим методам анализа.

Более подробно о химических методах анализа природных вод, которые были использованы нами в ходе данного исследования, будет описано в следующем подпункте.

### 3.3.1 Химические методы объемного анализа

Для начала определимся с методами, которые были нами выбраны и применены в ходе исследования природных вод Сестрорецкого Разлива для последующей оценки их экологического состояния.

Нами использовались *химические* методы, которые включают в себя элементы как качественного, так и количественного анализа. Из названия метода понятно, что он предусматривает проведение химической реакции и определение продуктов этой самой реакции.

*Качественный* анализ применяется для обнаружения отдельных ионов или соединений, содержащихся в исследуемой пробе воды. Для этого используются химические реакции, которые сопровождаются определенным внешним эффектом – *признаком протекания химической реакции* (образование труднорастворимого соединения или осадка, изменение окраски раствора, выделение газа) [23].

*Количественный* анализ позволяет установить количественное содержание отдельных компонентов в воде. При этом находят весовое или объемное содержание растворенного вещества в определенном объеме или массе раствора. Соответственно, методы количественного анализа делятся на:

1. весовой;
2. *объемный* (или титриметрический);
3. колориметрический;
4. электрометрический.

Для большинства произведенных анализом нами использовался именно *объемный метод количественного анализа*. Он основан на точном измерении объемов реагирующих веществ, концентрация, одного из которых известна (титрованный раствор) [23].

Сам процесс, при котором происходит прибавление стандартного титрованного раствора к раствору исследуемого вещества называется *титрованием*, и ведется он до достижения, так называемой, точки эквивалентности (момент, когда количество прибавленного стандартного раствора будет эквивалентно количеству определяемого вещества согласно уравнению реакции). Поэтому целью объемного анализа является фиксация этой точки, которую можно наблюдать внешне при помощи вышеупомянутых признаков протекания реакции. Также используются *индикаторы* реакции, необходимые для отслеживания изменения цвета при изменении концентрации раствора [23].

В ходе анализов химическими методами были определены следующие показатели в соответствии с методиками:

- Концентрация растворенного кислорода (РД 52.24.419-2005 Массовая концентрация растворенного кислорода в водах. Методика выполнения измерений *йодометрическим* методом);
- БПК<sub>5</sub> (РД 52.24.420-2006 Биохимическое потребление кислорода в водах. Методика выполнения измерений *скляночным* методом);
- ХПК (ПНД Ф 14.1:2.100-97 Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений химического потребления кислорода в пробах природных и очищенных сточных вод *титриметрическим* методом);
- Концентрация гидрокарбонатов (ГОСТ 31957-2012 Вода. Методы определения щелочности и массовой концентрации карбонатов и гидрокарбонатов);

- Концентрация хлоридов (РД 52.24.407-2007 Массовая концентрация хлоридов в водах. Методика выполнения измерений *аргентометрическим* методом);
- Концентрация магния (РД 52.24.395-2007 Методика выполнения измерений жесткости воды *титриметрическим* методом с трилоном Б);
- Сумма натрия и калия (РД 52.24.514-2009 Методика расчета суммарной молярной (массовой) концентрации ионов натрия и калия, суммарной массовой концентрации ионов в водах);
- Концентрация кальция (РД 52.24.403-2007 Методика выполнения измерений массовой концентрации кальция в водах *титриметрическим* методом с трилоном Б).

Все эти показатели измерялись с помощью химических методов объемного анализа, которые по типу реакции делятся на:

1. Титрование окислителями и восстановителями;
2. Титрование кислотно-основное;
3. Титрование с образованием комплексов (комплексометрия);
4. Титрование осадительное (методы осаждения).

Другие показатели – такие, как водородный показатель (рН), удельная электропроводность (УЭП), цветность, концентрации сульфатов, фосфора общего, фосфора неорганического и прочие (см. Приложение Б), – измерялись в соответствии с другими методами анализа (электрометрический, фотометрический, гравиметрический).

