

Санкт-Петербургский государственный университет

МОНЗУЛЬ Наталья Александровна

Выпускная квалификационная работа

***Изучение водных экосистем малых водоемов Санкт-Петербурга и
Ленинградской области на основе построения сводных показателей качества воды***

Уровень образования:

Направление *05.03.06 «Экология и природопользование»*

Основная образовательная программа *СВ.5024.2017 «Экология и
природопользование»*

Профиль *«Рациональное природопользование»*

Научный руководитель:
доцент кафедры геоэкологии и
природопользования,
Институт Наук о Земле,
к.г.н., доцент
Федорова И. В.



Рецензент:
старший научный сотрудник
лаборатории гидрофизики
Института водных проблем
Севера КарНЦ РАН, к.г.н.
Пальшин Н. И.

Санкт-Петербург
2021

Оглавление

Введение	3
Глава 1. Физико-географический очерк района исследования	5
1.1. Геология и рельеф района исследования	5
1.2. Климат исследуемой территории.....	6
1.3. Гидрологические особенности территории	8
Глава 2. Обзор литературы по теме исследования	10
2.1. Описание исследованных объектов	10
2.2. Оценка гидроэкологического состояния водных объектов.....	12
Глава 3. Материалы и методы исследования	23
3.1. Полевой отбор проб.....	23
3.1.1. Измерение показателей гидроэкологического состояния воды в водных объектах и отбор проб для анализа содержания биогенных элементов	23
3.1.2. Отбор проб для анализа содержания окрашенного растворенного органического вещества.....	24
3.2. Лабораторная обработка проб	25
3.2.1. Лабораторные исследования биогенных элементов	26
3.2.1. Лабораторные исследования окрашенного растворенного органического вещества	27
3.3. Статистическая обработка проб	29
3.4. Запрос о предоставлении сведений из государственного водного реестра	30
Глава 4. Результаты анализа окрашенного растворенного органического вещества для исследуемых водоемов и их сравнения с другими показателями	32
4.1. Материалы полевых наблюдений	32
4.1.1. Анализ гидрохимических и гидробиологических показателей	32
4.1.2. Анализ содержания окрашенного растворенного органического вещества	38
4.2. Взаимосвязи между окрашенным растворенным органическим веществом и биогенными элементами.....	42
4.2.1. Анализ описаний взаимосвязей в литературе	42

4.2.2. Проверка взаимосвязи окрашенного растворенного органического вещества и биогенных элементов с помощью методов статической обработки	43
4.2.3. Графическое представление данных с использованием ГИС	48
4.3. Построение сводных показателей гидроэкологического состояния	49
4.4. Апробация методики оценки гидроэкологического состояния озер на примере некоторых прудов Санкт-Петербурга и Ленинградской области	54
4.5. Анализ возможных изменений состояния водоемов к изменению параметров за счет изменения естественного и антропогенного режимов	55
Заключение	58
Благодарности	61
Список литературы	62
Приложения	69
Приложение 1	69
Приложение 2	102
Приложение 3	109
Приложение 4	111
Приложение 5	114
Приложение 6	115
Приложение 7	116
Приложение 9	118
Приложение 10	119
Приложение 11	120
Приложение 12	123
Приложение 13	140

Введение

В настоящее время широко распространены исследования различных параметров окружающей среды, которые играют важную роль не только в сохранении природных экосистем, но и важны для формирования благоприятной среды для жизни человека. Особенно остро стоит вопрос о контроле городской среды, так как она имеет сильное влияние на большое количество людей, проживающих в городах.

Многие работы по изучению городских территорий и состояния экосистем в городах посвящены исследованию параметров наземных экосистем. Исследованию водных экосистем, напротив, уделяется недостаточное внимание со стороны специалистов и различных служб, которые должны обеспечивать возможность комфортного существования людей в городах. Особенно привлекательными и **актуальными для исследования** являются малые водные объекты, такие как пруды и небольшие озера, так как они играют большую рекреационную роль и находятся в непосредственном контакте с человеком. Следовательно, состояние данных водоемов должно соответствовать не только санитарно-гигиеническим нормативам, но и обеспечивать эстетические функции.

Для изучения состояния водных экосистем применяются разнообразные показатели: гидрологические, гидробиологические, гидрохимические и другие. Наиболее применяемыми в работах являются содержание кислорода, биогенных элементов, цветность. Данные показатели являются репрезентативными и позволяют оценить ситуацию с разных сторон. Однако в современном мире наблюдается стремление к комплексной оценке объектов в связи с необходимостью учета различных процессов, происходящих в водных экосистемах, их совокупности и комплексности. Одним из способов достижения данной цели является внедрение **новых показателей и способов их изучения**. Примером комплексного параметра является окрашенное растворенное органическое вещество (ОРОВ), которое может служить как вспомогательным элементом к традиционным исследованиям, так стать и полноценным интегральным показателем при более детальном рассмотрении, так как оказывает непосредственное влияние на экологическое состояние водных экосистем. ОРОВ является репрезентативной характеристикой, так как связано с другими параметрами, такими, как концентрация биогенных элементов, цветность, содержание растворенного органического углерода, доказательства чему имеются в литературных источниках. Кроме того, данный параметр можно изучать с помощью методов дистанционного зондирования, что в настоящее время может облегчить не только обработку информации, но и заменить необходимость широкомасштабных полевых наблюдений. Это особенно важно при недоступности проведения полевого этапа работы в удаленных районах.

Помимо расширения показательных параметров, **актуальным способом** изучения состояния водных экосистем является моделирование и прогноз изменений под воздействием различных нагрузок. Обобщающим методом, способствующим комплексному анализу водных объектов, является метод построения сводных показателей. Моделирование помогает не только оценить состояния водоема на данный момент времени и спрогнозировать разные сценарии изменения, но и дать своевременные рекомендации для лиц, принимающих решения. Кроме того, метод построения сводных показателей позволяет качественно интерпретировать результаты даже при нехватке данных наблюдений.

В качестве объектов исследования были выбраны малые водные объекты в Санкт-Петербурге и Ленинградской области. Всего было рассмотрено 36 водоемов. Отбор проб в водных объектах проходил в течение вегетационного периода трижды: 15-18.06.2020, 02-08.08.2020, 26-30.09.2020.

Целью работы является изучение водных экосистем малых водоёмов Санкт-Петербурга и Ленинградской области на основе построения сводных показателей качества воды.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- 1) Обзор ранее опубликованных материалов по теме исследования;
- 2) Рассмотрение методов полевого гидрохимического анализа и проведение отбора проб воды в прудах и озёрах Санкт-Петербурга и Ленинградской области в несколько этапов в течение вегетационного периода;
- 3) Лабораторный анализ проб воды на содержание ОРОВ, концентрацию биогенных элементов;
- 4) Анализ использования геоинформационных технологий для целей экологической оценки качества вод и зарастания водоемов; применение ГИС технологий для составления карт-схем для водных объектов и визуализация полученных результатов;
- 5) Построение квалитетрических шкал гидроэкологического состояния рассматриваемых объектов, получение сводных показателей для классов состояния водных объектов;
- 6) Апробация методики построения сводных показателей для конкретных репрезентативных водоемов и проведение имитационного моделирования возможных климатических и антропогенных нагрузок на экосистемы.

Глава 1. Физико-географический очерк района исследования

1.1. Геология и рельеф района исследования

Санкт-Петербург является субъектом Российской Федерации. Его площадь составляет 1439 км² (www.gov.spb.ru). Город разделён на 18 административных районов: Адмиралтейский, Василеостровский, Выборгский, Калининский, Кировский, Колпинский, Красногвардейский, Красносельский, Кронштадтский, Курортный, Московский, Невский, Петродворцовый, Петроградский, Приморский, Пушкинский, Фрунзенский и Центральный.

Сложившиеся к настоящему времени особенности строения территории Санкт-Петербурга связаны с основными моментами ее развития на протяжении геологических эпох. Главной из них можно считать приуроченность ее к зоне сочленения Балтийского щита и Русской плиты, с одной стороны (в геологическом аспекте), и с другой стороны – к границе двух сред в современную эпоху, Приморской равнины и Балтийской впадине (в географическом аспекте) (Геологический атлас Санкт-Петербурга, 2009).

Значительный вклад в формирование территории города внесли неоднократные глобальные оледенения (территория современного Санкт-Петербурга расположена в относительной близости от бывшего Скандинавского центра оледенений), которые обусловили становление рельефа и роль экзарационных процессов.

На территории Санкт-Петербурга и прилегающей акватории перепад высот составляет до 210 м, от -30 м – в акватории Финского залива, до +180 м. Общий план орографии Санкт-Петербурга определяется расположением города на склоне седловины, в зоне внутриплитной структурно-денудационной депрессии субширотного простирания, образованной крупными впадинами Онежского озера и Финского залива. Здесь в рельефе преобладают плоские и волнистые равнины, осложненные террасами озерно-ледниковых и морских бассейнов.

Территория города расположена в пределах Восточно-Европейской платформы на границе Балтийского щита и Русской плиты. В строении территории выделяется кристаллический фундамент и осадочный чехол. Кристаллический фундамент представлен метаморфическими и магматическими породами: гнейсами и гранитами архея, гнейсами лахденпохского комплекса раннего протерозоя, гранитными интрузиями позднеорогенного кузнеченского комплекса и анорогенного раннерифейского выборгского комплекса. Осадочный чехол образован венд-раннепалеозойскими и четвертичными неметаморфизованными образованиями. Его мощность возрастает с северо-запада на юго-восток от 100-150 метров на северо-западе до 300-350 метров на юго-востоке (в районе Пушкина, Павловска и Красного Села) (Балашова и др., 2018).

В орографическом плане территория города находится в пределах Прибалтийской низменности, ограниченной с юга Балтийско-Ладожским уступом, известным под названием глинта.

Наиболее важную роль в формировании рельефа сыграло последнее оледенение, которое оставило многообразный комплекс форм рельефа покровного ледника. Формирование рельефа в голоцене связано, в основном, с абразионно-аккумулятивной деятельностью послеледниковых стадий Балтики, биогенной аккумуляцией, работой рек и техногенными процессами.

Территорию города условно можно разделить на 4 части: Приморскую низину (равнину) (Курортный район), Приневскую низину (центральная часть города и Колпинский район), Предглинтовую низменность (Ломоносовский район) и северную окраину Ижорской возвышенности, ограниченную Балтийско-Ладожским уступом или глинтом.

Приморская низина представлена в основном озёрно-ледниковыми отложениями, встречаются эоловые отложения (в районе г. Сестрорецка).

Приневская низина сложена преимущественно озерно-ледниковыми образованиями. Также в Приневской низине распространены биогенные (болотные) отложения. Кроме этого, развиты флювиогляциальные и аллювиальные отложения, распространение которых имеет ограниченный и фрагментарный характер. Значительные площади низины занимают техногенные образования в черте г. Санкт-Петербурга.

Предглинтовая низменность сформирована в большей степени озёрно-ледниковыми отложениями Балтийского ледникового озера. Помимо этого, здесь представлены морские и озерные, ледниковые, эоловые, аллювиальные и биогенные (болотные) отложения, которые распространены на относительно небольших по площади участках.

Ижорская возвышенность занимает наиболее высокое гипсометрическое положение и в дочетвертичном рельефе соответствует Ордовикскому плато, которое почти повсеместно сложено карбонатными породами ордовика и лишь частично (в районе Киргофской возвышенности) терригенно-карбонатными породами девона. Известняки карбона перекрыты маломощными четвертичными валунными суглинками. Балтийско-Ладожский уступ представляет район, где наличие дислокаций – скорее правило, чем исключение (Ауслендер и др., 2001).

1.2. Климат исследуемой территории

Территория Санкт-Петербурга располагается в переходной области от морского климата к умеренно-континентальному, тяготея к морскому климату. Основными чертами

такого климата являются достаточно влажное и умеренно теплое лето, сравнительно мягкая зима, продолжительная осень. К востоку Ленинградской области континентальность климата усиливается, зима становится продолжительнее и суровее, а лето более теплое (Швер и др., 1982).

Санкт-Петербург находится в зоне избыточного увлажнения. Это объясняется сравнительно небольшим приходом тепла и хорошо развитой циклонической деятельностью. Погода, в целом, определяется циклонической интенсивностью. Прохождение циклонов в холодный период года сопровождается резким потеплением, оттепелями, часто со сплошной низкой облачностью, осадками и туманами. В летнее время циклоны обуславливают здесь понижение температуры, заметное похолодание, облачную и дождливую погоду. Антициклоны на этой территории устанавливаются редко, при их влиянии наблюдается сухая, солнечная, зимой морозная, а летом жаркая погода.

Годовая норма осадков колеблется от 650 до почти 700 мм. Большая часть осадков (около 65%) выпадает в виде дождей в теплое время года, остальная часть приходится на твердые и смешанные осадки. Относительная влажность воздуха в течении года высокая и превышает в большинстве случаев 80%. Превышение осадков над испарением и высокая относительная влажность также обуславливают избыточное увлажнение территории. Этим объясняется развитие здесь значительного количества ручьев и малых рек.

Весна наступает в середине-конце марта. Она характеризуется частым возвратом холодов, но к середине апреля территория освобождается от снежного покрова. Заморозки иногда наблюдаются даже в начале июня. Весной ясных дней больше, а пасмурных дней меньше по сравнению с другими сезонами и как следствие, меньшее количество осадков.

Начало лета приходится на конец мая – начало июня. Средняя многолетняя температура самого теплого месяца (июль) в Санкт-Петербурге составляет 17,8⁰С (Покровская и др., 1967). В этот сезон выпадает наибольшее количество осадков и возникают грозные явления со шквалистым ветром.

Осенью погода ненастная, с затяжными дождями, прерываемой за счет теплого воздуха в сентябре, иногда в октябре обычно кратковременной солнечной и теплой погодой, так называемым бабьим летом. Устойчивый снежный покров, как правило, образуется во второй декаде ноября, но может образовываться и в конце октября из-за вторжения холодного арктического воздуха.

Зима характеризуется своей изменчивостью. Из-за непостоянства атмосферной циркуляции зимы бывают как теплыми, так и холодными. Средняя многолетняя

температура декабря составляет -5°C , понижаясь до $-7,6^{\circ}\text{C}$ в январе. Морозная погода часто сопровождается оттепелями.

1.3. Гидрологические особенности территории

Санкт-Петербург относится к числу наиболее обводненных городов мира. Почти 20% территории города занято водными объектами, с учетом прилегающей к городской территории акватории Невской губы Финского залива доля водной поверхности достигает 50% (www.nord-west-water.ru). Современная гидрографическая сеть города состоит из более 720 рек, речек, ручьев и каналов (общей длиной около 960 км) и около 2600 озер, водохранилищ, прудов и карьеров (общей площадью зеркала около 23 км²). Суммарная длина береговой линии внутренних водоемов города составляет более 300 км (Отчет ФГБУ «ГГИ» по НИР ..., 2015).

Распределение водных объектов по территории города имеет крайне неравномерный характер. Максимальную озерность (4,3%) имеет Курортный район, но наибольшее количество внутренних водоемов (при озёрности 0,7%) сосредоточено в Пушкинском районе. Наименьшей озерностью территории характеризуется Центральный район - 0,2% (Вуглинский и др., 2002).

Годовой ход уровня воды озёр характеризуется наличием двух максимумов и минимумов (Ресурсы поверхностных вод..., 1965, 1972). Первый максимум (весенний) обуславливается стоком талых вод с бассейна, второй (осенний) вызван обложными осенними дождями и бывает более выражен на мелких озёрах. В отдельные годы, когда количество летних и осенних осадков бывает значительно ниже нормы, он может отсутствовать. Летний минимум обычно наблюдается в августе и даже в сентябре, зимний – в феврале – марте.

Начало половодья большей частью происходит во второй декаде апреля. Высота половодья на озёрах различна и зависит от величины площади озера, размеров его водосборного бассейна, и степени озёрности водосбора. Спад весеннего половодья плавный и заканчивается в июле – августе, когда и наблюдается максимальный уровень (Общая характеристика бассейнов..., 2012).

По термическому режиму озера региона относятся к водоёмам умеренной климатической зоны. Среднемесячная температура воды достигает своих максимальных значений в июле и составляет в озёрах, расположенных на севере области 18,8 – 19,5 $^{\circ}\text{C}$.

Появление ледовых явлений на озёрах Ленинградской области в среднем отмечаются во второй-третьей декаде ноября и определяются размерами водоёма и метеоусловиями. Ледостав на озёрах района обычно образуется в середине декабря и длится обычно 150-160 дней, длительность замерзания озёр варьируется от 1 ночи до 10

дней в зависимости от размеров. Очищаются озёра ото льда обычно в первых числах мая. Вскрытие озёр происходит не одновременно; вначале вскрываются мелкие озёра, затем более крупные (Кондратьев и др., 2002).

Глава 2. Обзор литературы по теме исследования

2.1. Описание исследованных объектов

Исследование проводилось на 36 объектах. Для отбора проб в водных объектах были выбраны следующие даты: 15-18.06.2020, 02-08.08.2020, 26-30.09.2020. Подробные описания прудов представлены в Приложении 1.

Выбранные объекты расположены в следующих районах Санкт-Петербурга: Красносельский, Приморский, Московский, Фрунзенский, Выборгский, Калининский, Кировский, Пушкинский, Колпинский, Курортный, Петродворцовый. В Ленинградской области был произведен отбор проб из объектов во Всеволожском и Гатчинском районах (рис. 1)

Карта фактического материала

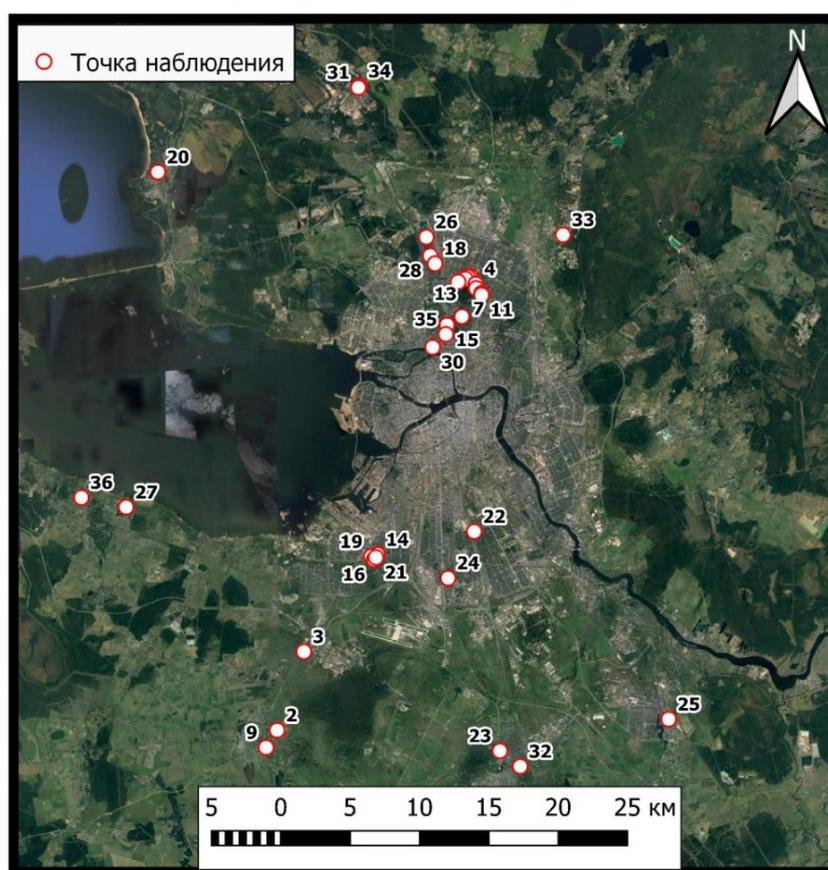


Рис 1. Карта фактического материала в 2020 году.

Сведения об особенностях малых водных объектов Санкт-Петербурга в литературе не многочисленны. Главной особенностью является то, что пруды, как правило, расположены на территории жилых массивов, садово-парковых зон, культурно-исторических объектов и испытывают антропогенное воздействие различной интенсивности, что выражается как в увеличении содержания ряда природных веществ (биогенных веществ, органических соединений), так и в загрязнении веществами, не

встречающимися в природе — ксенобиотиками (Саут, 1990). В результате происходит нарушение естественных процессов функционирования экосистем и формирования качества вод городских водоемов, что приводит к ухудшению качества водной среды. Это оказывает неблагоприятное воздействие на жизнедеятельность гидробионтов, которое явно сказывается на сообществах автотрофных организмов, в частности, водорослей (Трифенова, 1990).

Суздальские озёра

Суздальские озера полностью располагаются в муниципальном округе Шувалово-Озерки. Комплекс озер (оз. Верхнее Суздальское, оз. Среднее Суздальское, оз. Нижнее Суздальское) сформировался около 4-5 тыс. лет назад. Водная система Суздальских озер является составной частью гидросистемы Лахтинского Разлива.

Питание осуществляется преимущественно за счет поверхностного стока, а также осадков, выпадающих на акваторию озер. Доля подземного притока воды мала.

Режим уровня озер зависит от состояния дамб, а также работы водопропускных сооружений, при разрушении или засорении которых могут подтапливаться берега озер, что часто наблюдается на озерах Верхнем и Среднем Суздальских.

Озера этой группы либо проточные (Среднее Суздальское), либо сточные (Верхнее Суздальское). Однако при нарушении работы водопропускных сооружений, а также стоянии уровня воды в озерах ниже порога стока водопропускных отверстий сток из озер в какой-то период времени может отсутствовать.

Водоемы в основном мелководны. Частое перемешивание водных масс и взмучивание донных отложений обуславливают высокое содержание взвешенных наносов в воде и ее низкую прозрачность.

В формировании химического состава воды городских водоемов в последние десятилетия значительную роль начинает играть их вторичное загрязнение, косвенным подтверждением чего служит увеличение концентрации металлов и биогенных элементов в придонном слое воды по сравнению с поверхностным (Игнатьева, 2002). Например, внутренняя нагрузка (поступление фосфора из донных отложений в воду) составила более 30% от суммарной нагрузки на озеро, что свидетельствует об интенсивном вторичном загрязнении Нижнего Суздальского озера (Водные объекты Санкт-Петербурга, 2002).

На глубинах более 5 м на значительной площади дна Нижнего Большого Суздальского озера встречаются чёрные илы – признак дефицита растворённого кислорода в придонных горизонтах и неполной минерализации органических веществ. Вдоль всего побережья, и в особенности в северной и западной частях Нижнего Суздальского озера, располагаются обширные заросли высшей водной растительности с

доминированием тростника (*Phragmites australis*) и кубышки жёлтой (*Nuphar lutea*) на глубинах от 1 до 1,5 м, роголистника погружённого (*Ceratophyllum demersum*) на глубинах до 0,8 м, стрелолиста обыкновенного (*Sagittaria sagittifolia*) у уреза воды. В целом растительными сообществами занято около 20 % поверхности озера (Дроздов, Рязанов, 2006). Макрозообентос Нижнего Суздальского озера неоднороден и на многих участках дна представлен индикаторами «загрязнённых» и «грязных» вод.

Что касается водоотведения с территории Выборгского района, стоит отметить, что р. Каменка относится к поверхностным водным объектам, в которые производится сброс сточных, ливневых и карьерно-дренажных вод. Более подробная информация маршрутных описаний представлена в Приложении 1, 2.

2.2. Оценка гидроэкологического состояния водных объектов

Под оценкой гидроэкологического состояния одного объекта следует понимать установление положения, внешних и внутренних обстоятельств, в которых находится водоём. Внешняя среда оказывает существенное воздействие на водные объекты, поэтому для оценки состояния водных объектов целесообразно использовать характеристики, отражающие влияние внешней среды на них. Отбор образцов для оценки состояния водных объектов осуществляется на такие параметры как: цветность, мутность, содержание катионов и анионов, содержание биогенных элементов и другие показатели (Федорова, 2003).

Поскольку в последнее время наблюдается тенденция изменения климата, вызванная как естественными, так и антропогенными факторами, в практике оценки гидроэкологического состояния водного объекта принято оценивать возможное изменение класса состояния водоемов при изменении различных гидрохимических, гидрологических и гидробиологических параметров.

В качестве гипотетических изменений гидрологических параметров может быть рассмотрено увеличение температуры воды.

К возможным изменениям гидробиологических параметров можно отнести уменьшение концентрации кислорода и увеличения концентраций химических элементов, вызванное эвтрофикацией, происходящей, в том числе, и при увеличении антропогенной нагрузки.

Существует ряд элементов, которые, в зависимости от концентрации, отражают состояние водного объекта.

Нитраты являются конечным продуктом окисления азотсодержащих биогенных веществ. Наличие в воде нитратов без нитритов и аммония указывает на давнее

загрязнение. Источниками поступления их в водную среду являются в основном удобрения и отходы животноводства. На локальных участках большое количество нитратов может поступать с промышленными и бытовыми сточными водами, особенно со стоками после биологической очистки воды. А также поступает с атмосферными осадками, которые поглощают оксиды азота из атмосферы (ФГБУ "Росгеолфонд").

Нитраты по классификации СанПиН 2.1.4.1074-01 относятся к 3-му классу опасности (опасны по органолептическому признаку). Санитарная норма содержания нитратов в воде хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения (ПДК) - не более 45 мг/дм³ (ГН 2.1.5.689-98), для рыбохозяйственных водоемов — 40 мг/дм³ (Приказ Минсельхоза России от 13.12.2016 N 552).

Аммонийный азот в природных водах накапливается при растворении в воде газа - аммиака (NH₃), образующегося при биохимическом распаде азотсодержащих органических соединений. Растворенный аммиак (аммоний-ион) поступает в водоем с поверхностным и подземным стоком, атмосферными осадками, а также со сточными водами промышленных предприятий. В поверхностных водах, насыщенных кислородом, под действием нитрифицирующих бактерий быстро окисляется до неустойчивой нитритной (NO₂⁻), а затем - до устойчивой нитратной (NO₃⁻), формы. Наличие аммоний-иона в концентрациях, превышающих фоновые значения, указывает на свежее загрязнение и близость источника загрязнения (коммунальные очистные сооружения, отстойники промышленных отходов, животноводческие фермы, скопления навоза, азотных удобрений, поселения и турбазы) (ФГБУ "Росгеолфонд").

В природных водах встречается в очень незначительных концентрациях, зачастую недоступных существующим массовым методам анализа (сотые доли мг/дм³). Увеличение концентрации ионов аммония и аммиака может наблюдаться в осенне-зимние периоды отмирания водных организмов, особенно в зонах их скопления. Уменьшение концентрации этих веществ происходит весной и летом в результате интенсивного их усвоения растениями при фотосинтезе. Прогрессирующее повышение концентрации аммоний-иона в воде указывает на ухудшение санитарного состояния водоема (ФГБУ "Росгеолфонд").

Норма содержания аммиака в воде (предельно допустимые концентрации) - не более 1,5 мг/дм³ (ГН 2.1.5.689-98), ПДК аммоний-иона для рыбохозяйственного производства - 0,5 мг/дм³ (Приказ Минсельхоза России от 13.12.2016 N 552).

Соединения **фосфора** играют наиболее важную роль как важнейшего биогенного элемента, лимитирующего развитие продуктивности водоемов на территории Северо-Запада. Поэтому поступление избытка соединений фосфора с водосбора в виде

коммунально-бытовых и ливневых вод с поверхностным стоком приводит к резкому неконтролируемому приросту растительной биомассы водного объекта, что особенно характерно для водоемов с замедленным водообменом (Стравинская, 1984). При этом происходит так называемое изменение трофического статуса водоема, сопровождающееся перестройкой всего водного сообщества и ведущее к преобладанию гнилостных процессов и созданию сапробной флоры. Один из вероятных последствий процесса эвтрофикации – рост сине-зеленых водорослей (цианобактерий), многие из которых токсичны. Выделяемые этими организмами вещества относятся к группе фосфор- и серосодержащих органических соединений (нервно-паралитических ядов). Действие токсинов сине-зеленых водорослей может проявляться в возникновении дерматозов, желудочно-кишечных заболеваний и других негативных последствий.

Фосфат-ион является информативным индикатором антропогенного загрязнения, которому способствует широкое применение фосфорных удобрений (суперфосфат и др.) и полифосфатов (как моющих средств). Соединения фосфора поступают в водоем с водосбора в виде коммунально-бытовых и ливневых вод с поверхностным стоком, при биологической очистке сточных вод. По содержанию фосфора определяется трофность водоемов: $<0,05$ мг/дм³ - олиготрофные, $0,05-0,15$ мг/дм³ - мезотрофные, $0,15-0,2$ мг/дм³ - эвтрофные, $>0,2$ мг/дм³ - гипертрофные (Приказ Минсельхоза России от 13.12.2016 N 552).

Хлориды в повышенной концентрации ухудшают вкусовые качества воды, а при высокой концентрации делают воду непригодной для питьевых целей. Для технических и хозяйственных целей содержание хлоридов также строго нормируется. Вода, в которой много хлоридов непригодна для орошения сельскохозяйственных насаждений. ПДК хлоридов в питьевой воде не должно превышать 350 мг/дм³, в воде рыбохозяйственных водоемов — 300 мг/дм³.

Сульфаты в воде ухудшают ее органолептические показатели, при высоких концентрациях оказывают физиологическое воздействие на организм человека. Сульфаты в медицине используются как слабительное средство, поэтому их содержание в питьевой воде строго нормируется. ПДК сульфатов для питьевой воды — 500 мг/дм³, для вод рыбохозяйственных водоемов — 100 мг/дм³.

Соединения **железа** поступают в природную воду из природных и антропогенных источников. Значительные количества железа поступают в водоемы вместе со сточными водами металлургических, химических, текстильных и сельскохозяйственных предприятий. Высокое содержание железа делает воду непригодной для питьевых и технических целей. ПДК железа в питьевой воде $0,3$ мг/дм³, при лимитирующем

показатели вредности – органолептическом. Для вод рыбохозяйственных водоемов — 0,1 мг/дм³, лимитирующий показатель вредности — токсикологический.

Поступление **кальция** в природные воды идет из естественных и антропогенных источников. Большое количество кальция поступает в природные водоемы со стоками металлургических, химических, стекольных и силикатных производств, а также при стоке с поверхности сельхозугодий, где применялись минеральные удобрения. ПДК кальция в воде рыбохозяйственных водоемов составляет 180 мг/дм³.

Кроме вышеперечисленных, существует еще ряд элементов, которые рассматриваются в конкретных условиях нахождения водного объекта (www.vo-da.ru).

Нередко для оценки состояния объектов используются характеристики гидрохимического режима водных объектов. Под гидрохимическим режимом понимают закономерные изменения химического состава вод водного объекта или отдельных его компонентов во времени, обусловленные физико-географическими условиями бассейна и антропогенным воздействием (Зенин, 1988).

Таким образом, моделирование возможных изменений параметров водных объектов, которые могут быть вызваны как естественными, так и антропогенными факторами, показывает, что многие малые водные объекты изменяют свое состояние под воздействием вышеуказанных факторов.

Поскольку антропогенные и естественные факторы приводят к изменению гидрохимического, гидрологического и гидробиологического состояния рассматриваемых водоемов, они могут повлиять и на показатель устойчивости этих объектов.

В данной работе на различных этапах были зафиксированы сведения о таких параметрах, как содержание растворенного кислорода и углекислого газа, содержание некоторых биогенных элементов (нитратов и нитритов, аммонийного азота, фосфатов), органолептические свойства (цвет воды, запах, прозрачность), рН, температура воды. Наиболее подробно в данном исследовании было сфокусировано влияние на некоторых биогенных элементах: нитритах и нитратах, аммонийном азоте, фосфатах. Они являются многосторонними показателями, отражающими состояние водного объекта и влияние на него извне.

Современные методы оценки гидроэкологического состояния водных объектов

В настоящее время применение вышеуказанных показателей для оценки состояния водных объектов используется повсеместно, однако существуют другие параметры, которые способны информировать о состоянии водоемов. Одним из таких показателей является параметр ОРОВ (окрашенное растворенное органическое вещество), который

был измерен и проанализирован в данной работе наряду с классическими показателями качества. Одной из главных особенностей ОРОВ является перспектива замены шкалы цветности без необходимости приготовления стандартных образцов, что может помочь в избегании субъективного оценивания состояния конкретных водных объектов. Кроме того, из различных литературных источников известны особенности ОРОВ, находящиеся под влиянием других показателей качества или влияющие на них.

Органическое вещество присуще водам любых существующих водных объектов. Оно может быть во взвешенном и растворенном виде. В работе производились исследования растворенного органического вещества (РОВ), а точнее - окрашенной части (окрашенного растворенного органического вещества – ОРОВ). В зарубежной литературе используется термин *coloured dissolved organic matter (CDOM)*. Это важный компонент любых водных экосистем, который может влиять на различные процессы и свойства водного объекта (Kalle, 1996; Скопинцев, 1950; Mostofa et al., 2013).

Границу между взвешенной и растворенной фракциями ОРОВ проводят исходя из размера молекул вещества. Считается (Романкевич, 1997), что молекулы растворенной фракции имеют размер $>0,45-1$ микрометра (мкм). Соответственно, при исследованиях отделение растворенной фракции от взвешенной может производиться с помощью фильтра, имеющего соответствующий диаметр пор.

Обе существующие фракции по функциональной активности подразделяются на два вида органического вещества: лабильное и стойкое. Лабильная органика легко вступает в биотический круговорот, эффективно усваивается водными организмами, а также играет важнейшую роль в функционировании водных экосистем, в том числе в процессах биологического самоочищения, формирования качества вод и биологической продуктивности водоемов (Верес, Остапеня, 2011). В состав стойкой фракции органического вещества входит множество различных соединений, таких как: органика сточных вод; водный гумус планктонного происхождения; почвенный гумус, поступающий с поверхностным стоком; органическое вещество растительных остатков и древесины. Стойкая фракция окисляется со значительно меньшей скоростью, а кинетические закономерности ее окисления и механизмы деструкции еще недостаточно изучены (Губернаторова, 2015).

В состав ОРОВ, в основном, входят гуминовые и фульвокислоты (Скопинцев, 1950; Wetzel, 2001), которые играют специфическую роль в цикле углерода и служат источником питания для обитающих в воде гетеротрофных бактерий.

Известно, что ОРОВ – это составляющая часть растворенного органического углерода (РОУ), в англоязычной литературе - *dissolved organic carbon (DOC)*. Содержание

в воде РОУ часто используется для определения содержания органики в воде. С другой стороны, существуют исследования (например, Vantrepotte и др., 2015), в которых доказана корреляция между ОРОВ и РОУ. Таким образом, ОРОВ может служить оптически измеряемым показателем РОУ, а по имеющимся данным о РОУ можно судить о состоянии ОРОВ (Gjessing, 1976; Mostofa et al., 2013).

По происхождению растворенная органика в водоемах делится на два вида: автохтонное и аллохтонное (Исидоров, 2001). Автохтонное ОВ представлено биохимически легко окисляемыми продуктами (свободные углеводы, липиды, белки, летучие органические кислоты и др.) и является продуктом жизнедеятельности фитопланктона. Аллохтонное вещество поступает с водосбора и со сточными водами. Существуют качественные отличительные признаки автохтонного и аллохтонного ОВ: 1) по соотношению перманганатной (ПО) и бихроматной (ХПК) окисляемости (для автохтонного ОВ они меньше, чем для аллохтонного); 2) по отношению $C_{орг}:N_{орг}$ (для аллохтонного ОВ выше, чем для автохтонного); 3) по способности к биохимическому окислению (автохтонное ОВ – легкоокисляемое, а аллохтонное – трудноокисляемое); 4) по интенсивности светопоглощения в видимой (для автохтонного значения ниже, чем для аллохтонного) и УФ области спектра (для автохтонного значения выше, чем для аллохтонного) (Зобкова, 2015).

В настоящее время очень важно различать природу ОРОВ, так как в населенных пунктах, особенно крупных городах аллохтонное вещество играет все большую роль в составе органического вещества, а это может сильно сказаться на дальнейшей судьбе водного объекта и экосистемы (Mostofa et al., 2013).

Являясь частью растворенного органического вещества, ОРОВ имеет присущие ему свойства. Основными из них являются влияние на цветность и ослабление ультрафиолетового излучения. (Zaneveld, 1975; Kindler R. И др., 2011; Mostofa et al., 2013). Главным фактором влияния на цвет воды является наличие автохтонных фульвокислот озерно-водорослевого происхождения, которые могут придавать воде жёлтую окраску (Mostofa et al., 2009a). Немаловажным свойством ОРОВ является ослабление ультрафиолетового излучения в толще воды для соответствующей защиты водных организмов в природных водах. В исследованиях (Sommaruga, 1997; Vione, 2009) было доказано, что в озёрах с достаточным количеством ДОС, а следовательно – ОРОВ, ультрафиолетовое излучение ослабляется близко к поверхности воды, тогда как в чистой воде с низкой концентрацией ДОС УФ-излучение проникало глубоко в озера и повреждало водную биоту. Кроме этого, содержание ОРОВ влияет на развитие макрофитов в водной экосистеме из-за влияния на прохождение света (Søndergaard, 2004).

Повышенные уровни ОРОВ могут подавлять рост фитопланктона и ограничивать фотосинтез, что мешает росту первичной продукции и, соответственно, сказывается на развитии экосистемы в целом и ограничивает производство кислорода в водных объектах.(www.aquaread.com)

На содержание аллохтонного вещества и, в частности, аллохтонного ОРОВ влияет несколько факторов:

1) Выщелачивание из почв и растений.

На поступление ОРОВ в умеренных и бореальных ландшафтах влияют характеристики водосбора, включая количество и тип растительности, уклон водосбора и т.п. Например, среди земель с травянистым покрытием, пахотных земель и лесов наибольшим выщелачиванием характеризуются леса, далее идут пахотные земли. (Kindler и др., 2011)

2) Землеустройство и природные явления (осадки, наводнения, засуха).

- ОРОВ в основном выделяется из почвы в воду во время сельскохозяйственной деятельности.

- Как уже было сказано в первом пункте, концентрация аллохтонного вещества увеличивается при наличии лесов в водосборных бассейнах. Но интересно то, что сведение лесов может повлечь за собой изменение в земной поверхности, которые усиливают вымывание почвенного растворенного органического вещества в целом (Brandt и др., 2009; Rutledge и др.,2010). Таким образом, и наличие лесов, и их вырубка могут способствовать быстрому вымыванию аллохтонного растворенного вещества в водосборы в результате выпадения осадков или стока.

- Атмосферные осадки, их тип, количество, продолжительность и сток влияют на вымывание органического вещества в водоемы При высоких значениях стока вымывается больше ОРОВ, чем производится в почве, в дальнейшем возникнет дефицит, поэтому это временное явление (Sobek, 2007).

3) Влияние температуры.

Влияние температуры разнообразно: во-первых, температура воды, связанная с солнечным излучением, является одной из наиболее важных переменных в производстве автохтонного ОРОВ в природных водах, потому что он влияет на физические, индуцированные, микробные и экологические процессы. Во-вторых, повышение температуры воздуха может значительно увеличить экспорт из почвы, тем самым, способствуя увеличению концентрации аллохтонного вещества (Sobek, 2007, Gielen, 2011).

4) Микробиологические процессы.

Можно выделить два наиболее важных функции микроорганизмов: в процессе их жизнедеятельности производится автохтонное вещество; микробиологические процессы могут изменять молекулярную структуру компонентов ОРОВ и их оптические свойства. (Moran, 2000)

5) Солёность и ионы металлов.

Ионы металлов могут образовывать комплексы, входящие в группы соединений, таких как фульвокислоты различного происхождения и т.п. Это вызывает изменения в таких соединениях и, как следствие, изменяет молекулы, их оптические свойства. Солёность может также влиять на компоненты органического вещества в морской воде, как структурно, так и оптически, модифицируя их по сравнению с пресной водой (Da Costa, 2011; Boyd, 2010).

б) Фотоиндуцированные процессы.

Данные процессы имеют двоякое влияние. С одной стороны, благодаря этим процессам (в частности, фотосинтезу) может произойти увеличение производства автохтонного органического вещества (в том числе ОРОВ). С другой стороны, солнечное излучение может вызвать процессы фотодеградаци, в процессе которой будет происходить разрушение молекул органического вещества вплоть до его полной минерализации (Mostofa, 2009a; Johannessen, 2007).

Фотоиндуцированная деградация органического вещества – один из важнейших фотоиндуцированных (вызванных воздействием солнечного излучения) процессов, на котором при изучении ОРОВ стоит остановиться подробнее.

Важным свойством фотодеградаци для исследования стало то, что она может регулировать параметры качества воды. Это проявляется в следующих аспектах:

1. Фотоиндуцированная деградация изменяет физические, химические и оптические свойства воды, а также свойства растворенного органического вещества, в том числе и ОРОВ (Korasek, 2003; Mostofa, 2009a).

2. Фотоиндуцированные процессы деградаци могут влиять на кислотно-щелочной баланс и потребление растворенного кислорода на уровне эпилимниона как в озерной, так и в океанической среде (Korasek, 2003).

3. Фотоиндуцированная деградация уменьшает поглощение ОРОВ, что может привести к обесцвечиванию воды и повышает прозрачность водной толщи (Reche, 1999).

4. Фотоиндуцированные процессы могут вызывать деградацию органических загрязнителей или загрязняющих веществ (Laurion, 2000).

5. Фотоиндуцированная деградация растворенного органического вещества может вызывать эвтрофикацию из-за возможного увеличения концентрации фосфатов при

разложении органического фосфора, присутствующего в растворенном органическом веществе (Reche, 1999).

6. Разложение растворенного органического вещества прямо или косвенно влияет на распределение микроэлементов в природных водах (Корасек, 2003).