Далее подробнее о каждой из методик.

3.3.1.1 Особенности титрования окислителями и восстановителями объемного метода химического анализа

К методам окислительно-восстановительного титрования (оксидиметрия) относятся все титриметрические методы, в основе которых лежат окислительно-восстановительные реакции.

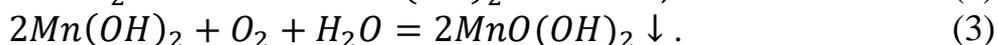
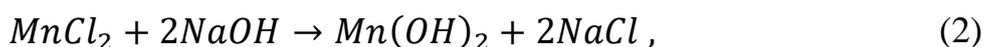
Для определения содержания *растворенного кислорода* использовались особые методы титрования окислителями и восстановителями, а именно йодометрия – это метод определения окислителей косвенным титрованием заместителя йода – стандартным раствором тиосульфата натрия.

В основу положена реакция взаимодействия йодид-иона с окислителем, в результате которой образуется йод. В виде формулы эта реакция выглядит следующим образом:



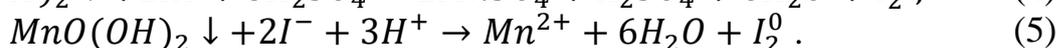
Согласно Руководящему документу, по которому выполнялись измерения, йодометрический метод основан на реакции растворенного в пробе воды кислорода с гидроксидом марганца(II) ( $Mn(OH)_2$ ) в щелочной среде с образованием соединения марганца(IV). При подкислении пробы в присутствии избытка иодида калия (KI) марганец(IV) окисляет иодид до свободного иода, количество которого эквивалентно концентрации растворенного кислорода и определяется титрованием раствором тиосульфата натрия ( $Na_2S_2O_3$ ) [21].

Как это выглядит, показано в следующих химических формулах:



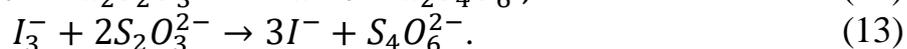
В ходе реакции образуется бурый осадок – это нерастворимый гидроксид марганца(IV) ( $MnO_2$ ). Таким образом производится фиксация, то есть количественное связывание, кислорода в пробе.

Далее к пробе добавляют раствор сильной кислоты (либо серной, либо соляной) для растворения осадка, в результате чего протекает химическая реакция в кислой среде и с образованием свободного йода по уравнению:



Затем свободный йод титруют раствором тиосульфата натрия в присутствии крахмала, который добавляют для лучшего определения момента окончания титрования. Крахмал придает раствору исследуемой пробы темно-фиолетовый цвет. При этом восстановителем в данной реакции является тиосульфат натрия ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ).

О завершении титрования судят по исчезновению темно-фиолетовой окраски (обесцвечиванию) раствора в точке эквивалентности:



Для измерения показателя *биологического потребления кислорода* –  $\text{БПК}_5$  (где 5 – количество суток), использовался скляночный метод, суть которого заключается в способностях водных микроорганизмов потреблять растворенный кислород при процессах биохимического окисления органических и неорганических веществ, находящихся в воде. В этом методе выполняется одно из важнейших требований – так как кислородная склянка изолирована (закрыта притертой пробкой), то исследуемая проба воды не насыщается более кислородом. Происходит полная изоляция водной микросистемы.

Измерения проводятся аналогично растворенному кислороду за тем лишь исключением, что для определения  $\text{БПК}_5$  кислородные склянки после фиксации в нем кислорода помещаются в термостат, в котором они находятся на протяжении 5 суток в таких условиях, как: постоянная температура, равная  $20^\circ\text{C}$ , отсутствие доступа воздуха и света.

И только по истечении срока определяется концентрация неизрасходованного микроорганизмами кислорода.

Согласно нормативному документу, по которому проводилось измерение, титриметрический метод измерения величины *химического потребления кислорода* –  $\text{ХПК}$ , основан на окислении органических веществ

избытком бихромата калия ( $K_2Cr_2O_7$ ) в растворе серной кислоты ( $H_2SO_4$ ) при нагревании в присутствии катализатора – сульфата серебра ( $Ag_2SO_4$ ). Остаток бихромата калия ( $K_2Cr_2O_7$ ) находят титрованием раствором соли Мора ( $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$ ) и по разности определяют количество  $K_2Cr_2O_7$ , израсходованное на окисление органических веществ [17].

Если попробовать выразить эти реакции в виде формул, то получится следующее:



Далее значение ХПК проводят по избытку окислителя, оставшемуся в пробе, который определяют титриметрическим методом при помощи титрования солью Мора ( $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$ ).

Выполнение измерений массовой концентрации *диоксида углерода* титриметрическим методом основано на количественном переводе растворенного  $CO_2$  (угольной кислоты) в гидрокарбонат-ионы  $HCO_3^-$  при титровании пробы воды карбонатом натрия  $Na_2CO_3$  до pH 8,3 в присутствии индикатора фенолфталеина. Принцип реакции показан на следующей формуле:



3.3.1.2 Особенности кислотно-основного титрования объемного метода химического анализа

В ГОСТ-е 31957-2012, используемом для нахождения концентрации *гидрокарбонат-ионов*, определен «Метод А – определение свободной и общей щелочности питьевой воды, в том числе расфасованной в емкости (кроме газированной), воды источников питьевого водоснабжения, природной и сточной воды титрованием до значений pH 8,3 и 4,5, с использованием полученных значений щелочности для расчетов массовых концентраций карбонатов и гидрокарбонатов» [26].

Это титрование называется *кислотно-основным* и основывается на реакции взаимодействия кислоты и основания, а точнее, ионов  $H^+$  и гидроксильной группы  $OH^-$ :  $H^+ + OH^- \leftrightarrow H_2O$ . В качестве титрантов используют сильные кислоты и основания. В водной среде чаще всего титрантом служит соляная кислота ( $HCl$ ) и гидроксид натрия  $NaOH$ .

### 3.3.1.3 Особенности титрования с образованием комплексов

Комплексометрия или титрование с образованием комплексов – метод химического анализа, основанный на использовании реакций комплексообразования между определяемым компонентом анализируемого раствора и титрантом.

Другими словами, это титрование вещества раствором такого соединения, которое образует с титруемым веществом слабо диссоциирующий (то есть устойчивый) растворимый комплекс.

Метод чаще всего применяется для определения катионов металлов-комплексообразователей с применением Трилона Б, который также называется комплексоном III (*трилометрия*). Таким образом можно измерить концентрацию таких катионов, как кальций, магний, например.

Основа этого метода заключается в способности ионов кальция образовывать с Трилоном Б малодиссоциированное, устойчивое в щелочной среде соединение [20].

Конечная точка титрования определяется по изменению окраски индикатора (мурексида) из розовой в красно фиолетовую. Для увеличения четкости перехода окраски предпочтительнее использовать смешанный индикатор (мурексид + нафтоловый зеленый Б). При этом в конечной точке титрования окраска изменяется от грязно-зеленой до синей [20].

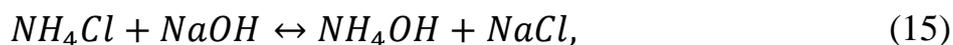
Магний в условиях анализа осаждается в виде гидроксида и не мешает определению концентрации кальция [20].

Измерение концентрации магния также завязано на образовании комплексных соединений с Трилоном Б – при титровании вначале связывается кальций, образующий более прочный комплекс с трилоном Б, а затем магний [19].

При этом измерении используются такой индикатор, как Эриохром черный Т, и изменение окраски от вишнево-красной (при соединении с магнием) до голубой.