Помимо влияния на саму водную толщу, фотодegradация может быть полезна для водной экосистемы. Вследствие процессов фотодegradации происходят следующие изменения:

- Снабжение питательными веществами, которые важны для продуктивности планктона в природных водах (Kim, 2006).
- Увеличение количества биодоступных углеродных соединений, которые являются важнейшими пищевыми продуктами для микроорганизмов (Bertilsson, 1996).
- При дegradации растворенного органического вещества (в том числе и ОРОВ) происходит образование H_2O_2 , CO_2 , $HO\cdot$ и других реакционноспособных соединений. Это может способствовать фотосинтезу в природных водах, где H_2O_2 вместо H_2O будет участвовать в качестве реагента в фотосинтезе (Mostofa, 2009b). Однако из-за сильно реакционной способности эти соединения могут повреждать макромолекулы (белки, ДНК, липиды и т.д.) (O'Sullivan, 2005).

Таким образом, при изучении растворенного органического вещества и, в частности ОРОВ, следует обратить внимание на параметры, указывающие на наличие/отсутствие фотодegradации в водном объекте.

К сожалению, данных, чётко отражающих связь количества ОРОВ и состоянием водной экосистемы, в литературе и других источниках найдено не было. Тем не менее, после изучения свойств ОРОВ и фотодegradации можно сделать следующие выводы:

- Чем больше концентрация ОРОВ, тем больше солнечной энергии поглощается частицами ОРОВ. Следовательно, солнечная энергия становится менее доступна для использования макрофитами. Это, с одной стороны, замедляет процессы развития подводной растительности в водной системе, с другой стороны этот процесс обеспечивает защиту водной биоте от пагубного воздействия УФ-лучей.

- При увеличении количества ОРОВ и его дegradации становится доступно больше питательных веществ, особенно для микроорганизмов. Однако большое содержание ОРОВ препятствует образованию кислорода в экосистеме. Всё это содействует эвтрофированию системы.

Методика определения содержания ОРОВ по данным дистанционного зондирования

Одним из наиболее важных факторов перспективы использования ОРОВ в качестве показателя состояния водных объектов является его относительная простота определения. Для исследования данного параметра возможно применение спутниковой информации для дополнения информации полевых наблюдений, а также в периоды невозможности произвести отбор проб и натурные измерения.

В настоящее время существует несколько алгоритмов для дистанционного определения содержания ОРОВ в водных объектах с применением данных дистанционного зондирования (Twardowski et al., 2005; Kutser et al., 2005a; Kutser et al., 2005b; Brezonik et al., 2005; Griffin et al., 2011). В данной работе использовался способ, разработанный (Kutser et al. 2005a, 2005b) для дистанционного определения концентрации ОРОВ в озерах. Суть метода заключается в расчете отношения значений отраженной радиации в зеленом и красном каналах.

Для проведения анализа содержания ОРОВ может быть использовано 2 вида снимков:

1) Снимки Sentinel-2A с разрешением 10 метров. Данные снимки включают в себя 13 спектральных каналов, которые имеют нумерацию от B1 до B13 (от английского «band» - канал). Данный вид снимков используется из-за того, что он рекомендован в литературе и находится в свободном доступе (снимки взяты с ресурса: <https://scihub.copernicus.eu>).

2) Снимки Landsat-8 с разрешением 30 метров. Данный вид снимков может быть использован в работе для сравнения данных со снимками Sentinel-2A с целью последующего анализа необходимости высокого разрешения снимка для получения репрезентативной информации. Кроме того, эти снимки также есть в свободном доступе (снимки были получены с сайта <https://earthexplorer.usgs.gov>).

Первым этапом работы с данными дистанционного зондирования, в случае сопоставления данных с полевыми наблюдениями, является выявление корреляции данных со снимков с результатами полевых исследований. Для этих этапов должны быть подобраны снимки, максимально близкие к периоду отбора проб по сезону с наилучшим качеством изображения.

Обработка снимков Sentinel-2A производится в программе Sentinel application platform (SNAP), которая позволяет производить расчет отношения зеленого и красного спектральных каналов и экспортировать полученные значения в формате .txt для точек с

предварительными заданными координатами. Снимки Landsat-8 могут быть обработаны в различных ГИС системах, например, в программе Quantum GIS (QGIS).

Далее по полученным значениям отношения зеленого и красного каналов для объектов и по данным, полученным для этих же объектов в лабораторных условиях в результате измерения ОРОВ в пробах воды, строится поле точек. В поле точек проводится линия тренда, наиболее полно описывающая полученную зависимость.

В результате получается уравнение зависимости значений отношения зеленого и красного спектральных каналов и измеренных в лаборатории концентрации ОРОВ, также для зависимости определялся коэффициент детерминации, обозначаемый как R^2 , для оценки ее значимости (максимальное значение коэффициента для признания зависимости значимой составляет 1).

После получения уравнения связи становится возможным его применение для прогноза содержания ОРОВ в других водных объектах на основе отношения зеленого и красного спектральных каналов, полученного по спутниковым снимкам для территории, на который расположены интересующие для прогноза объекты. Уравнение позволяет производить пересчет полученного значения отношения каналов в величину $\alpha\text{ОРОВ}(440)$ нм⁻¹.

Глава 3. Материалы и методы исследования

3.1. Полевой отбор проб

Полевой этап работ включал в себя отбор проб из рассматриваемых объектов для анализа содержания биогенных элементов и ОРОВ. Кроме этого, были оценены визуальные параметры водоемов (размеры, форма, окружающая обстановка), определены координаты точек наблюдения и зафиксированы органолептические показатели воды, содержание кислорода, углекислого газа, электропроводность и температура воды.

3.1.1. Измерение показателей гидроэкологического состояния воды в водных объектах и отбор проб для анализа содержания биогенных элементов

Отбор проб для определения содержания биогенных веществ производился в августе и сентябре 2020 года (таблица 1). Всего было отобрано 69 проб.

Таблица 1. Периоды отбора проб и их количество.

Период отбора проб	Количество проб	Перечень биогенных элементов
02-08.08.2020	35	Нитраты и нитриты, аммонийный азот, фосфаты
26-30.09.2020	34	Нитраты и нитриты, аммонийный азот, фосфаты

Отбор проб производился из верхних 30 см водного столба с берега в зип-пакеты объемом 200 мл. После отбора пробы были заморожены до дальнейшего определения биогенных элементов. Непосредственно на месте отбора проб были проведены измерения температуры воды и растворенных кислорода O_2 , углекислого газа CO_2 , водородного показателя pH и удельной электропроводности (УЭП). Данные измерения были проведены с помощью портативных приборов (pH-метр, кондуктометр, оксиметр). Результаты записывались в ведомость. Помимо этого в ведомость заносились данные об органолептических свойствах воды (цвет, запах, прозрачность).

Измерение содержаний растворенного кислорода O_2 с помощью портативного оксиметра

Измерения концентрации кислорода с помощью оксиметра осуществляются в мг/л или в % насыщения воздухом, при этом автоматически учитывается влияние температуры на растворимость кислорода в воде и на проницаемость мембраны.

Для проведения непосредственно измерений кончик датчика погружался в исследуемый раствор. Для получения точных показаний было необходимо обеспечить перемещение воды относительно датчика со скоростью 0,3 м/с для того, чтобы поверхность кислород-чувствительной мембраны постоянно заново насыщалась. Для выполнения данного условия проводились измерения в процессе помешивания датчиком исследуемый раствор. Показания прибора записывались в мг/л (ppm).

Определение двуокиси углерода (CO_2)

Для определения концентрации CO₂ в склянку с водой добавлялось 2 мл фенолфталеина, затем склянка закрывалась пробкой, раствор перемешивался путем опрокидывания склянки. Если при этом вода принимала розовую окраску, то отмечалось, что CO₂ отсутствовал. Если вода оставалась бесцветной, производилось титрование Na₂CO₃. При титровании начинала появляться розовая окраска. Определение считалось законченным, если устойчивая окраска не изменялась в течение 5 мин.

Концентрацию углекислого газа (X) рассчитывалась по формуле:

$$X = 44nN * 1000 / V \text{ мгCO}_2 / \text{л},$$

где n – кол-во мл раствора Na₂CO₃, пошедшего на титрование, N – нормальность раствора Na₂CO₃, V – объем пробы.

3.1.2. Отбор проб для анализа содержания окрашенного растворенного органического вещества

Полевые работы включали в себя отбор проб воды из исследуемых водных объектов (гл.1, приложение 1).

Всего было отобрано 105 проб из водных объектов (прудов и Суздальских озёр) на территории Санкт-Петербурга и Ленинградской области (приложение 5).

Отбор проб производился в июне, августе и сентябре 2020 года (таблица 2).

Таблица 2. Даты отбора проб и их количество.

Период отбора проб	Количество проб
15-18.06.2020	36
02-08.08.2020	35
26-30.09.2020	34

Пробы были отобраны вручную (рис. 2). В процессе отбора проб производилась их фильтрация непосредственно в поле с применением стекловолокнистых фильтров Whatman GF/F с размером поры 0,7 микрометров в стеклянные сосуды.



Рис. 2. Отбор проб воды для анализа CDOM в 2020 году.

При отборе проб в 2020 году были учтены методики отбора и хранения, которые используются в научных исследованиях (например, Bricaud et al., 1981). Однако методика отбора по некоторым пунктам отличается от европейских (ISO) и государственных (ГОСТ) стандартов, разработанных для компаний, занимающихся экологическими изысканиями. Например, вопрос о размере пор фильтров для отделения растворенной фракции органического вещества дискуссионен. Предписанный стандартами ISO и ГОСТ размер 0,45 микрометров может отличаться от тех, что были использованы в научной литературе (0,2, 0,45 и 0,7 микрометров) (Laurion et al., 2000; Kutser et al., 2005a). Необходимо отметить, что распространенные фильтры с размером пор 0,45 микрометров являются целлюлозно-ацетатными, и могут содержать органическое вещество. Поэтому стекловолокнистые фильтры имеют преимущество по сравнению с последними (Дворников, 2016).

Образцы хранились в темных прохладных условиях (4 -8 градусов) в сосудах из темного стекла, чтобы избежать фото-деградации органического вещества под действием ультрафиолета (Bricaud, 1981). Срок хранения образцов до анализа в лаборатории не превышал 1 месяца (Дворников, 2016).

3.2. Лабораторная обработка проб

Лабораторный этап работы включал в себя обработку проб в лаборатории им. Отто Шмидта Арктического и антарктического научно-исследовательского института (ААНИИ). Пробы были проанализированы на концентрацию ОРОВ и на биогенных

элементов в соответствии с методиками анализа. Данные были зафиксированы в ведомостях, которые далее использовались при анализе результатов.

3.2.1. Лабораторные исследования биогенных элементов

Определение содержания биогенных элементов в образцах воды производилось в лаборатории им. Отто Шмидта Арктического и антарктического научно-исследовательского института (ААНИИ) на приборе The Skalar San⁺⁺ Analyzer (рис. 3).



Рис. 3. The Skalar San⁺⁺ Analyzer

При анализе проб на данном приборе непрерывный поток жидкости делится воздушными пузырьками на дискретные сегменты, в которых происходят химические реакции. Поток реактивов и проб комбинируется и транспортируется по трубкам от одной части анализатора к другой, при этом каждая из них выполняет различные функции, такие как дистилляция, диализ, экстракция, ионный обмен, нагревание, измерение и запись сигнала. После реакции полученный раствор проходит через детектор, где происходят измерения. Обычно пробег анализа состоит из серии стандартов и образцов, которые разделены в анализаторе на различные модули, где и протекают реакции, затем происходят измерения и расчеты.

The Skalar San⁺⁺ Analyzer управляется при помощи программы Skalar's FlowAccess . Это многофункциональное программное обеспечение для сбора данных и управления приборами, которое обеспечивает точную обработку данных, отчетность, автоматизированный контроль качества, а также мгновенное управление всеми частями анализатора.

Определение нитратов и нитритов

На данном приборе нитриты и нитраты определялись совместно. Автоматизированное определение содержания нитратов и нитритов основано на методе восстановления кадмием. Образец буферизируют при рН 8,2 и пропускают через колонку, содержащую гранулированный омедненный кадмий, для восстановления нитратов до нитритов. Нитриты (первоначально присутствующие в пробе и восстановленные нитраты) определяются путем диазотирования сульфаниламидом в сочетании с N-(1-нафтил)этилендиамином, в результате чего образуется сильноокрашенный азокраситель, который измеряется при 540 нм.

Определение аммонийного азота

Автоматизированная методика определения аммонийного азота основана на модифицированной реакции Бертра. Аммиак хлорируется до монохлорамина, который вступает в реакцию с фенолом. После окисления образуется комплекс зеленого цвета. Реакция катализируется нитропруссидом, гипохлорит натрия используется для донорства хлора. Поглощение образовавшегося комплекса измеряется при 630 нм.

Определение фосфатов

Фосфат-ионы вступают в реакцию с гептамолибдатом аммония и антимоилтарtratом калия в кислом растворе с образованием комплекса сурьмы и фосфомолибдата. Этот комплекс превращается аскорбиновой кислотой в комплекс синего цвета. Цвет пропорционален концентрации фосфора. Этот комплекс измеряется при 880 нм.

3.2.1. Лабораторные исследования окрашенного растворенного органического вещества

В работе производилась оценка трёх измеряемых параметров ОРОВ:

1. $\alpha_{\text{ОРОВ}}(\lambda)$, нм^{-1} - значение абсорбции (оптической плотности) электромагнитного излучения на определенном участке спектра (длине волны, λ). Абсорбция ОРОВ на определенной длине волны λ прямо пропорциональна концентрации ОРОВ в воде. В настоящее время классификации водных объектов по содержанию в них ОРОВ отсутствуют. Исходя из этого, в данной работе оценка количественного содержания ОРОВ проводилась путем сравнения водных объектов между собой.

2. Значение спектрального угла наклона S (нм^{-1}) в ультрафиолетовом (УФ) и видимом диапазонах длин волн - спектральная характеристика ОРОВ, которая может быть использована для определения источников ОРОВ в водном объекте (Twardowski, 2004; Helms, 2008). Так, значения спектрального угла наклона S видимого диапазона от 0,014 до 0,017 нм^{-1} являются типичными значениями для ОРОВ в пресных водоемах (Helms, 2008; Skorospekhova, 2018). Отклонение величины S в ультрафиолетовом

диапазоне (УФ) от S в видимом может указывать на содержание различных типов ОРОВ. Значения S выше $0,02 \text{ нм}^{-1}$ свидетельствуют о преобладании автохтонного растворенного органического вещества (ОРОВ, происходящее от деятельности фитопланктона), ниже – о преобладании аллохтонного.

3. **Sr** – отношение S (УФ) / S (видимый) может использоваться в качестве индикатора фотодеградаци, что дополнительно может дать информацию о возрасте ОРОВ. Величина $Sr = 1,2$ – типичное значение Sr для поверхности пресной воды; $Sr < 1,2$ указывает на свежие и богатые гуминовыми кислотами наземные органические вещества, тогда как $Sr > 1,2$ может указывать на фотодеграцию (Skorospekhova, 2017).

Лабораторные определения в образцах воды проводились в лаборатории им. Отто Шмидта Арктического и антарктического научно-исследовательского института (ААНИИ). Был проведен спектрофотометрический анализ проб воды на двулучевом спектрофотометре SPECORD-200 (Jena Analytic©, Jena, Germany) (рис. 4, 5). Анализ проводился в диапазоне 200-750 нм (ультрафиолетовый и видимый участки электромагнитного спектра). Это позволило определить спектры поглощения в каждой пробе. Анализ был проведен с оптическим разрешением прибора – 1 нм. В данной работе использовались кварцевые кюветы длиной 0,05 м.

Методика выполнения анализа включала в себя следующие этапы:

При проведении анализа детектор прибора измеряет интенсивность света, прошедшего сквозь кюветы с пробой воды, относительно начальной интенсивности. Расчет ведется по формуле:

$$T(\lambda) = I / I_0,$$

где I – зарегистрированная интенсивность прошедшего сквозь кювету света, I_0 – исходная интенсивность света, сгенерированного лампой.

С целью получения значений оптической плотности исследуется абсорбция (A_0) волн органическим веществом:

$$A_0(\lambda) = -\log(I / I_0).$$

Для трансформирования этого значения в абсорбцию на метр, необходимо произвести пересчет полученного значения с приведением к натуральному логарифму и с учетом длины кюветы (l) в метрах по формуле:

$$\alpha_{\text{ОРОВ}}(\lambda) = 2,303 \cdot A_0 / l.$$

Параметр оптической плотности $\alpha_{\text{ОРОВ}}(\lambda)$ напрямую характеризует концентрацию ОРОВ. Он оценивался на длине волны 440 нм, поскольку, по литературным данным (Дворников, 2016), значения для нее являются наиболее репрезентативными. При

обработке спектров поглощения ОРОВ также вычислялся наклон кривой абсорбции ОРОВ – S (нм-1), который определялся между длинами волн 350 и 500 нм.

Вычисления производились по формуле:

$$a_{\text{ОРОВ}}(\lambda) = a_{\text{ОРОВ}}(\lambda_0) e^{-S(\lambda - \lambda_0)},$$

где λ_0 – длина волны, равная 440 нм, λ – длина волны на границе рассматриваемого диапазона. Установлено (Jerlov, 1968), что с увеличением длины волны $a_{\text{ОРОВ}}$ снижается экспоненциально.

Кроме того, вычислялся параметр S_r – коэффициент уклона спектральной кривой по формуле:

$$S_r = S(275-295) / S(350-400),$$

где $S(275-295)$ – спектральный угол наклона в ультрафиолетовом диапазоне (длины волн от 275 до 295 нм), S – спектральный угол наклона в видимом диапазоне (длины волн от 350 до 440 нм).



Рис. 4. Спектрофотометр SPECORD-200



Рис. 5. Процесс работы на спектрофотометре SPECORD-200

3.3. Статистическая обработка проб

В данной работе был проведен статистический анализ содержания ОРОВ и биогенных веществ.

Так как в настоящее время отсутствует классификации водных объектов по содержанию в них ОРОВ, был произведен кластерный анализ.

Кластерный анализ – это метод классификационного анализа. Его основное назначение – разбиение множества исследуемых объектов и признаков на однородные в некотором смысле группы, или кластеры.

В настоящей работе было произведено разбиение одним из иерархических агломеративных методов кластерного анализа – методом Уорда. Данный метод предполагает, что первоначально каждый кластер состоит из одного объекта. Сначала объединяются два ближайших кластера. Для них определяются средние значения каждого признака и рассчитывается сумма квадратов отклонений. Кластеризация исходных данных, представленных значениями ОРОВ, производилась на основе программного пакета (ПП) Statistica10 с использованием метрики Евклида. Проведению анализа предшествовала проверка исходных рядов данных на однородность по критерию Стьюдента.

Задачей использования метода главных компонент в настоящей работе являлась оценка общей закономерности по наблюдаемым объектам в аспекте рассматриваемых показателей: биогенные элементы, кислород и температура.

В первую очередь, определялось количество значимых главных компонент для дальнейшего анализа на основании собственных чисел, значение которых больше 1 или почти равно 1, а кумулятивная дисперсия, описываемая главными компонентами, больше 75%. Таким образом, при проведении анализа исходных данных, было выделено 3 главных компоненты, которые далее анализировались в процессе обработки результатов.

3.4. Запрос о предоставлении сведений из государственного водного реестра

Для уточнения характеристик изучаемых объектов в феврале 2021 года был сформирован запрос в Невско-Ладужское управление (Невско-Ладужское БВУ), отдел водных ресурсов по Санкт-Петербургу и Ленинградской области. Параметры были запрошены в виде форм, указанных на официальном интернет-портале отдела с указанием подробных характеристик объектов в том случае, если отсутствовали данные о кадастровом и/или ином номере водного объекта (приложение 4).

В результате был получен ответ, в котором было указано отсутствие каких-либо данных о прудах и озерах в государственном водном реестре. Были получены только параметры водоохранных зон Суздальских озер, сведения о которых в работе были второстепенными (приложение 4).

Из этого может следовать, что в государственном водном реестре наблюдается нехватка современных данных по малым водным объектам Санкт-Петербурга и Ленинградской области. Известно, что некоторые данные все же имеются, так как группы специалистов неоднократно проводили мониторинговые исследования водных объектов на рассматриваемой территории. Например, изучение водоемов проходило в рамках государственного контракта с комитетом по природопользованию на выполнение научно-исследовательских работ (Комплексное экологическое обследование водоёмов Санкт-

Петербурга: 2018-2019 гг.; Комплексное исследование системы Суздальских озер в целях предотвращения и снижения негативного воздействия на водные объекты: 2018-2019 гг.).

Таким образом, можно сделать вывод об отказе предоставления данных о малых водных объектах для студенческой работы. Этот факт не может способствовать развитию научной деятельности в целом в данном направлении, так как в данной работе пришлось руководствоваться данными самостоятельных исследований без использования официальных сведений.

Глава 4. Результаты анализа окрашенного растворенного органического вещества для исследуемых водоемов и их сравнения с другими показателями

4.1. Материалы полевых наблюдений

Анализ полевых наблюдений в данной работе включал в себя рассмотрение данных полевых измерений кислорода, углекислого газа, кислотности, электропроводности, органолептических показателей. Кроме того, более подробное исследование было проведено при анализе содержания биогенных веществ и ОРОВ на основе результатов лабораторной обработки проб.

4.1.1. Анализ гидрохимических и гидробиологических показателей

Согласно полученным данным наблюдений большинство водных объектов характеризуются неудовлетворительным органолептическим состоянием. Цвет воды во все периоды отбора проб менялись от бесцветного до коричневого и от прозрачного до мутного. На некоторых водоемах был зафиксирован затхлый или землистый запах, но в большинстве водоемов запах отсутствовал.

Удельная электропроводность вод менялась в широком диапазоне от 35 до 996 мкСм/см, среднее значение составляет 418 мкСм/см.

Показатель рН в водоемах меняется от 6,00 до 9,04, воды в большинстве водоемов относятся к слабокислым, нейтральным или слабощелочным, но выделяются несколько водоемов со щелочной средой.

Содержание растворенного углекислого газа варьирует в интервале от 0 до 70 мг/л при среднем значении 11 мг/л. В сентябре содержание растворенного углекислого газа увеличивается по сравнению с августом в среднем с 7 мг/л до 15 мг/л. Высокие содержания CO_2 обусловлены тем, что усиливаются процессы разложения растительных остатков в зарастающих водоемах с выделением CO_2 .

Содержание кислорода в водоемах в среднем составляет 6,61 мг/л при минимальном значении 3,23 мг/л и максимальном – 9,84 мг/л (табл. 3). Причем в сентябре содержание O_2 в среднем увеличилось по сравнению с августом (с 5,47 мг/л до 7,78 мг/л) (табл. 4). От содержания кислорода зависят процессы самоочищения водоемов, в условиях дефицита кислорода они замедляются, и возникает угроза замора рыб. Минимальное содержание кислорода в водоемах рыбохозяйственного назначения, обеспечивающее нормальное развитие рыб, составляет 4 мг/л в зимний период и 6 мг/л – в летний. Понижение его содержания до 2 мг/л вызывает массовую гибель рыб. Содержание кислорода в воде хозяйственно питьевого и культурно-бытового использования должно быть не ниже 4 мг/л в любое время года (СанПиН 2.1.4.559-96.). По результатам измерений содержания кислорода в августе в 17 водоемах из 35 содержание O_2 ниже минимального

для водоемов рыбохозяйственного назначения (<6 мг/л) и в 7 водоемах ниже минимального для водоемов культурно-бытового использования (<4 мг/л). Наиболее низкие содержания в водоемах в саду Бенуа (№11), Горелово (№3), Красном селе (№2), Воронцовском сквере (№14), Пионерском саду (№35), в Серебрянном пруду (№29). В сентябре только в Нижнем Суздальском озере наблюдается содержание кислорода (5,80 мг/л) ниже необходимого для водоемов рыбохозяйственного назначения. Увеличение содержания O₂ сопровождается защелачиванием воды и снижением содержания растворенного углекислого газа, что является основными гидрохимическими признаками эвтрофирования водоемов, определяющимися интенсификацией процесса вегетации в процессе фотосинтеза.

Статистические данные об изучаемых параметрах, определявшихся в полевых и лабораторных условиях, представлены в таблице 3.

Таблица 3. Статистические характеристики городских водоемов за период наблюдений август - сентябрь 2020г. (выборка из 69 проб).

Компонент	С _{ср}	С _{мин}	С _{макс}	С _v
Электропроводность, мкСм/см	35	35	996	0,52
O ₂ , мг/л	6,61	3,23	9,84	0,26
CO ₂ , мг/л	11,97	0,00	69,52	1,05
pH, ед. pH	7,66	6,00	9,04	0,08
PO ₄ , мг/л	0,15	0,01	2,14	2,34
NO ₂ +NO ₃ , мг/л	0,77	0,00	9,23	2,30
NH ₄ , мг/л	0,55	0,00	4,20	1,66

Условные обозначения: С_{ср} – среднее значение; С_v – коэффициент вариации среднего; С_{мин} – минимальное значение, С_{макс} – максимальное значение за период наблюдений.

Согласно полученным данным, наибольшая вариабельность (С_v>1) характерна для содержаний биогенных веществ и растворенного углекислого газа, это определяется их сезонной и пространственной изменчивостью. Наименьшая вариабельность (С_v = 0,08-0,52) характерна для показателя pH, электропроводности и содержания растворенного кислорода.

Таблица 4. Динамика гидрохимических показателей городских водоемов за август-сентябрь 2020 г. (каждая выборка из 35 проб).

Компонент	Август		Сентябрь		Нормативы для водных объектов р/х назначения	Нормативы для водных объектов к/б назначения
	$\frac{C_{ср}}{C_{мин} - C_{макс}}$	C _v	$\frac{C_{ср}}{C_{мин} - C_{макс}}$	C _v		
Электропроводность, мкСм/см	$\frac{403,8}{35,0 - 925,0}$	0,54	$\frac{431,6}{54,0 - 996,0}$	0,51	-	-

Компонент	Август		Сентябрь		Нормативы для водных объектов р/х назначения	Нормативы для водных объектов к/б назначения
	$\frac{C_{cp}}{C_{мин} - C_{макс}}$	C_v	$\frac{C_{cp}}{C_{мин} - C_{макс}}$	C_v		
O ₂ , мг/л	$\frac{5,47}{3,23 - 9,15}$	0,29	$\frac{7,78}{5,80 - 9,84}$	0,11	Мин=6 мг/л	Мин=4 мг/л
CO ₂ , мг/л	$\frac{7,42}{0,00 - 21,85}$	0,82	$\frac{16,38}{0,73 - 69,52}$	0,95	-	-
pH, ед. pH	$\frac{7,41}{6,0 - 9,04}$	0,09	$\frac{7,92}{6,34 - 8,86}$	0,07	6,5-8,5	6,5-8,5
PO ₄ , мг/л	$\frac{0,14}{0,01 - 1,44}$	2,27	$\frac{0,15}{0,01 - 2,14}$	2,44	Статус трофности	
NO ₂ +NO ₃ , мг/л	$\frac{0,64}{0,00 - 7,84}$	2,79	$\frac{0,93}{0,00 - 9,23}$	1,97	0,08 мг/л	3,3 мг/л
NH ₄ , мг/л	$\frac{0,38}{0,00 - 3,56}$	2,07	$\frac{0,74}{0,01 - 4,20}$	1,39	0,5 мг/л	1,5 мг/л

Результаты обработки проб на содержание биогенных элементов представлены в приложении 2.

Содержание нитритов и нитратов в отобранных пробах определялось по одному каналу, нитраты были переведены в нитриты и определено их суммарное содержание. Их содержание варьировало от 0,001 мг/л до 9,229 мг/л, среднее значение составляет 0,64 мг/л в августе и 0,93 мг/л в сентябре. По результатам было выявлено, что в августе содержание нитритов превышало ПДКр/х (0,08 мг/л по нитрит-иону) в 10 водоемах из 35 (приложение 8), а в сентябре это количество увеличилось до 18 водоемов (рис. 6). Это связано с процессом разложения растительных остатков, поступления с дренажными и коллекторными и ливневыми водами с водосборных территорий. В 3 водоемах (№9 -Парк Красное Село, №31, 34 - Сертолово) содержание нитритов не удовлетворяло требованиям, предъявляемым к водам культурно-бытового использования (ПДК = 3,3 мг/л) в августе и сентябре. Наихудшие условия имеют водоемы № 9, 31 и 34, в которых содержание нитритов превышает ПДК для водоемов культурно-бытового использования в 1,0-2,8 раз, ПДКр/х в 42,0-115,4 раз.

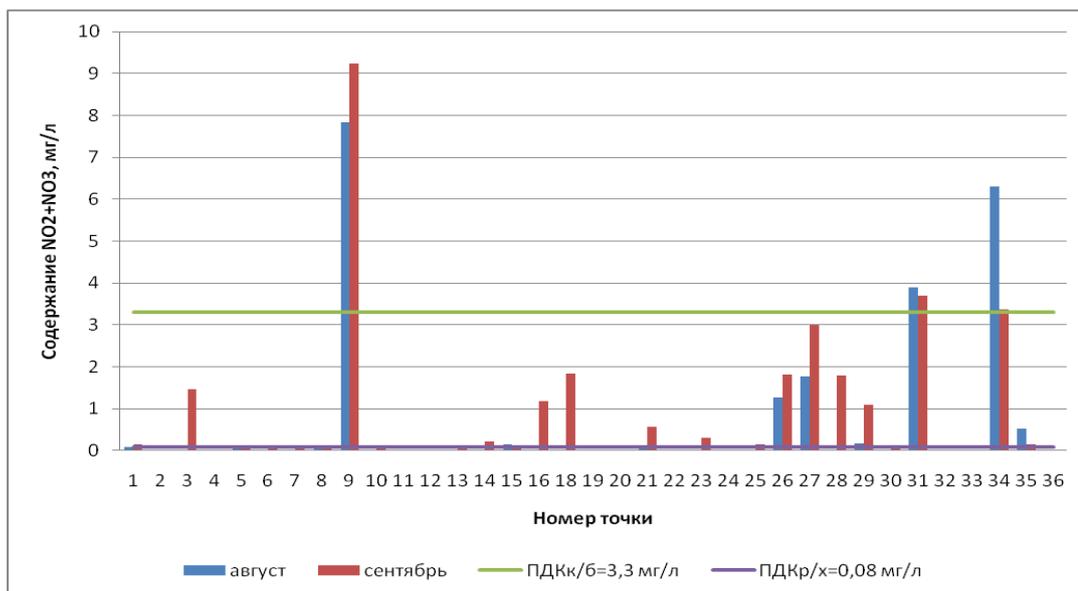


Рис. 6. Содержание нитратов и нитритов по отношению к ПДК в воде водных объектов культурно-бытового назначения и к ПДК в воде водных объектов рыбохозяйственного назначения.

Содержание аммонийного азота в исследуемых водоемах в среднем составляло 0,38 мг/л в августе и 0,74 мг/л в сентябре, минимальное значение 0,01 мг/л, максимальное – 3,56 мг/л (приложение 2). Увеличение концентрации аммонийного азота наблюдается в связи с наступлением периода отмирания водной растительности, а также возможны поступления с поверхностным стоком и осадками. В августе было выявлено 3 водоема, в которых содержание ионов аммония превышало ПДК культурно-бытового назначения (1,5 мг/л): №5, 8 в парке Сосновка и № 35 в Пионерском саду (приложение 10). В сентябре (приложение 9) количество водоемов, не удовлетворяющих ПДК, возросло: 6 водоемов с содержанием аммонийного азота, превышающим ПДКр/х в 1,17-2,82 раз и 6 водоемов с превышением ПДК культурно-бытового назначения в 1,09-2,79 раз. Наиболее загрязненными являются водоемы № 5, 21 и 35 в которых содержание иона аммония составляет 3,55-4,20 мг/л (рис. 7).

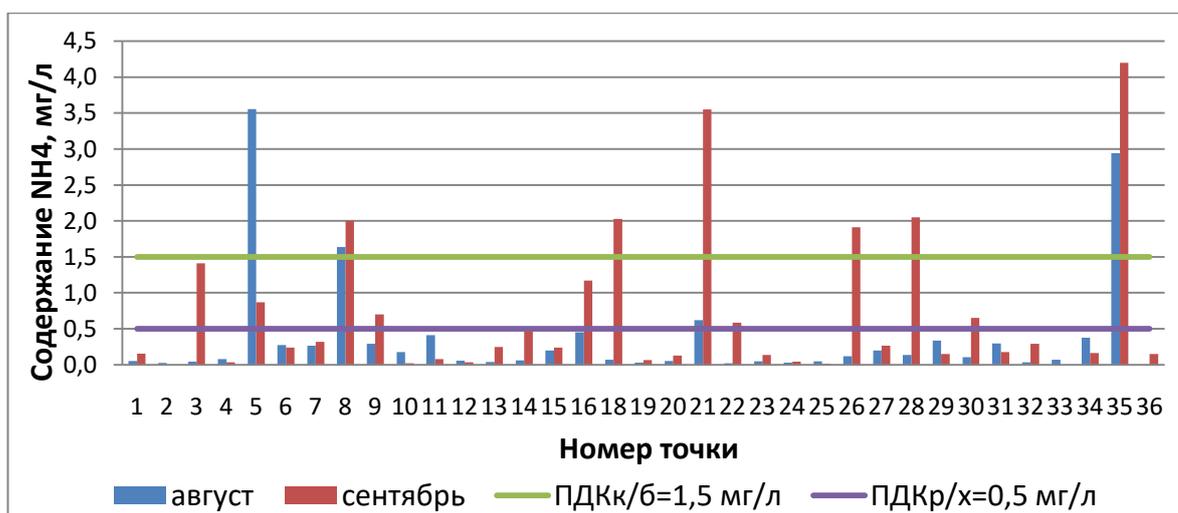


Рис. 7. Содержание аммонийного азота по отношению к ПДК в воде водных объектов культурно-бытового назначения и к ПДК в воде водных объектов рыбохозяйственного назначения.

По содержанию фосфора определяется трофность водоемов: $<0,05$ мг/дм³ - олиготрофные, $0,05-0,15$ мг/дм³ - мезотрофные, $0,15-0,2$ мг/дм³ - эвтрофные, $>0,2$ мг/дм³ – гипертрофные (приложение 10). Большинство исследуемых водоемов относятся к олиготрофным и мезотрофным водоемам (таблица 5).

Таблица 5. Количество водоемов в зависимости от трофического статуса.

Трофический статус	Содержание PO ₄ , мг/л	Количество водоемов	
		Август	Сентябрь
Олиготрофные	$<0,05$	17	13
Мезотрофные	$0,05-0,15$	13	14
Эвтрофные	$0,15-0,20$	3	2
Гипертрофные	$>0,20$	2	4

В среднем, количество фосфатов слабо изменилось с августа по сентябрь (табл. 4), однако можно заметить, что в сентябре увеличилось число гипертрофных водоемов. Наибольшее содержание фосфатов наблюдается в водоемах № 16-пруд ус. Шереметьевых, 21- в Воронцовском сквере, 35 - в Пионерском саду и составляет $0,31-2,14$ мг/л, данные водоемы являются гипертрофными. Поступление фосфатов происходит, предположительно, в виде коммунально-бытовых и ливневых вод с поверхностным стоком.

Для наглядного отражения пространственно-временной динамики содержания биогенных элементов были сделаны карты-схемы (приложение 8-10), примеры которых представлены на рисунках 8-10.

Содержание NO₂ и NO₃ по отношению к ПДК.
Август 2020

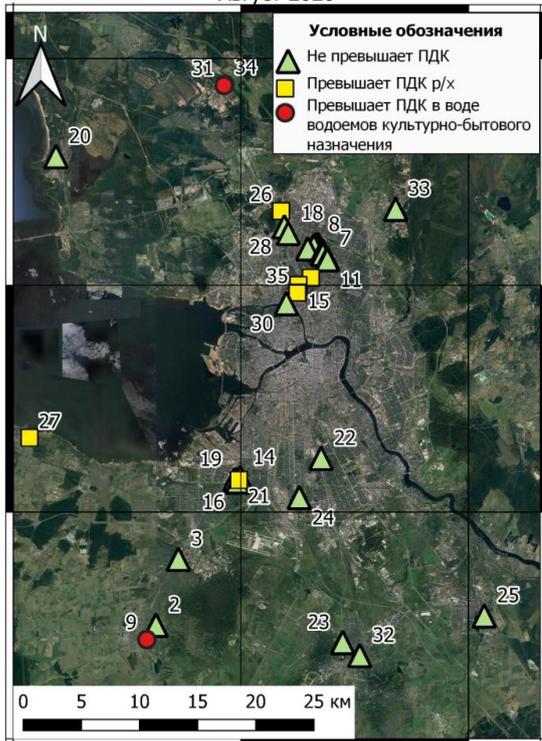


Рис. 8. Карта-схема, отражающая содержание NO₂ и NO₃ по отношению к ПДК в августе 2020 года

Содержание NH₄ по отношению к ПДК.
Август 2020

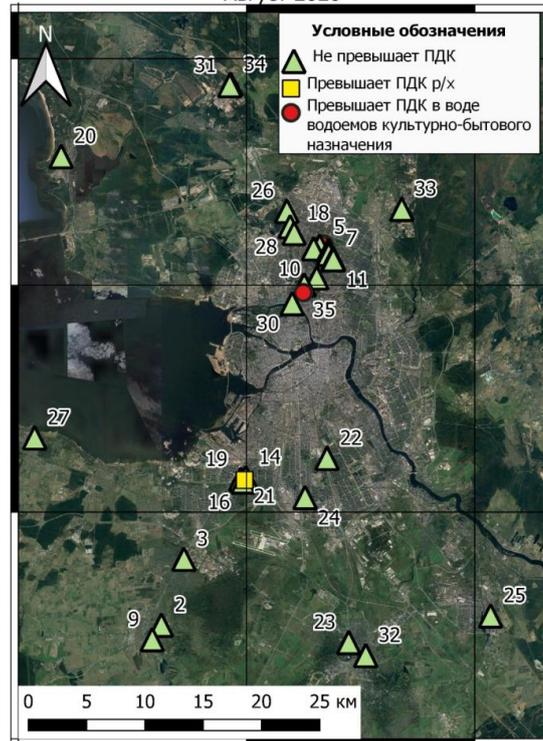


Рис. 9. Карта-схема, отражающая содержание NH₄ по отношению к ПДК в августе 2020 года

Трофность водоемов по содержанию PO₄.
Август 2020.

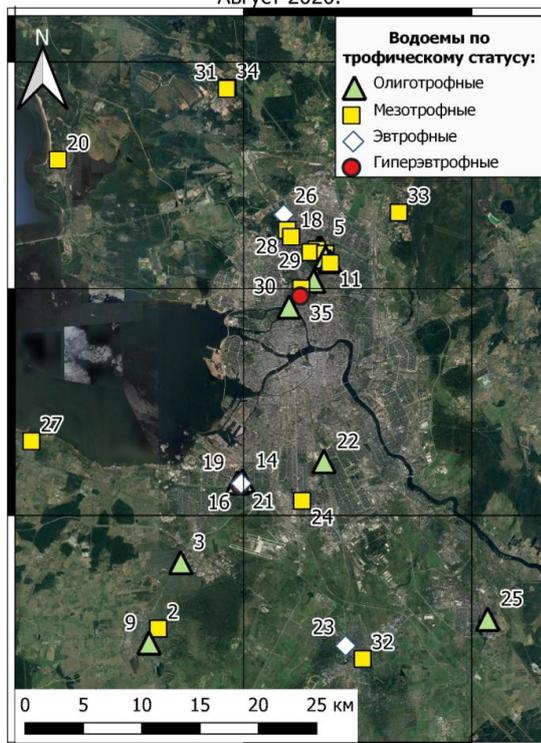


Рис. 10. Карта-схема, отражающая трофический статус водоемов по содержанию PO₄ в августе 2020 года.

4.1.2. Анализ содержания окрашенного растворенного органического вещества

При работе с данными был проведен пространственный анализ показателей ОРОВ в каждый месяц отбора проб (июнь, август, сентябрь), а также было исследованы колебания показателей во времени (приложение 1).

При анализе проб, отобранных в июне, было выяснено, что абсорбция ОРОВ на длине волны 440 нм в водных объектах Санкт-Петербурга и Ленинградской области имела значения от 0,53 до 39,91 м⁻¹. Максимальное значение получено для объекта 8, равное 39,91 (пруд в парке Сосновка), минимальное значение, которое равно 0,53, параметр принимает на точке отбора проб 9 (Красное Село, пруд рядом с Безымянным оз.). Наибольшее значение ОРОВ может быть связано с тем, что в пруду есть дренажные трубы, выпуск из которых отследить не удалось из-за их погруженности под воду. Кроме того, если обратиться к данным параметра Sr, становится видно, значение равно -0,08. Можно сказать, что в этом объекте не происходит поглощения УФ лучей. Как следствие, в данном пруду не происходит в полной мере деградация ОРОВ, идёт его накопление.

При рассмотрении значения спектрального угла наклона S было выяснено, что оно во всех рассматриваемых объектах, кроме точек наблюдения №9, 10, 16, 24, является типичным для пресноводных водоемов. В точках наблюдения №9, 10, 16, 24 отклонение от типичных значений составляет 0,002-0,003 м⁻¹, что дает возможность также отнести их к типичным водоемам. Во всех водоемах S меньше 0,02, следовательно, преобладает аллохтонное вещество (табл. 6, приложение 6).

Анализ параметра Sr дал следующие результаты: величина данного параметра для 33% объектов (2, 3, 18,19, 25, 26, 28, 29,30, 32, 33, 36) >1,2. Это является признаком процесса фотодegradации. В основном, это облагороженные водные объекты. Можно предположить, что в данных водоемах производилась очистка вод незадолго до пробоотбора. В остальных водоемах Sr <1,2, что указывает на свежие и богатые гуминовыми кислотами наземные органические вещества (табл. 7, приложение 7).