Также стоит отметить, что в обоих измерениях важно соблюдение определенного уровня рН (около 10 при определении общей жесткости = щелочная среда, и 12-13 при определении ионов кальция = сильнощелочная среда). Для этого используются аммиачный буферный раствор (смесь  $\text{NH}_4\text{Cl}$  +  $\text{NaOH}$ ) и щелочной буфер – 10%-ый раствор  $\text{NaOH}$ .

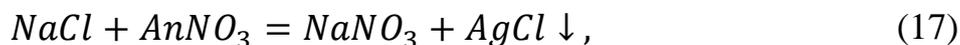
Буферные растворы нужны как раз-таки для поддержания постоянного рН раствора при его разбавлении или добавлении небольших количеств кислоты или основания. Действие буферных растворов основано на том, что ионы или молекулы буфера связывают ионы  $\text{H}^+$  или  $\text{OH}^-$  вводимых в них кислот или щелочей с образованием слабых электролитов. В данном случае аммиачный буфер провзаимодействовал следующим образом:



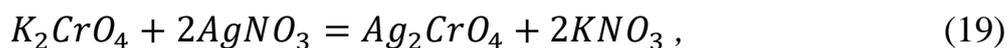
#### 3.3.1.4 Особенности осадительного титрования

Метод осадительного титрования основан на применении титрантов, которые образуют малорастворимые соединения с анализируемым веществом. К осадительному титрованию относят аргентометрию, меркурометрию, меркуриметрию и сульфатометрию.

Выполнение измерений массовой *концентрации хлоридов* производится argentометрическим методом. Он основан на способности нитрата серебра образовывать с хлорид-ионом нерастворимый осадок – хлорид серебра (AgCl):



После полного осаждения хлоридов избыток ионов серебра реагирует с индикатором – хроматом калия ( $K_2CrO_4$ ), – с образованием красновато-оранжевого осадка хромата серебра ( $Ag_2CrO_4$ ), который свидетельствует о конце титрования:



### 3.3.1.5 Особенности измерения суммы натрия и калия

Измерения для данных показателей производятся расчетным методом – по разности между суммарной молярной концентрацией анионов  $\Sigma A$ , ммоль/дм<sup>3</sup> КВЭ (количество вещества эквивалентов), и суммарной молярной концентрацией катионов  $\Sigma KI$ , ммоль/дм<sup>3</sup> КВЭ, кальция, магния (а также аммония, если его концентрация превышает 0,1 мг/дм<sup>3</sup>):

$$\Sigma' = \Sigma_A - \Sigma_{KI}, \quad (20)$$

где  $\Sigma'$  – суммарная молярная концентрация ионов натрия и калия, ммоль/дм<sup>3</sup> КВЭ,

$\Sigma_A$  – суммарная молярная концентрация анионов, ммоль/дм<sup>3</sup> КВЭ,

$\Sigma_{KI}$  – суммарная молярная концентрация катионов, ммоль/дм<sup>3</sup> КВЭ.

То есть расчет производится только при наличии результатов измерений концентраций остальных главных ионов (катионы кальция, магния, а также анионы хлора, гидрокарбоната, карбоната и сульфата).

### 3.3.2 Интерпретация результатов

Исследование хоть и было непродолжительными, но даже так нами были получены конкретные и весомые результаты по каждой из станций измерений. Полученные значения гидрохимических показателей представлены в виде таблицы в Приложении Б.

На основании анализа полученных результатов (Приложение Б) было оценено современное состояние Сестрорецкого водохранилища.

На момент исследования (июль 2021 года) всю акваторию Сестрорецкого Разлива можно отнести к гидрокарбонатному классу, натриевой группе по классификации О.А.Алекина. Преобладание катиона натрия для большинства акватории может объясняться загрязнениями хозяйственно-бытовых сточных вод.

По классификации О.А.Алекина об оценке природных вод по степени общей жесткости (Табл.3.2) данная природная вода может быть отнесена к очень мягкой (в среднем по станциям отбора проб (Рис.3.5) общая жесткость = 0,64 мг-экв/л). Это означает, что в воде Сестрорецкого Разлива малое содержание солей.

Таблица 3.2

Оценка природных вод по степени общей жесткости по О.А.Алекину

Оценка воды	Общая жесткость, мг-экв/л
Очень мягкая	< 1,5
Мягкая	1,5-3
Умеренно жесткая	3-6
Жесткая	6-9
Очень жесткая	> 9

В Сестрорецком Разливе отмечено существенное нарушение кислородного режима, вызванное развитием процесса антропогенного эвтрофирования, наличие которого отмечается уже в течение нескольких

десятилетий. Так, в середине лета, в период наибольшего развития вегетационных процессов, водная масса заметно пересыщена кислородом (до 143 %) вследствие интенсивного фотосинтеза. Только в южной оконечности водохранилища (Станция 2), где в ходе предшествующих исследований часто отмечалось наличие застойной зоны, относительное содержание кислорода существенно ниже – 64-85 %.

О степени загрязненности водоема можно судить по таким показателям, как содержание и процентное насыщение растворенного кислорода, биохимическое (БПК<sub>5</sub>) и химическое (ХПК) потребление кислорода.

По первому показателю воды хоть и относятся в среднем к *умеренно загрязненному* (III) типу (Табл.3.3), но процент насыщения кислородом слишком высок. Это объяснимо, так как в период исследования на водоеме начался процесс эвтрофикации («цветение»).

По остальным показателям – к *очень сильно загрязненному* – ХПК<sub>ср</sub> = 58,78 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (Табл.3.4), и *грязному* – БПК<sub>5ср</sub> = 7,66 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (Табл.3.5) классам чистоты.

Таблица 3.3

Содержание кислорода в водоемах с различной степенью загрязненности [1]

Уровень загрязненности воды, класс качества	Растворенный кислород (О <sub>2</sub> )		
	лето. мг/дм <sup>3</sup>	зима. мг/дм <sup>3</sup>	процент (%) насыщения
Очень чистые, I	9	14-13	95
Чистые, II	8	12-11	82
Умеренно загрязненные, III	7-6	10-9	70
Загрязненные, IV	5-4	5-4	60
Грязные, V	3-2	5-1	30
Очень грязные, VI	0	0	0

Таблица 3.4

Величины БПК<sub>5</sub> в водоемах с различной степенью загрязненности [1]

Степень загрязнения (классы водоемов)	Величина БПК <sub>5</sub> , мг О <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>
Очень Чистые	0,5-1,0
Чистые	1,1-1,9
Умеренно Загрязненные	2,0-2,9
Загрязненные	3,0-3,9
Грязные	4,0-10,0
Очень Грязные	>10,0

Таблица 3.5

Величины ХПК в водоемах с различной степенью загрязненности [1]

Степень загрязнения (классы водоемов)	Величина ХПК, мг О <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>
Очень Чистые	1
Чистые	2
Умеренно Загрязненные	3
Загрязненные	4
Грязные	5-15
Очень Грязные	>15

Наибольшей степенью загрязненности выделяются центр водохранилища (Станция 1) и устье реки Сестра (Станция 4).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проведенной работы нами были определены основные физико-географические и гидрологические особенности как местности, так и самого Сестрорецкого Разлива. Были выявлены основные причины ухудшения экологического состояния водохранилища.

Заключительным этапом исследования стала интерпретация полученных результатов, на основе которой была дана оценка экологического состояния водного объекта.

Воды Сестрорецкого Разлива можно отнести к загрязненным, с мягкой водой, со средним содержанием органических веществ, по показателям минерализации вода варьируется от слабокислой до нейтральной группы. Прибрежная территория значительно подвержена антропогенной нагрузке – практически вся северо-западная часть заполнена жилой застройкой, есть оборудованные и необорудованные пляжи и так далее.

По нормативам такая вода не пригодна даже для культурно-бытового водопользования.