При обработке проб, отобранных в августе, были получены результаты, представленные в приложении 2.

Значения абсорбции ОРОВ на длине волны 440 нм для проб, отобранных в августе, изменяются в пределах от 0,50 до 32,96. Наибольшее значение, равное 32,96 наблюдается в пробе воды объекта 8 (пруд в парке Сосновка), что можно объяснить особенностями данного пруда. Наименьшее значение, которое равно 0,50, параметр принимает на точке отбора проб 25 (пруд в Колпино). Данный пруд является облагороженным, слив в него не производится, поэтому можно сделать предположение, что такое значение получено из-за работ по очистке и поддержания состояния пруда.

Значение спектрального угла наклона S для большинства объектов колеблется в диапазоне от 0,013 до 0,019 m^{-1} . Величины, в общем, являются типичными для пресноводных водоемов. Во всех рассматриваемых водоемах преобладает аллохтонное вещество (S меньше 0,02). Для объектов 1, 4, 10 и 27 значение S равно 0,007; 0,006; 0,006; 0,003 соответственно. В пруду 1 есть несколько дренажных труб, которые могут поставлять вещества во время стока. Пруд 10 расположен на заросшем участке парка Сосновка недалеко от действующей стройки. Точки наблюдения 4 и 27 расположены рядом с дорогами с активным движением. Можно предположить, что в этих водоемах доля аллохтонных веществ больше, чем в других точках наблюдения (табл. 6, прил. 6). Пример отражения преобладания аллохтонного вещества в августе показан на рисунке 11.

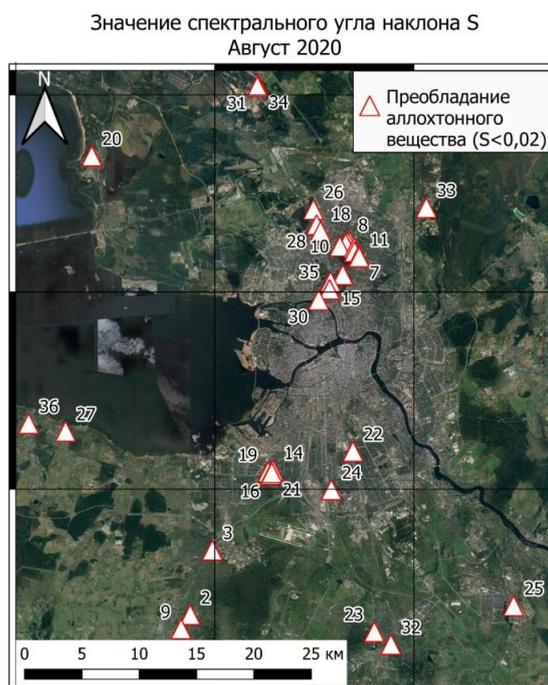


Рис. 11. Значения спектрального угла наклона S в августе 2020.

При рассмотрении параметра Sr было выяснено, что 40% объектов (1, 2, 3, 4, 10, 18, 19, 22, 25, 28, 30, 32, 33, 35, 36) имеют значения $>1,2$, что демонстрирует наличие процессов фотодegradации. В остальных объектах $Sr < 1,2$. Это указывает на наличие свежих и богатых гуминовыми кислотами наземных органических веществ. Кроме того, можно сделать предположение, что протекание в данных водоемах процессов фотодegradации и самоочищения затруднено. Следовательно, возможно накопление ОРОВ и признаки эвтрофирования (табл. 7, приложение 7).

Результаты обработки сентябрьских проб представлены в приложении 2.

В процессе анализа проб, отобранных в сентябре, были получены следующие результаты: значения $\alpha\text{ОРОВ}(\lambda)$ колеблются от 0,99 в точке наблюдения 9 (Красное Село, пруд рядом с Безымянным оз.) до 29,85 в точке наблюдения 8 (пруд в парке Сосновка).

Все объекты, кроме точек наблюдения 25 и 30, имеют значения параметра S , в общем, близкие к норме для пресных водоемов ($0,014-0,017 \text{ м}^{-1}$). В точке 25 значение S равно $0,011$, а в точке 30 - $0,007$. Мы можем сделать предположение, что аллохтонное вещество преобладает, причем в большей мере, чем в остальных объектах. В точке 30 было отмечено наличие маслянистых пятен на поверхности воды (табл. 6, приложение 6).

Среди изучаемых водных объектов 58% имеет значение параметра Sr , которое не превышает $1,2$. В точках наблюдения 3, 12, 14, 19, 20, 22, 24, 25, 30, 32, 33, 35, 36 (42% объектов) $Sr > 1,2$, что дает возможность говорить о наличии процессов фотодеградации (табл. 7, приложение 7). Пример пространственной динамики параметра Sr в исследованных водоемах в сентябре представлен на рисунке 12.

Таблица 6. Количество водоемов в зависимости от значения спектрального угла наклона S .

Преобладающее вещество	Значение параметра S	Количество водоемов		
		Июнь	Август	Сентябрь
Аллохтонное	$<0,02$	36	35	34

Таблица 7. Количество водоемов в зависимости от параметра Sr .

Процессы фотодеградации	Значение параметра Sr	Количество водоемов		
		Июнь	Август	Сентябрь
Присутствуют	$>1,2$	12	15	13
Отсутствуют	$<1,2$	24	11	21

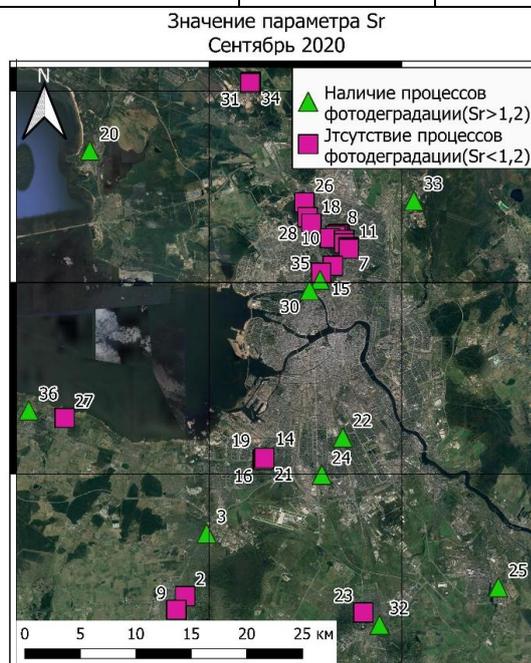


Рис.12. Значение параметра Sr в сентябре 2020.

Оценка изменений $\alpha\text{ОРОВ}(\lambda)$ во времени

Для анализа изменений во времени было подсчитано среднее значение $\alpha\text{ОРОВ}(\lambda)$ для каждого месяца, в котором проводился отбор проб. Среднее значение $\alpha\text{ОРОВ}(\lambda)$ в

июне составило $3,90 \text{ м}^{-1}$, в августе – $4,45 \text{ м}^{-1}$, в сентябре – $3,87 \text{ м}^{-1}$. Из всего этого следует, что в целом, наибольшее содержание ОРОВ прослеживается в августе, а наименьшее – в сентябре. Можно предположить, что это связано с активностью водных экосистем в данные месяцы. В августе количество веществ может быть связано с тем, что происходит продуцирование органического вещества совместно с его разложением. Ближе к окончанию вегетационного периода (сентябрь) количество ОРОВ уменьшается, предположительно, из-за понижения активности живых организмов и производства автотонного вещества. Кроме того, в дни отбора проб стояла пасмурная погода с дождями, которые могли повлиять на увеличение стока и, как следствие, содержания ОРОВ в водных объектах.

Анализ динамики спектрального угла наклона S во времени

По результатам лабораторной обработки проб видно, что абсолютно во всех объектах в каждый месяц отбора проб выявлено преобладание аллохтонного вещества ($S < 0,02$). Это может быть связано с тем, что подавляющее большинство объектов (пруды) имеет искусственное происхождение и поддерживается частично благодаря вмешательству извне. Например, существует искусственный промыв прудов за счет притока воды и дополнительного стока (прил. 6).

Анализ временной динамики значений S_r

По данным значений параметра можно проследить, что особенно выделяется точка наблюдения 8 (пруд в парке Сосновка). В данном пруду выявлены минимальные значения S_r в каждый месяц отбора проб. Это значит, что в данном объекте во все периоды процессы фотодеградации происходили с наименьшей интенсивностью. Это подтверждается тем, что в этом объекте наблюдается максимальное значение содержания ОРОВ во все месяцы. Следовательно, можно сказать, что в рассматриваемом пруду происходит процесс накопления ОРОВ, что может повлечь за собой процесс эвтрофирования.

В целом, в июне, в основном, происходит продуцирование веществ (большинство объектов имеет S_r меньше 1,2), что соответствует активности в экосистеме в июне - происходит развитие экосистемы (прил. 7). Скачки значений в августе для точек 1, 4, 10 может быть связано с большим количеством растительности в воде, процессом фотосинтеза, в котором участвует солнечная энергия.

4.2. Взаимосвязи между окрашенным растворенным органическим веществом и биогенными элементами

4.2.1. Анализ описаний взаимосвязей в литературе

При прослеживании взаимосвязей рассматриваемых параметров чаще всего можно столкнуться с понятием эвтрофикации. Под эвтрофикацией обычно понимают повышение степени трофности (кормности) водоема, которое выражается в его обогащении органическим веществом и минеральными соединениями биогенных элементов и часто, в особенности на начальных этапах эвтрофирования, связано с увеличением биологической продуктивности водоема. Одним из основных симптомов эвтрофикации является увеличение концентрации биогенных элементов (азота и фосфора) в воде и донных отложениях (Терзиев и др., 1992; Шатрова и др., 2016).

Неорганические соединения биогенных элементов в значительной степени определяют величину первичной продукции, т.е. скорость фотосинтетического образования органического вещества (в том числе ОРОВ). Одним из показателей интенсивности первично-продукционных процессов является концентрация хлорофилла «а» (Вареник и др., 2018). Содержание фотосинтетических пигментов является важным показателем эвтрофированности водоема и тесно связано с прозрачностью воды.

Загрязнение водоемов излишними биогенными элементами повышает уровень первичной продукции: в эвтрофных водоемах возникает массовое развитие микроскопических водорослей и наблюдается «цветение» воды. За счет развития фитопланктона происходит увеличение содержания в воде взвешенных веществ, в том числе и хлорофилла, а также растворенных органических веществ (РОВ) и, как следствие, уменьшение прозрачности воды (Шатрова и др., 2016). Частицы ОРОВ поглощают солнечную энергию, следовательно, чем больше концентрация ОРОВ, тем менее доступна становится солнечная энергия для фитопланктона (Søndergaard, 2004). Это с одной стороны, замедляет процессы развития подводной растительности и препятствует образованию кислорода в водной системе, с другой стороны этот процесс обеспечивает защиту водной биоте от пагубного воздействия УФ-лучей (Sommaruga, 1997; Vione, 2009). Повышение продуктивности водоемов увеличивает потребление кислорода на разложение органического вещества, что ведет к еще большему уменьшению содержания кислорода в воде, особенно в придонных слоях воды и/или в зимнее время. Отсутствие кислорода вызывает активное поступление фосфора из донных отложений в воду (Шатрова и др., 2016; Эвтрофикация: Информационный бюллетень). Помимо этого фотоиндуцированная деградация растворенного органического вещества может привести к увеличению концентрации фосфатов при разложении органического фосфора, присутствующего в

растворенном органическом веществе (Reche и др., 1999). Все это усиливает процесс эвтрофикации.

Таким образом, поступление биогенных веществ в водную экосистему стимулирует образование первичной продукции, в том числе и ОРОВ. Их дальнейшее совместное действие приводит к уменьшению прозрачности воды, "цветению", в дальнейшем уменьшению концентрации кислорода, снижению биоразнообразия, т. е. усилению процесса эвтрофирования.

4.2.2. Проверка взаимосвязи окрашенного растворенного органического вещества и биогенных элементов с помощью методов статической обработки

Так как в настоящее время отсутствует классификации водных объектов по содержанию в них ОРОВ, был произведен кластерный анализ.

Кластерный анализ – это метод классификационного анализа. Его основное назначение – разбиение множества исследуемых объектов и признаков на однородные в некотором смысле группы, или кластеры. В настоящей работе производится разбиение одним из иерархических агломеративных методов кластерного анализа – методом Уорда. Данный метод предполагает, что первоначально каждый кластер состоит из одного объекта. Сначала объединяются два ближайших кластера. Для них определяются средние значения каждого признака и рассчитывается сумма квадратов отклонений.

Кластеризация исходных данных, представленных значениями ОРОВ производилась на основе программного пакета (ПП) Statistical10 с использованием метрики Евклида. Проведению анализа предшествовала проверка исходных рядов данных на однородность по критерию Стьюдента. В результате проверки ряды оказались однородными. Полученные дендрограммы на основании исходных данных в приложении 2 представлены на рисунках 13-15 для ОРОВ.

При анализе построенной дендрограммы можно выделить следующий объем кластеров в зависимости от дельты расстояния объединений:

- а) два кластера;
- б) три кластера;
- в) четыре кластера.

В данной работе выбирается для детальной проработки и анализа данных третий вариант разбиения на кластеры. В результате анализа во все три месяца выделяется четыре кластера. В первый кластер включены наибольшие значения ОРОВ. Так как в июне несколько высоких значений по ОРОВ (№ 1 Гатчина, № 27 Красный пруд. Петергоф, № 13, 10,4 Парк Сосновка), максимальное значение по Парку Сосновка № 8

вошло во второй кластер объединения. Остальные два кластера включают значения, лежащие в диапазоне от 7 до 0,5.

Для июня выделяется следующий диапазон кластеров (приложение 12):

1-й кластер: $ОРОВ \geq 39,91$ (№8) – 1 объект.

2-й кластер: $2,38 \leq ОРОВ \leq 7,99$ (№ 18, № 5, № 13, № 29, № 35, № 30, № 19, № 16, № 23) – 9 объектов.

3-й кластер: $1,62 \leq ОРОВ \leq 4,67$ (№ 31, № 20, №10, № 11, № 4, № 6, № 7, № 36, № 22, № 14, № 21, № 24, № 32, № 1) – 14 объектов.

4-й кластер: $0,53 \leq ОРОВ \leq 1,33$ (№ 34, № 33, № 26, № 28, № 15, № 3, № 25, № 2, № 9, № 12) – 10 объектов.

Для августа:

1-й кластер: $9,00 \leq ОРОВ \leq 15,69$ (№ 1, № 27, № 13, № 10, № 4) – 5 объектов.

2-й кластер: $ОРОВ \geq 32,96$ (№ 8) – 1 объект.

3-й кластер: $1,50 \leq ОРОВ \leq 1,80$ (№ 24, № 25, № 2, № 3, № 9, № 12, № 19, № 22, № 36, № 29, № 15, № 28, № 18, № 20, № 33) – 16 объектов.

4-й кластер: $2,15 \leq ОРОВ \leq 5,58$ (№ 34, № 31, № 26, № 5, № 6, № 7, № 11, № 35, № 30, № 14, № 16, № 21, № 23, № 32) - 14 объектов.

Для сентября:

1-й кластер: $ОРОВ \geq 29,85$ (№ 8) – 1 объект.

2-й кластер: $10,32 \geq ОРОВ \geq 0,99$ (№ 13, № 29, № 30, № 36, № 27, № 9, № 12, № 14) – 8 объектов.

3-й кластер: $1,17 \leq ОРОВ \leq 2,91$ (№ 20, № 33, № 10, № 4, № 11, № 15, № 22, № 24, № 3, № 25, № 1, № 23, № 32) – 13 объектов.

4-й кластер: $3,16 \leq ОРОВ \leq 7,71$ – (№ 34, № 31, № 5, № 18, № 28, № 26, № 6, № 7, № 35, № 19, № 21, № 16) – 12 объектов.

Максимальное количество объектов приходится на 3-й и 4-й кластеры, куда входят наименьшие значения. В 1-й и 2-й кластеры входят наибольшие значения по ОРОВ. Объекты, которые входят в данные кластеры в ходе анализа имели отклонения от наиболее распространенных и характерных значений. Следовательно, значения, которые вошли в 3-й и 4-й кластер имеют значения в пределах нормы или приближены к данному состоянию.

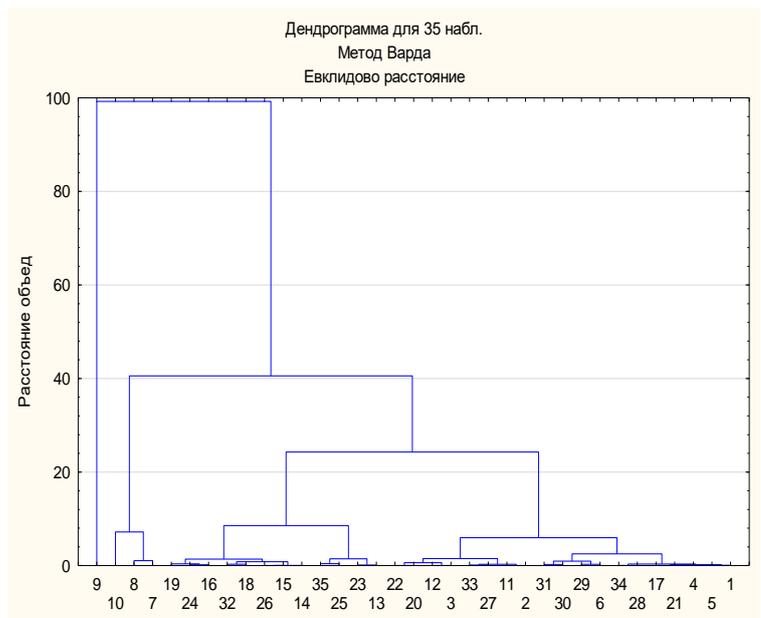


Рис. 13. Дендрограмма для ОРОВ в июне

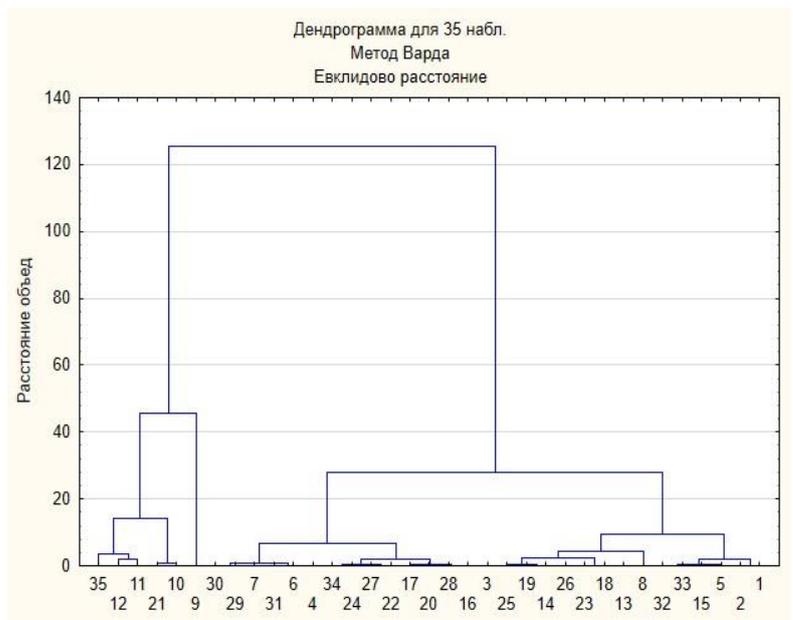


Рис. 14. Дендрограмма для ОРОВ в августе

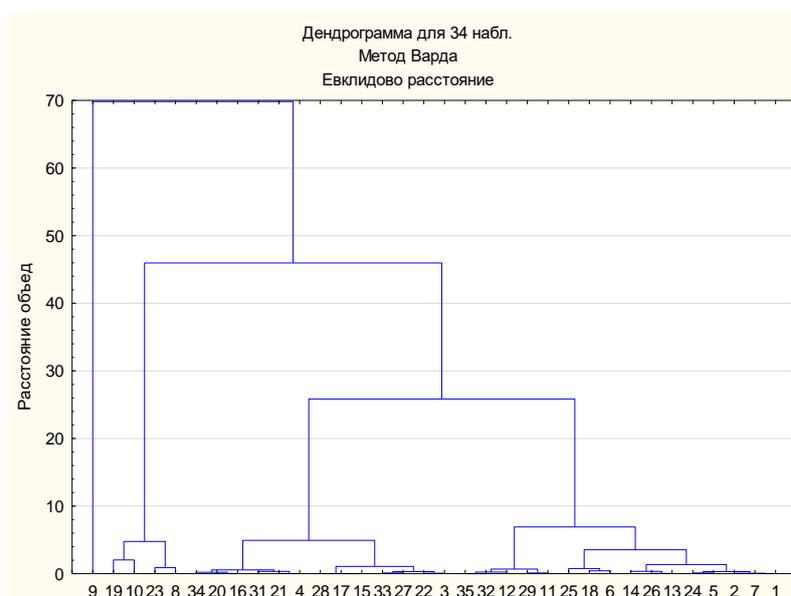


Рис. 15. Дендрограмма для ОРОВ в сентябре

Анализ данных значений по содержанию биогенных элементов в водных объектах Санкт-Петербурга и Ленинградской области производился с помощью метода главных компонент. Задачей использования данного метода в настоящей работе явилась оценка общей закономерности по наблюдаемым объектам в аспекте рассматриваемых показателей: биогенные элементы, кислород и температура.

Анализ данных статистической обработки содержания биогенных элементов для августа представлен в таблицах 8-9.

Факторные нагрузки показывают нагрузки между переменной и главной компонентой (ГК). В таблице 8 выделены значения, которые показывают наиболее тесную связь между главной компонентой и показателем. На основании данных о главных компонентах (приложение 3) построены графики (приложение 11).

Таблица 8. Факторные нагрузки для августа.

	ГК 1	ГК 2	ГК 3	ГК 4	ГК 5	ГК 6
фосфаты	-0,79	-0,29	0,03	0,34	0,37	-0,19
нитраты	-0,24	0,85	0,05	0,25	-0,29	-0,26
аммоний	-0,75	-0,33	0,35	0,16	-0,32	0,27
O₂	0,17	0,44	0,84	-0,08	0,23	0,05
CO₂	-0,76	0,09	-0,01	-0,63	-0,02	-0,13
Температура воды	0,38	-0,75	0,38	-0,05	-0,20	-0,32
Общ. Дисп.	1,10	1,69	0,98	0,61	0,42	0,30
Доля общ	0,33	0,28	0,16	0,10	0,07	0,05

Первая главная компонента из таблицы 8 отражает общий процесс, происходящий на заданной области. Наиболее значимыми переменными, которые вносят наибольший вклад в первую ГК, являются фосфаты ($R=-0,79$), аммоний ($R=-0,75$), CO_2 ($R=-0,76$).

Положительное значение корреляции означает прямую связь между значениями главной компоненты и значениями переменной, а отрицательная связь – обратную. Так как значения линии тренда на рисунке слабо повышаются с севера на юг, то уменьшаются концентрации фосфатов, аммония и диоксида углерода в воде.

Значимый вклад во вторую ГК вносят нитраты ($R=0,85$). Значения линии тренда убывают, поэтому нитраты будут уменьшаться с севера на юг.

Значимый вклад в третью ГК вносит растворенный кислород ($R=0,84$). Значения линии тренда на рисунке 31 (приложение 11) убывают. Таким образом, концентрация растворенного кислорода будет уменьшаться с севера на юг.

В таблице 9 выделены значения, корреляция между изменениями показателя и главной компонентой составляет больше $\pm 0,75$. Для 3 фактора таких значений нет, поэтому его дальнейшее рассмотрение нецелесообразно. На основании данных о главных компонентах (приложение 3) построены графики на рисунках 32, 33 (приложение 11).

Таблица 9. Факторные нагрузки для сентября.

	ГК 1	ГК 2	ГК 3	ГК 4	ГК 5	ГК 6
фосфаты	0,78	0,35	0,13	0,44	0,02	-0,25
нитраты	0,10	-0,73	-0,45	0,27	0,43	-0,01
аммоний	0,93	0,08	-0,04	0,11	-0,08	0,32
O₂	-0,44	0,71	0,13	0,16	0,50	0,12
CO₂	0,46	0,43	-0,60	-0,47	0,16	-0,09
Температура воды	-0,50	0,33	-0,63	0,37	-0,33	0,04
Общ. Дисп.	2,13	1,46	0,98	0,66	0,58	0,19
Доля общ	0,36	0,24	0,16	0,11	0,10	0,03

Значимый вклад в первую ГК вносят фосфаты ($R=0,78$), аммоний ($R=0,93$). Значения линии тренда на рисунке 31 убывают. Это значит, что значения фосфатов и аммония будут уменьшаться с севера на юг.

Значимый вклад во вторую ГК вносят нитраты ($R=-0,73$), растворенный кислород ($R=0,71$).

Значения линии тренда на рисунке 31 убывают. Следовательно, нитраты будут повышаться с севера на юг, а кислород - уменьшаться.

Сопоставление данных кластерного анализа и изменения главных компонент

В связи с тем, что пробы на биогенные вещества были отобраны в августе и сентябре, анализ был произведен по этим месяцам.

При рассмотрении данных за август были выявлены следующие закономерности при ранжировании точек наблюдения с севера на юг:

- уменьшаются концентрации фосфатов, аммония и диоксида углерода в воде
- уменьшается содержание нитритов.

При этом, при анализе изменения кластеров с севера на юг, выделяется то, что южнее парка Сосновка резко уменьшается количество объектов 1 и 2 кластеров. То есть, можно сказать, что уменьшение биогенных элементов оказывает влияние на уменьшение отклонений в содержании ОРОВ.

Для сентября характерны данные изменения в содержании биогенных веществ:

- значения фосфатов и аммония уменьшаются с севера на юг
- содержание нитратов увеличивается с севера на юг, а кислорода – уменьшается.

При этом, рассматривая изменения кластеров в сентябре, можно также провести границу по парку Сосновка и саду Бенуа, как и в августе. Южнее прослеживается увеличение количества объектов 2го кластера, который содержит значения, превышающие распространенный диапазон для данной местности. При сопоставлении данных видно, что по сравнению с августом изменилось направление уменьшения содержания нитритов. Можно предположить, что именно этот параметр мог повлиять на содержание ОРОВ в большей степени, так как нитриты – это показатель недавнего загрязнения, которого в августе не наблюдалось.

Таким образом, связь между рассматриваемыми параметрами на качественном уровне прослеживается, однако для более точного подтверждения гипотезы необходимо вести мониторинг, который позволит произвести статистические расчеты.

4.2.3. Графическое представление данных с использованием ГИС

Итоговым этапом кластерного анализа стало составление карт-схем с помощью программы QGis. Процесс включал в себя установление границ объектов на карте, обозначений градаций в цвете для кластеров, выделенных в подразделе 4.3.2 в результате статистической обработки. Для наглядного изображения были выбраны следующие цвета:

	1-й кластер
	2-й кластер
	3-й кластер
	4-й кластер

Полученные фрагменты карт-схем за каждый месяц отбора проб для всех точек наблюдения представлены в приложении 12.

В качестве примера изменения принадлежности к кластерам в разные месяцы исследования взят пруд 12 в Гатчине (рис. 16-18)

Участок отбора проб в т.н. 12 (Гатчина)
Июнь 2020

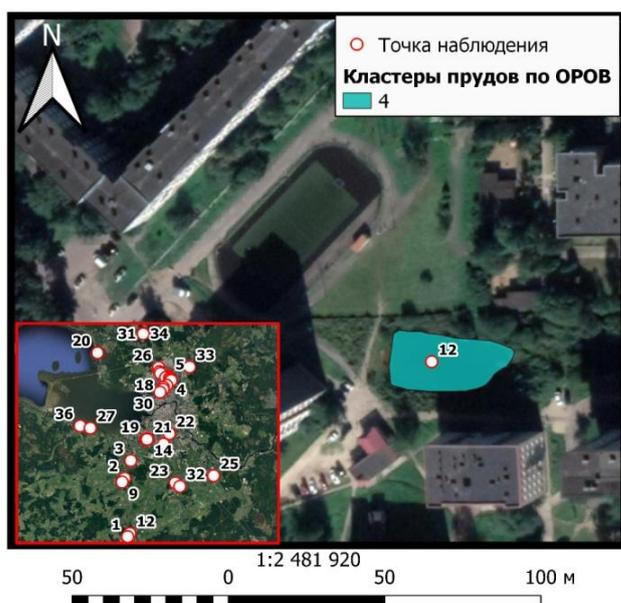


Рис. 16. Участок проб в т.н. 12. Июнь 2020.

Участок отбора проб в т.н. 12 (Гатчина)
Август 2020

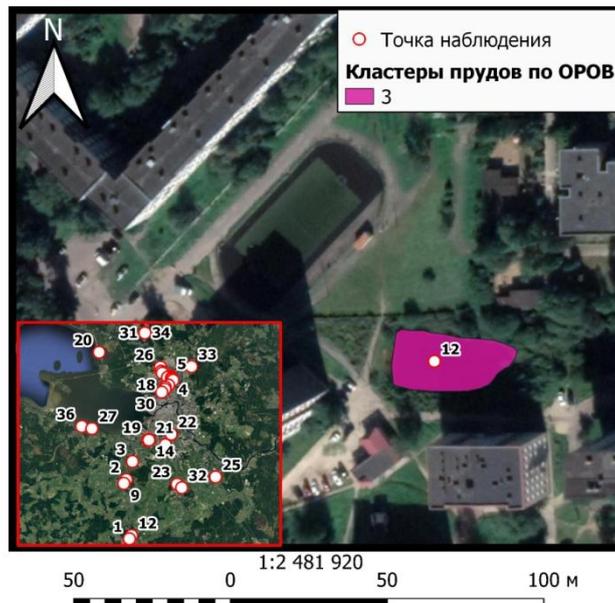


Рис. 17. Участок проб в т.н. 12. Август 2020.

Участок отбора проб в т.н. 12 (Гатчина)
Сентябрь 2020

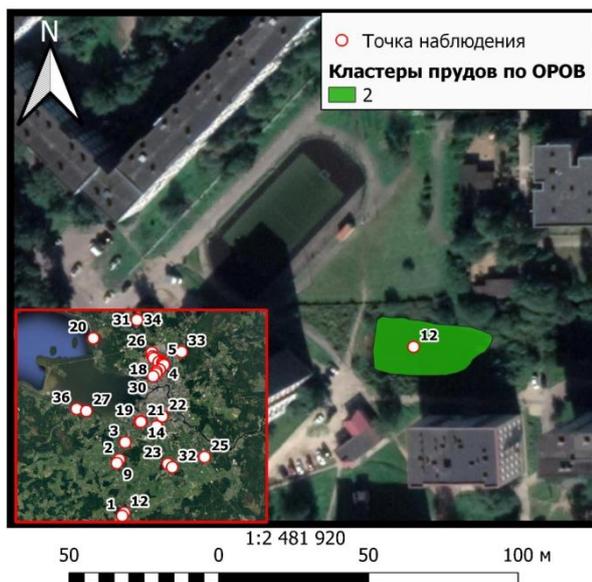


Рис. 18. Участок проб в т.н. 12. Сентябрь 2020.

4.3. Построение сводных показателей гидроэкологического состояния

В данной работе использована многокритериальная интегральная оценка гидроэкологического состояния водоемов, реализуемая при помощи метода сводных показателей (Хованов, 1996). Подробное описание методики также дано в работах (Амаро Медина, Дмитриев, 2019; Дмитриев и др., 1999)

Для оценки состояния рассмотренных объектов по совокупности параметров были разработаны квалитетические шкалы. Для построения шкал использовались максимальные и минимальные значения параметров рассмотренных водоемов. Они представлены в таблицах ниже.

Для выделения классов малых водных объектов была проведена фильтрация данных с помощью Microsoft Excel. Границы параметров были определены с помощью экспертной оценки так, чтобы равномерное количество объектов попадало во все классы. Таким образом, было выделено 4 класса объектов.

На первом этапе были выбраны исходные гидрологические, гидробиологические характеристики $x=(x_1, \dots, x_n)$.

Из гидрологических параметров были выбраны площадь поверхности воды и температура воды, их гидробиологических параметров - насыщенность кислородом, содержание некоторых биогенных элементов (NH_4 , PO_4 , NO_3+NO_2), содержание ОРОВ.

В результате экспертной оценки была составлена таблица 10.

Таблица 10. Границы классов гидроэкологического состояния водных объектов

Параметры	Амплитуда		Классы состояния водных объектов							
	min	max	I		II		III		IV	
ОРОВ, м-1	0,51	32,96	0,50	5,00	5,10	10,00	10,10	20,00	20,10	32,96
O ₂ , мг/л	3,2	9,8	9,8	8,1	8,0	7,1	7,0	5,1	5,0	3,0
NO ₃ +NO ₂ , мкг/л	1	9230	1	30	31	1000	1001	3600	3601	9230
PO ₄ , мкг/л	11	2139	11	450	451	900	901	1700	1701	2140
NH ₄ , мкг/л	11	4199	10	200	201	1100	1101	2900	2901	4200
площадь поверхности воды, км ²	0,0001	0,6700	0,6700	0,1101	0,1000	0,0100	0,0099	0,0050	0,0049	0,0001
температура воды в летний период, С	13,5	23,9	13,5	15,5	15,6	17,0	17,1	19,9	20,0	23,9
проточность, балл	0,6	4,0	4,0	3,1	3,0	2,1	2,0	1,1	1,0	0,6

К первому классу гидроэкологического состояния относятся объекты с наименьшим количеством органического вещества (наименее «окрашенные»), которые являются наиболее крупными, плохо прогреваемыми. Кроме того, в водоемах данного класса содержится наименьшее количество биогенных веществ и наибольшее содержание растворенного кислорода, что связано с низкой продуктивностью водоемов. Данные водоемы проточные или сточные, что уменьшает возможность развития процесса эвтрофирования.

Водоёмы второго класса состояния более «окрашенные» в связи с увеличением концентрации биогенных элементов, что способствует образованию ОРОВ. Кроме того, данные водоёмы менее крупные, приточные, в них более высокая температура, что способствует увеличению образования и привноса ОРОВ. В связи с увеличением продуктивности водоёма, в данном классе менее низкое значение концентрации растворенного кислорода. Для водоёмов данного класса рекомендуется регулярный мониторинг состояния.

В третий класс входят приточные водоёмы, более мелкие по площади, с более высокой температурой воды, что влияет на интенсивность увеличения содержания ОРОВ и уменьшение концентрации кислорода. Для данного класса водоёмов рекомендуется проводить регулярные мониторинг и контроль состояния, периодические очистка и восстановление. В рамках деятельности Комитета по природопользованию охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности существует несколько направлений: экологическое восстановление водоёмов, проведение дноочистных работ на водотоках, уборка и очистка акваторий водных объектов от загрязнений и наплавного мусора. Кроме того, одним из решений является кошение водной растительности. Выполнение всех вышеуказанных мероприятий по обеспечению экологической безопасности водных объектов Санкт-Петербурга осуществляется преимущественно силами двух подведомственных комитету предприятий: Санкт-Петербургского многопрофильного природоохранного государственного унитарного предприятия «Экострой» (СПб ГУП «Экострой») и Государственного унитарного предприятия по очистке и благоустройству водоёмов «Ленводхоз» (ГУП «Ленводхоз») (Волокитина и др., 2017).

К четвертому классу состояния относятся наименьшие по площади объекты, которые интенсивно прогреваются в летний период и получают питание исключительно с водосбора в период выпадения атмосферных осадков. В них наибольшая концентрация биогенных веществ, которая обуславливает наибольшую продуктивность водоёмов. Это приводит к тому, что содержание ОРОВ в данном классе наибольшее, а кислорода – наименьшее, в связи с его потреблением на окисление и деструкцию органического вещества. Все эти процессы обуславливают то, что эти водоёмы являются наиболее «цветущими» и эвтрофированными. Водоёмы, относящиеся к данному классу, нуждаются в строгом контроле и срочном принятии мер по очистке для соответствия санитарно-гигиеническим нормативам и для поддержания рекреационных функций водоёмов.

На втором этапе для каждой исходной характеристики был построен нормированный показатель $q_i=q_i(x_i)$, который принадлежит множеству $[0,1]$ и позволяет

оценить состояние водоемов с точки зрения i параметра. Этот показатель может быть получен путем применения функций 1 и 2.

$$q_i = q_i(x_i) = \begin{cases} 0, & x_i \leq x_{\min} \\ \frac{x_i - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}, & x_{\min} < x_i < x_{\max} \\ 1, & x_i > x_{\max} \end{cases} \quad (1)$$

Функция (1) означает, что при увеличении исходной характеристики от минимальных значений к максимальным, значение отдельного показателя увеличивается от 0 до 1. Она применялась для следующих характеристик: ОРОВ, содержание биогенных элементов, температура. Функция (2) противоположна функции (1) и применялась для проточности, площади поверхности воды и насыщенности кислородом.

$$q_i = q_i(x_i) = \begin{cases} 1, & x_i \leq x_{\min} \\ \frac{x_{\max} - x_i}{x_{\max} - x_{\min}}, & x_{\min} < x_i < x_{\max} \\ 0, & x_i > x_{\max} \end{cases} \quad (2)$$

В результате этого этапа (Таблица 11) состояние водоемов характеризуется вектором нормированных показателей $q=(q_1, \dots, q_n)$.

Таблица 11. Нормированные показатели.

Параметры, q_i	I		II		III		IV	
ОРОВ	0	0,138	0,141	0,292	0,296	0,601	0,604	1
O2	0	0,258	0,273	0,409	0,424	0,712	0,727	1
NO3+NO2	0	0,003	0,003	0,108	0,108	0,390	0,390	1
PO4	0	0,206	0,207	0,418	0,418	0,794	0,794	1
NH4	0	0,045	0,045	0,260	0,260	0,690	0,690	1
площадь поверхности воды	0	0,836	0,851	0,985	0,985	0,993	0,993	1
температура воды в летний период	0	0,192	0,202	0,337	0,346	0,615	0,625	1
проточность	0	0,265	0,294	0,559	0,588	0,853	0,882	1

На третьем этапе были определены весовые коэффициенты (p_i), которые суммарно должны входить в интервал от нуля до единицы. Наибольшие приоритеты были выбраны для проточности и ОРОВ, наименьший приоритет – для площади поверхности. Такой выбор объясняется тем, что проточность играет большую роль на процессы эвтрофикации и зарастания в водоеме независимо от его размеров, а ОРОВ является наглядным параметром отражения состояния водоемов в целом, может служить современным аналогом цветности в частности. Среди биогенных элементов больший приоритет присвоен нитритам и нитратам, так как они в первую очередь влияют на

процессы продуктивности водоема и образования ОРОВ, которые, в свою очередь, связаны и с другими элементами. Приоритет, выбранный для температуры воды, отражает то, что изменение температуры воды непосредственно влияет на интенсивность образования ОРОВ, однако является более нестабильным признаком, чем вышеперечисленные.

Примеры весовых коэффициентов представлены в таблице 12.

Таблица 12. Весовые коэффициенты.

Параметр, q_i	Весовой коэффициент, p_i
ОРОВ	0,15
O2	0,1
NO3+NO2	0,14
PO4	0,12
NH4	0,12
площадь поверхности воды	0,08
температура воды в летний период	0,11
проточность	0,18

На четвертом этапе были рассчитаны сводные показатели гидрологического и гидробиологического состояний. Для расчетов сводных показателей была применена функция вида:

$$I = \sum_1^n q_i * p_i$$

q_i – нормированный показатель

p_i – весовой коэффициент

n – число параметров оценивания состояния

Примеры расчетов и итоговой шкалы сводного показателя представлены в таблицах 13, 14.

Таблица 13. Расчет сводного показателя состояния водоемов.

Параметр, q_i	Классы								Весовой коэффициент, p_i	
	I		II		III		IV			
ОРОВ	0	0,02	0,02	0,04	0,04	0,09	0,09	0,15	0,15	
O2	0	0,03	0,03	0,04	0,04	0,07	0,07	0,10		
NO3+NO2	0	0,00	0,00	0,02	0,02	0,05	0,05	0,14		0,10
PO4	0	0,02	0,02	0,05	0,05	0,10	0,10	0,12		0,14
NH4	0	0,01	0,01	0,03	0,03	0,08	0,08	0,12		0,12
площадь поверхности	0	0,07	0,07	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08		0,12

Параметр, q_i	Классы								Весовой коэффициент p_i
	I		II		III		IV		
воды									
температура воды в летний период	0	0,02	0,02	0,04	0,04	0,07	0,07	0,11	0,08
проточность	0	0,05	0,05	0,10	0,11	0,15	0,16	0,18	0,11
\sum	0	0,21	0,22	0,40	0,41	0,69	0,70	1,00	0,18

Таблица 14. Границы классов состояния по значению сводного показателя гидроэкологического состояния.

I	II	III	IV
0 - 0,21	0,21 - 0,40	0,41 - 0,69	0,70 - 1

4.4. Апробация методики оценки гидроэкологического состояния озера на примере некоторых прудов Санкт-Петербурга и Ленинградской области

После получения сводного показателя гидроэкологического состояния водоемов была проведена апробация данной методики на некоторых прудах Санкт-Петербурга и Ленинградской области (Приложение 13).

В качестве пробных водоемов были взяты пруд 8 (парк Сосновка) как пример высокого значения ОРОВ (п. 4.1.2). Пруд 35 является примером интенсивных процессов эвтрофикации (п. 4.1.1) и отсутствия стока, пруды 21 и 13 взяты в качестве примера проточного и приточного водоемов соответственно. Для каждого пруда был рассчитан класс состояния в августе и сентябре 2020 года.