Главной причиной неблагоприятной экологической обстановки является сброс неочищенных сточных вод в реки Сестра и Черная. Необходимо усиление контроля за утилизацией сточных вод, проведение уборки акватории и прибрежной территории от наплавных загрязнений и мусора, кошение водной растительности.

Стоит также учитывать следующие факторы, которые могли повлиять на особенности полученных результатов:

1. Аномально жаркое лето. Так, «в июне несколько дней подряд Петербург ежедневно обновлял исторические максимумы – 19-23 июня стали самыми жаркими за последние 140 лет. 23 июня воздух прогрелся до абсолютного рекорда этого месяца – 35,9 °С». И, как заявляют метеорологи, воды Невы,

Ижоры и Финского залива впервые прогрелись до температуры 26°C, что свойственно скорее южным морям [16];

2. Малое количество атмосферных осадков;
3. Начало процессов эвтрофикации на водном объекте.

Погодные аномалии отмечались в отчетах об экологическом состоянии Сестрорецкого Разлива Институтом озероведения Российской академии наук и в 2018, и в 2019 годах. Любезно предоставленные ими результаты и тогда подтверждали информацию, сделанную еще в 2015-2016 годах. А именно – необходимо и дальше изучать водохранилище и его притоки (реку Черная и Сестра) и поддерживать специальный режим эксплуатации водного объекта, при котором показатели качества воды будут соответствовать санитарным нормам, действующим в настоящее время.

Социальная значимость водохранилища и его экологическое состояние сподвигают раз за разом научных сотрудников исследовать данный водный объект. Это также свидетельствует о необходимости настроить полноценный и всесторонний экологический мониторинг как на самом Разливе, так и на его притоках, которые, как мы выяснили ранее в главах, являются непосредственными «участниками» загрязнения вод.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Аксенов, В. И. Химия воды: Аналитическое обеспечение лабораторного практикума: учеб. пособие / В. И. Аксенов, Л. И. Ушакова, И. И. Ничкова ; [под общ. ред. В. И. Аксенова] ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2014. – 140 с. ; ил.
2. Беликов, В. В. Северный курорт России. Тайны озера Разлив [Текст] / В. В. Беликов. – Сестрорецк : ООО "Взгляд XXI век", 1999. – 175 с. – Текст : непосредственный.
3. Водные объекты Санкт-Петербурга [Текст] : монография / Г.А. Алябина [и др.]; под общ. ред. С.А. Кондратьева, Г.Т. Фрумина – СПб: Символ, 2002. –348 с.
4. ГОСТ 31957-2012. Вода. Методы определения щелочности и массовой концентрации карбонатов и гидрокарбонатов [Текст] – Введ. 2014-01-01. – М.: Стандартинформ, 2013. – 22 с.
5. Государственный природный заказник «Сестрорецкое болото». ГКУ «Дирекция особо охраняемых природных территорий Санкт-Петербурга» [Электронный ресурс] // Официальный сайт. – 2012. – Режим доступа: [http://oopt.spb.ru/protected\\_area/sestroretzkoye-boloto](http://oopt.spb.ru/protected_area/sestroretzkoye-boloto)
6. Действующие метеорологические станции сети Росгидромета. АСУНП (Автоматизированная системы учета наблюдательных подразделений Росгидромета) [Электронный ресурс] // Цифровые данные. – 2014. – Режим доступа: <http://portal.rhmi.mecom.ru/portal/asunp/catalog/DataAccess>
7. Интернет-карта РГИС. Региональная информационная система «Геоинформационная система Санкт-Петербурга» [Электронный ресурс] // Геопортал. – 2010. – Режим доступа: <https://rgis.spb.ru/mapui/>
8. История Земли [Текст] / А.С. Монин ; АН СССР, Ин-т океанологии им. П.П. Ширшова. - Ленинград : Наука. Ленингр. отд-ние, 1977. - 228 с., 3 л. ил. : ил., карт.; 22 см.
9. Клубов, С. М. Оценка загрязненности вод рек Санкт-Петербурга с использованием отчетных материалов ГУП «Водоканал СПб» в 2018 году [Текст] / С. М. Клубов, В. Ю. Третьяков. // Учёные записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. – 2019. – № 3. – С. 160-174.
10. Колтышев, А. Е. Экспертный прогноз развития состояния водохранилища Сестрорецкий Разлив / А. Е. Колтышев. // Science Time. – 2014. – № 7. – С. 156-163.
11. Макарова, С. В. Экологическое состояние водохранилища Сестрорецкий Разлив: прошлое и настоящее [Текст] / С. В. Макарова // Вода и экология: проблемы и решения. – 2018. – № 4. – С. 61-69.
12. Михайлов, Н. В. А где же автор? Рецензия на книгу неназванного автора «Лисий Нос: исторический очерк» [Текст] / Н. В. Михайлов. // История Петербурга. – 2002. – № 2. – С. 92-93.
13. Население Оперативная информация. Петростат Управление Федеральной службы государственной статистики по г.Санкт-Петербургу и Ленинградской области [Электронный ресурс] // Официальный сайт. – Режим доступа: <https://petrostat.gks.ru/folder/27595>
14. Общая информация. Внутригородское муниципальное образование города федерального значения Санкт-Петербурга город Сестрорецк [Электронный ресурс] // Официальный сайт. – 2010. – Режим доступа: <https://sestroretsk.spb.ru/information.html>