Пример подробных расчетов класса состояния представлен в таблице 15 для пруда 8 в августе.

Таблица 15. Расчет сводного показателя и отнесение его к определенному классу гидроэкологического состояния на примере пруда 8 в августе.

Параметр	x_i	q_i	$q_i * p_i$	Класс
ОРОВ	32,96	1,00	0,15	III
O ₂	8,2	0,24	0,024	
NO ₃ +NO ₂	30	0,003	0,0004	
PO ₄	85	0,03	0,004	
NH ₄	1637	0,39	0,047	
площадь поверхности воды	0,0010	0,999	0,08	
температура воды в летний период	22,0	0,82	0,09	
проточность	2,0	0,59	0,106	
\sum сумма			0,50	

Исходя из данных таблицы, пруд 8 относится третьему классу состояния водоемов. Это подтверждает предположения о процессах эвтрофикации (п. 4.1.2).

В результате расчетов водоемы 8, 35, 21, 13 относятся к классам, представленным в таблице 16.

Таблица 16. Расчет сводного показателя и отнесение его к определенному классу гидроэкологического состояния для водоемов 8, 35, 21, 13.

Водоем	Класс в августе	Класс в сентябре
8 (Парк Сосновка)	III	III
35 (Пионерский сад)	III	III
21 (Проспект Ветеранов)	II	II
13 (Парк Сосновка)	II	II

Таким образом, классы состояния рассмотренных водоемов точно передают их характеристики, изучаемые по отдельности. Вклад в состояние пруда 35 вносят биогенные элементы. Наглядно представлено значение проточности на примере сравнения классов т.н. 2, 35 и 13. Состояние 21го пруда не подлежит срочной очистке. В т.н. 8 и 35 наблюдается III класс состояния, который нужно контролировать и делать периодическую очистку водоема во избежание перехода в IV класс.

4.5. Анализ возможных изменений состояния водоемов к изменению параметров за счет изменения естественного и антропогенного режимов

Поскольку в последнее время наблюдается тенденция изменения климата, вызванная как естественными, так и антропогенными факторами, было рассмотрено возможное изменение класса состояния водоемов при изменении различных параметров.

В качестве возможных изменений климата было рассмотрено увеличение температуры воды в летний период на 2°C. Другим сценарием изменения климатической ситуации является увеличение осадков. Это может привести к увеличению коэффициента проточности в водоемах. Например, если в настоящее время пруд является бессточным, балл проточности равен 1. При увеличении количества осадков возможно появление стока в водоеме, коэффициент проточности увеличится до 2 баллов. Стоит упомянуть, что проточность может быть изменена искусственным путем. Примером является методика увеличения проточности за счет подведения специальных труб и промывки водоемов. Например, такие действия производятся с Федоровскими прудами в Александровском парке в Петергофе.

Получившиеся классы состояния представлены в таблице 17.

Таблица 17. Пример моделирования изменения классов состояния при изменении температуры и прочности водоемов.

Объект	Класс		Класс при изменении параметров			
	август	сентябрь	Увеличение темп. воды в летний период на 2°С		Увеличение коэффициента проточности	
			август	сентябрь	август	сентябрь
8 (Парк Сосновка)	III	III	III	III	III	II
35 (Пионерский сад)	III	III	III	III	III	III
21 (Проспект Ветеранов)	II	II	II	II	I	II
13 (Парк Сосновка)	II	II	III	II	II	II

Для всех прудов, кроме 13 в августе, увеличение температуры воды на 2°С не приводит к существенным изменениям состояния. Следовательно, в случае такого изменения температуры в августе, следует проводить более тщательное наблюдение за состоянием пруда 13. Увеличение проточности оказывает большее влияние, переводя пруд 8 в сентябре и пруд 21 в оба месяца в более низкий класс. Это приводит к выводу, что при ухудшении ситуации в водоемах, можно применять искусственное увеличение коэффициента проточности для поддержания класса состояния.

В качестве гипотетических изменений гидробиологических параметров было рассмотрено уменьшение концентрации кислорода на 20% и 50% и увеличение концентраций биогенных элементов в 5 раз (таблица 18). Данная ситуация может создаваться, в том числе, при увеличении антропогенной нагрузки. Уменьшение содержания кислорода на 20 и даже на 50 процентов не способствует переходу прудов в другой класс. Сильное влияние оказывает увеличение содержания биогенных элементов в 5 раз. Это приводит к переходу 8 пруда в 4 класс в августе, а 21-го пруда – в сентябре. Наиболее неустойчив к изменению биогенных элементов пруд 35, который окажется в критическом состоянии (4 класс) и на протяжении двух месяцев. Следовательно, могут понадобиться меры по улучшению состояния водоема.

Таблица 18. Моделирование изменения классов состояния при изменении гидробиологических параметров.

Объект	Класс		Класс при изменении параметров					
	август	сентябрь	Уменьшение концентрации O ₂ на 20%		Уменьшение концентрации O ₂ на 50%		Увеличение содержания биогенных элементов в 5 раз	
			август	сентябрь	август	сентябрь	август	сентябрь
8 (Парк Сосновка)	III	III	III	III	III	III	IV	III

Объект	Класс		Класс при изменении параметров					
	август	сентябрь	Уменьшение концентрации O2 на 20%		Уменьшение концентрации O2 на 50%		Увеличение содержания биогенных элементов в 5 раз	
			август	сентябрь	август	сентябрь	август	сентябрь
35 (Пионерский сад)	III	III	III	III	III	III	IV	IV
21 (Проспект Ветеранов)	II	II	II	II	II	II	II	IV
13 (Парк Сосновка)	II	II	II	II	II	II	II	II

Таким образом, моделирование возможных изменений параметров водных объектов, которые могут быть вызваны естественными и антропогенными факторами, показывает, что некоторые водные объекты изменяют свое состояние под воздействием вышеуказанных факторов. Благодаря наличию методики построения моделей, существует возможность прогнозировать и предотвращать ухудшение состояния водных объектов для поддержания их роли (рекреационной, эстетической и т.п.) в городской среде.

Заключение

В ходе проделанного исследования было выполнено изучение водных экосистем малых водоёмов Санкт-Петербурга и Ленинградской области на основе построения сводных показателей качества и гидроэкологического состояния воды. В результате была подтверждена возможность использования и общепринятых, и современных методов оценки состояния водных объектов (ОРОВ, моделирование, статистическая обработка результатов).

Окрашенное растворенное органическое вещество является комплексным показателем состояния экосистем малых водных объектов Санкт-Петербурга и Ленинградской области. При данном количестве информации о свойствах ОРОВ, его зависимостях от других компонентов, а также в связи с отсутствием четких градаций по показателям, рассматриваемый параметр является качественным показателем.

В процессе работы был произведен полевой отбор проб воды, последующая их обработка на спектрофотометре и анализ данных. В июне 2020 года значения ОРОВ находились в интервале от 0,53 до 39,91 м⁻¹. В августе содержание ОРОВ изменялись от 0,50 до 32,96 м⁻¹. В сентябре максимум содержания ОРОВ составил 0,99 м⁻¹, минимум – 29,85 м⁻¹. Среднее значение αОРОВ(λ) в июне составило 3,90 м⁻¹, в августе – 4,45 м⁻¹, в сентябре – 3,87 м⁻¹. Из всего этого следует, что в целом, наибольшее содержание ОРОВ прослеживается в августе, а наименьшее – в сентябре. Можно предположить, что это связано с активностью водных экосистем в данные месяцы. В августе количество веществ может быть связано с тем, что происходит продуцирование органического вещества совместно с его разложением. Ближе к окончанию вегетационного периода (сентябрь) количество ОРОВ уменьшается, предположительно, из-за понижения активности живых организмов и производства автохтонного вещества. Кроме того, в дни отбора проб стояла пасмурная погода с дождями, которые могли повлиять на увеличение стока и, как следствие, содержания ОРОВ в водных объектах.

Абсолютно во всех объектах в каждый месяц отбора проб выявлено преобладание аллохтонного вещества. Это может быть связано с тем, что подавляющее большинство объектов (пруды) имеет искусственное происхождение и поддерживается частично благодаря вмешательству извне.

В результате статистической обработки было выделено 4 кластера водных объектов по содержанию ОРОВ, которые были отражены графически с помощью карт-схем. Основная масса водных объектов принадлежит к 3 и 4 кластерам, которые включают в себя наиболее характерные значения для данной территории и для пресных водоемов в целом.

При анализе биогенных веществ было выявлено, что содержание нитритов и нитратов варьировало от 0,001 мг/л до 9,229 мг/л, среднее значение составляет 0,64 мг/л в августе и 0,93 мг/л в сентябре. В августе содержание нитритов превышало ПДКр/х (0,08 мг/л по нитрит-иону) в 10 водоемах из 35, а в сентябре это количество увеличилось до 18 водоемов. Это связано с процессом разложения растительных остатков, поступления с дренажными и коллекторными и ливневыми водами с водосборных территорий. В 3 водоемах (№9 -Парк Красное Село, №31, 34 - Сертолово) содержание нитритов не удовлетворяло требованиям, предъявляемым к водам культурно-бытового использования (ПДК = 3,3 мг/л) в августе и сентябре.

Содержание аммонийного азота в исследуемых водоемах в среднем составляло 0,38 мг/л в августе и 0,74 мг/л в сентябре, минимальное значение 0,01 мг/л, максимальное – 3,56 мг/л. Увеличение концентрации наблюдается в связи с наступлением периода отмирания водной растительности, а также возможны поступления с поверхностным стоком и осадками. В августе было выявлено 3 водоема, в которых содержание ионов аммония превышало ПДК культурно-бытового назначения (1,5 мг/л): №5, 8 в парке Сосновка и № 35 в Пионерском саду. В сентябре количество водоемов, не удовлетворяющих ПДК, возросло: 6 водоемов с содержанием аммонийного азота, превышающим ПДКр/х в 1,17-2,82 раз и 6 водоемов с превышением ПДК культурно-бытового назначения в 1,09-2,79 раз. Наиболее загрязненными являются водоемы № 5, 21 и 35 в которых содержание иона аммония составляет 3,55-4,20 мг/л.

При рассмотрении содержания фосфатов было установлено, что оно слабо изменилось с августа по сентябрь.

В результате анализа данных были построены карты-схемы с использованием ГИС-технологий, которые наглядно отражают ситуацию на рассматриваемой территории.

Обработка результатов отбора проб на биогенные элементы методом главных компонент позволила проследить изменения значений веществ с севера на юг, что упростило задачу проверки наличия связей между содержанием биогенных веществ и ОРОВ. Таким образом, ОРОВ можно использовать в качестве одной из составляющих сводного показателя состояния водных объектов, так как было подтверждено наличие взаимосвязи с биогенными элементами на качественном уровне.

В процессе проведения моделирования была получена квалитетическая шкала сводного показателя состояния водных объектов, разделяющая исследованные водоемы на 4 класса. В зависимости от того, в какой класс попадает рассматриваемый объект, необходимо принимать соответствующие меры. Кроме того, благодаря моделированию

существует возможность прогнозировать изменение состояния водных объектов при различных сценариях нагрузок.

Для дальнейшего поддержания и улучшения состояния водоемов необходимо прибегнуть к соблюдению некоторых рекомендаций. В первую очередь, необходимо занести сведения о прудах Санкт-Петербурга и Ленинградской области в водный реестр и кадастровые карты (п. 3.4) и предоставить доступ к этой информации в случае обращения граждан и специалистов. Эти меры адресованы комитету по природопользованию, Невско-Ладожскому управлению (Невско-Ладожскому БВУ) и отделу водных ресурсов по Санкт-Петербургу и Ленинградской области. Они призваны облегчить процесс поиска и систематизации информации о рассматриваемых объектах. Во-вторых, наиболее предпочтительным способом исследования является мониторинг данных объектов с периодичностью, отвечающей сезонам и сменам активности водных экосистем, для прослеживания пространственно-временной динамики. Дополнительно рекомендуется ввести отбор в зимний период для оптимизации статистической обработки. В-третьих, для более точной работы с грациями объектов предпочтительно расширить список исследуемых параметров: включить в изучение хлорофилл «а» в каждой точке наблюдения (в настоящее время данные единичны, поэтому непоказательны), сульфатов и т.п. Эти действия связаны с влиянием на ОРОВ многих факторов, среди которых можно будет выбрать наиболее значимые для Санкт-Петербурга и Ленинградской области. В-четвертых, более эффективным вариантом избегания ошибок измерений является отбор проб в несколько этапов с малой периодичностью. Следовательно, рекомендуется использовать метод бригадной работы для отбора проб в краткие сроки на данной территории. Наилучшим способом обобщения и хранения информации является ведение электронной базы с открытым доступом и возможностью пополнения другими специалистами.

Благодарности

Автор выражает благодарность своему научному руководителю к.г.н. Федоровой Ирине Викторовне, а также к.г.-м.н. Дворникову Юрию Александровичу, Пашовкиной Анастасии Андреевне за ценные советы при подготовке выпускной квалификационной работы и предоставление оборудования и материалов для проведения полевого этапа работы. Кроме того, автор благодарит Шалунову Екатерину Петровну за организацию возможности выполнения исследования в рамках Экологической клиники СПбГУ, Васькову Есению Андреевну за советы по выполнению статистической обработки данных исследования.

Отдельную благодарность автор выражает коллективу лаборатории им. Отто Шмидта (ААНИИ) за предоставление возможности свободно использовать лабораторное оборудование для анализа проб воды на содержание растворенного окрашенного органического вещества, а также на концентрацию биогенных элементов в процессе лабораторного этапа работы. Автор благодарит Поважного Василия Владимировича и Кириллову Анастасию Александровну за помощь и советы при проведении лабораторного анализа концентрации биогенных элементов, содержания окрашенного растворенного органического вещества на лабораторном оборудовании.

Список литературы

1. Адамович Т.А., Кантор Г.Я., Князева Е.В. Сезонная динамика вегетационного индекса NDVI на территории заповедника Нургуш // Экология родного края: проблемы и пути их решения. 2017. С. 26–28.
2. Айбулатов Д. Н. , Зотов Л. В. , Фролова Н. Л. , Чалов С. Р. Современные возможности использования методов дистанционного зондирования для получения информации о водных объектах / // Земля из космоса — наиболее эффективные решения. 2015. С. 34–37.
3. Алексеев Л. С. Контроль качества воды: учебник для средних специальных учебных заведений / Л. С. Алексеев. - Москва: ИНФРА-М, 2009.
4. Вареник А.В., Коновалов С.К. Биогенные элементы атмосферных выпадений и их влияние на поверхностные воды Черного моря, 2018
5. Веницианов Е.В. Актуальные проблемы качества вод и управления качеством//Научное обеспечение реализации «водной стратегии Российской Федерации на период до 2020 года»/карельский научный центр РАН, 2015,-С.46-52
6. Верес Ю.К., Остапеня А.П. Содержание лабильного органического вещества в воде озер Нарочанской группы // Вестник БГУ. Сер. 2. № 2. 2011 г. – Мн., БГУ. – С. 45-49
7. Волокитина Е.В., Байдуков Д.А., Тихомиров Н.А. Очистка и восстановление водных объектов города // Окружающая среда Санкт-Петербурга. №3. 2017. С. 29-34.
8. ГН 2.1.5.689-98 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Введ. 1998-03-04. Минздрав России, 1998
9. Губернаторова Т. Н. Деграция стойкого органического вещества в водных экосистемах под действием микроорганизмов (обзор)/Т. Н. Губернаторова, М. И. Дину // Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование. 2015. т. 1, N № 2 (2). С.31-38
10. Давыденкова Н. А. Имитационное моделирование функционирования водной экосистемы в условиях антропогенных воздействий, 2018
11. Дацко В.Г. Органическое вещество в водах южных морей СССР. – М.: Изд. АН СССР, 1959. – 271 с.
12. Дворников Ю. А. Процессы термоденудации в криолитозоне и их индикация по растворённому органическому веществу: диссертация ... кандидата Геолого-минералогических наук: 25.00.08 / Дворников Юрий Александрович; [Место защиты: Институт криосферы Земли Сибирского отделения Российской академии наук]. Тюмень, 2016. 177 с.

13. Дмитриев В.В., Васильев В.Ю., Третьяков В.Ю., Огурцов А.Н. Многокритериальная оценка экологического состояния и устойчивости геосистем на основе метода сводных показателей. IV. Токсическое загрязнение воды, грунтов и влияние поллютантов на удельные скорости обменных процессов в водных экосистемах (статья) // Вестн. СПбГУ. Сер. 7, 1999, вып. 1 (№ 7).
14. Дмитриев В.В., Мякишева Н.В., Третьяков В.Ю., Хованов Н.В. Многокритериальная оценка экологического состояния и устойчивости геосистем на основе метода сводных показателей. II. Трофический статус водных экосистем // Вестн. СПбГУ. Сер. 7, 1997, вып. 1 (№ 7), с. 51– 67.
15. Д.Р.Амаро Медина, В.В.Дмитриев. Интегральная оценка экологического благополучия речных систем // Вестн. СПбГУ. Т. 64. №2. 2019. С. 162-184.
16. Зенин А.А., Белоусова Н.В. Гидрохимический словарь. Л.: Гидрометеиздат, 1988, 239 с.
17. Зобкова М.В., Ефремова Т.А., Лозовик П.А., Сабылина А.В. Органическое вещество и его компоненты в поверхностных водах гумидной зоны // Успехи современного естествознания. 2015. № 12. С. 115-120.
18. Исидоров В.А. Экологическая химия. Учебник. СПб.: Химиздат, 2001. 304 с.
19. Капралов Е.Г., Кошкарев А.В., Тикунов В.С.и др. Основы геоинформатики: В 2 кн. Кн. 1: Учеб. пособие для 0-75 студ. вузов. Под ред. В.С.Тикунова. — М.: Издательский центр «Академия», 2004. — 352 с.
20. Копелевич О.В., Шеберстов С.В., Салинг И.В., Вазюля С.В., Буренков В. И. Сезонная и межгодовая изменчивость биооптических характеристик вод поверхностного слоя Баренцева, Белого, Черного и Каспийского морей по спутниковым данным // Фундаментальная и прикладная гидрофизика. 2015. Т.8. №1. С.7-16.
21. Кутявина Т.И. Изучение процессов эвтрофикации водных объектов Кировской области // 2017, Киров- 139 С.
22. Кутявина Т.И., Кантор Г.Я., Ашихмина Т.Я., Савиных В.П. Применение методов обработки и анализа космических снимков для изучения эвтрофированных водоемов (обзор)// Теоретическая и прикладная экология.2020. №14. С.14-25.
23. Кутявина Т.И., Рутман В.В., Ашихмина Т.Я. Дистанционное зондирование водоемов Кировской области//Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем. Материалы XVII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (сборник).2019.С.55-58.

24. Кутявина Т.И., Рутман В.В., Ашихмина Т.Я., Савиных В.П. Использование космических снимков для определения границ водоемов и изучения процессов эвтрофикации // Теоретическая и прикладная экология. 2019. №3. С.28-33.
25. Лаврова О.Ю., Соловьев Д.М., Строчков А.Я., Шендрик В.Д. Спутниковый мониторинг интенсивного цветения водорослей в Рыбинском водохранилище // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2014. Т. 11. №3. С. 54–72.
26. Мазурова В.Е. Оценка экологического риска последствий загрязнения поверхностных вод с использованием материалов дистанционного зондирования // Москва: 2009/ 147 с.
27. Приказ Минсельхоза России от 13.12.2016 N 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" (Зарегистрировано в Минюсте России 13.01.2017 N 45203)
28. Примак Е.А. Интегральная оценка устойчивости и экологического благополучия водных объектов. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата географических наук. 2009. 24 стр.
29. Романкевич Е. А. Геохимия органического вещества в океане / Е. А. Романкевич. – М.: Наука, 1977. – 256 с.
30. СанПиН 2.1.5.980-00 Гигиенические требования к охране поверхностных вод
31. Сиренко Л. А., Гавриленко М. Я., "Цветение" воды и эвтрофирование: Методы его ограничения и использования сестона. - Киев: Наукова думка, 1978. - 231 с.
32. Скопинцев Б.А. Органическое вещество в природных водах (водный гумус) / Б.А. Скопинцев // Тр. ГОИН. – 1950. – Т.17(29). – 290 с.
33. Стравинская Е.Л. Формы воздействия городов па водоемы и его последствия // Сохранение природной экосистемы водоема в урбанизированном ландшафте. Л.: Наука. 1984. С. 130-135.
34. Терзиев Ф.С., Рожков В.А., Смирнова А.И. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т. III. Балтийское море. Вып. 1. Гидрометеорологические условия. — СПб.: Гидрометеоиздат, 1992
35. Тихомиров, О.А. Бочаров, А.В. Комиссаров, А.Б. Хижняк, С.Д. Пахомов, П.М. (2016) Использование данных сенсора LANDSAT 8 (OLI) для оценки показателей мутности, цветности и содержания хлорофилла в воде Иваньковского водохранилища. Вестник ТвГУ. Серия: Химия (2). С. 230-244.
36. Федорова И.В. Современное состояние и устойчивость к воздействию внутренних водоемов Антарктиды: Дис.кан.геогр. наук:25.00.36, 25.00.27. СПб., 2003. 236 с.

37. Хендерсон-Селерс Б., Маркленд Х.Р. Умирающие озера. Причины и контроль антропогенного эвтрофирования./пер. с англ.; под ред. К.Я. Кондратьева и Н.Н. Филатова, Л., 1990.
38. Черепанов А.С., Дружинина Е.Г. Спектральные свойства растительности и вегетационные индексы// Геоматика. 2009. №3. С.28-32.
39. Шатрова О.В., Ерёмина Т.Р., Ланге Е.К. Анализ изменчивости параметров эвтрофирования в Финском заливе по данным натурных наблюдений, Ученые записки №44, 2016, С. 129-140
40. Bertilsson S., Allard B. Sequential photochemical and microbial degradation of refractory dissolved organic matter in a humic freshwater system // *Ergebn Limnol.* 1996. N48. P. 133–141.
41. Bhagowati B., Ahamad K.U. A review on lake eutrophication dynamics and recent developments in lake modeling // *Ecohydrology & Hydrobiology.* 2019. V. 19. P. 155–166.
42. Boyd T.J., Barham B.P., Hall G.J., Schumann B.S., Paerl R.W., Osburn C.L. Variation in ultrafiltered and LMW organic matter fluorescence properties under simulated estuarine mixing transects: 2. Mixing with photoexposure // *J Geophys Res.* 2010.
43. Brandt L.A., Bohnet C., King JY. Photochemically induced carbon dioxide production as a mechanism for carbon loss from plant litter in arid ecosystems // *J Geophys Res.* 2009
44. Brezonik P., Menken K.D., Bauer M. Landsat-based remote sensing of lake water quality characteristics, including chlorophyll and colored dissolved organic matter (CDOM) // *Lake Reservoir Manage.* 2005. №21(4). P. 373–382.
45. Bricaud A., Morel A., Prieur L. Absorption by dissolved organic matter of the sea (yellow substance) in the UV and visible domains // *Limnol. Oceanogr.* 1981. №26. P. 43-53.
46. Cokacar T., Oguz T., Kubilay N. Satellite detected early summer coccolithophore blooms and their interannual variability in the Black Sea // *Deep-Sea Research.* 2004. Part I. V. 51. P. 1017–1031.
47. Da Costa F., Lubes G., Rodríguez M., Lubes V. Study of the ternary complex formation between vanadium (III), dipicolinic acid and small blood serum bioligands // *J Solution Chem.* 2011. N40. P.106–117
48. Helms J.R., Stubbins A., Ritchie J.D., Minor E.C., Kieber D.J., Mopper K. Absorption spectral slopes and slope ratios as indicators of molecular weight, source, and photobleaching of chromophoric dissolved organic matter // *Limnol. Oceanogr.* 2008. №53. P. 955–969
49. <https://www.aquaread.com/need-help/what-are-you-measuring/cdom-fdom/> Aquaread Ltd, 04.04.2020
50. <http://azniirkh.ru>. Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ») – Дата посещения 20.10.2020

51. <http://geol.irk.ru> - ФГБУ "Росгеолфонд" (дата обращения: 21.10.20)
52. <http://mapexpert.com.ua> (дата обращения: 19.07.2020).
53. <http://www.prestobalticsea.eu> Эвтрофикация: Информационный бюллетень (дата обращения: 20.10.2020)
54. <https://scihub.copernicus.eu> Copernicus Open Access Hub (дата обращения: 22 февраля 2020).
55. <http://www.technosphaera.ru> (дата обращения: 20.07.2020).
56. <https://www.vo-da.ru> (дата обращения: 10.04.2021).
57. Gielen B., Neiryck J., Luysaert S., Janssens I.A. The importance of dissolved organic carbon fluxes for the carbon balance of a temperate Scots pine forest. *Agric For Meteorol.* 2011. P. 270–278
58. Gjessing E.T. Physical and chemical characteristics of aquatic humus // *Ann Arbor Science Publishers.* 1976. 120 p.
59. Griffin C.G., Frey K. E., Rogan J., Holmes R. M. Spatial and interannual variability of dissolved organic matter in the Kolyma River, East Siberia, observed using satellite imagery // *Journal of Geophysical Research.* – 2011. - №16.
60. Jerlov N.G. *Optical oceanography.* Elsevier: Amsterdam. 1968. 194 p.
61. Johannessen S.C., Peña M.A., Quenneville M.L. Photochemical production of carbon dioxide during a coastal phytoplankton bloom // *Estuar Coast Shelf Sci.* 2007. N73. P.236–242
62. Kalle K. The problem of gelbstoff in the sea // *Oceanography and Marine Biology. An Annual Review.* 1966. №4. P. 91-104
63. Kim D.J., Kim S.H. Effect of nitrite concentration on the distribution and competition of nitrite-oxidizing bacteria in nitrification reactor systems and their kinetic characteristics. *Water Res.* 2006. N40. P. 887–894
64. Kindler R., Siemens J., Kaiser K., Walmsley D.C., Bernhofer C, Buchmann N, Cellier P., Eugster W., Gleixner G., GrÜnwald T., Heim A., Ibrom A., Jones S.K., Jones M., Klumpp K., Kutsch W., Larsen K.S., Lehuger S., Loubet B., McKenzie R., Moors E., Osborne B., Pilegaard K., Reibmann C., Saunders M., Schmidt MWI, Schrumpp M., Seyfferth J., Skiba UTE, Soussana J-F, Sutton M.A., Tefs C., Vowinckel B., Zeeman M.J., Kaupenjohann M. Dissolved carbon leaching from soil is a crucial component of the net ecosystem carbon balance // *Glob Change Biol.* 2011. P. 1167–1185.
65. Kopacek J., Hejzlar J., Kana J., Porcal P., Klementova S. Photochemical, chemical, and biological transformations of dissolved organic carbon and its effect on alkalinity production in acidified lakes // *Limnol Oceanogr.* 2003. N48. P.106–117

66. Kutser T., Pierson D.C., Kallio K., Reinart A., Sobek S. Mapping lake CDOM by satellite remote sensing // *Remote Sens. Environ.* 2005a. №94. P. 535–540.
67. Kutser T., Pierson D.C., Tanvik L., Reinart A., Sobek S., Kallio K. Using satellite remote sensing to estimate the colored dissolved organic matter absorption coefficient in lakes // *Ecosystems.* 2005b. №8. P. 709–720.
68. Laurion I., Ventura M., Catalan J., Psenner R., Sommaruga R. Attenuation of ultraviolet radiation in mountain lakes: Factors controlling the among-and within-lake variability // *Limnol Oceanogr.* 2000. N45. P.1274–1288.
69. Moran M.A. Jr., Sheldon W.M., Zepp R.G. Carbon loss and optical property changes during long-term photochemical and biological degradation of estuarine dissolved organic matter // *Limnol Oceanogr.* 2000. N45. P.1254–1264
70. Mostofa K. M. G., C. Q. Liu, D. Vione, M. A. Mottaleb, H. Ogawa, S.M. Tareq, T. Yoshioka. *Photobiogeochemistry of Organic Matter // Environmental Science and Engineering*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 2013. p.1-138.
71. Mostofa K.M.G., Liu C.Q., Wu F.C., Fu P.Q., Ying W.L., Yuan J. Overview of key biogeochemical functions in lake ecosystem: impacts of organic matter pollution and global warming // *Keynote Speech, Proceedings of the 13 th World Lake Conference, 1–5 November 2009 (a).* pp 59–60.
72. Mostofa K., Wu F., Yoshioka T., Sakugawa H., Tanoue E. Dissolved organic matter in the aquatic environment // *Natural organic matter and its significance in the environment.* Science press. 2009(b). P. 3–66
73. O’Sullivan D.W., Neale P.J., Coffin R.B., Boyd T.J., Osburn C.L. Photochemical production of hydrogen peroxide and methylhydroperoxide in coastal waters. *Mar Chem.* 2005. N97. P. 14–33
74. Rast W., Thornton J.A. Trends in eutrophication research and control // *Hidrological processes.* 1996. V. 10. P. 295–313.
75. Reche I., Pace M.L., Cole J.J. Relationship of trophic and chemical conditions to photobleaching of dissolved organic matter in lake ecosystems // *Biogeochemistry.* 1999. N44. P. 259–280
76. Rutledge S., Campbell DI., Baldocchi D., Schipper LA. Photodegradation leads to increased carbon dioxide losses from terrestrial organic matter // *Glob Change Biol.* 2010
77. Skorospekhova T., Heim B., Chetverova A., Fedorova I., Alekseeva N., Bobrova O., Dvornikov Y., Eulenburg A., Rössler S., Morgenstern A. Coloured Dissolved Organic Matter Variability in Tundra Lakes of the Central Lena River Delta (NSiberia) // *Polarforschung.* 2018. T. 87. № 2. C. 125–133

78. Sobek S., Tranvik L.J., Prairie Y.T., Kortelainen P., Cole J.J. Patterns and regulation of dissolved organic carbon: an analysis of 7,500 widely distributed lakes // *Limnol. Oceanogr.* 2007
79. Sommaruga R., Psenner R. Ultraviolet radiation in a high mountain lake of the Austrian Alps: air and underwater measurements // *Photochem. and Photobiol.* 1997. P. 957–963.
80. Søndergaard M., Thomas D.N. Dissolved Organic Matter (DOM) in Aquatic Ecosystems: A Study of European Catchments and Coastal Waters // Schultz Graphic. 2004.
81. Vincent Vantrepotte, François-Pierre Danhiez, Hubert Loisel, Sylvain Ouillon, Xavier Mériaux, Arnaud Cauvin, and David Dessailly. CDOM-DOC relationship in contrasted coastal waters: implication for DOC retrieval from ocean color remote sensing observation // *Optics Express*, Vol. 23, N1. 2015. p. 33-54
82. Vin on-Leite B., Casenave C. Modelling eutrophication in lake ecosystems: A review // *Science of the Total Environment.* 2019. V. 651. P. 2985–3001.
83. Vione D., Lauri V., Minero C., Maurino V., Malandrino M., Carlotti M.E., Olariu R.I., Arsene C. Photostability and photolability of dissolved organic matter upon irradiation of natural water samples under simulated sunlight // *Aquat. Sci.* 2009. P. 34–45.
84. Wetzel R.G. *Limnology: Lake and River Ecosystems* // Academic Press. 2001. P. 731-759
85. Yang M.D., Merry C.J., Sykes R.M. Integration of water quality modeling, remote sensing, and GIS // *Journal of the American Water Resources Association.* 1999. V. 35 (2). P. 253–263.
86. Zaneveld J.R.V. Penetration of ultraviolet radiation into natural waters // *Impacts of climatic change on the biosphere.* Dept. of Transportation Climatic Assessment Program, IAP Monograph 5 Pt 1, Ch 2 (Appendix E). 1975. №5. P. 108–166.

Приложения

Приложение 1

Таблица 19. Ведомость органолептических свойств. Август 2020

ДАТА	№ Т.Н.	МЕСТОПОЛОЖЕНИЕ	ХАР-КИ ПРУДА	ЦВЕТ ВОДЫ	ЗАПАХ	ВКУС	ПРОЗРАЧНОСТЬ
02.08.2020	30	Чёрная речка: 59.983957 с.ш. 30.309089 в.д.	Округлый, 40х30м	желтоватая	нет	-	прозрачная
02.08.2020	11	Сад Бенуа 60.017428 с.ш. 30.371559 в.д.	Округлый, D=40м	бесцветная	нет	-	прозрачная
02.08.2020	7	Сад Бенуа 60.018550 с.ш. 30.371353 в.д.	Округлый, D=40м, о-в посередине	желтоватая	Немного пахнет тиной	-	прозрачная
02.08.2020	6	Парк Сосновка 60.021710 с.ш. 30.364606 в.д.	Округлый, D=90м	коричневая	Земля, тина	-	с взвесью
02.08.2020	4	Парк Сосновка 60.024541 с.ш. 30.364041 в.д.	Овальный, 70х170м	коричневая	нет	-	прозрачная
02.08.2020	5	Парк Сосновка 60.029287 с.ш. 30.357109 в.д.	Овальный, 110х40м	коричневая	нет	-	с взвесью
02.08.2020	8	Парк Сосновка 60.029015 с.ш. 30.353919 в.д.	Овальный, 65х30м	Желто- коричневая	земляной	-	с взвесью

ДАТА	№ Т.Н.	МЕСТОПОЛОЖЕНИЕ	ХАР-КИ ПРУДА	ЦВЕТ ВОДЫ	ЗАПАХ	ВКУС	ПРОЗРАЧНОСТЬ
02.08.2020	13	Парк Сосновка 60.027786 с.ш. 30.350849 в.д.	Прямоугольный, 100х50м	желтая	нет	-	прозрачная
02.08.2020	10	Парк Сосновка 60.025853 с.ш. 30.341617 в.д.	Продолговатый, 130х90м, О-в посередине	бесцветная	нет	-	прозрачная
02.08.2020	31	Сертолово 60.150514 с.ш. 30.213982 в.д.	Овальный, 95х20м	желтоватая	нет	-	прозрачная
02.08.2020	34	Сертолово 60.151379 с.ш. 30.215366 в.д.	Продолговатый, 200х50м	желтоватая	нет	-	прозрачная
02.08.2020	20	Сестрорецк 60.096358 с.ш. 29.957555 в.д.	Округлый, D=40м	желтоватая	Перегар, тина	-	прозрачная
02.08.2020	33	Новое Девяткино 60.056157 с.ш. 29.475832 в.д.	Овальный, 270х140м	бесцветная	нет	-	прозрачная
03.08.2020	25	Колпино 59.743789 с.ш. 30.610787 в.д.	Продолговатый, 60х70м	бесцветная	нет	-	прозрачная
03.08.2020	23	Фермский парк, Пушкин 59.723361 с.ш. 30.395036 в.д.	Овальный, 40х20м	желтоватая	нет	-	Прозрачная, но с водорослями

ДАТА	№ Т.Н.	МЕСТОПОЛОЖЕНИЕ	ХАР-КИ ПРУДА	ЦВЕТ ВОДЫ	ЗАПАХ	ВКУС	ПРОЗРАЧНОСТЬ
03.08.2020	17	Пробы не отобраны из-за невозможности подхода к воде					
03.08.2020	32	Колонистский пруд, Пушкин 59.713203 с.ш. 30.4208986 в.д	Вытянутый, 560х90м	Слегка желтоватая	нет	-	прозрачная
03.08.2020	1	Гатчина 59.567636 с.ш. 30.127108 в.д	Прямоугольный, 15х10м	Слегка желтоватая	нет	-	прозрачная
03.08.2020	12	Гатчина 59.577351 с.ш. 30.138857 в.д	Округлый, D=20м	Слегка желтоватая	нет	-	прозрачная
03.08.2020	9	Парк Красное Село (Безымянное оз.) 59.725465 с.ш. 30.096010 в.д	Продолговатый, 100х20м	Сероватая	Канализация	-	Мутноватая
03.08.2020	2	Виллозское городское поселение (Кр. Село) 59.736603 с.ш. 30.110059 в.д	Квадратный, 80х80м	бесцветная	нет	-	прозрачная
03.08.2020	3	Горелово 59.787767с.ш. 30.144325 в.д	Прямоугольный, 60х100м	Слегка желтоватая	Земляной	-	прозрачная

ДАТА	№ Т.Н.	МЕСТОПОЛОЖЕНИЕ	ХАР-КИ ПРУДА	ЦВЕТ ВОДЫ	ЗАПАХ	ВКУС	ПРОЗРАЧНОСТЬ
03.08.2020	27	Красный пруд, Петергоф 59.880882 с.ш. 29.916987 в.д	Прямоугольный, 220х190м	бесцветная	Затхлый	-	прозрачная
03.08.2020	36	Генеральский пруд, Петергоф 59.887038 с.ш. 29.859756 в.д	Овальный, 110х40м	желтоватая	нет	-	прозрачная
03.08.2020	19	Проспект Стачек (Ветеранов 4) 59.849024 с.ш. 30.230494 в.д	Прямоугольный, 120х20м	бесцветная	нет	-	прозрачная
03.08.2020	16	Пруд ус. Шереметьевых (Ветеранов 3) 59.847047 с.ш. 30.234188 в.д	Треугольный 130х70м, о-в посередине	зеленоватая	затхлый	-	Много водорослей
03.08.2020	21	Воронцовский сквер (Ветеранов 2) 59.848086 с.ш. 30.236627 в.д	Вытянутый, 560х90м	бесцветная	земляной	-	мутная
03.08.2020	14	Воронцовский сквер (Ветеранов 1) 59.850289 с.ш. 30.238375 в.д	Продолговатый, 230х150м	желтоватая	затхлый	-	прозрачная
03.08.2020	22	Яблоневый сад 59.865163 с.ш. 30.362110 в.д	Продолговатый, 110х50м	зеленоватая	канализация	-	прозрачная

ДАТА	№ Т.Н.	МЕСТОПОЛОЖЕНИЕ	ХАР-КИ ПРУДА	ЦВЕТ ВОДЫ	ЗАПАХ	ВКУС	ПРОЗРАЧНОСТЬ
03.08.2020	24	Пулковский парк 59.835019 с.ш. 30.328640 в.д	Трапециевидный, о-ва посередине 380x230м	бесцветная	Трава	-	прозрачная
04.08.2020	26	Нижнее Суздальское оз. 60.054575 с.ш. 30.300920 в.д	Вытянутый, 1850x630м	желтоватая	нет	-	прозрачная
04.08.2020	28	Среднее Суздальское оз. 60.042184 с.ш. 30.305299 в.д	Округлый, D=350м	желтоватая	нет	-	прозрачная
04.08.2020	18	Верхнее Суздальское оз. 60.038615 с.ш. 30.310434 в.д	Бликий к прямоугольному 550x350м	бесцветная	растения	-	прозрачная
04.08.2020	29	Серебряный пруд 60.003608 с.ш. 30.346373 в.д	Продолговатый, 190x40м	бесцветная	затхлый	-	прозрачная
04.08.2020	15	Территория Лесной (Энгельса) 59.998185 с.ш. 30.327336 в.д	Вытянутый, 100x20м	бесцветная	нет	-	прозрачная
04.08.2020	35	Пионерский сад 59.992293 с.ш. 30.325938 в.д	Продолговатый, 60x20м	желтоватая	нет	-	прозрачная

Таблица 20. Ведомость органолептических свойств. Сентябрь 2020

ДАТА	№ Т.Н.	МЕСТОПОЛОЖЕНИЕ	ХАР-КИ ПРУДА	ЦВЕТ ВОДЫ	ЗАПАХ	ВКУС	ПРОЗРАЧНОСТЬ
26.09.2020	30	Чёрная речка: 59.983957 с.ш. 30.309089 в.д.	Округлый, 40х30м	Желто- коричневая	нет	-	прозрачная
26.09.2020	35	Пионерский сад 59.992293 с.ш. 30.325938 в.д	Продолговатый, 60х20м	желтоватая	нет	-	прозрачная
26.09.2020	15	Территория Лесной (Энгельса) 59.998185 с.ш. 30.327336 в.д	Вытянутый, 100х20м	Слегка желтоватая	нет	-	Слегка мутная
26.09.2020	29	Серебряный пруд 60.003608 с.ш. 30.346373 в.д	Продолговатый, 190х40м	бесцветная	нет	-	прозрачная
26.09.2020	11	Сад Бенуа 60.017428 с.ш. 30.371559 в.д.	Округлый, D=40м	желтоватая	нет	-	прозрачная
26.09.2020	7	Сад Бенуа 60.018550 с.ш. 30.371353 в.д.	Округлый, D=40м, о-в посередине	бесцветная	Немного пахнет тиной, землей	-	прозрачная
26.09.2020	6	Парк Сосновка 60.021710 с.ш. 30.364606 в.д.	Округлый, D=90м	желтоватая	Земля, тина	-	Слегка мутная

ДАТА	№ Т.Н.	МЕСТОПОЛОЖЕНИЕ	ХАР-КИ ПРУДА	ЦВЕТ ВОДЫ	ЗАПАХ	ВКУС	ПРОЗРАЧНОСТЬ
26.09.2020	4	Парк Сосновка 60.024541 с.ш. 30.364041 в.д.	Овальный, 70x170м	бесцветная	землистый	-	прозрачная
26.09.2020	5	Парк Сосновка 60.029287 с.ш. 30.357109 в.д.	Овальный, 110x40м	желтоватая	землистый	-	прозрачная
26.09.2020	8	Парк Сосновка 60.029015 с.ш. 30.353919 в.д.	Овальный, 65x30м	Желто- коричневая	земляной	-	прозрачная
26.09.2020	13	Парк Сосновка 60.027786 с.ш. 30.350849 в.д.	Прямоугольный, 100x50м	желтоватая	нет	-	прозрачная
26.09.2020	10	Парк Сосновка 60.025853 с.ш. 30.341617 в.д.	Продолговатый, 130x90м, О-в посередине	желтоватая	нет	-	прозрачная
26.09.2020	20	Сестрорецк 60.096358 с.ш. 29.957555 в.д.	Округлый, D=40м	бесцветная	нет	-	прозрачная
26.09.2020	34	Сертолово 60.151379 с.ш. 30.215366 в.д.	Продолговатый, 200x50м	желтоватая	нет	-	прозрачная
26.09.2020	31	Сертолово 60.150514 с.ш. 30.213982 в.д.	Овальный, 95x20м	желтоватая	нет	-	прозрачная

ДАТА	№ Т.Н.	МЕСТОПОЛОЖЕНИЕ	ХАР-КИ ПРУДА	ЦВЕТ ВОДЫ	ЗАПАХ	ВКУС	ПРОЗРАЧНОСТЬ
26.09.2020	18	Верхнее Суздальское оз. 60.038615 с.ш. 30.310434 в.д	Бликий к прямоугольному 550х350м	бесцветная	нет	-	прозрачная
26.09.2020	28	Среднее Суздальское оз. 60.042184 с.ш. 30.305299 в.д	Округлый, D=350м	желтоватая	нет	-	прозрачная
26.09.2020	26	Нижнее Суздальское оз. 60.054575 с.ш. 30.300920 в.д	Вытянутый, 1850х630м	желтоватая	нет	-	прозрачная
27.09.2020	19	Проспект Стачек (Ветеранов 4) 59.849024 с.ш. 30.230494 в.д	Прямоугольный, 120х20м	бесцветная	нет	-	прозрачная
27.09.2020	16	Пруд ус. Шереметьевых (Ветеранов 3) 59.847047 с.ш. 30.234188 в.д	Треугольный 130х70м, о-в посередине	желтоватая	Слабо землистый	-	прозрачная
27.09.2020	21	Воронцовский сквер (Ветеранов 2) 59.848086 с.ш. 30.236627 в.д	Вытянутый, 560х90м	жёлтая	землистый	-	мутная
27.09.2020	14	Воронцовский сквер (Ветеранов 1) 59.850289 с.ш. 30.238375 в.д	Продолговатый, 230х150м	желтоватая	землистый	-	Слегка мутная

ДАТА	№ Т.Н.	МЕСТОПОЛОЖЕНИЕ	ХАР-КИ ПРУДА	ЦВЕТ ВОДЫ	ЗАПАХ	ВКУС	ПРОЗРАЧНОСТЬ	
27.09.2020	27	Красный пруд, Петергоф 59.880882с.ш. 29.916987 в.д	Прямоугольный, 220х190м	бесцветная	Запах рыбы	-	прозрачная	
27.09.2020	36	Генеральский пруд, Петергоф 59.887038 с.ш. 29.859756 в.д	Овальный, 110х40м	бесцветная	нет	-	прозрачная	
27.09.2020	3	Горелово 59.787767с.ш. 30.144325 в.д	Прямоугольный, 60х100м	бесцветная	Запах озерной воды	-	прозрачная	
27.09.2020	9	Парк Красное Село 59.725465 с.ш. 30.096010 в.д	Продолговатый, 100х20м	бесцветная	нет	-	прозрачная	
27.09.2020	2	Виллозское городское поселение (Кр. Село) 59.736603 с.ш. 30.110059 в.д	Пробы не отобраны из-за невозможности подхода к воде					
27.09.2020	32	Колонистский пруд, Пушкин 59.713203 с.ш. 30.4208986 в.д	Вытянутый, 560х90м	бесцветная	нет	-	прозрачная	
27.09.2020	23	Фермский парк, Пушкин 59.723361 с.ш. 30.395036 в.д	Овальный, 40х20м	желтоватая	нет	-	Прозрачная	

ДАТА	№ Т.Н.	МЕСТОПОЛОЖЕНИЕ	ХАР-КИ ПРУДА	ЦВЕТ ВОДЫ	ЗАПАХ	ВКУС	ПРОЗРАЧНОСТЬ
27.09.2020	17	Пробы не отобраны из-за невозможности подхода к воде					
27.09.2020	1	Гатчина 59.567636 с.ш. 30.127108 в.д	Прямоугольный, 15х10м	бесцветная	нет	-	прозрачная
27.09.2020	12	Гатчина 59.577351 с.ш. 30.138857 в.д	Округлый, D=20м	Слегка желтоватая	нет	-	прозрачная
27.09.2020	24	Пулковский парк 59.835019 с.ш. 30.328640 в.д	Трапециевидный, о-ва посередине 380х230м	бесцветная	нет	-	прозрачная
27.09.2020	22	Яблоневый сад 59.865163 с.ш. 30.362110 в.д	Продолговатый, 110х50м	желтоватая	нет	-	прозрачная
28.09.2020	33	Новое Девяткино 60.056157 с.ш. 29.475832 в.д.	Овальный, 270х140м	бесцветная	нет	-	прозрачная
30.09.2020	25	Колпино 59.743789 с.ш. 30.610787 в.д	Продолговатый, 60х70м	Слегка желтоватая	нет	-	прозрачная

Таблица 21. Ведомость описания объектов и отбора проб. Июнь 2020

ДАТА	№ Т.Н.	ОПИСАНИЕ	ОПИСАНИЕ ПРУДА
15.06.2020	1	Бетонные плиты, местами выломаны. Есть дренажные трубы, стока нет. Клены, рябины, береза поодаль от пруда. Вокруг только рудеральные растения. Есть о-в посередине.	Мусор в воде. Камни.
15.06.2020	12	Ивы, рудеральная растительность, рогоз повсеместно.	Рогоз повсеместно, ряска, листья на поверхности воды. Много уток. Бытовой мусор в воде.
15.06.2020	9	Запах канализации и затхлости. Ива, ольха повсеместно. Кострища, мусор, недалеко - пляж. Есть трубы, стока нет.	Мусор в воде. Вода мутная. Рогоз и ива в воде повсеместно. Вода, в целом, серая.
15.06.2020	2	Рядом гаражный кооператив (5м). Пахнет лаками и красками. Берега заросшие (рогоз, березы). Кучи стройматериалов. Знак «купаться запрещено». Кострище, бытовой мусор, покрышки.	На воде растительности нет, берега низкие, заросшие.
15.06.2020	3	Рядом дорога (10м), Макдоналдс и мусор. Облагороженные берега. Ивы в некоторых местах нависают. Домики для птиц.	Немного пыльцы на водной поверхности в углах пруда. Запаха нет. На воде растительности не наблюдается.
16.06.2020	30	Ива, ольха, липа на берегах. Деревья склонены над водой. Берега местами без растительности. Есть рогоз, но не повсеместно	Поверхность чистая. Склоны крутые.
16.06.2020	35	Облагорожено. Есть мост, берега с камнями. Стройка, запах (100м). Дорога в 30м.	Вода темная, листья на поверхности. Рогоз единично.
16.06.2020	15	Много деревьев и травянистой растительности по берегам: Ива, ольха, рогоз. Не облагорожено. Берега оползают к воде. Дорога в 3м. Запах затхлости.	Ряска по всей поверхности. Рогоз вдоль всех берегов. Вода зеленая.

ДАТА	№ Т.Н.	ОПИСАНИЕ	ОПИСАНИЕ ПРУДА
16.06.2020	29	Территория облагорожена. Рядом стройка (30 м). Ивы, небольшое нависание. Мусора нет. Слабый запах затхлости.	Вода покрыта кубышками. Есть пыльца на воде. Цвет воды коричневый.
16.06.2020	26	Березы, Ивы, Осины. Рогоз по берегам. Нависание небольшое. Очень близко к воде участки и дома.	Зеленые водоросли в воде. В целом, цвет воды серо-зеленый. Поверхность без зарастания.
16.06.2020	28	Станция вейкбординга, лодочная станция. Рогоз повсеместно вдоль берега. Хвощи. Ивы.	Вода беспокойная. Кубышки (редко). Вода темная.
16.06.2020	18	Частично облагорожено. Есть пляжи. Ивы, Осины, местами - сосны. Нависание единичное. Жилые постройки и дорога вплотную к воде.	По берегам – разнотравье, рогоз. В целом, поверхность чистая. Вода темная.
16.06.2020	31	Песчаный берег, крутые берега. Ели, березы. Земля часто вообще без травянистой растительности. Есть проток в т.н. 34.	Вода мутная, дна не видно. 2 трубы без стока. Зарастания макрофитами нет.
16.06.2020	34	Крутые берега. Березы, сосны, ивы. Рогоз местами.	Вода мутная, растительности на поверхности воды нет.
16.06.2020	20	Рядом забор со строительным мусором. Много бытового мусора. Ивы склонены над водой. Рогоз повсеместно. Необлагорожено.	Поверх-ть почищена техникой. Дна не видно. Берега оползают к воде. Много металла и мусора на берегу.
16.06.2020	33	Бытовой мусор, нависание кустарников. Ивы, Березы. Травянистой растительности почти нет. Рядом недострой и магазин у воды.	Водная поверхность чистая, без пыльцы, ряски. Зарастания нет. Берега оползают. Пологие, невысокие.
17.06.2020	14	Ивы, березы – единично. Нависание над водой. Есть сток в другие пруды. Запах канализации.	О-в посередине. В целом, цвет воды серо-зеленый. Ряска. Рогоз вдоль берега повсеместно.

ДАТА	№ Т.Н.	ОПИСАНИЕ	ОПИСАНИЕ ПРУДА
17.06.2020	21	Множество ив вокруг, нависание. Мусора нет. Запаха нет.	В целом, цвет воды зеленый, рогоз – местами.
17.06.2020	16	На о-ве посередине – березы, ивы, склоняются над водой. Склоны крутые, поросшие рудеральной растительностью. Пешеходная дорожка. Труба от т.н. 21.	В целом, цвет воды зеленый. Ряска, водоросли. Рогоз по берегам, повсеместно.
17.06.2020	19	Не облагорожено. Ивы вокруг всего пруда, нависают. Рядом дорога (3м). Берега средней крутизны. Рудеральная растительность.	Ряска. Растения торчат из воды. В целом, цвет воды зеленый.
17.06.2020	36	Территория облагорожена. Мусора нет. Березы, осины поодаль. Рядом дорога.	Очищен с помощью техники. Бетонные плиты, уходят под воду.
17.06.2020	27	Рядом дорога (3м). Территория облагорожена. Мусора нет. Тополя. Нависания нет. Из травянистой растительности – рудеральные растения, рогоз.	Около берегов – листья. Редко – рогоз. Много тины в толще воды. Вода отошла от берегов.
17.06.2020	23	Ивы сильно склонены над водой. Пруд облагорожен камнями. Есть слив далее в канаву. Мусора нет. Труба из канавы в пруд, стока нет.	В воде ряска, немного. Местами есть рогоз, торчит из воды. Маслянистые пятна.
17.06.2020	17	Крутые заросшие берега. Деревья нависают над водой.	Пыльца и листья скапливаются в наиболее узких местах.
17.06.2020	32	Набережная, пляжи. Табличка «купаться не рекомендуется». Ивы местами нависают. Загрязнения нет.	Ряска, листья, рогоз повсеместно. Много тины. Берега в некоторых местах оползают.
17.06.2020	25	Территория облагорожена. Есть мелкий бытовой мусор рядом у дороги. Есть отверстия для слива в бетоне (бордюры вокруг пруда). Ивы, березы, ели. Нависания нет, запаха нет.	Ряска, пыльца местами. Дна не видно. Много уток. Вода, в целом, зеленая.

ДАТА	№ Т.Н.	ОПИСАНИЕ	ОПИСАНИЕ ПРУДА
17.06.2020	24	Территория облагорожена (бетонные берега). Недалеко дорога. Ивы нависают над водой (единично). Мусора нет.	Поверхность чистая, редко – пыльца. Вода зеленая.
17.06.2020	22	Территория облагорожена (бетонные берега, мост). Ивы, нависания нет. Запах затхлости. Из дренажных труб стока нет.	Есть тина, листья. Вода темная.
18.06.2020	11	На самом берегу деревьев нет. Поодаль – ива. Территория облагорожена, мусора нет.	Листья кубышек на поверхности воды. Осоки, злаки. Есть листья на поверхности воды.
18.06.2020	7	Остров посередине. Березы, Ивы. Рогоз, осоки. Кусты по берегу. Запах затхлости местами.	Пыльца на водной поверхности. В целом, вода коричневая, дна не видно. Маслянистые пятна
18.06.2020	6	Ива, кустарники склонены к воде. Берега пологие, сползают к воде. Рядом дорога. Загрязнений на берегу нет.	Поверхность чистая, только по берегам макрофиты.
18.06.2020	4	Территория облагорожена. Берега пологие, сползают к воде. Ивы, сосны, березы недалеко от пруда. Есть нависание. Разнотравье, рогоз, злаки.	Дна не видно, вода полупрозрачная.
18.06.2020	5	Территория облагорожена. Ивы, березы склоняются над водой. Разнотравье, осоки. Рогоза нет. Есть нависание. Есть бессточная труба.	Дна не видно, вода желто-зеленая, повсеместно пыльца на воде. Обвалистые берега.
18.06.2020	8	Березы, рябины, ивы. Бытовой мусор. Нависание над водой	Вода темная, есть пыльца, листья. Пакеты в воде. Макрофиты только по берегам. На северо-восточном берегу несанкционированное место отдыха: костровища, обугленные брёвна, мелкий бытовой мусор. Обнаружены две выведенные в пруд дренажные трубы
18.06.2020	13	Есть мостки, бетонные подходы. Ивы, осины. Злаки преобладают, рогоз местами. Оползающий берег.	Вода коричневая, тина. Макрофиты только по берегам.

ДАТА	№ Т.Н.	ОПИСАНИЕ	ОПИСАНИЕ ПРУДА
18.06.2020	10	Березы, ивы. Сильное зарастание. Берега оползают в воду. Неблагороженная территория. Местами - кострища	Поверхность полностью покрыта листьями. Вода прозрачная. Запах свежей травы, ряска. В целом, вода зеленоватая.

Таблица 22. Ведомость описания объектов и отбора проб. Август 2020

ДАТА	№ Т.Н.	ОПИСАНИЕ	ОПИСАНИЕ ПРУДА	Отбор проб на биогены	Отбор проб на сdom	рН	ЭЛ-ТЬ, μS	O ₂ , ppm	CO ₂ , мг/л	ТЕМП., °C
02.08.2020	30	Ива, ольха, липа на берегах. Деревья склонены над водой. Берега местами без растительности. Есть рогоз, но не повсеместно	Тина в воде, дна не видно, пыльца на воде. Склоны крутые.	+	+	7,44	245	6,45	5,24	20,7
02.08.2020	11	На самом берегу деревьев нет. Поодаль – ива. Территория облагорожена, мусора нет.	Плоды ивы на поверхности воды. Осоки, злаки. Есть листья на поверхности воды.	+	+	7,51	254	3,99	2,49	23,9
02.08.2020	7	Остров посередине. Березы, Ивы. Рогоз, осоки.	Пыльца на водной поверхности. В целом, вода мутная, дна не видно.	+	+	7,39	172	5,88	3,15	23,6

ДАТА	№ Т.Н.	ОПИСАНИЕ	ОПИСАНИЕ ПРУДА	Отбор проб на биогены	Отбор проб на cdom	pH	ЭЛ-ТЬ, μS	O2, ppm	CO2, мг/л	ТЕМП., °C
02.08.2020	6	Ива, кустарники склонены к воде. Берега пологие, сползают к воде. Рядом дорога. Загрязнений на берегу нет.	Листья, пыльца, мусть на воде, ряска. Есть маслянистые пятна.	+	+	7,76	112	7,35	0,44	23,7
02.08.2020	4	Территория облагорожена. Берега пологие, сползают к воде. Ивы, сосны, березы недалеко от пруда. Разнотравье, рогоз, злаки.	Дна не видно, вода полупрозрачная, много тины.	+	+	6,40	35	4,88	0,95	21,8
02.08.2020	5	Территория облагорожена. Ивы, березы склоняются над водой. Разнотравье, осоки. Рогоза нет, сильного зарастания тоже. Есть бессточная труба.	Дна не видно, вода мутная, тины не наблюдается. Обвалистые берега..	+	+	6,38	91	4,44	9,61	21,6
02.08.2020	8	Березы, рябины, ивы. Купальница, злаки. Нависание над водой	Вода темная, много пыльцы, листья. Мутная вода. Макрофиты только по берегам. Масляные пятна.	+	+	6,00	82	8,21	20,83	22,0

ДАТА	№ Т.Н.	ОПИСАНИЕ	ОПИСАНИЕ ПРУДА	Отбор проб на биогены	Отбор проб на сdom	pH	ЭЛ-ТЬ, μS	O2, ppm	CO2, мг/л	ТЕМП., °C
02.08.2020	13	Есть мостки, бетонные подходы. Ивы, осины. Злаки преобладают, рогоз местами. Оползающий берег.	Вода темная, макрофиты только по берегам.	+	+	6,55	116	4,05	8,58	21,1
02.08.2020	10	Березы, ивы. Сильное зарастание. Берега оползают в воду. Неблагогороженная территория. Местами - кострища	Поверхность полностью покрыта листьями. Вода прозрачная. Запах свежей травы, ряска. В целом, вода зеленоватая.	+	+	6,61	469	8,19	11,00	21,4
02.08.2020	31	Песчаный берег, крутые берега. Ели, березы. Земля часто вообще без травянистой растительности. Есть проток в т.н. 34.	Вода мутная, дна не видно. 2 трубы без стока. Зарастания макрофитами нет.	+	+	6,52	237	7,45	9,31	18,4
02.08.2020	34	Крутые берега. Березы, сосны, ивы. Рогоз местами.	Вода мутная, растительности на поверхности воды нет.	+	+	6,66	240	9,15	8,29	18,3

ДАТА	№ Т.Н.	ОПИСАНИЕ	ОПИСАНИЕ ПРУДА	Отбор проб на биогены	Отбор проб на сdom	pH	ЭЛ-ТЬ, μS	O2, ppm	CO2, мг/л	ТЕМП., °C
02.08.2020	20	Рядом забор со строительным мусором. Много бытового мусора. Ивы склонены над водой. Рогоз повсеместно. Необлагорожено.	Кубышки. Дна не видно. Берега оползают к воде.	+	+	7,36	573	4,29	13,20	19,6
02.08.2020	33	Бытовой мусор, навесание кустарников. Ивы, Березы. Травянистой растительности почти нет. Рядом недострой и магазин у воды.	Водная поверхность чистая, без пыльцы, ряски. Зарастания нет. Берега оползают. Пологие, невысокие.	+	+	7,27	282	7,64	4,25	19,7
03.08.2020	25	Территория облагорожена. Есть мелкий бытовой мусор (фантики) рядом у дороги. Есть отверстия для слива в бетоне (бордюры вокруг пруда). Ивы, березы, ели. Нависания нет.	Много кубышек на поверхности воды, листья. Ряски, пыльцы не наблюдается. Дна не видно. Много уток.	+	+	6,91	226	4,81	11,00	21,3

ДАТА	№ Т.Н.	ОПИСАНИЕ	ОПИСАНИЕ ПРУДА	Отбор проб на биогены	Отбор проб на сdom	pH	ЭЛ-ТЬ, μS	O2, ppm	CO2, мг/л	ТЕМП., °C
03.08.2020	23	Ивы сильно склонены над водой. Пруд облагорожен камнями. Есть слив далее в канаву. Мусора нет.	В воде мелкие зеленые водоросли, ряска. Местами есть рогоз.	+	+	7,52	321	5,81	3,89	19,2
03.08.2020	17	Пробы не отобраны из-за невозможности подхода к воде								
03.08.2020	32	Набережная, пляжи. Табличка «купаться не рекомендуется». Ивы местами нависают. Загрязнения нет.	Ряска, листья, рогоз повсеместно. Много тины. Берега в некоторых местах оползают.	+	+	9,04	344	5,72	0,00	22,5
03.08.2020	1	Бетонные плиты, местами выломаны. Есть дренажные трубы, стока нет. Клены, рябины, береза поодаль от пруда. Вокруг только рудеральные растения. Есть о-в посередине.	Мусор в воде. Ряска. Камни.	+	+	7,01	426	5,23	13,79	21,7

ДАТА	№ Т.Н.	ОПИСАНИЕ	ОПИСАНИЕ ПРУДА	Отбор проб на биогены	Отбор проб на сdom	pH	ЭЛ-ТЬ, μS	O2, ppm	CO2, мг/л	ТЕМП., °C
03.08.2020	12	Запах канализации повсеместно. Ивы, рудеральная растительность, рогоз.	Рогоз повсеместно, ряска, листья на поверхности воды. Много уток. Бытовой мусор в воде.	+	+	7,44	360	4,67	4,62	20,1
03.08.2020	9	Запах канализации и затхлости. Ива, ольха повсеместно. Кострища, мусор.	Мусор в воде. Вода мутная. Рогоз и ива в воде повсеместно. Вода, в целом, серая.	+	+	7,39	925	4,89	12,47	17,8
03.08.2020	2	Рядом гаражный кооператив (5м). Пахнет лаками и красками. Берега заросшие (рогоз, березы). Кучи стройматериалов.	На воде растительности нет, берега низкие, заросшие.	+	+	7,40	347	3,75	5,28	20,5
03.08.2020	3	Рядом дорога (10м), Макдоналдс. Облагороженные берега. Ивы в некоторых местах нависают. Домики для птиц. Мусора нет.	Немного пылицы на водной поверхности. Запаха нет. На воде растительности не наблюдается.	+	+	7,83	343	3,91	1,10	21,1

ДАТА	№ Т.Н.	ОПИСАНИЕ	ОПИСАНИЕ ПРУДА	Отбор проб на биогены	Отбор проб на сdom	pH	ЭЛ-ТЬ, µS	O2, ppm	CO2, мг/л	ТЕМП., °С
03.08.2020	27	Рядом дорога (3м). Территория облагорожена. Мусора нет. Тополя. Нависания нет. Из травянистой растительности – рудералы.	Водная поверхность чистая. Около берегов – листья. Редко – рогоз.	+	+	7,92	421	4,48	3,67	19,8
03.08.2020	36	Территория облагорожена. Мусора нет. Березы, осины поодаль. Рядом дорога.	Ряска редко. Рогоз редко, срезан. Бетонные плиты, уходят под воду.	+	+	8,31	243	6,43	-	20,1
03.08.2020	19	Не облагорожено. Ивы вокруг всего пруда, нависают. Рядом дорога (3м). Берега средней крутизны. Рудеральная растительность.	Кубышки повсеместно. Ряска, тина. Растения торчат из воды. В целом, цвет воды зеленый.	+	+	8,20	587	7,39	-	18,9
03.08.2020	16	На о-ве посередине – березы, ивы, склоняются над водой. Склоны крутые, поросшие рудеральной растительностью. Пешеходная дорожка.	В целом, цвет воды зеленый. Ряска, водоросли, кубышки. Рогоз по берегам, редко.	+	+	8,54	698	6,74	-	20,6

ДАТА	№ Т.Н.	ОПИСАНИЕ	ОПИСАНИЕ ПРУДА	Отбор проб на биогены	Отбор проб на сdom	pH	ЭЛ-ТЬ, μS	O2, ppm	CO2, мг/л	ТЕМП., °C
03.08.2020	21	Множество ив вокруг, нависание. Мелкий бытовой мусор (пакеты). Пахнет затхлостью.	В целом, цвет воды зеленый. Кубышки, рогоз – местами.	+	+	7,63	663	7,57	2,27	20,2
03.08.2020	14	Ивы, березы – единично. Нависание над водой. Есть сток в другие пруды.	О-в посередине. В целом, цвет воды серо-зеленый. Кубышки. Рогоз вдоль берега повсеместно.	+	+	7,49	702	3,23	9,09	19,9
03.08.2020	22	Территория облагорожена (бетонные берега, мост). Ивы, нависания нет. Запах затхлости.	Кубышки, листья повсеместно. Вода темная. Из дренажных труб стока нет.	+	+	8,09	538	4,03	-	20,6
03.08.2020	24	Территория облагорожена (бетонные берега). Недалеко дорога. Ивы нависают над водой (единично). Мусора нет.	Пов-ть чистая, редко – пыльца, пучки скошенной травы. Вода темная.	+	+	7,44	630	4,96	10,78	19,7

ДАТА	№ Т.Н.	ОПИСАНИЕ	ОПИСАНИЕ ПРУДА	Отбор проб на биогены	Отбор проб на сdom	pH	ЭЛ-ТЬ, μS	O2, ppm	CO2, мг/л	ТЕМП., °C
04.08.2020	26	Березы, Ивы, Осины. Рогоз по берегам. Нависание небольшое. Очень близко к воде участки и дома.	Зеленые водоросли в воде. В целом, цвет воды серо-зеленый. Поверхность без зарастания.	+	+	7,93	481	5,16	3,01	20,5
04.08.2020	28	Станция вейкбординга, лодочная станция. Рогоз повсеместно вдоль берега. Хвощи. Ивы.	Вода беспокойная. Кубышки (редко). Вода темная.	+	+	7,21	563	5,36	6,82	20,3
04.08.2020	18	Частично облагорожено. Есть пляжи. Ивы, Осины, местами-сосны. Нависание единичное. Жилые постройки и дорога вплотную к воде.	По берегам – разнотравье, рогоз. В целом, поверхность чистая. Вода темная.	+	+	7,83	497	4,77	1,83	20,2
04.08.2020	29	Территория облагорожена. Рядом стройка (30 м). Ивы, небольшое нависание. Мусора нет. Слабый запах затхлости.	Вода покрыта кубышками. Есть пыльца на воде. Цвет воды коричневый.	+	+	8,04	534	3,77	0,81	20,4

ДАТА	№ Т.Н.	ОПИСАНИЕ	ОПИСАНИЕ ПРУДА	Отбор проб на биогены	Отбор проб на сdom	pH	ЭЛ-ТЬ, µS	O2, ppm	CO2, мг/л	ТЕМП., °C
04.08.2020	15	Много деревьев и травянистой растительности по берегам: Ива, ольха, рогоз. Не облагорожено. Берега оползают к воде. Дорога в 3м. Запах затхлости.	Ряска по всей поверхности. Рогоз вдоль всех берегов. Вода зеленая.	+	+	6,97	688	3,37	21,85	19,7
04.08.2020	35	Облагорожено. Есть мост, берега с камнями. Стройка, запах (100м). Дорога в 30м.	Вода темная, листья на поверхности. Рогоз единично.	+	+	7,27	688	3,37	20,39	19,7

Таблица 23. Ведомость описания объектов и отбора проб. Сентябрь 2020

ДАТА	№ Т.Н.	ОПИСАНИЕ	ОПИСАНИЕ ПРУДА	Отбор проб на биогены	Отбор проб на сdom	pH	ЭЛ-ТЬ, µS	O2, ppm	CO2, мг/л	ТЕМП., °C
26.09.2020	30	Ива, ольха, липа на берегах. Деревья склонены над водой. Берега местами без растительности. Есть рогоз, но не повсеместно	Темная вода, листья на поверхности. Макрофиты по берегу (вегетируют). Маслянистые пятна на поверхности.	+	+	7,64	295	8,91	24,20	13,7

ДАТА	№ Т.Н.	ОПИСАНИЕ	ОПИСАНИЕ ПРУДА	Отбор проб на биогены	Отбор проб на сdom	pH	ЭЛ-ТЬ, μS	O2, ppm	CO2, мг/л	ТЕМП., °C
26.09.2020	35	Облагорожено. Есть мост, берега с камнями. Стройка, запах (100м). Дорога в 30м.	Вода темная, листья на поверхности.	+	+	7,69	719	8,02	39,97	14,8
26.09.2020	15	Много деревьев и травянистой растительности по берегам: Ива, ольха, рогоз. Не облагорожено. Берега оползают к воде. Дорога в 3м. Запах затхлости.	Ряска по всей поверхности. Вода темная.	+	+	7,92	665	7,24	32,12	14,0
26.09.2020	29	Территория облагорожена. Рядом стройка (30 м). Ивы, небольшое нависание. Мусора нет. Слабый запах затхлости.	Вода покрыта редкими листьями..	+	+	8,13	519	8,52	9,83	14,2
26.09.2020	11	На самом берегу деревьев нет. Поодаль – ива. Территория облагорожена, мусора нет.	Вода темная. Поверхность чистая.	+	+	8,71	278	9,31	0,73	16,2

ДАТА	№ Т.Н.	ОПИСАНИЕ	ОПИСАНИЕ ПРУДА	Отбор проб на биогены	Отбор проб на сdom	рН	ЭЛ-ТЬ, μS	O ₂ , ppm	CO ₂ , мг/л	ТЕМП., °C
26.09.2020	7	Остров посередине. Березы, Ивы. Рогоз, осоки.	Опавшие листья, макрофиты по берегам.	+	+	7,98	237	9,84	8,87	16,0
26.09.2020	6	Ива, кустарники склонены к воде. Берега пологие, сползают к воде. Рядом дорога. Загрязнений на берегу нет.	Листья на воде.	+	+	7,73	134	7,59	7,19	14,7
26.09.2020	4	Территория облагорожена. Берега пологие, сползают к воде. Ивы, сосны, березы недалеко от пруда. Разнотравье, рогоз, злаки.	Листья на воде. Вода желто-зеленая.	+	+	8,06	54	8,22	8,36	17,0
26.09.2020	5	Территория облагорожена. Ивы, березы склоняются над водой. Разнотравье, осоки. Рогоза нет, сильного зарастания тоже. Есть бессточная труба.	Дна не видно, листья (немного). Обвалистые берега..	+	+	7,77	99	8,57	7,48	16,2

ДАТА	№ Т.Н.	ОПИСАНИЕ	ОПИСАНИЕ ПРУДА	Отбор проб на биогены	Отбор проб на сdom	pH	ЭЛ-ТЬ, μS	O2, ppm	CO2, мг/л	ТЕМП., °C
26.09.2020	8	Березы, рябины, ивы. Купальница, злаки. Нависание над водой	Вода темная, макрофиты только по берегам. Много листьев	+	+	6,92	88	8,19	69,52	16,4
26.09.2020	13	Есть мостки, бетонные подходы. Ивы, осины. Злаки преобладают, рогоз местами. Оползающий берег.	Вода темная, много листьев	+	+	7,32	138	8,25	16,65	18,0
26.09.2020	10	Березы, ивы. Сильное зарастание. Берега оползают в воду. Неблагороженная территория. Местами - кострица	Поверхность полностью покрыта листьями. Вода прозрачная.	+	+	7,45	513	8,72	59,84	18,6
26.09.2020	20	Рядом забор со строительным мусором, но его намного меньше, чем в августе.. Ивы склонены над водой. Рогоз повсеместно. Неблагорожено.	Кубышки и листья на поверхности.	+	+	7,94	588	8,52	25,15	16,8

ДАТА	№ Т.Н.	ОПИСАНИЕ	ОПИСАНИЕ ПРУДА	Отбор проб на биогены	Отбор проб на сdom	pH	ЭЛ-ТЬ, μS	O2, ppm	CO2, мг/л	ТЕМП., °C
26.09.2020	34	Крутые берега. Березы, сосны, ивы. Рогоз местами.	Пластиковые бутылки на поверхности воды. Листья повсеместно, но не множественно.	+	+	7,84	261	8,41	13,35	15,8
26.09.2020	31	Песчаный берег, крутые берега. Ели, березы. Земля часто вообще без травянистой растительности. Есть проток в т.н. 34.	Вода мутная, дна не видно. 2 трубы без стока. Зарастания макрофитами нет.	+	+	7,81	273	8,45	13,79	16,3
26.09.2020	18	Частично облагорожено. Есть пляжи. Ивы, Осины, местами- сосны. Нависание единичное. Жилые постройки и дорога вплотную к воде.	По берегам – разнотравье, рогоз. В целом, поверхность чистая. Вода темная.	+	+	7,17	489	6,50	22,44	14,6
26.09.2020	28	Станция вейкбординга, лодочная станция. Рогоз повсеместно вдоль берега. Хвощи. Ивы.	Вода беспокойная. Кубышки (редко). Вода темная.	+	+	7,34	453	6,68	23,94	14,8

ДАТА	№ Т.Н.	ОПИСАНИЕ	ОПИСАНИЕ ПРУДА	Отбор проб на биогены	Отбор проб на сdom	pH	ЭЛ-ТЬ, μS	O ₂ , ppm	CO ₂ , мг/л	ТЕМП., °C
26.09.2020	26	Березы, Ивы, Осины. Рогоз по берегам. Нависание небольшое. Очень близко к воде участки и дома.	Зеленые водоросли в воде. В целом, цвет воды серо-зеленый. Поверхность без зарастания.	+	+	7,12	517	5,80	20,97	14,5
27.09.2020	19	Не облагорожено. Ивы вокруг всего пруда, нависают. Рядом дорога (3м). Берега средней крутизны. Рудеральная растительность.	Листья на поверхности воды.	+	+	634	587	8,09	12,10	13,8
27.09.2020	16	На о-ве посередине – березы, ивы, склоняются над водой. Склоны крутые, поросшие рудеральной растительностью. Пешеходная дорожка.	В целом, цвет воды зеленый. Ряска, водоросли. Рогоз по берегам, редко.	+	+	7,89	762	6,97	10,63	14,2
27.09.2020	21	Множество ив вокруг, нависание. Мелкий бытовой мусор (пакеты).	Водная поверхность чистая, редко – листья.	+	+	7,83	706	7,13	15,69	14,3

ДАТА	№ Т.Н.	ОПИСАНИЕ	ОПИСАНИЕ ПРУДА	Отбор проб на биогены	Отбор проб на сdom	pH	ЭЛ-ТЬ, µS	O2, ppm	CO2, мг/л	ТЕМП., °C
27.09.2020	14	Ивы, березы – единично. Нависание над водой. Есть сток в другие пруды.	О-в посередине. В целом, цвет воды серо-зеленый. Из воды видны побеги, по берегам – рогоз (вегитрует).	+	+	7,86	716	7,56	10,27	15,4
27.09.2020	27	Рядом дорога (3м). Территория облагорожена. Мусора нет. Тополя. Нависания нет. Из травянистой растительности – рудералы.	Водная поверхность чистая. Около берегов – листья. Редко – рогоз.	+	+	8,53	484	7,76	5,72	15,7
27.09.2020	36	Территория облагорожена. Мусора нет. Березы, осины поодаль. Рядом дорога.	Водная поверхность чистая. Вода темно-коричневая.	+	+	8,68	301	8,09	2,35	16,3
27.09.2020	3	Рядом дорога (10м), Макдоналдс. Облагороженные берега. Ивы в некоторых местах нависают. Домики для птиц. Мусора есть.	На воде у берегов скопления листьев. Есть пленка, но не масляная.	+	+	7,76	360	8,26	9,17	15,8

ДАТА	№ Т.Н.	ОПИСАНИЕ	ОПИСАНИЕ ПРУДА	Отбор проб на биогены	Отбор проб на сdom	pH	ЭЛ-ТЬ, µS	O2, ppm	CO2, мг/л	ТЕМП., °C
27.09.2020	9	Запах канализации и затхлости. Ива, ольха повсеместно. Кострица, мусор.	Поверхность чистая. Рогоз и ива в воде повсеместно. Вода, в целом, серая.	+	+	8,17	996	6,43	16,57	15,9
27.09.2020	32	Набережная, пляжи. Табличка «купаться не рекомендуется». Ивы местами нависают. Загрязнения нет.	Водная поверхность чистая. Берега в некоторых местах оползают.	+	+	8,68	414	7,80	-	17,3
27.09.2020	23	Ивы сильно склонены над водой. Пруд облагорожен камнями. Есть слив далее в канаву. Мусора нет.	Листья на воде. Пленка, но не масляная. Водоросли в воде.	+	+	8,65	318	7,10	2,13	19,3
27.09.2020	17	Пробы не отобраны из-за невозможности подхода к воде								
27.09.2020	12	Запах канализации повсеместно. Ивы, рудеральная растительность, рогоз.	Рогоз повсеместно, ряска, листья на поверхности воды. Много уток. Бытовой мусор в воде.	+	+	8,56	491	7,83	6,31	16,1

ДАТА	№ Т.Н.	ОПИСАНИЕ	ОПИСАНИЕ ПРУДА	Отбор проб на биогены	Отбор проб на сdom	рН	ЭЛ-ТЬ, μS	O2, ppm	CO2, мг/л	ТЕМП., °С
27.09.2020	2	Пробы не были отобраны из-за невозможности приближения к водному объекту								
27.09.2020	1	Бетонные плиты, местами выломаны. Есть дренажные трубы, стока нет. Клены, рябины, береза поодаль от пруда. Вокруг только рудеральные растения. Есть о-в посередине.	Камни. Листья на воде.	+	+	8,63	506	7,91	10,41	17,0
27.09.2020	24	Территория облагорожена (бетонные берега). Недалеко дорога. Ивы нависают над водой (единично). Мусора нет.	Пов-ть чистая, в воде видна тина. Вода темно-коричневая.	+	+	8,57	606	7,24	6,09	16,3
27.09.2020	22	Территория облагорожена (бетонные берега, мост). Ивы, нависания нет. Запах затхлости.	Листья повсеместно. Есть бытовой мусор на поверхности.	+	+	8,86	551	6,41	-	16,5

ДАТА	№ Т.Н.	ОПИСАНИЕ	ОПИСАНИЕ ПРУДА	Отбор проб на биогены	Отбор проб на сdom	pH	ЭЛ-ТЬ, μS	O2, ppm	CO2, мг/л	ТЕМП., °C
28.09.2020	33	Бытовой мусор, нависание кустарников. Ивы, Березы. Травянистой растительности почти нет. Рядом недострой и магазин у воды.	Водная поверхность чистая, без пыльцы, ряски. Зарастания нет. Берега оползают. Пологие, невысокие.	+	+	8,1	293	6,68	3,01	15,3
30.09.2020	25	Тер-я облагорожена. Мелкий бытовой мусор (фантики) рядом у дороги. Есть отверстия для слива в бетоне (бордюры вокруг пруда). Ивы, березы, ели. Нависания нет	Много кубышек на поверхности воды, листья. Ряски, пыльцы не наблюдается. Дна не видно. Много уток.	+	+	7,77	265	7,38	9,46	13,5

Приложение 2

Таблица 24. Сводная таблица результатов исследований параметров.