15. Оказание услуг по комплексному обследованию водохранилища Сестрорецкий Разлив для разработки мероприятий по улучшению его экологического состояния // Заключительный отчет по Государственному контракту №173-15 от 31.07.2015 г. СПб, 2015
16. Опасный симптом 2021 года: о чём говорит аномальная жара в Петербурге. РБК [Электронный ресурс] // Интернет-издание. – 2021. – Режим доступа: [https://www.rbc.ru/spb\\_sz/27/07/2021/60ffac7c9a794786aa348141](https://www.rbc.ru/spb_sz/27/07/2021/60ffac7c9a794786aa348141)
17. ПНД Ф 14.1:2.100-97. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений химического потребления кислорода в пробах природных и очищенных сточных вод титриметрическим методом [Текст] – Взамен ПНД Ф 14.1:2.100-97; введ. 2016-01-01. – М. – 21 с.
18. Природа Сестрорецкой низины [Текст] : монография / Г. Алябина [и др.]; под ред. Волкова, Е.А., Исаченко, Г.А., Храмцов, В.Н. – СПб: Бостон-спектр, 2011. – 264 с
19. РД 52.24.395-2007. Методика выполнения измерений жесткости воды титриметрическим методом с трилоном Б [Текст] – Взамен РД 52.24.395-95; введ. 2007-01-09. – Ростов-на-Дону. – 40 с.
20. РД 52.24.403-2007. Методика выполнения измерений массовой концентрации кальция в водах титриметрическим методом с трилоном Б [Текст] – Взамен РД 52.24.403-95; введ. 2007-01-03. – Ростов-на-Дону. – 31 с.
21. РД 52.24.419-2005. Массовая концентрация растворенного кислорода в водах. Методика выполнения измерений йодометрическим методом [Текст] – Взамен РД 52.24.419-95; введ. 2005-07-01. – ГУ «Гидрохимический институт». – 26 с.
22. Сестра. Все реки [Электронный ресурс] // Информационный сайт. – 2022. – Режим доступа: <http://vsereki.ru/atlanticheskij-ocean/bassejn-baltijskogo-morya/sestra>
23. Сестрорецк. 300 лет истории [Текст] / Леонид Амирханов. - Санкт-Петербург : И. А. Минаков, 2014. - 414, [2] с. : ил., портр., факс., цв. ил.; 25 см.
24. Структура водоснабжения. ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» [Электронный ресурс] // Официальный сайт. – Режим доступа: [www.vodokanal.spb.ru/vodosnabzhenie/struktura\\_vodosnabzheniya/](http://www.vodokanal.spb.ru/vodosnabzhenie/struktura_vodosnabzheniya/)
25. Храмцов, В. Н. Атлас особо охраняемых природных территорий Санкт-Петербурга [Карты] / В. Н. Храмцов, Т. В. Ковалева, Н. Ю. Нацваладзе. – 2. – СПб.: Марафон, 2016. – 175 с.
26. Черная. Все реки [Электронный ресурс] // Информационный сайт. – 2022. – Режим доступа: <https://vsereki.ru/atlanticheskij-ocean/bassejn-baltijskogo-morya/chnaya>
27. Экологическое состояние водохранилища Сестрорецкий Разлив по результатам многолетних исследований [Текст] / Ш. Р. Поздняков, И. С. Трифонова, Н. В. Игнатьева [и др.]. // Региональная экология. – 2017. – № 4. – С. 5-19.
28. Электронная версия Национального атласа почв Российской Федерации. Информационная система Почвенно-географическая база данных России [Электронный ресурс] // Информационная система. – 2008. – Режим доступа: <https://soil-db.ru/soilatlas>
29. Яковлев, В. Д. Мой Сестрорецк. Записки краеведа о жизни родного города [Текст] / В. Д. Яковлев. – Сестрорецк : Издание Муниципального совета города Сестрорецка, 2006. – 140-141 с.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А