т.н.	CDOM июнь 2020	кластер июнь 2020	CDOM август 2020	кластер август 2020	CDOM сентябрь 2020	кластер сентябрь 2020
1	4,67	3	15,69	1	2,66	3
2	0,70	4	0,57	3	-	-
3	1,40	4	1,34	3	1,77	3
4	2,15	3	12,70	1	2,53	3
5	7,99	2	5,58	4	7,71	4
6	3,96	3	3,32	4	3,34	4
7	2,82	3	3,98	4	3,16	4
8	39,91	1	32,96	2	29,85	1
9	0,53	4	0,76	3	0,99	2
10	1,62	3	14,17	1	2,83	3
11	2,81	3	2,22	4	1,76	3
12	1,42	4	1,80	3	1,41	2
13	11,61	2	9,00	1	8,88	2
14	3,88	3	3,39	4	7,08	2
15	1,34	4	1,11	3	1,75	3
16	2,81	2	3,45	4	3,38	4
18	7,24	2	0,51	3	3,71	4
19	2,54	2	1,73	3	3,52	4

т.н.	CDOM июнь 2020	кластер июнь 2020	CDOM август 2020	кластер август 2020	CDOM сентябрь 2020	кластер сентябрь 2020
20	2,16	3	1,40	3	1,93	3
21	4,38	3	3,79	4	4,65	4
22	1,93	3	1,59	3	1,99	3
23	3,01	2	2,15	4	2,66	3
24	1,79	3	1,64	3	2,07	3
25	0,94	4	0,50	3	2,91	3
26	1,24	4	2,36	4	3,60	4
27	1,33	4	9,50	1	1,19	2
28	1,13	4	0,69	3	4,32	4
29	2,66	2	1,33	3	1,30	2
30	2,38	2	4,05	4	10,32	2
31	1,63	3	2,80	4	3,66	4
32	1,70	3	2,21	4	2,15	3
33	1,33	4	0,70	3	1,17	3
34	1,28	4	2,74	4	3,69	4
35	3,21	2	3,34	4	4,01	4
36	1,93	3	1,25	3	1,27	2

Приложение 2 (продолжение таблицы)

т.н.	S(300- 500) _{м-1} , июнь 2020	S(300- 500) _{м-1} , август 2020	S(300- 500) _{м-1} , сентябрь 2020	Sr [S (УФ)/ S (вид)] июнь 2020	Тип коэффициента уклона Sr, июнь 2020
1	0,016	0,007	0,016	0,99	<1,2
2	0,018	0,017	-	1,35	>1,2
3	0,018	0,016	0,016	1,24	>1,2
4	0,016	0,006	0,015	1,14	<1,2
5	0,016	0,017	0,015	0,98	<1,2
6	0,018	0,018	0,018	1,03	<1,2
7	0,018	0,016	0,016	1,03	<1,2
8	0,015	0,016	0,016	-0,08	<1,2
9	0,019	0,015	0,013	0,80	<1,2
10	0,020	0,006	0,018	1,03	<1,2
11	0,017	0,018	0,019	1,11	<1,2
12	0,018	0,017	0,016	1,07	<1,2
13	0,018	0,018	0,018	0,65	<1,2
14	0,017	0,018	0,013	1,09	<1,2
15	0,018	0,019	0,016	1,16	<1,2
16	0,019	0,017	0,017	1,01	<1,2
18	0,014	0,017	0,016	1,29	>1,2
19	0,014	0,016	0,013	1,41	>1,2
20	0,017	0,019	0,017	1,19	<1,2
21	0,016	0,017	0,016	1,10	<1,2
22	0,018	0,018	0,017	1,14	<1,2
23	0,016	0,017	0,016	1,07	<1,2
24	0,019	0,018	0,018	1,12	<1,2

т.н.	S(300- 500)м-1, июнь 2020	S(300- 500)м-1, август 2020	S(300- 500)м-1, сентябрь 2020	Sr [S (УФ)/ S (вид)] июнь 2020	Тип коэффициента уклона Sr, июнь 2020
25	0,017	0,018	0,011	1,32	>1,2
26	0,015	0,018	0,017	1,25	>1,2
27	0,017	0,003	0,015	1,13	<1,2
28	0,014	0,017	0,015	1,49	>1,2
29	0,014	0,017	0,017	1,25	>1,2
30	0,016	0,012	0,007	1,23	>1,2
31	0,017	0,017	0,016	0,85	<1,2
32	0,016	0,015	0,015	1,29	>1,2
33	0,014	0,015	0,014	1,56	>1,2
34	0,018	0,017	0,016	0,92	<1,2
35	0,017	0,017	0,015	1,16	<1,2
36	0,013	0,013	0,016	1,67	>1,2

Приложение 2 (продолжение таблицы)

т.н.	Sr [S (УФ)/ S (вид)] август 2020	Тип коэффициента уклона Sr, август 2020	Sr [S (УФ)/ S (вид)] сентябрь 2020	Тип коэффициента уклона Sr, сентябрь 2020	PO ₄ , мг/л август 2020	PO ₄ , мг/л сентябрь 2020
1	2,05	>1,2	1,14	<1,2	0,14	0,1159
2	1,48	>1,2	-	-	0,02	-
3	1,40	>1,2	1,34	<1,2	0,06	0,0532
4	1,94	>1,2	1,19	>1,2	0,02	0,02
5	0,99	<1,2	1,02	<1,2	0,09	0,18
6	1,07	<1,2	1,13	<1,2	0,11	0,06
7	1,09	<1,2	1,19	<1,2	0,12	0,09

т.н.	Sr [S (УФ)/ S (вид)] август 2020	Тип коэффициента уклона Sr, август 2020	Sr [S (УФ)/ S (вид)] сентябрь 2020	Тип коэффициента уклона Sr, сентябрь 2020	PO ₄ , мг/л август 2020	PO ₄ , мг/л сентябрь 2020
8	0,05	<1,2	0,13	<1,2	0,08	0,06
9	0,28	<1,2	1,08	<1,2	0,10	0,07
10	2,42	>1,2	1,06	<1,2	0,03	0,04
11	1,14	<1,2	1,12	<1,2	0,04	0,02
12	0,89	<1,2	1,28	>1,2	0,08	0,06
13	0,76	<1,2	0,80	<1,2	0,03	0,04
14	1,12	<1,2	1,39	>1,2	0,07	0,16
15	1,09	<1,2	1,19	<1,2	0,04	0,05
16	1,09	<1,2	1,10	<1,2	1,40	0,31
18	1,52	>1,2	1,02	<1,2	0,02	0,05
19	1,29	>1,2	1,47	>1,2	0,06	0,13
20	1,17	<1,2	1,25	>1,2	0,04	0,04
21	1,11	<1,2	1,18	<1,2	0,19	0,59
22	1,21	>1,2	1,23	<1,2	0,05	0,09
23	1,07	<1,2	1,13	<1,2	0,18	0,10
24	1,18	<1,2	1,21	>1,2	0,02	0,02
25	1,35	>1,2	1,73	>1,2	0,07	0,08
26	1,09	<1,2	1,00	<1,2	0,18	0,07
27	1,05	<1,2	1,05	<1,2	0,02	0,01
28	1,41	>1,2	1,07	<1,2	0,01	0,05
29	1,19	<1,2	1,12	<1,2	0,02	0,02
30	1,67	>1,2	2,38	>1,2	0,10	0,21
31	0,79	<1,2	0,79	<1,2	0,02	0,03
32	1,24	>1,2	1,41	>1,2	0,03	0,03
33	1,67	>1,2	1,65	>1,2	0,02	-

т.н.	Sr [S (УФ)/ S (вид)] август 2020	Тип коэффициента уклона Sr, август 2020	Sr [S (УФ)/ S (вид)] сентябрь 2020	Тип коэффициента уклона Sr, сентябрь 2020	PO ₄ , мг/л август 2020	PO ₄ , мг/л сентябрь 2020
34	0,78	<1,2	0,79	<1,2	0,02	0,02
35	1,24	>1,2	1,27	>1,2	1,44	2,14
36	1,76	>1,2	1,45	>1,2	0,02	0,02

Приложение 2 (окончание таблицы)

т.н.	ранжирование с севера на юг	статус трофности на основе ПДКс-г и ПДКр-х	NO ₂ +NO ₃ , мг/л август 2020	NO ₂ +NO ₃ , мг/л сентябрь 2020	NH ₄ , мг/л август 2020	NH ₄ , мг/л сентябрь 2020
1	35	мезотрофный	0,091	0,154	0,05	0,15
2	30	олиготрофный	0,002	-	0,03	-
3	28	мезотрофный	0,000	1,462	0,04	1,41
4	12	олиготрофный	0,009	0,000	0,08	0,04
5	8	мезотрофный	0,052	0,057	3,56	0,87
6	13	мезотрофный	0,000	0,044	0,28	0,24
7	14	мезотрофный	0,007	0,086	0,27	0,32
8	9	мезотрофный	0,030	0,034	1,64	2,00
9	31	мезотрофный	7,844	9,230	0,29	0,70
10	11	олиготрофный	0,000	0,052	0,18	0,02
11	15	олиготрофный	0,001	0,010	0,41	0,08
12	34	мезотрофный	0,005	0,007	0,06	0,03
13	10	олиготрофный	0,003	0,047	0,04	0,25
14	23	мезотрофный	0,018	0,214	0,06	0,47
15	17	олиготрофный	0,139	0,124	0,20	0,24
16	26	эвтрофный	0,004	1,176	0,45	1,17

т.н.	ранжирование с севера на юг	статус трофности на основе ПДКс-г и ПДКр-х	NO2+NO3, мг/л август 2020	NO2+NO3, мг/л сентябрь 2020	NH4, мг/л август 2020	NH4, мг/л сентябрь2020
18	7	олигорофный	0,001	1,831	0,07	2,03
19	24	мезотрофный	0,011	0,002	0,03	0,07
20	3	олигорофный	0,001	0,0076	0,05	0,13
21	25	эвтрофный	0,118	0,56	0,62	3,55
22	22	мезотрофный	0,000	0,003	0,02	0,59
23	32	эвтрофный	0,020	0,295	0,05	0,14
24	27	олигорофный	0,000	0,003	0,03	0,04
25	29	олигорофный	0,000	0,137	0,05	0,01
26	5	мезотрофный	1,272	1,822	0,12	1,91
27	21	олигорофный	1,769	2,993	0,20	0,27
28	6	олигорофный	0,004	1,797	0,14	2,05
29	16	олигорофный	0,162	1,099	0,33	0,15
30	19	олигорофный	0,000	0,070	0,10	0,65
31	2	олигорофный	3,890	3,693	0,29	0,18
32	33	олигорофный	0,000	0,016	0,03	0,29
33	4	олигорофный	0,000	-	0,07	-
34	1	олигорофный	6,3027	3,3579	0,3741	0,16
35	18	гипертрофный	0,5212	0,1403	2,9420	4,20
36	20	олигорофный	0,0000	0,0051	0,0000	0,15

Приложение 3

Таблица 25. Значения главных компонент для августа и сентября 2020 года для анализа данных значений по биогенным элементам по водным объектам Санкт-Петербурга и Ленинградской области методом главных компонент

т.н.	ГК 1 август 2020	ГК 2 август 2020	ГК 3 август 2020	ГК 1 сентябрь 2020	ГК 2 сентябрь 2020
34	-0,35	2,90	1,49	-0,51	-0,50
31	-0,30	1,97	0,52	-0,58	-0,47
20	-0,23	0,14	-1,05	-0,63	0,85
33	0,55	0,58	0,78	-	-
26	0,23	0,14	-0,25	1,15	-1,46
28	0,31	0,04	-0,25	0,97	-0,87
18	0,60	-0,06	-0,61	1,01	-1,04
5	0,60	-1,33	1,10	-0,34	0,57
8	-0,99	-0,28	2,34	0,92	1,54
13	0,26	-0,38	-0,78	-0,82	0,73
10	0,30	0,19	1,55	-0,53	1,88
4	0,86	-0,53	-0,13	-0,87	0,39
6	1,03	-0,87	1,78	-0,24	-0,32
7	1,03	-1,00	0,96	-0,90	1,17
11	0,80	-1,39	0,09	-1,08	0,72
29	0,50	-0,32	-0,97	-0,39	-0,15
15	-0,89	0,03	-1,46	0,29	-0,19
35	-4,28	-1,50	-0,07	3,70	2,04
30	0,40	0,03	0,43	0,16	0,67
36	-	-	-	-0,77	0,10
27	0,24	0,47	-0,77	-0,43	-0,92
22	-	-	-	-	-
14	-0,07	-0,20	-1,51	-0,11	-0,14
19	-	-	-	-0,17	-0,05
21	0,19	0,18	1,14	1,93	-0,11
16	-	-	-	0,68	-0,77
24	0,01	0,21	-0,67	-0,55	-0,30
3	0,67	-0,50	-0,84	-0,04	-0,06

т.н.	ГК 1 август 2020	ГК 2 август 2020	ГК 3 август 2020	ГК 1 сентябрь 2020	ГК 2 сентябрь 2020
25	0,11	-0,33	-0,32	-0,04	-0,61
2	0,38	-0,28	-1,10	-	-
9	-1,09	2,77	-0,89	0,39	-3,03
23	0,16	0,32	-0,31	-0,95	0,01
32	1,06	-0,61	0,48	-	-
12	0,33	-0,06	-0,69	-0,62	0,02
1	-0,12	-0,38	0,01	-0,63	0,28

Приложение 4

Ответ на запрос о предоставлении сведений из государственного водного реестра в Невско-Ладужское управление (Невско-Ладужское БВУ), отдел водных ресурсов по Санкт-Петербургу и Ленинградской области



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОДНЫХ РЕСУРСОВ
**НЕВСКО-ЛАДОЖСКОЕ
БАСЕЙНОВОЕ ВОДНОЕ УПРАВЛЕНИЕ
(НЕВСКО-ЛАДОЖСКОЕ БВУ)**

**ОТДЕЛ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ
ПО САНКТ-ПЕТЕРБУРГУ И
ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ**

Средний пр. В.О., д. 26, Санкт-Петербург, 199004
телефон: (812) 323-37-36, факс: (812) 328-76-71

E-mail: water@nlbv.ru;
http://nord-west-water.ru

ОКПО 01032060, ОГРН 1027800556090
ИНН/КПП 7801011470/780101001

15.02.2021 № П11-34-882

на № _____ от _____

Монзуль Н.А.

199406, Санкт-Петербург, ул. Беринга, д.
22к1, кв. 27

e-mail: nataly14monz@gmail.com

В ответ на Ваш запрос вх. № 2426-34 от 09.02.2021 о предоставлении сведений из государственного водного реестра, сообщаем, что сведения по формам: 1.16-гвр «Водные объекты. Основные гидрологические характеристики озер и водохранилищ. Температура воды озер и водохранилищ (у берега)», 1.17-гвр «Водные объекты. Основные гидрологические характеристики озер и водохранилищ. Температура воды на акватории озер и водохранилищ», 1.18-гвр «Водные объекты. Состояние и качество вод», 2.6-гвр «Лицензии на водопользование», 2.7-гвр «Договоры пользования водными объектами», 2.10-гвр «Использование водных объектов. Забор воды из водных объектов», 2.11-гвр «Использование водных объектов. Водоотведение», 2.12-гвр «Использование водных объектов без изъятия вод», 2.13-гвр «Водоохранные зоны и прибрежные защитные полосы водных объектов», 3.1-гвр «Водохозяйственные системы» для прудов без названия (идентификаторы 4125, 3038, 3029, 3030, 3031, 3028, 3027, 3012, 3307, 6555, 3567, 4551, 3569, 3571, 3580, 6945, 3682, 3685), прудов у дачи Бенуа (идентификаторы 3399, 3403), пруда «Серебряный» (идентификатор 3037), пруда «Генеральский» (идентификатор 2481), пруда «Красный» (идентификатор 2540) в государственном водном реестре отсутствуют.

Направляем сведения из государственного водного реестра по форме 2.13-гвр «Водоохранные зоны и прибрежные защитные полосы водных объектов» для озер Нижне-Суздальское, Верхнее Суздальское, Среднее Суздальское. Сведения по формам 1.16-гвр «Водные объекты. Основные гидрологические характеристики озер и водохранилищ. Температура воды озер и водохранилищ (у берега)», 1.17-гвр «Водные объекты. Основные гидрологические характеристики озер и водохранилищ. Температура воды на акватории озер и водохранилищ», 1.18-гвр «Водные объекты. Состояние и качество вод», 2.6-гвр «Лицензии на водопользование», 2.7-гвр «Договоры пользования водными объектами», 2.10-гвр «Использование водных объектов. Забор воды из водных объектов», 2.11-гвр «Использование водных объектов. Водоотведение», 2.12-гвр «Использование

Рис. 19. Ответ на запрос о предоставлении сведений из государственного водного реестра в Невско-Ладужское управление. Отсканированный документ. Страница 1.

Приложение 4 (продолжение)

водных объектов без изъятия вод», 3.1-гвр «Водохозяйственные системы» для озер Нижне-Суздальское, Верхнее Суздальское, Среднее Суздальское в государственном водном реестре отсутствуют.

В соответствии с п. 36.1 Приказа Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации № 410 от 26.09.2013г. «Об утверждении административного регламента предоставления Федеральным Агентством Водных Ресурсов государственной услуги по предоставлению сведений из государственного водного реестра и копий документов, содержащих сведения, включенные в государственный водный реестр» в заявлении указывается: «фамилия, имя, отчество руководителя Росводресурсов или территориального органа Росводресурсов, фамилия, имя, отчество заявителя (представителя заявителя и реквизиты документа, подтверждающего полномочия должностного лица со стороны заявителя), полное наименование юридического лица (для юридического лица), реквизиты документа, подтверждающего регистрацию юридического лица, название водного объекта (водных объектов) и/или водохозяйственного участка (участков), о которых запрашиваются сведения из государственного водного реестра, номера и названия форм государственного водного реестра, из которых запрашиваются сведения, почтовый адрес, контактный телефон, адрес электронной почты. Заявление подписывается Заявителем. Для юридического лица указывается должность лица, подписавшего заявление. При направлении заявления по почте подпись должностного лица заверяется печатью».

Доводим до Вашего сведения, что для водных объектов, указанных в пунктах с 27 по 34 Вашего заявления, для получения сведений из государственного водного реестра, необходимо указать наименование конкретных водных объектов и/или водохозяйственного участков.

Приложение на 1 л. в ед. экз.

Заместитель руководителя-
начальник отдела водных ресурсов по
Санкт-Петербургу и Ленинградской области



М.М. Князева

Никонова Ю.С.
323-16-82

Рис. 20. Ответ на запрос о предоставлении сведений из государственного водного реестра в Невско-Ладожское управление. Отсканированный документ. Страница 2.

Приложение 4 (окончание)

2.4.1 Водоохранная зона и прибрежные защитные полосы водных объектов. (форма 2.13-гпр)

1 Наименование водного объекта	2 Код водного объекта	3 Параметры к назначению размеров водоохранной зоны и прибрежных защитных полос (протяженность, площадь акватории)	4 Параметры, м		6 Особые отметки
			водоохранной зоны	прибрежной защитной полосы	
01 - Балтийский бассейновый округ					
01.04 - Нева (включая бассейны рек Онежского и Ладожского озера)					
01.04.03 - Нева и реки бассейна Ладожского озера (без 01.04.01 и 01.04.02, российская часть бассейнов)					
01.04.03.005 - Реки и озера бассейна Финского залива от границы РФ с Финляндией до северной границы бассейна р. Невы					
Нижнее-Большое Суздальское	01040300511102000010021	Водоохранная зона установлена в соответствии со ст. 65 ВК РФ. Прибрежная защитная полоса установлена исходя из уклона берега (более 3 градусов)	50	50	Определение местоположения береговых линий (границ водных объектов), границ водоохранной зоны и границ прибрежных защитных полос 68-ми водных объектов на территории Санкт-Петербурга. Входит в систему озер "Нижнее Большое Суздальское (ИД 3129), Среднее Суздальское (ИД 3130), Верхнее Суздальское (ИД 3131)"
Верхнее Суздальское	01040300511199000000050	Водоохранная зона установлена в соответствии со ст. 65 ВК РФ. Прибрежная защитная полоса установлена исходя из уклона берега (более 3 градусов)	50	50	Определение местоположения береговых линий (границ водных объектов), границ водоохранной зоны и границ прибрежных защитных полос 68-ми водных объектов на территории Санкт-Петербурга. Входит в систему озер "Нижнее Большое Суздальское (ИД 3129), Среднее Суздальское (ИД 3130), Верхнее Суздальское (ИД 3131)"
Среднее Суздальское	01040300511199000000070	Водоохранная зона установлена в соответствии со ст. 65 ВК РФ. Прибрежная защитная полоса установлена исходя из уклона берега (более 3 градусов)	50	50	Определение местоположения береговых линий (границ водных объектов), границ водоохранной зоны и границ прибрежных защитных полос 68-ми водных объектов на территории Санкт-Петербурга. Входит в систему озер "Нижнее Большое Суздальское (ИД 3129), Среднее Суздальское (ИД 3130), Верхнее Суздальское (ИД 3131)"

Рис. 21. Ответ на запрос о предоставлении сведений из государственного водного реестра в Невско-Ладожское управление. Отсканированный документ. Страница 3.

Приложение 5

Карта фактического материала

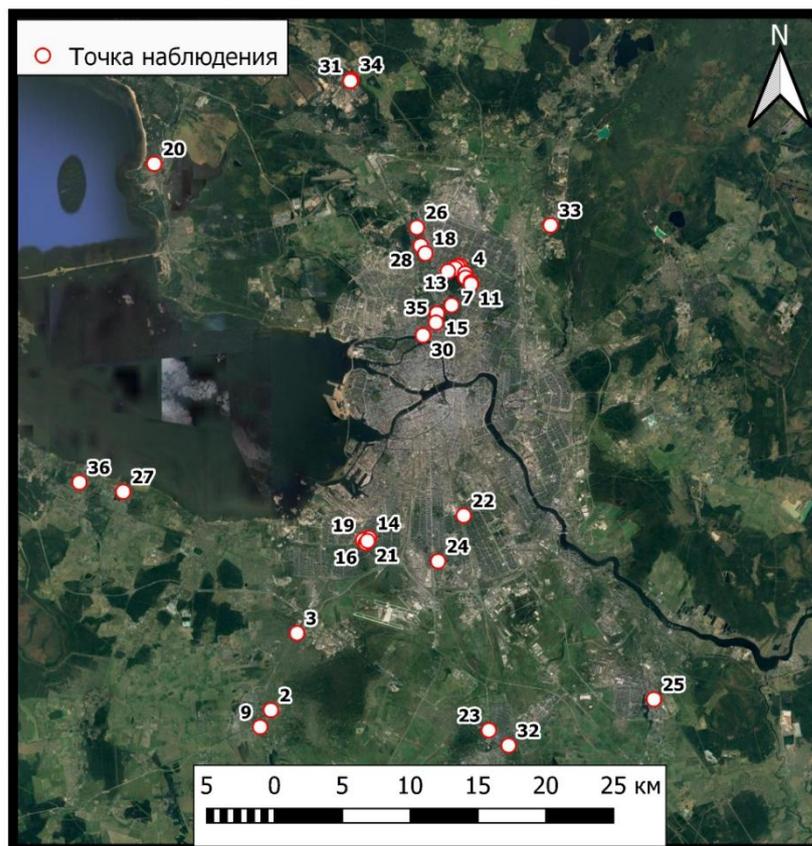


Рис. 22. Карта фактического материала в 2020 году.

Приложение 6

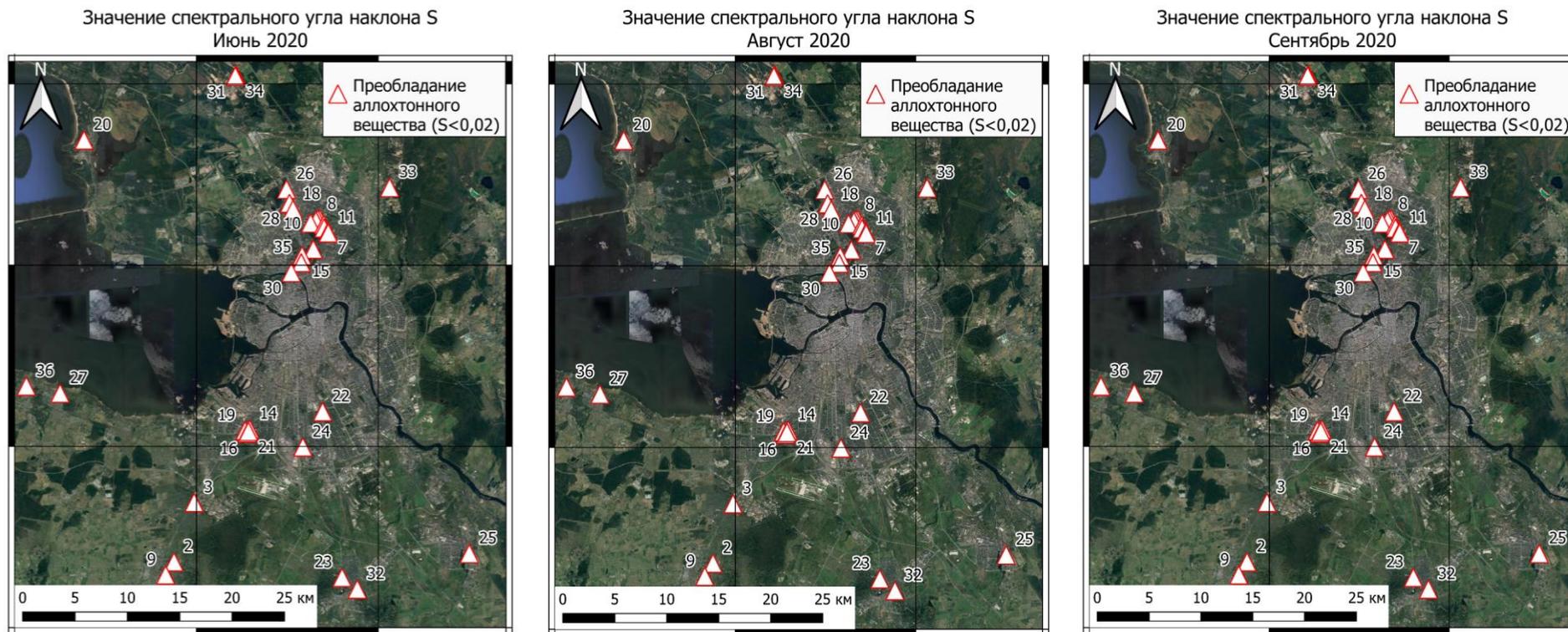


Рис.23. Значения спектрального угла наклона S в июне, августе, сентябре 2020

Приложение 7

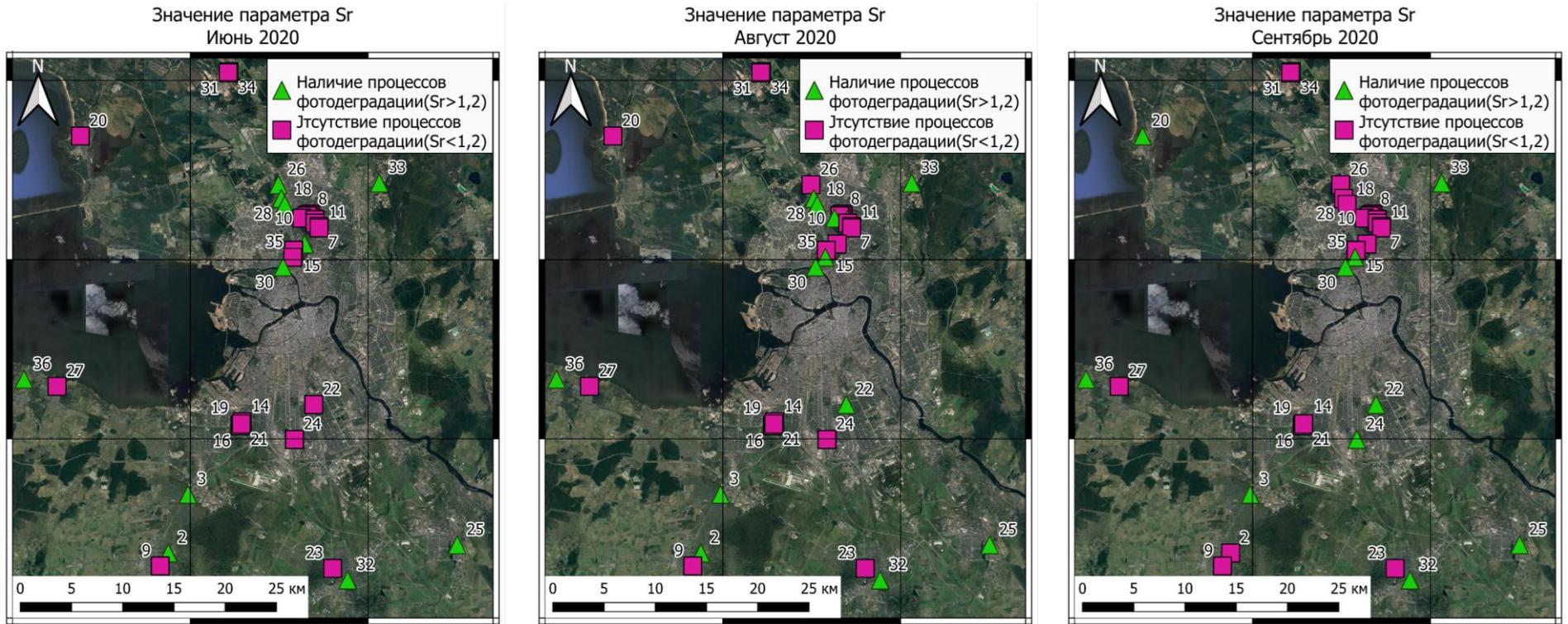


Рис. 24. Значение параметра Sr в июне, августе, сентябре 2020

Приложение 8

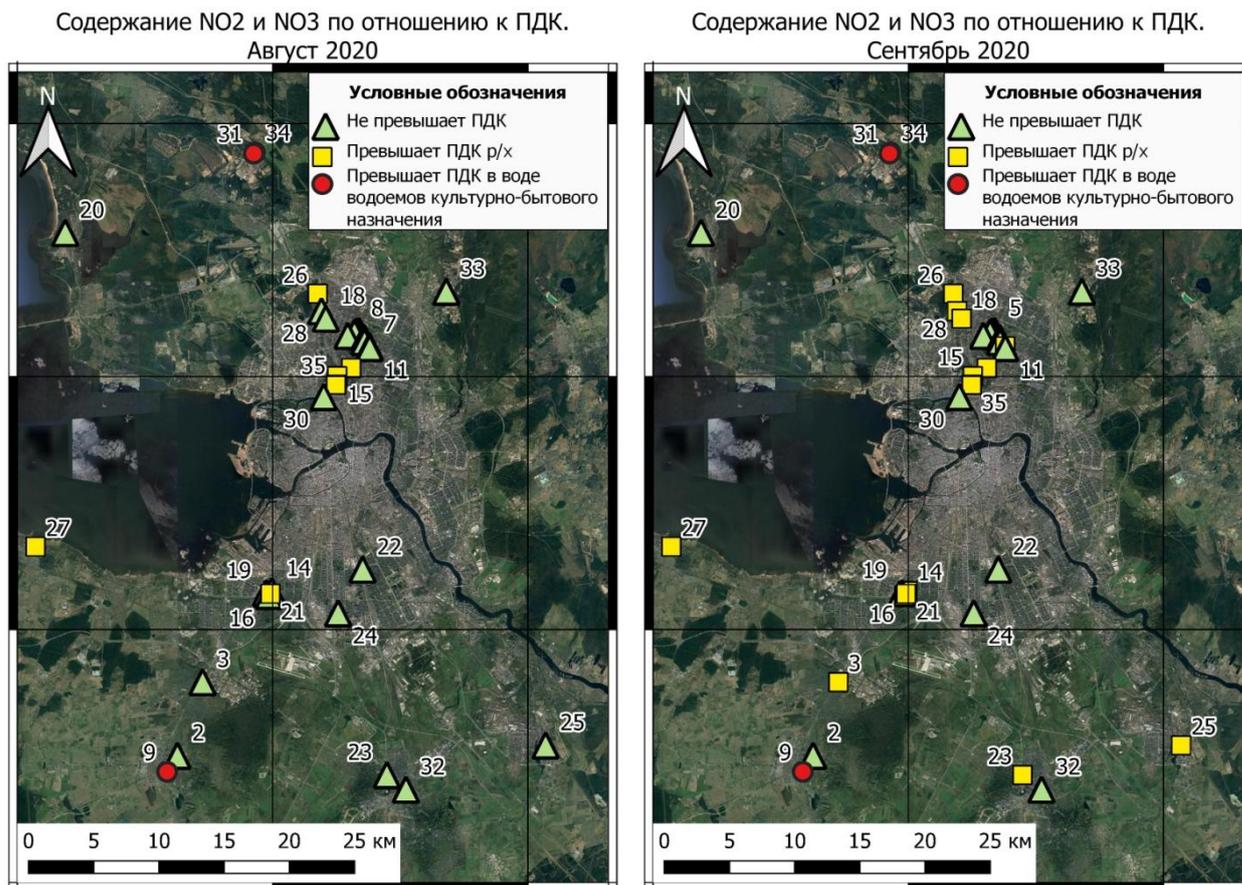
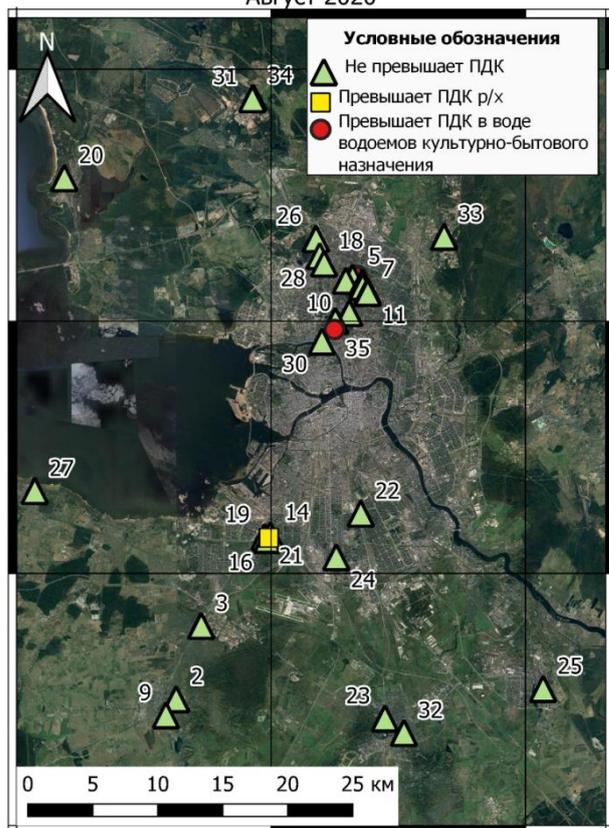


Рис. 25. Карты-схемы, отражающие содержание NO₂ и NO₃ по отношению к ПДК в августе и сентябре 2020 года

Приложение 9

Содержание NH₄ по отношению к ПДК.
Август 2020



Содержание NH₄ по отношению к ПДК.
Сентябрь 2020

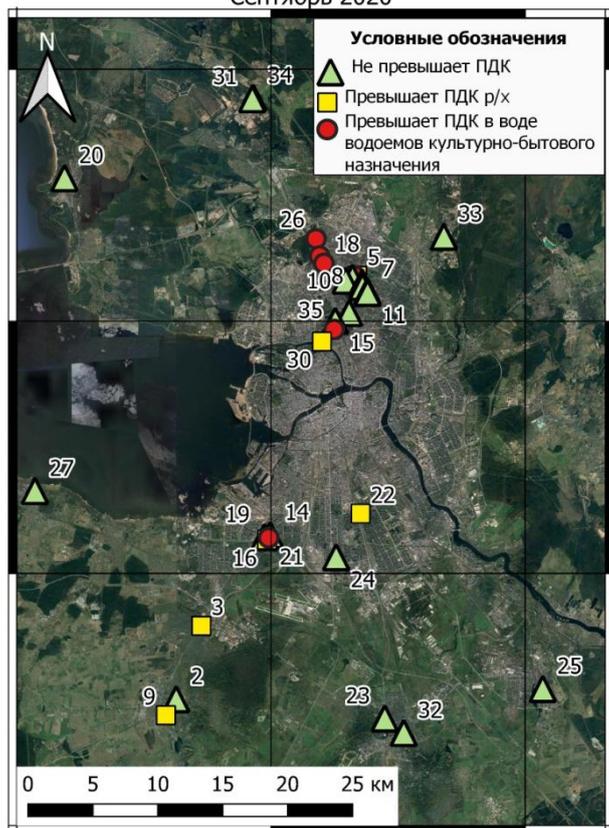


Рис. 26. Карты-схемы, отражающие содержание NH₄ по отношению к ПДК в августе и сентябре 2020 года

Приложение 10

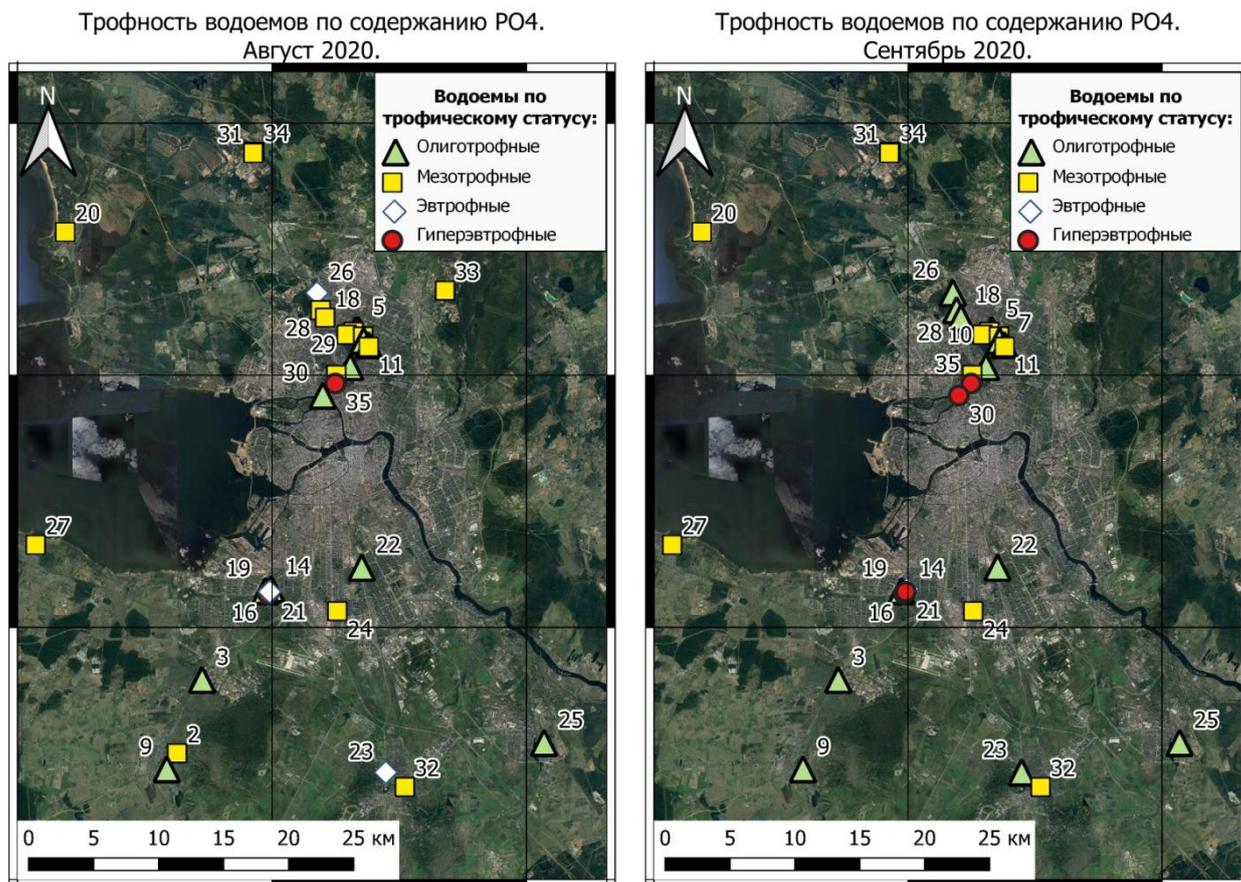


Рис. 27. Карты-схемы, отражающие трофность водоемов по содержанию РО4 в августе и сентябре 2020 года

Приложение 11

Количество значимых главных компонент для дальнейшего анализа выделялось на основании собственных чисел, значение которых больше 1 или почти равно 1, а кумулятивная дисперсия, описываемая главными компонентами, больше 75%. Согласно полученным данным, приведенным в таблицах 26-27, количество факторов для дальнейшего анализа равно 3.

Таблица 26. Собственные числа для августа.

№	Собств. Знач	% общей дисперсии	Кумулятивн. Собств. Знач.	Кумулятивн. %
1	1,10	33,30	1,10	33,30
2	1,69	28,13	3,67	61,44
3	0,98	16,38	4,67	77,82
4	0,61	10,19	5,28	88,01
5	0,42	6,96	5,70	94,97
6	0,30	5,03	6,00	100,00

Таблица 27. Собственные числа для сентября.

№	Собств. Знач	% общей дисперсии	Кумулятивн. Собств. Знач.	Кумулятивн. %
1	2,13	35,539	2,13	35,53
2	1,46	24,33	3,59	59,86
3	0,98	16,42	4,58	76,28
4	0,66	10,10	5,24	87,28
5	0,58	9,61	5,81	96,89
6	0,19	3,11	6,00	100,00

Графики изменчивости главных компонент в августе и сентябре 2020

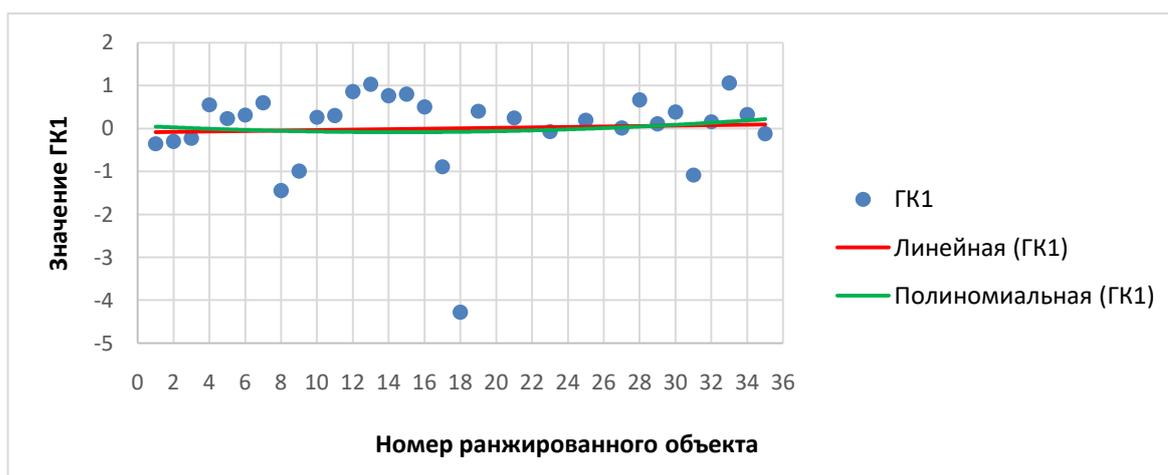


Рис.28. График изменчивости ГК1 с севера на юг в августе.