Батометр Limnos в неразобранном виде (в чехле)

*а)*



Сбор пробы воды в пластиковую тару с Плотины Гаусса батометром Limnos в разобранном виде

*б)*



Сбор пробы воды в кислородную склянку для последующей фиксации растворенного кислорода

*в)*

Рисунок 1 – Батометр Limnos, использовавшийся при отборе проб воды Сестрорецкого Разлива в период производственной практики, где а) – изображение батометра в неразобранном виде перед использованием, б) – разобранный батометр и пластиковая тара-бутылка с отобранной пробой воды, в) – процесс начала фиксации в отобранной пробе воды растворенного кислорода

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Таблица 1

Компоненты и их величины, полученные в ходе анализа проб воды Сестрорецкого Разлива

Дата	Станция №	Глубина, м	Горизонт	t, °C	БПК <sub>5</sub> , мг О <sub>2</sub> /л	ХПК, мг О/л	НСО <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/л	Сl <sup>-</sup> , мг/л	Ca <sup>2+</sup> , мг/л	Mg <sup>2+</sup> , мг/л	Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup> , мг/л	O <sub>2</sub> , мг/л	O <sub>2</sub> ,%
07.07.21	1	2.2	пов. <sup>4</sup>	25.4	> 7.99	62.14	31.14	14.08	7.62	2.78	9.83	9.29	115
			прид. <sup>5</sup>	25.0	7.73	59.03	30.75	14.35	7.48	2.56	9.62	7.82	96
	2	1.6	пов.	25.5	7.60	62.14	31.48	14.08	7.62	2.70	9.05	6.85	85
			прид.	24.5	7.30	49.71	31.70	13.81	7.55	2.69	9.71	5.22	64
	3	1.7	пов.	26.8	7.76	62.14	30.97	13.54	6.98	2.92	9.24	9.78	124
			прид.	26.4	> 7.82	60.90	29.26	13.27	7.12	2.73	8.14	8.80	111
	4	1.3	пов.	26.0	> 7,79	54.68	33.24	13.27	6.98	2.92	9.76	9.78	122
			прид.	25.5	> 7.82	57.17	33.61	13.00	7.12	2.82	9.97	9.45	117
	5	1.0	пов.	26.0	7.63	52.82	47.23	24.92	10.37	4.02	17.44	11.41	143
			прид.	25.8	7.76	57.17	45.15	24.65	10.79	3.63	16.24	10.11	126

<sup>4</sup> Пов. – поверхностный горизонт;

<sup>5</sup> Прид. – придонный горизонт.