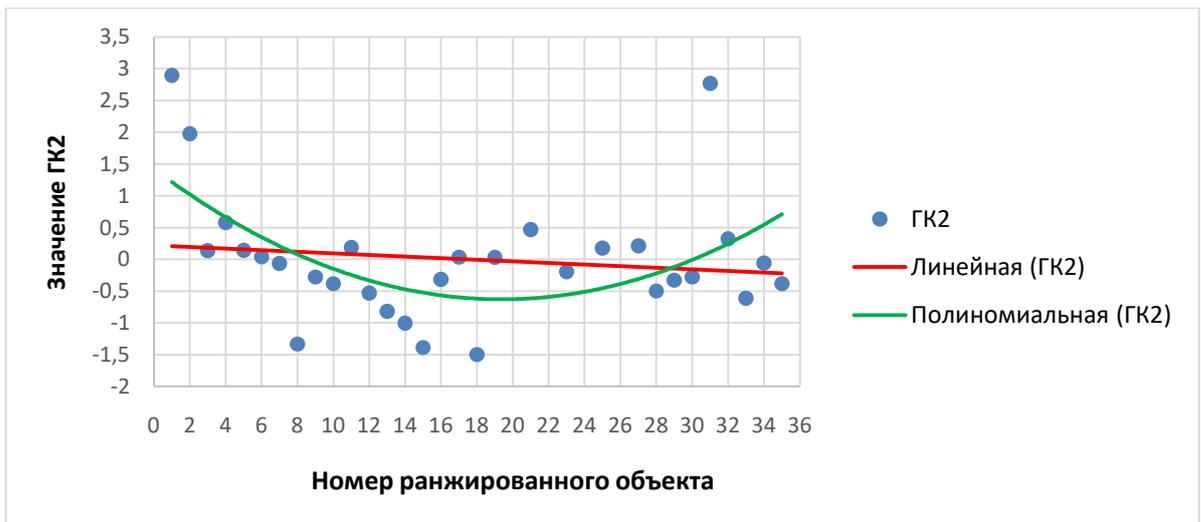


Рис. 29. График изменчивости ГК2 с севера на юг в августе

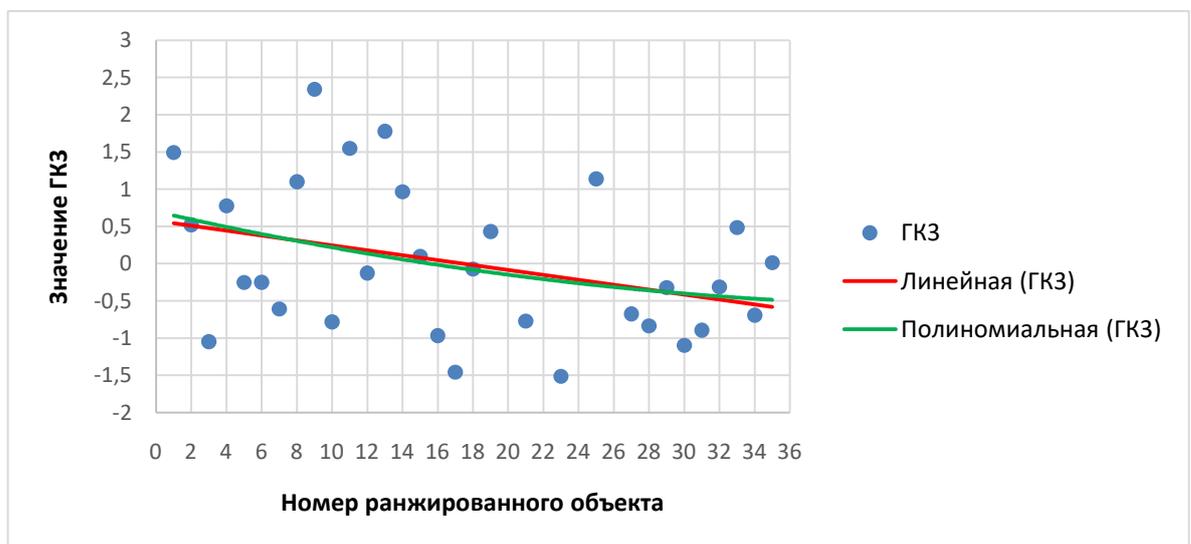


Рис. 30. График изменчивости ГК3 с севера на юг в августе.

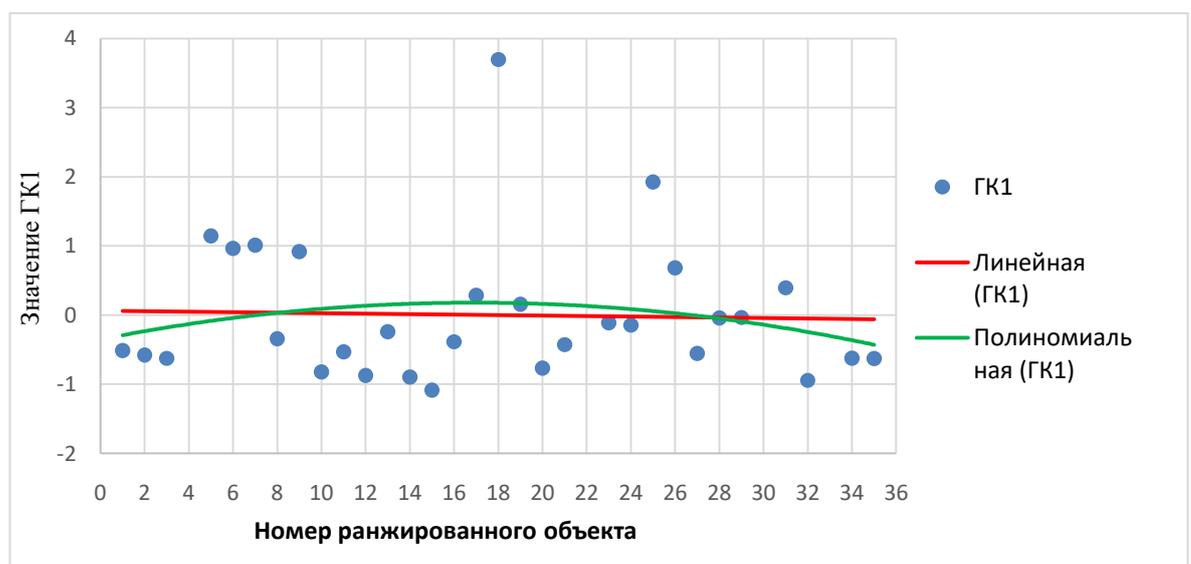


Рис. 31. График изменчивости ГК1 с севера на юг в сентябре

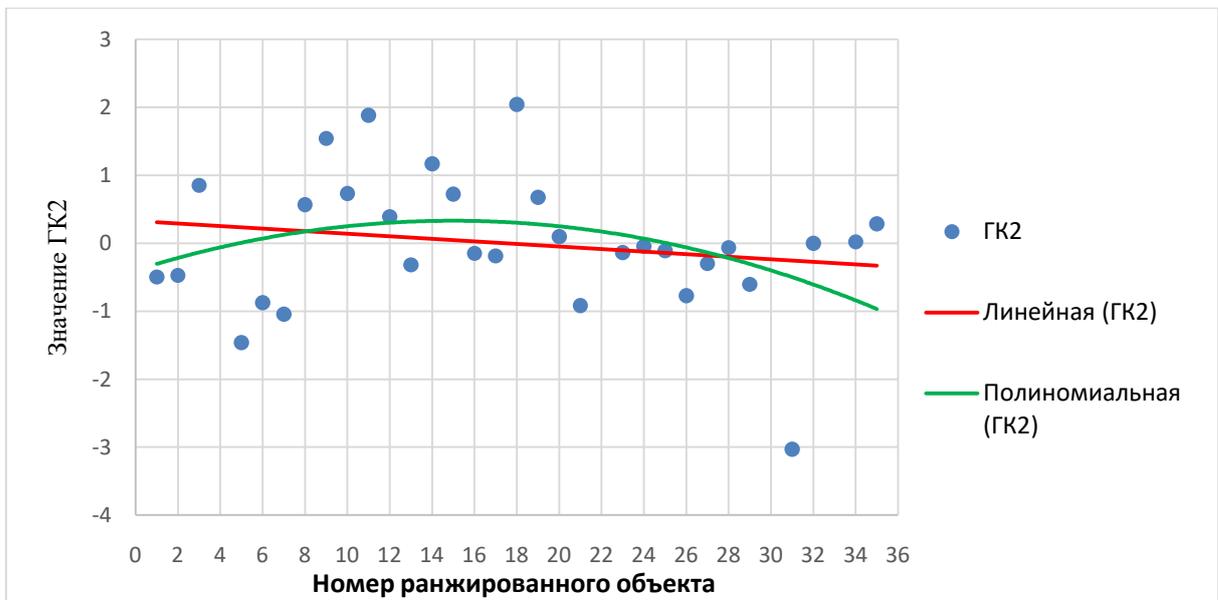


Рис. 32. График изменчивости GK 2 с севера на юг в сентябре

Приложение 12

Карты-схемы, наглядно представляющие принадлежность прудов к кластерам в июне, августе, сентябре 2020 года.

В результате кластерного анализа ОРОВ были выделены 4 кластера:

	1-й кластер
	2-й кластер
	3-й кластер
	4-й кластер

Данные статистической обработки были внесены в сводную таблицу, которая стала основой для работы с ГИС и получения наглядных карт-схем.

Таблица 28. Сводная таблица водных объектов и их кластеров по месяцам отбора проб.

№ т.н.	Местоположение водного объекта	Координаты точки отбора пробы		ОРОВ	ОРОВ	ОРОВ
				июнь	август	сентябрь
34	Сертолово	60.151379 N	30.215366 E	1.28	2.74	3.69
31	Сертолово	60.150514 N	30.213982 E	1.63	2.80	3.66
20	Сестрорецк	60.096358 N	29.957555 E	2.16	1.40	1.93
33	Новое Девяткино	60.056157 N	29.475832 E	1.33	0.70	1.17
26	Нижнее Суздальское оз.	60.054575 N	30.300920 E	1.24	2.36	3.60
28	Среднее Суздальское оз.	60.042184 N	30.305299 E	1.13	0.69	4.32
18	Верхнее Суздальское оз.	60.038615 N	30.310434 E	7.24	0.51	3.71
5	Парк Сосновка	60.029287 N	30.357109 E	7.99	5.58	7.71
8	Парк Сосновка	60.029015 N	30.353919 E	39.91	32.96	29.85
13	Парк Сосновка	60.027786 N	30.350849 E	11.61	9.00	8.88
10	Парк Сосновка	60.025853 N	30.341617 E	1.62	14.17	2.83
4	Парк Сосновка	60.024541 N	30.364041 E	2.15	12.70	2.53
6	Парк Сосновка	60.021710 N	30.364606 E	3.96	3.32	3.34
7	Сад Бенуа	60.018550 N	30.371353 E	2.82	3.98	3.16
11	Сад Бенуа	60.017428 N	30.371559 E	2.81	2.22	1.76
29	Серебряный пруд	60.003608 N	30.346373 E	2.66	1.33	1.30
15	Территория Лесной (Энгельса)	59.998185N	30.327336 E	1.34	1.11	1.75
35	Пионерский сад	59.992293 N	30.325938 E	3.21	3.34	4.01
30	Чёрная речка	59.983957 N	30.309089 E	2.38	4.05	10.32
36	Генеральский пруд. Петергоф	59.887038 N	29.859756 E	1.93	1.25	1.27
27	Красный пруд. Петергоф	59.880882 N	29.916987 E	1.33	9.50	1.19
22	Яблоневый сад	59.865163 N	30.362110 E	1.93	1.59	1.99
14	Воронцовский сквер (Ветеранов 1)	59.850289 N	30.238375 E	3.88	3.39	7.08
19	Проспект Стачек (Ветеранов 4)	59.849024 N	30.230494 E	2.54	1.73	3.52

№ т.н.	Местоположение водного объекта	Координаты точки отбора пробы		ОРОВ июнь	ОРОВ август	ОРОВ сентябрь
21	Воронцовский сквер (Ветеранов 2)	59.848086 N	30.236627 E	4.38	3.79	4.65
16	Пруд ус. Шереметьевых (Ветеранов 3)	59.847047 N	30.234188 E	2.81	3.45	3.38
24	Пулковский парк	59.835019 N	30.328640 E	1.79	1.64	2.07
3	Горелово	59.787767 N	30.144325 E	1.40	1.34	1.77
25	Колпино	59.743789 N	30.610787 E	0.94	0.50	2.91
2	Виллозское городское поселение (Кр. Село)	59.736603 N	30.110059 E	0.7	0.57	
9	Парк Красное Село (Безымянное оз.)	59.725465 N	30.096010 E	0.53	0.76	0.99
23	Фермский парк. Пушкин	59.723361 N	30.395036 E	3.01	2.15	2.66
32	Колонистский пруд. Пушкин	59.713203 N	30.4208986 E	1.70	2.21	2.15
12	Гатчина	59.577351 N	30.138857 E	1.42	1.80	1.41
1	Гатчина	59.567636 N	30.127108 E	4.67	15.69	2.66

Июнь:

Участок отбора проб в Сертолово. Июнь 2020

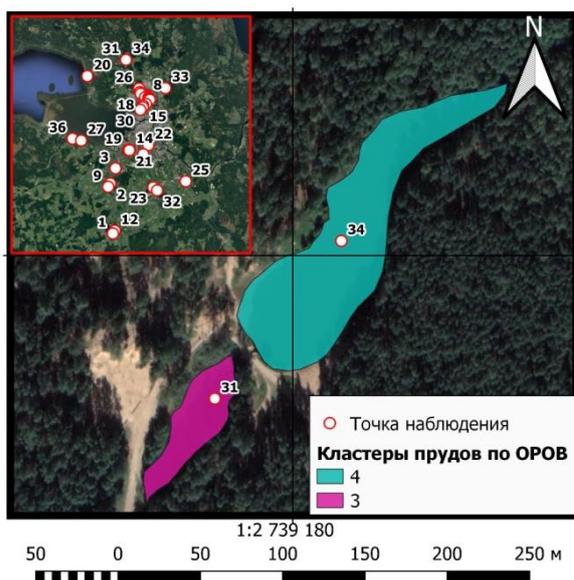


Рис. 33. Участок проб в т.н. 31,34 (Сертолово). Июнь 2020

Участок отбора проб в Сестрорецке. Июнь 2020

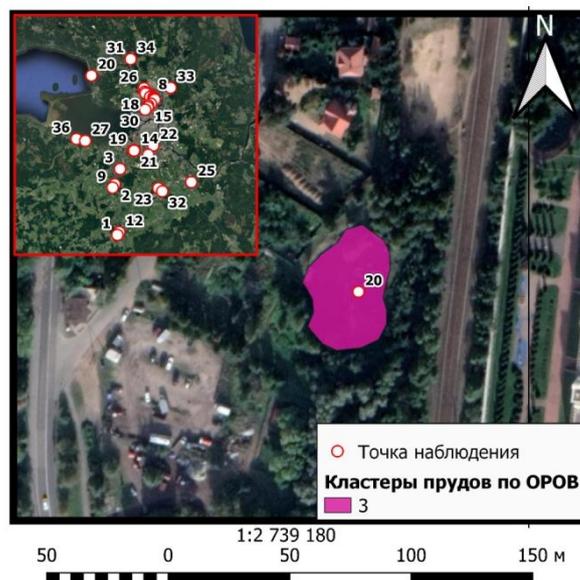


Рис. 34. Участок проб в т.н. 20 (Сестрорецк). Июнь 2020

Участок отбора проб в Новом Девятикино.
Июнь 2020

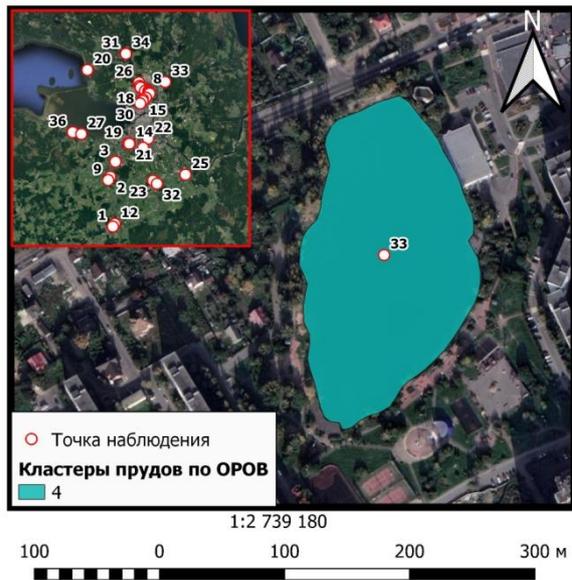


Рис. 35. Участок проб в т.н. 33 (Новое Девятикино). Июнь 2020

Участок отбора проб на Суздальских озерах.
Июнь 2020

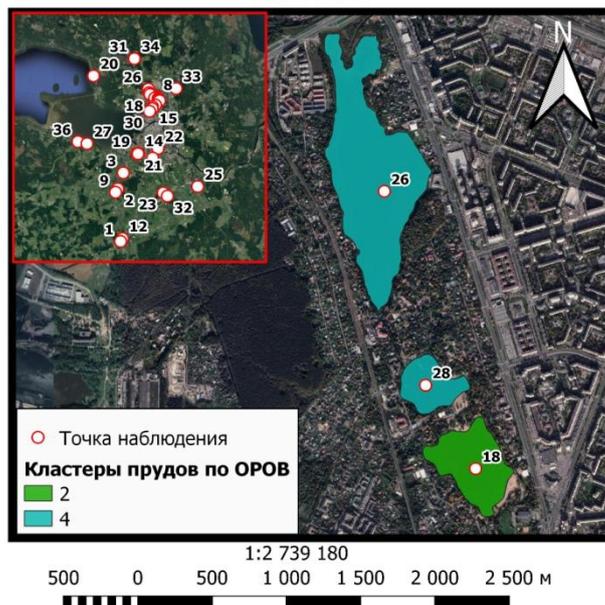


Рис. 36. Участок проб в т.н. 18, 26, 28 (Суздальские озера). Июнь 2020

Участок отбора проб в парке Сосновка
(северная часть)
Июнь 2020

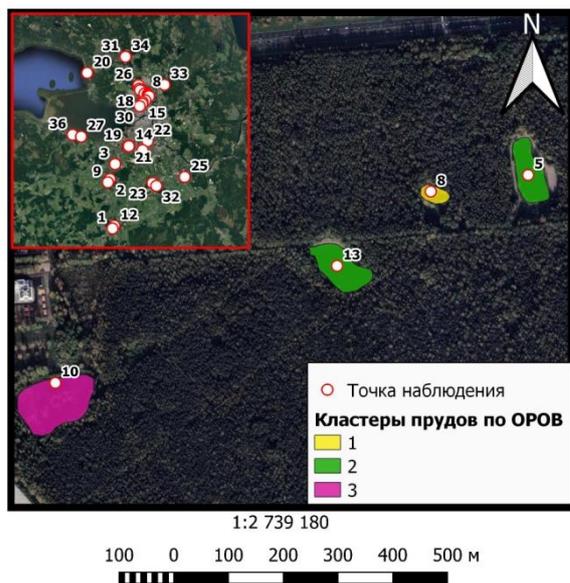


Рис. 37. Участок проб в т.н. 5,8,10,13 (Парк Сосновка). Июнь 2020

Участок отбора проб в парке Сосновка
(восточная часть)
Июнь 2020

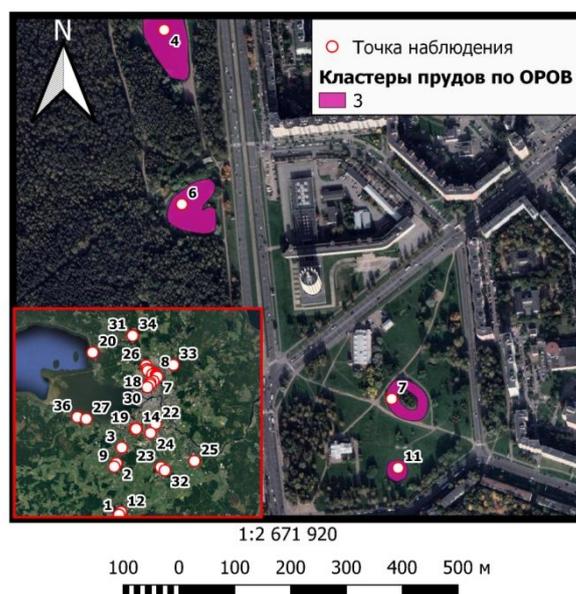


Рис. 38. Участок проб в т.н. 4, 6, 7, 11 (Парк Сосновка). Июнь 2020

Участок отбора проб в Серебряном пруду
Июнь 2020

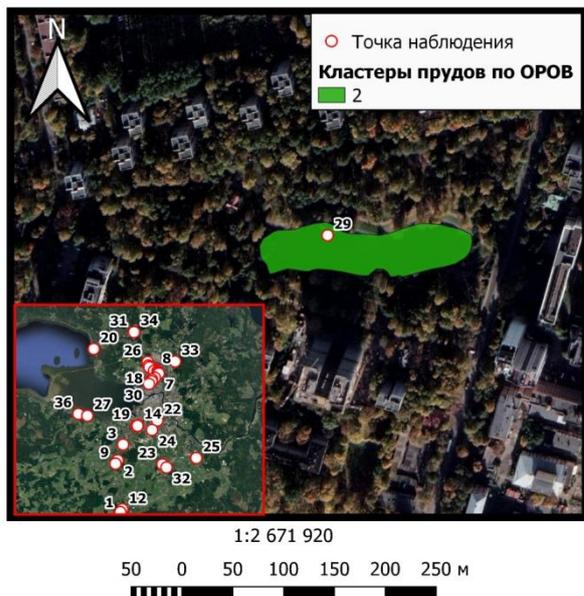


Рис. 39. Участок проб в т.н. 29 (Серебряный пруд). Июнь 2020

Участок отбора проб в т.н. 15, 35
Июнь 2020

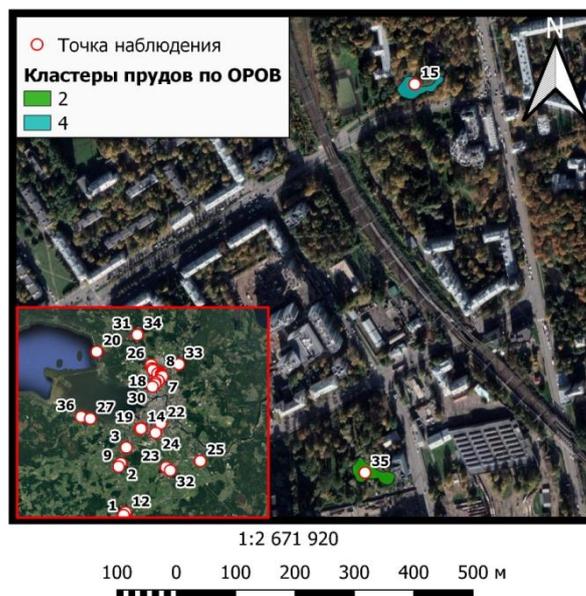


Рис. 40. Участок проб в т.н. 15, 35. Июнь 2020

Участок отбора проб в т.н. 30
Июнь 2020

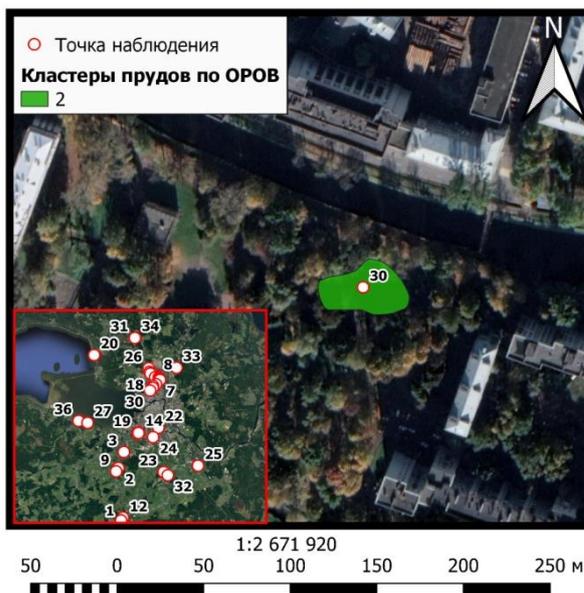


Рис. 41. Участок проб в т.н. 30. Июнь 2020

Участок отбора проб в т.н. 14, 16, 19, 21
(проспект Ветеранов)
Июнь 2020

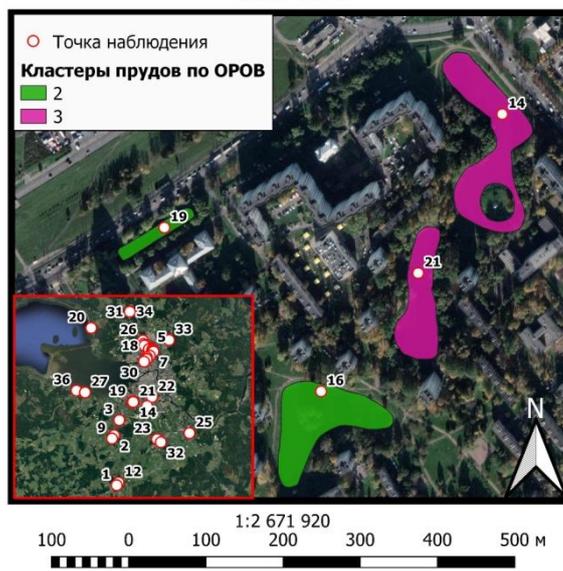


Рис. 42. Участок проб в т.н. 14, 16, 19, 21 (проспект Ветеранов). Июнь 2020

Участок отбора проб в т.н. 27, 36 (Петергоф)
Июнь 2020

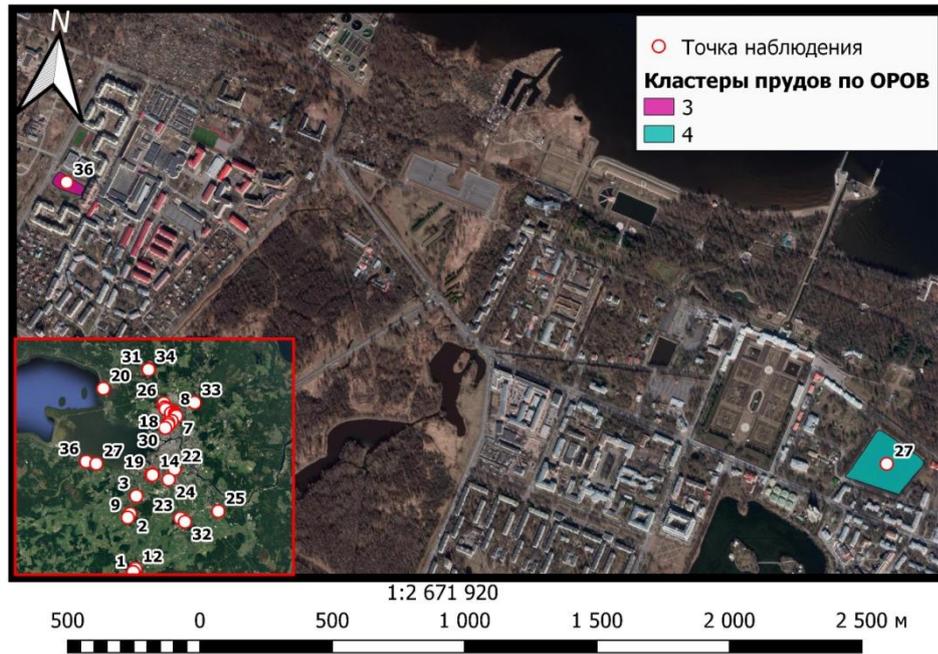


Рис. 43. Участок проб в т.н. 27, 36 (Петергоф). Июнь 2020

Участок отбора проб в т.н. 24 (Пулковский парк)
Июнь 2020

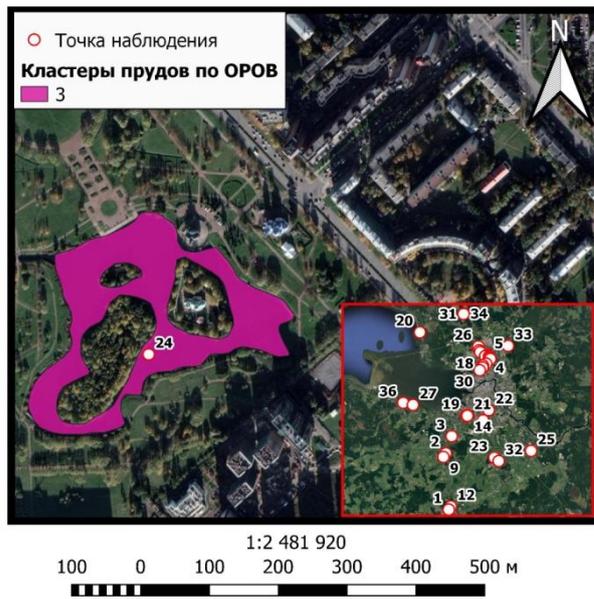


Рис. 44. Участок проб в т.н. 24
(Пулковский парк). Июнь 2020

Участок отбора проб в т.н. 3 (Горелово)
Июнь 2020

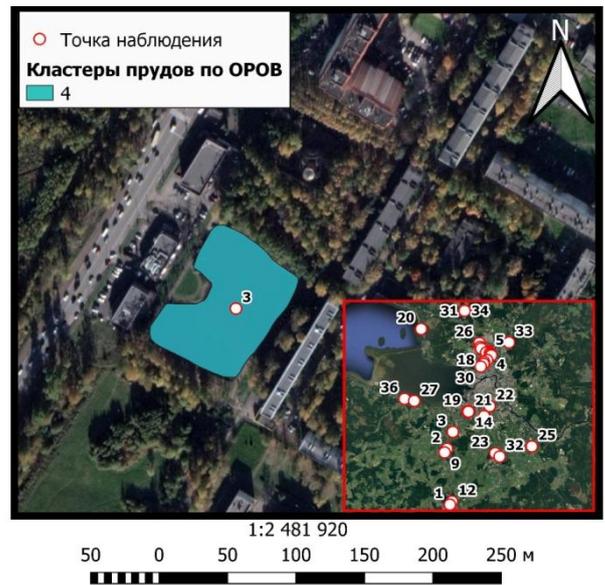


Рис. 45. Участок проб в т.н. 3 (Горелово).
Июнь 2020

Участок отбора проб в т.н. 25 (Колпино)
Июнь 2020

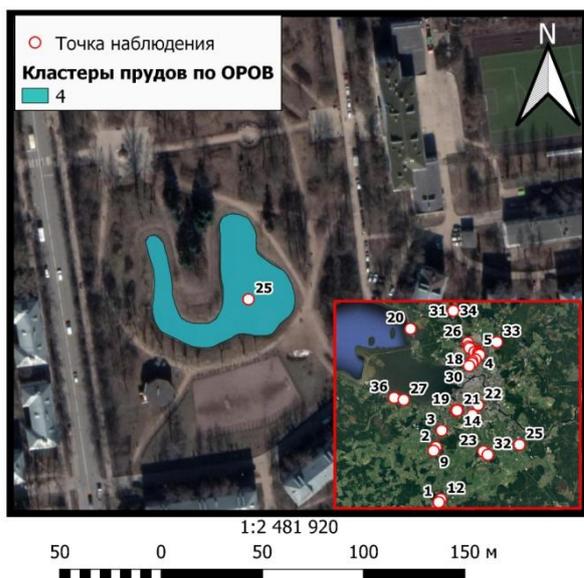


Рис. 46. Участок проб в т.н. 25 (Колпино).
Июнь 2020

Участок отбора проб в т.н. 2, 9 (Красное Село)
Июнь 2020

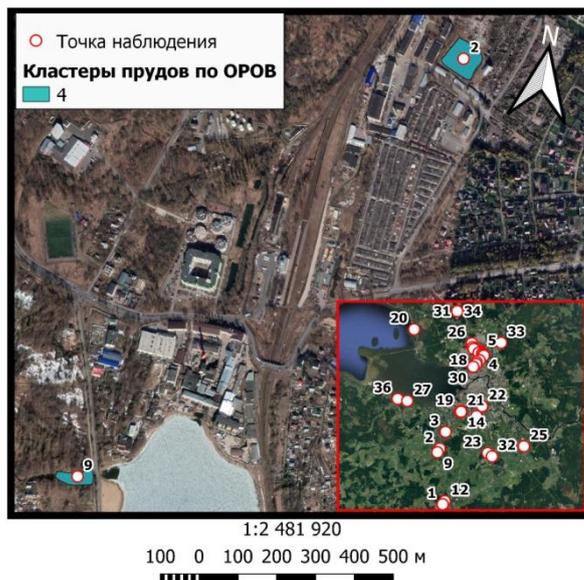


Рис. 47. Участок проб в т.н. 2, 9 (Красное Село).
Июнь 2020

Участок отбора проб в т.н. 23, 32 (Пушкин)
Июнь 2020

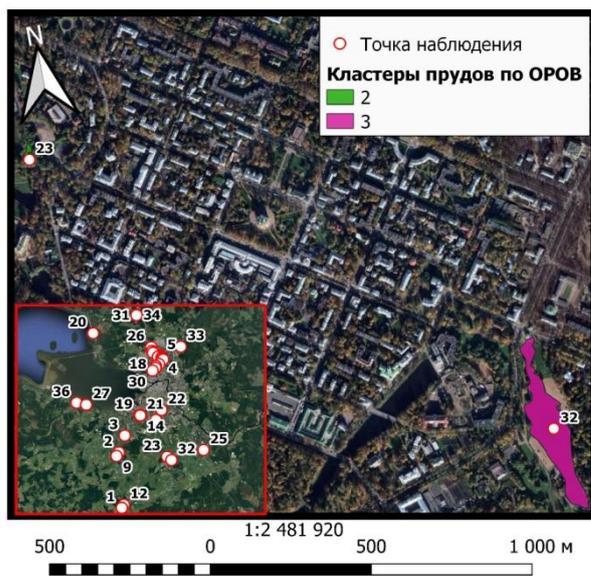


Рис. 48. Участок проб в т.н. 23, 32
(Пушкин). Июнь 2020

Участок отбора проб в т.н. 12 (Гатчина)
Июнь 2020

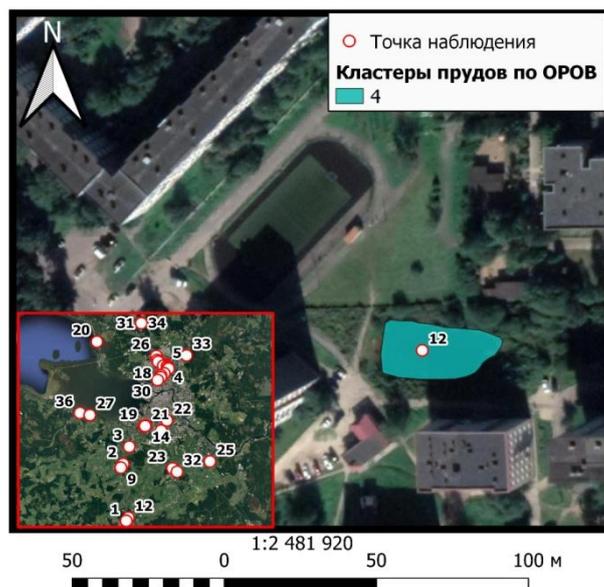


Рис. 49. Участок проб в т.н. 12 (Гатчина).
Июнь 2020

Участок отбора проб в т.н. 1 (Гатчина)
Июнь 2020

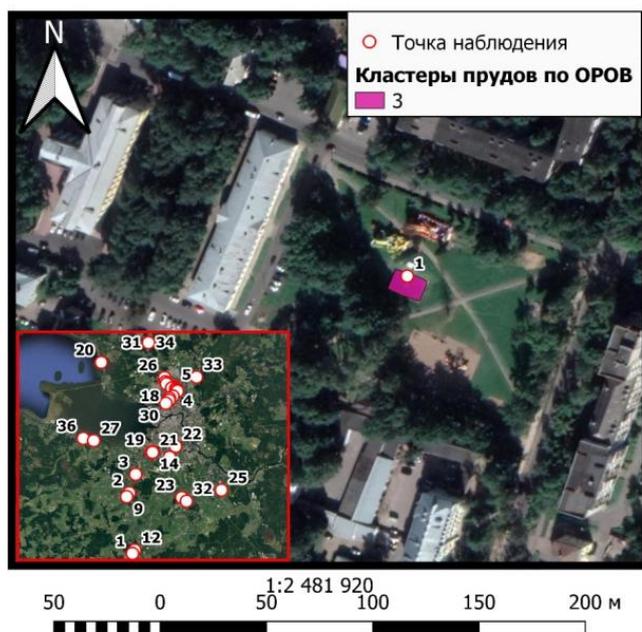


Рис. 50. Участок проб в т.н. 1 (Гатчина). Июнь 2020

Август:

Участок отбора проб в Сертолово. Август 2020

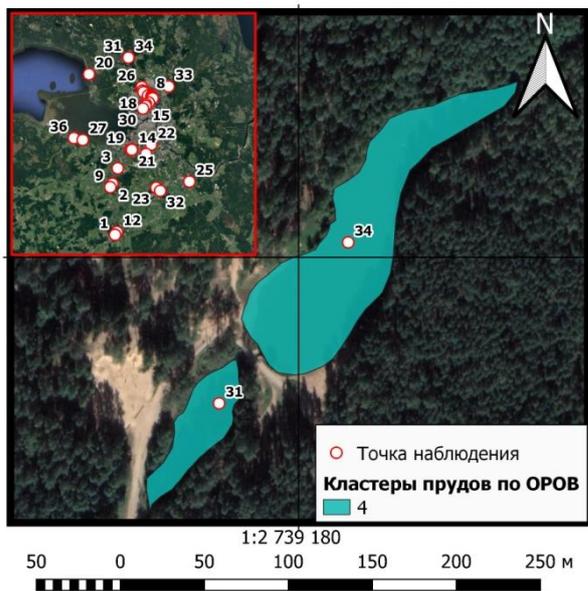


Рис. 51. Участок проб в т.н. 31,34
(Сертолово). Август 2020

Участок отбора проб в Сестрорецке. Август 2020

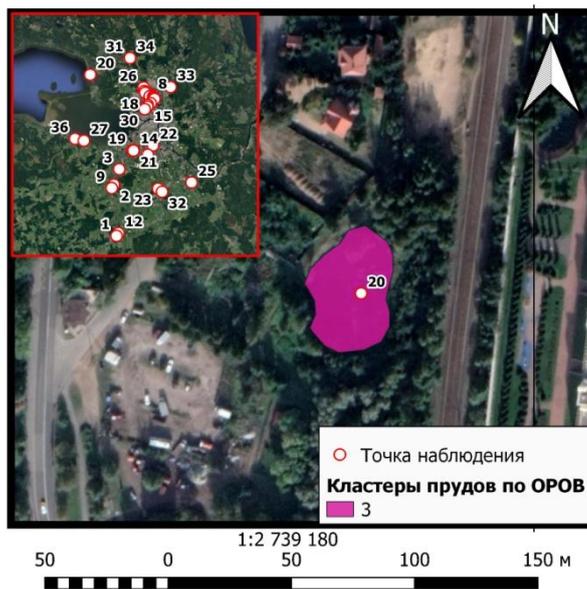


Рис. 52. Участок проб в т.н. 20 (Сестрорецк).
Август 2020

Участок отбора проб в Новом Девяткино.
Август 2020

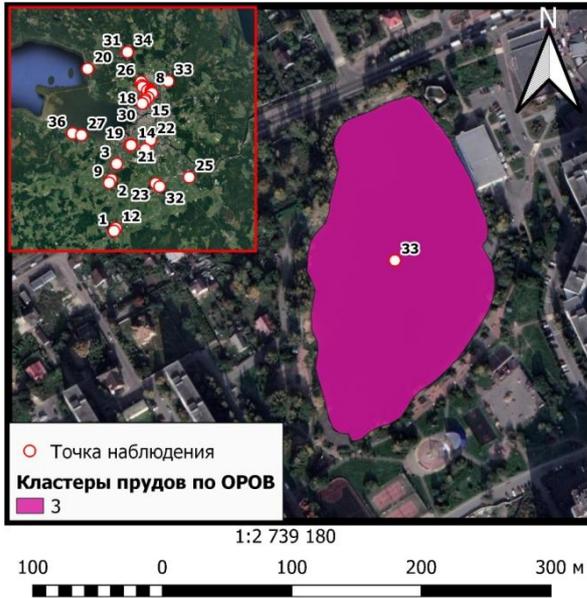


Рис. 53. Участок проб в т.н. 33(Новое Девяткино). Август 2020

Участок отбора проб на Суздальских озерах.
Август 2020

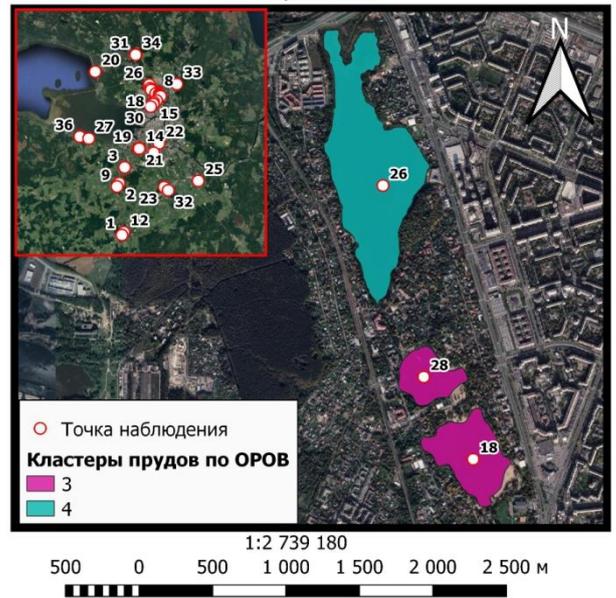


Рис. 54. Участок проб в т.н. 18, 26, 28 (Суздальские озера). Август 2020

Участок отбора проб в парке Сосновка
(северная часть)
Август 2020

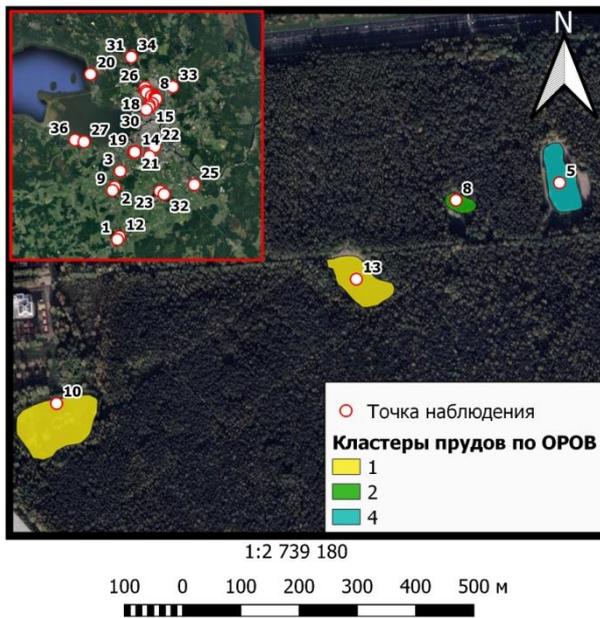


Рис. 55. Участок проб в т.н. 5, 8, 10, 13 (парк Сосновка). Август 2020

Участок отбора проб в парке Сосновка
(восточная часть)
Август 2020

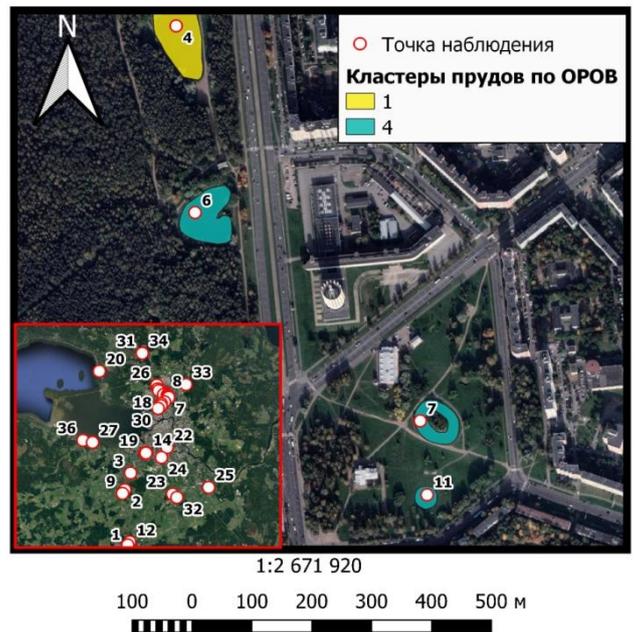


Рис. 56. Участок проб в т.н. 4, 6, 7, 11 (парк Сосновка). Август 2020

Участок отбора проб в Серебряном пруду
Август 2020

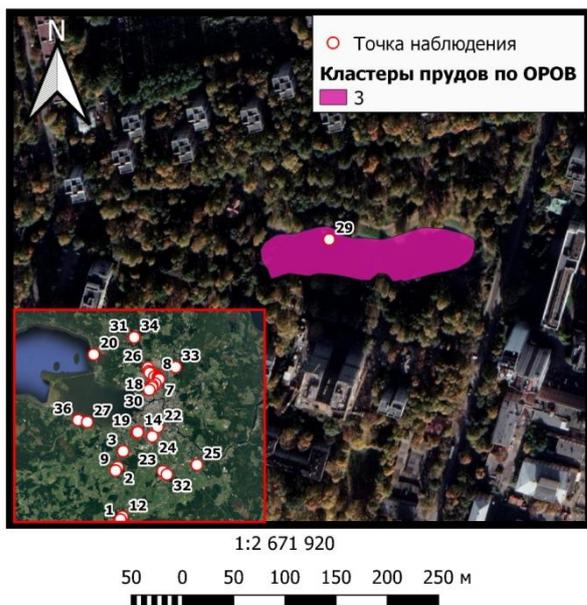


Рис. 57. Участок проб в т.н. 29
(Серебряный пруд). Август 2020

Участок отбора проб в т.н. 30
Август 2020

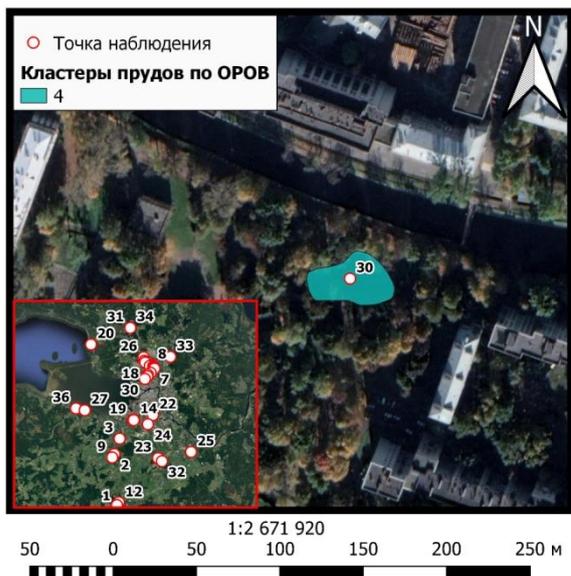


Рис. 59. Участок проб в т.н. 30. Август 2020

Участок отбора проб в т.н. 15, 35
Август 2020

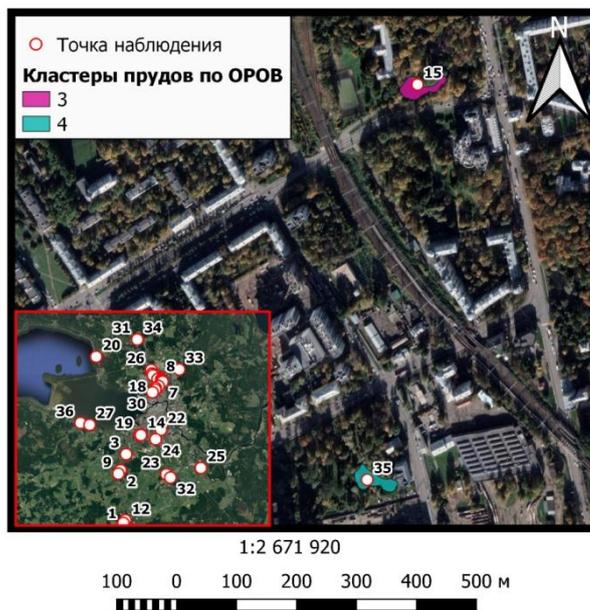


Рис. 58. Участок проб в т.н. 15, 35. Август
2020

Участок отбора проб в т.н. 22
Август 2020

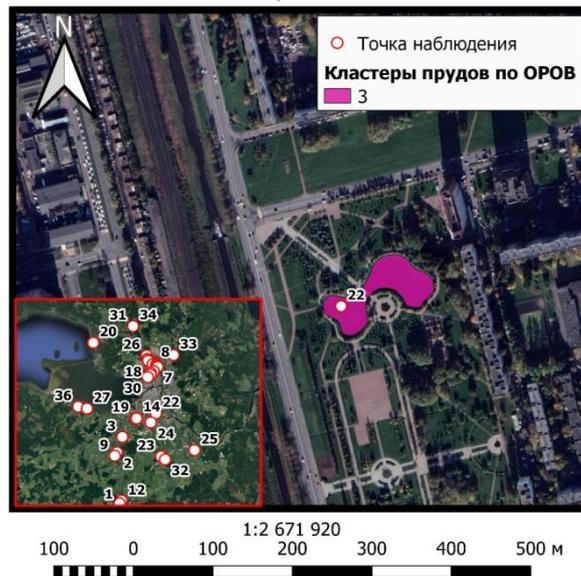


Рис. 60. Участок проб в т.н. 22. Август 2020

Участок отбора проб в т.н. 27, 36 (Петергоф)
Август 2020

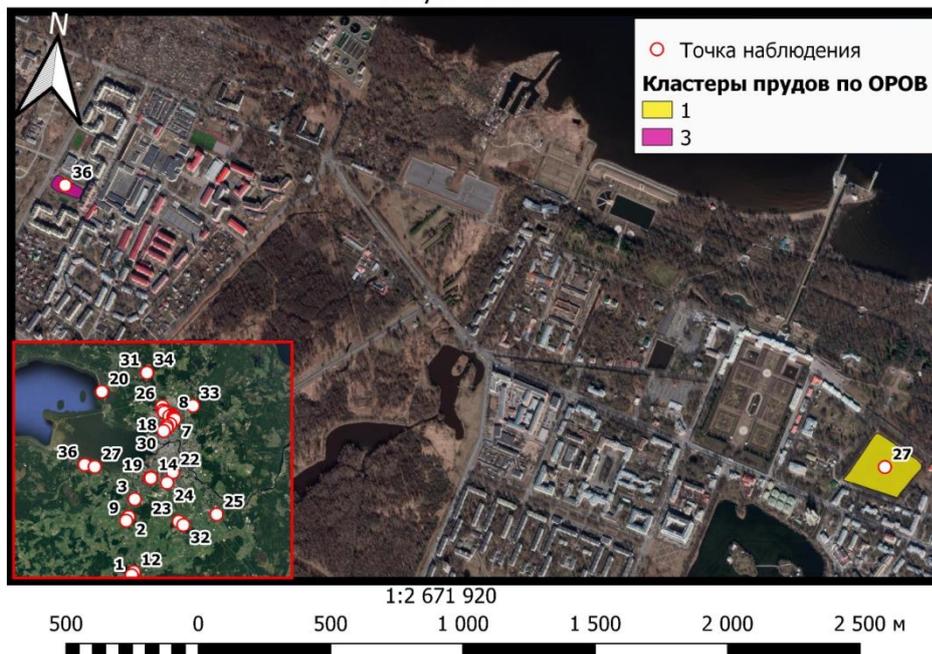


Рис. 61. Участок проб в т.н. 27, 36 (Петергоф). Август 2020

Участок отбора проб в т.н. 14, 16, 19, 21
(проспект Ветеранов)
Август 2020

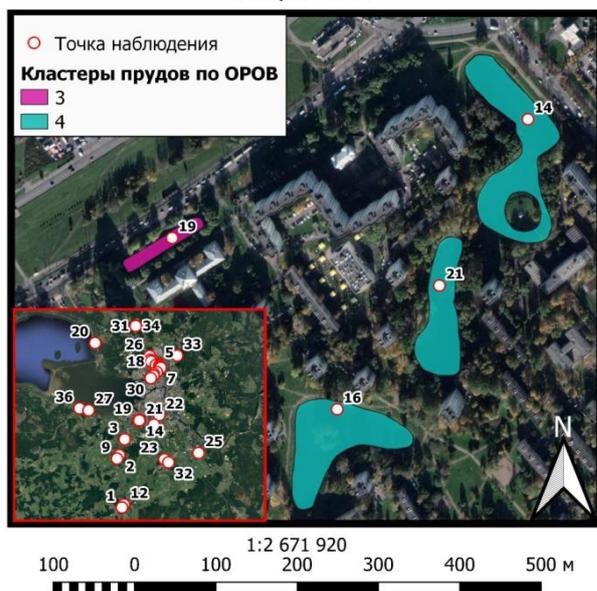


Рис. 62. Участок проб в т.н. 14, 16, 19, 21
(проспект Ветеранов). Август 2020

Участок отбора проб в т.н. 3 (Горелово)
Август 2020

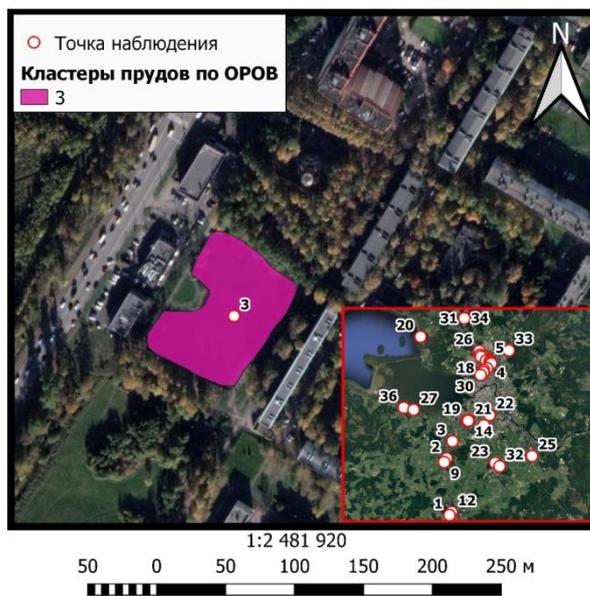


Рис. 63. Участок проб в т.н. 3 (Горелово).
Август 2020

Участок отбора проб в т.н. 25 (Колпино)
Август 2020

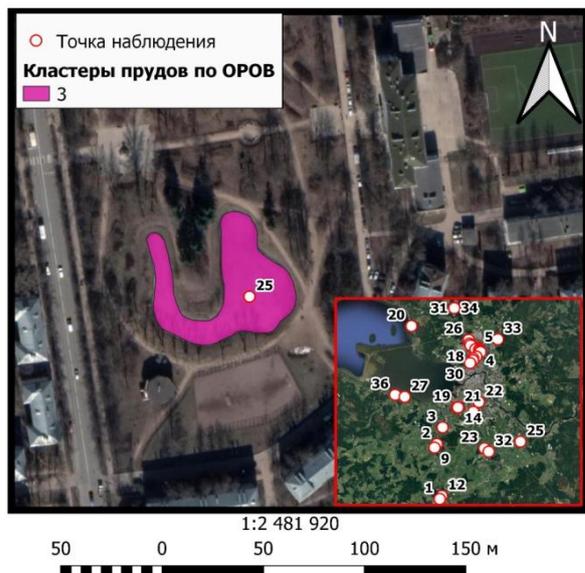


Рис. 64. Участок проб в т.н. 25 (Колпино).
Август 2020

Участок отбора проб в т.н. 2, 9 (Красное Село)
Август 2020

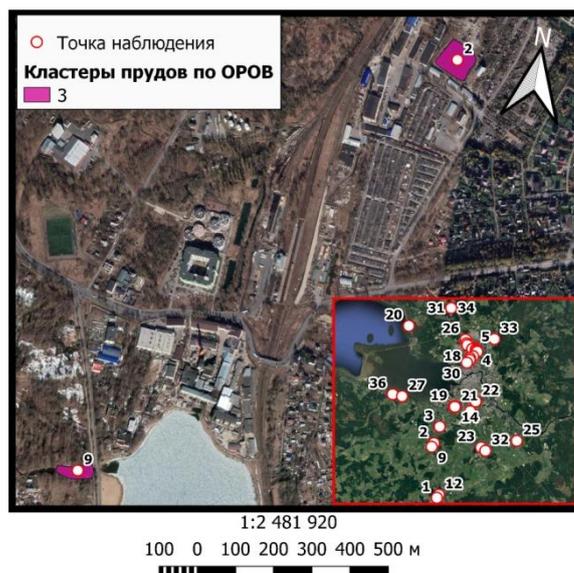


Рис. 65. Участок проб в т.н. 2, 9 (Красное Село). Август 2020

Участок отбора проб в т.н. 23, 32 (Пушкин)
Август 2020

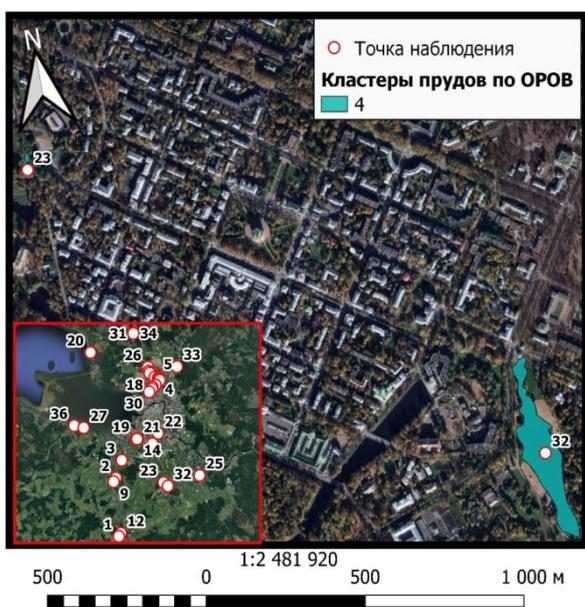


Рис. 66. Участок проб в т.н. 23, 32 (Пушкин). Август 2020

Участок отбора проб в т.н. 12 (Гатчина)
Август 2020

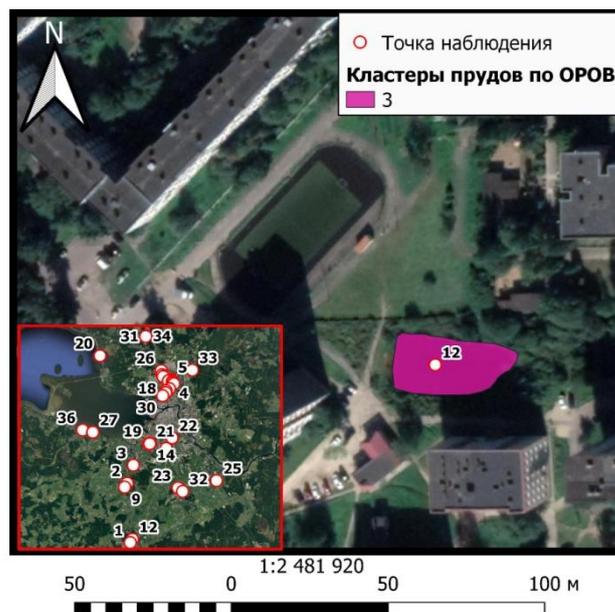


Рис. 67. Участок проб в т.н. 12 (Гатчина). Август 2020

Участок отбора проб в т.н. 1 (Гатчина)
Август 2020

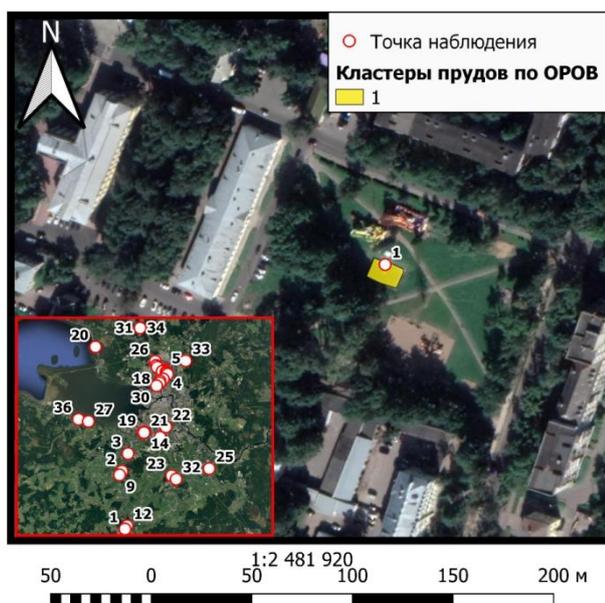


Рис. 68. Участок проб в т.н. 1 (Гатчина). Август 2020

Сентябрь:

Участок отбора проб в Сертолово. Сентябрь 2020

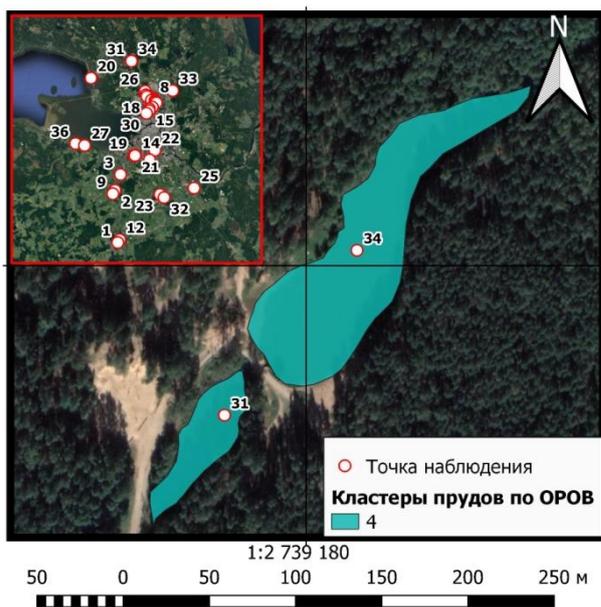


Рис.69. Участок проб в т.н. 34, 31
(Сертолово). Сентябрь 2020

Участок отбора проб в Сестрорецке. Сентябрь 2020

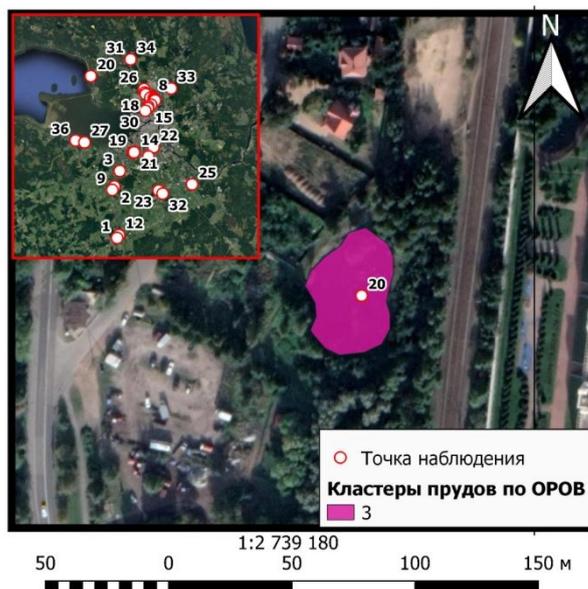


Рис. 70. Участок проб в т.н. 20
(Сестрорецк). Сентябрь 2020

Участок отбора проб в Новом Девятикино.
Сентябрь 2020

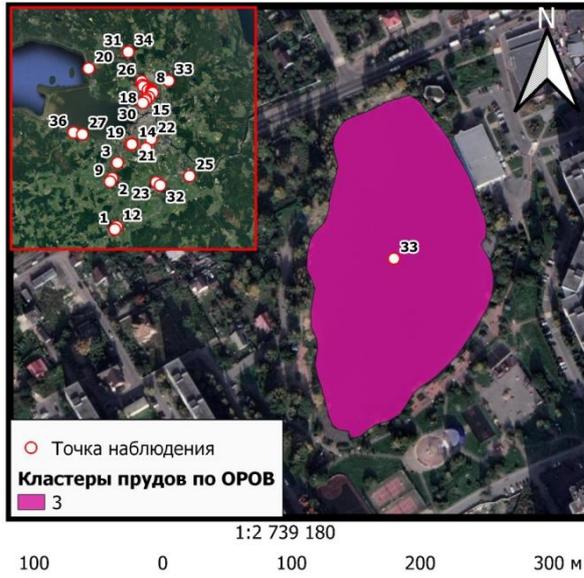


Рис. 71. Участок проб в т.н. 33 (Новое Девятикино). Сентябрь 2020

Участок отбора проб на Суздальских озерах.
Сентябрь 2020

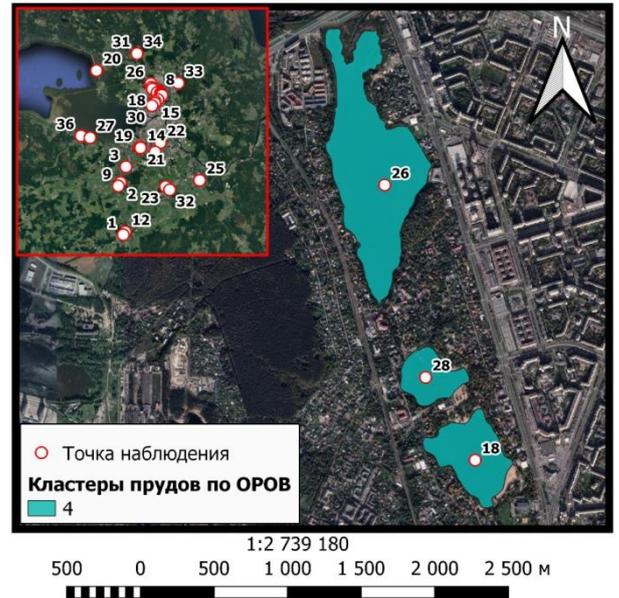


Рис. 72. Участок проб в т.н. 16, 18, 26 (Суздальские озера). Сентябрь 2020

Участок отбора проб в парке Сосновка
(северная часть)
Сентябрь 2020

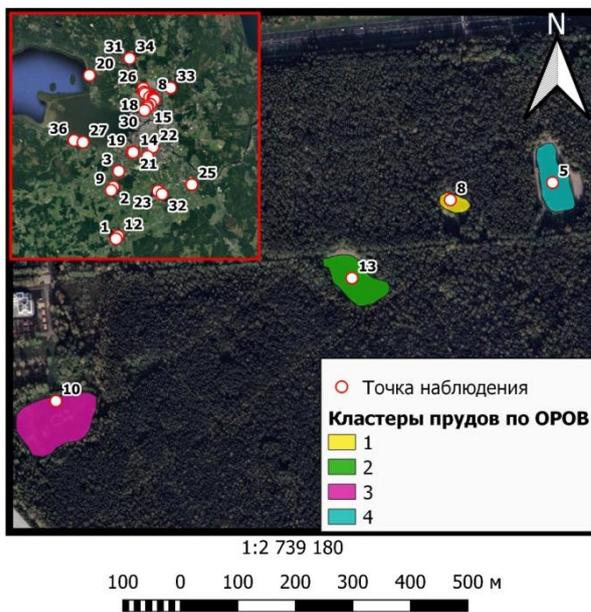


Рис. 73. Участок проб в т.н. 5, 8, 10, 13 (парк Сосновка). Сентябрь 2020

Участок отбора проб в парке Сосновка
(восточная часть)
Сентябрь 2020

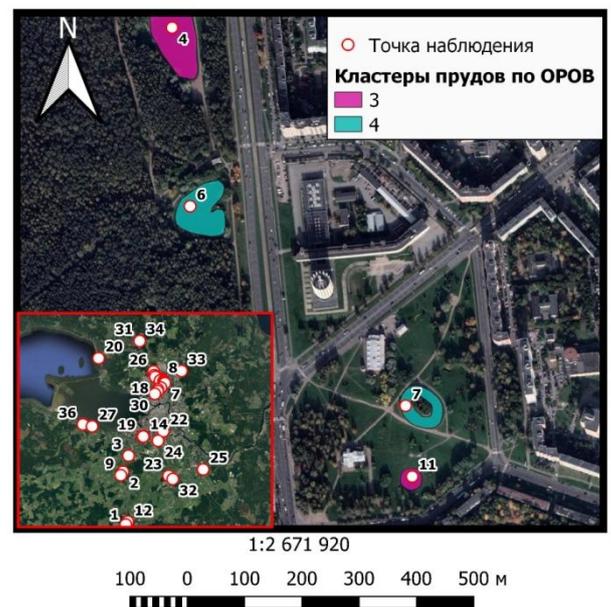


Рис. 74. Участок проб в т.н. 4, 6, 7, 11 (парк Сосновка). Сентябрь 2020

Участок отбора проб в Серебряном пруду
Сентябрь 2020

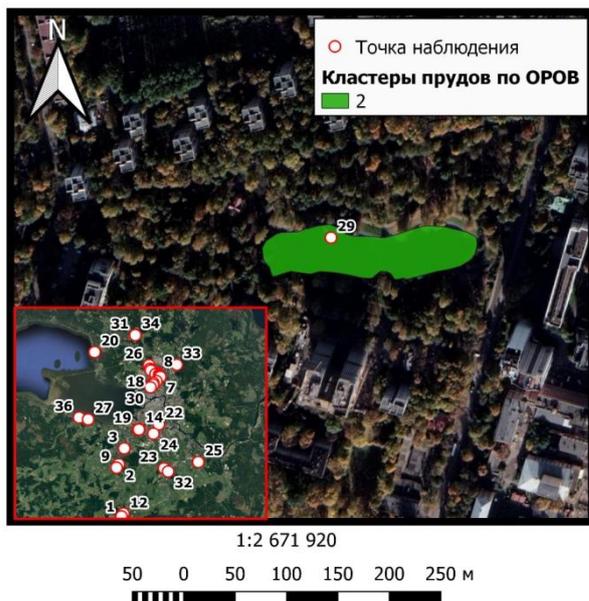


Рис. 75. Участок проб в т.н. 29
(Серебряный пруд). Сентябрь 2020

Участок отбора проб в т.н. 15, 35
Сентябрь 2020

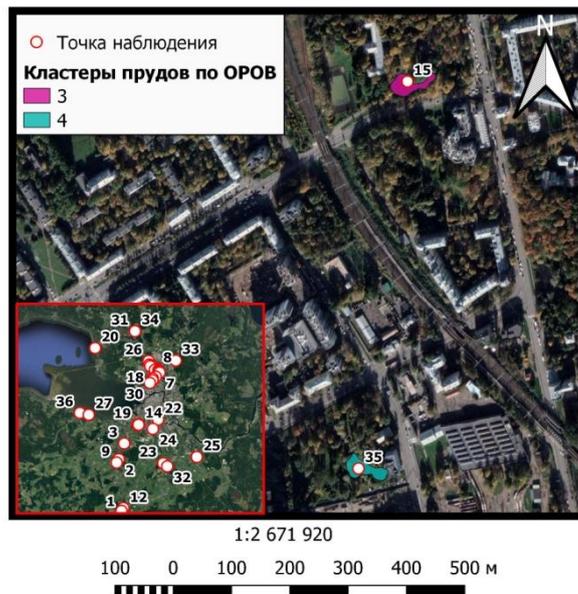


Рис. 76. Участок проб в т.н. 15, 35. Сентябрь
2020

Участок отбора проб в т.н. 30
Сентябрь 2020

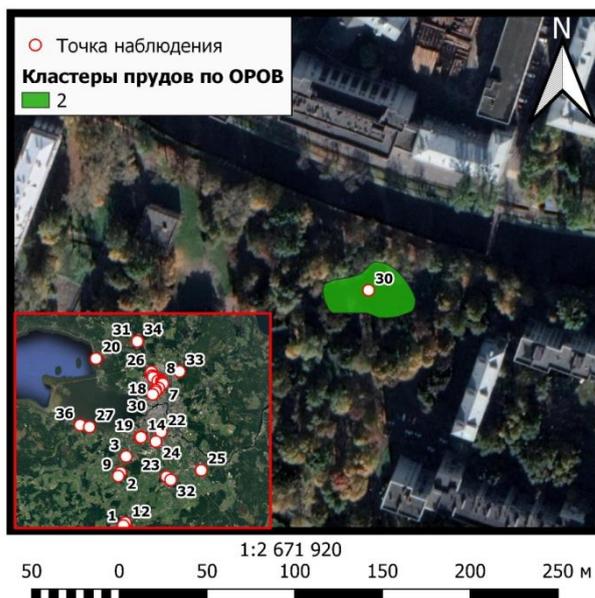


Рис. 77. Участок проб в т.н. 30. Сентябрь
2020

Участок отбора проб в т.н. 22
Сентябрь 2020

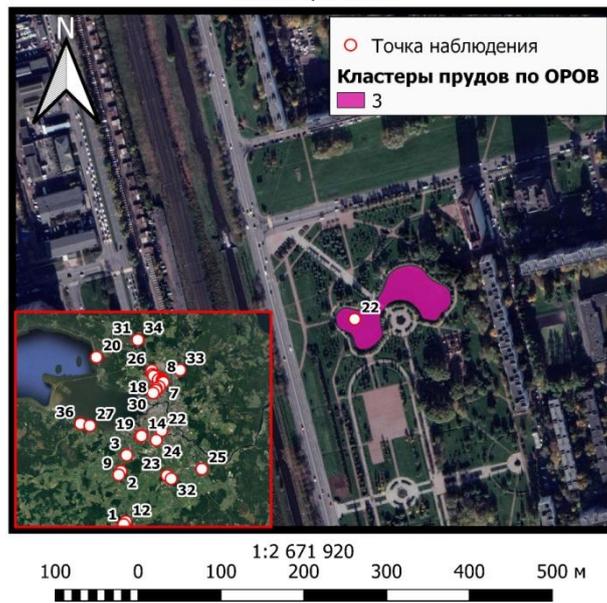


Рис. 78. Участок проб в т.н. 22. Сентябрь
2020

Участок отбора проб в т.н. 27, 36 (Петергоф)
 Сентябрь 2020

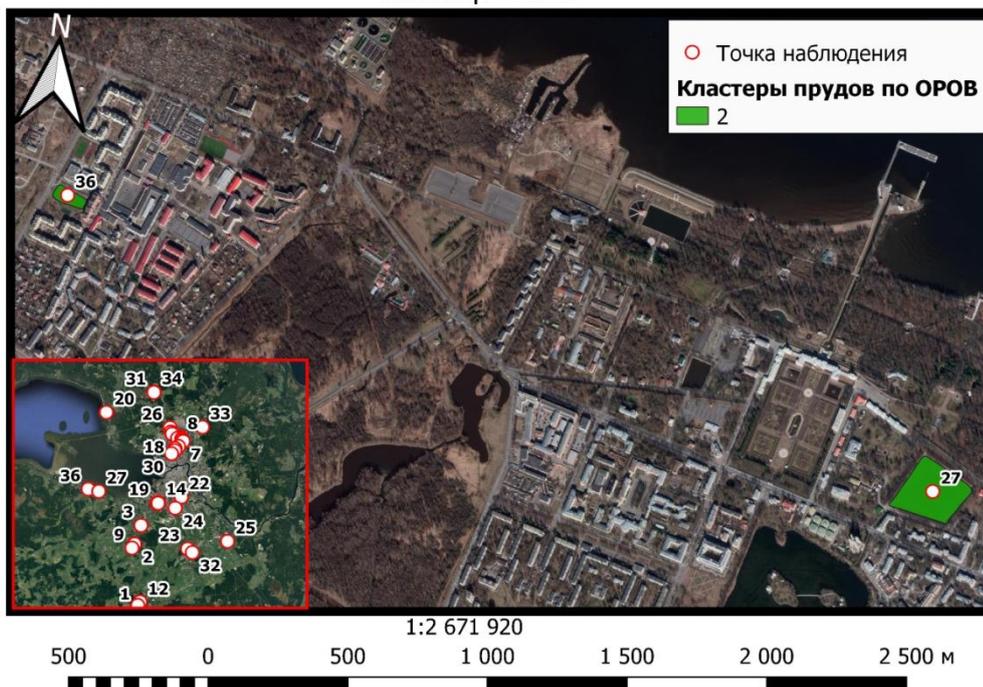


Рис. 79. Участок проб в т.н. 27, 36 (Петергоф). Сентябрь 2020

Участок отбора проб в т.н. 14, 16, 19, 21
 (проспект Ветеранов)
 Сентябрь 2020

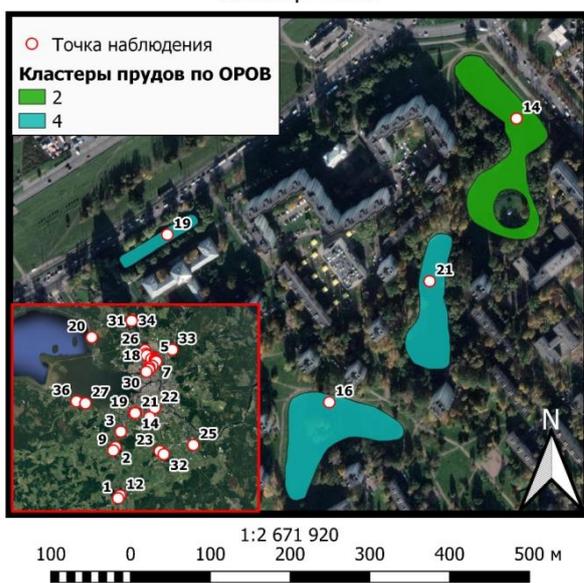


Рис. 80. Участок проб в т.н. 14, 16, 19, 21
 (проспект Ветеранов). Сентябрь 2020

Участок отбора проб в т.н. 24 (Пулковский парк)
 Сентябрь 2020

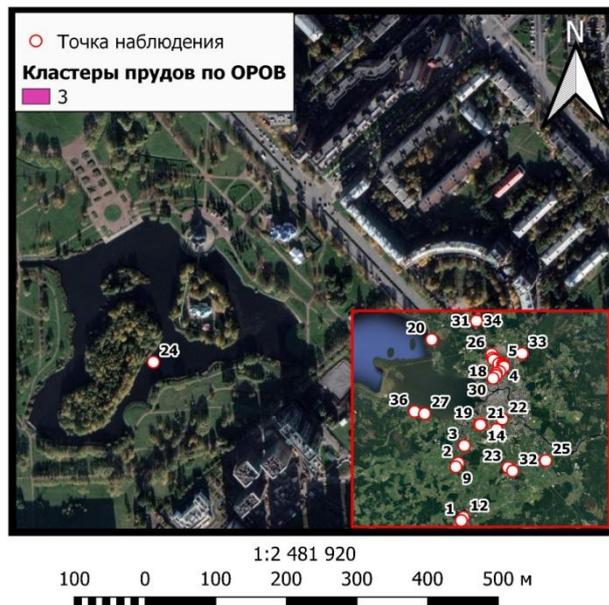


Рис. 81. Участок проб в т.н. 24 (Пулковский парк). Сентябрь 2020

Участок отбора проб в т.н. 3 (Горелово)
Сентябрь 2020

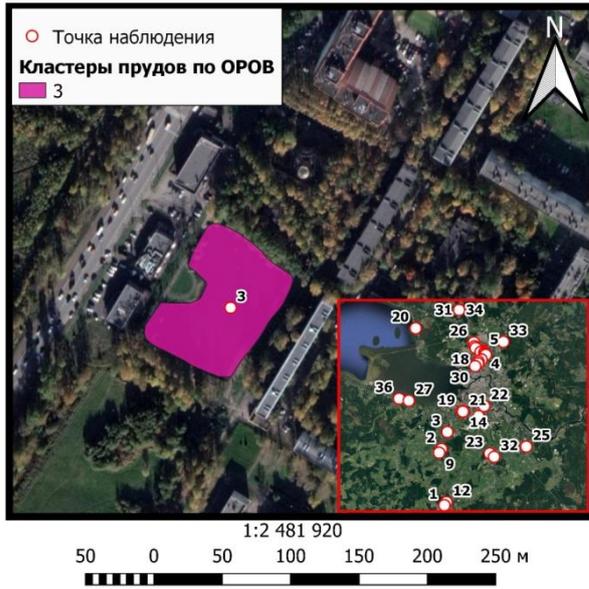


Рис. 82. Участок проб в т.н. 3 (Горелово).
Сентябрь 2020

Участок отбора проб в т.н. 25 (Колпино)
Сентябрь 2020

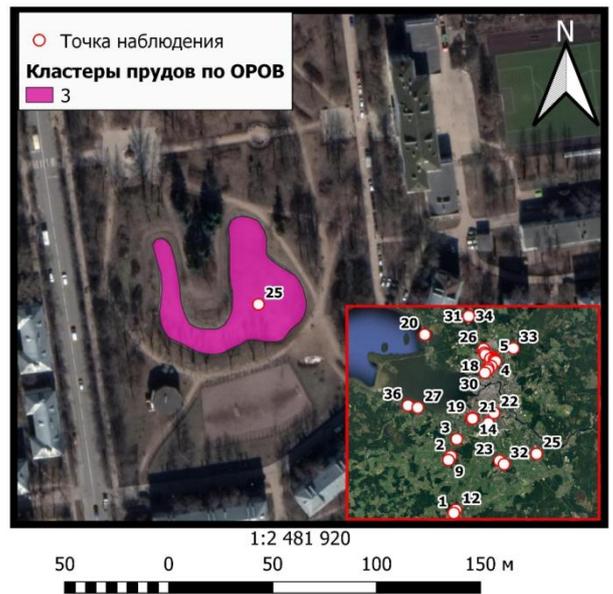


Рис. 83. Участок проб в т.н. 25 (Колпино).
Сентябрь 2020

Участок отбора проб в т.н. 9 (Красное Село)
Сентябрь 2020

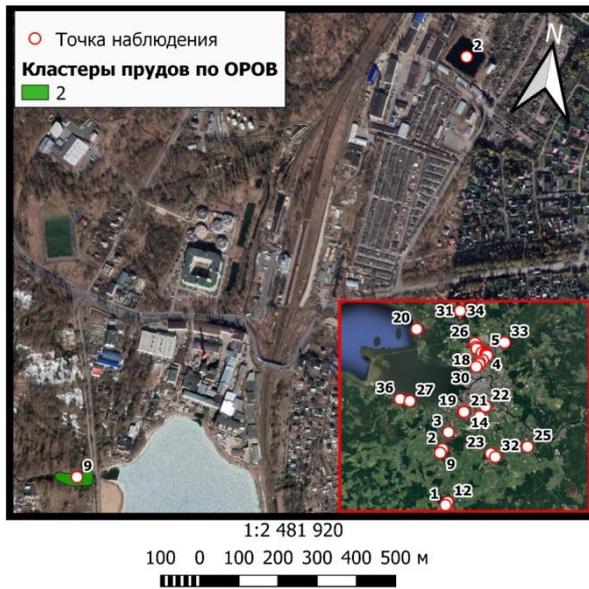


Рис. 84. Участок проб в т.н. 9 (Красное
Село). Сентябрь 2020

Участок отбора проб в т.н. 23, 32 (Пушкин)
Сентябрь 2020

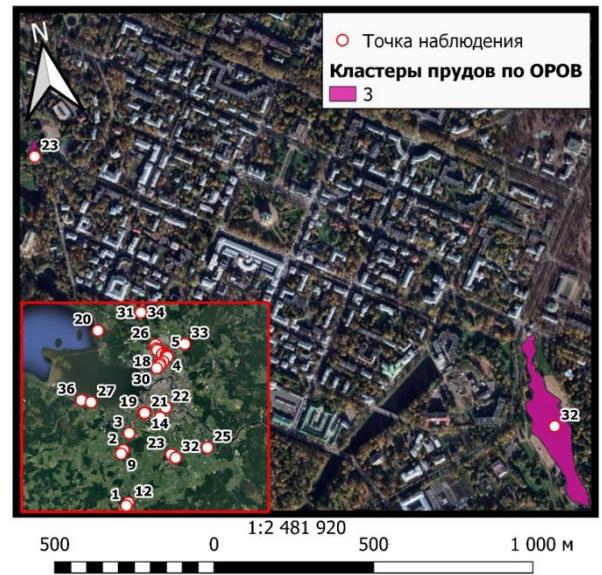


Рис. 85. Участок проб в т.н. 23, 32 (Пушкин).
Сентябрь 2020

Участок отбора проб в т.н. 12 (Гатчина)
Сентябрь 2020

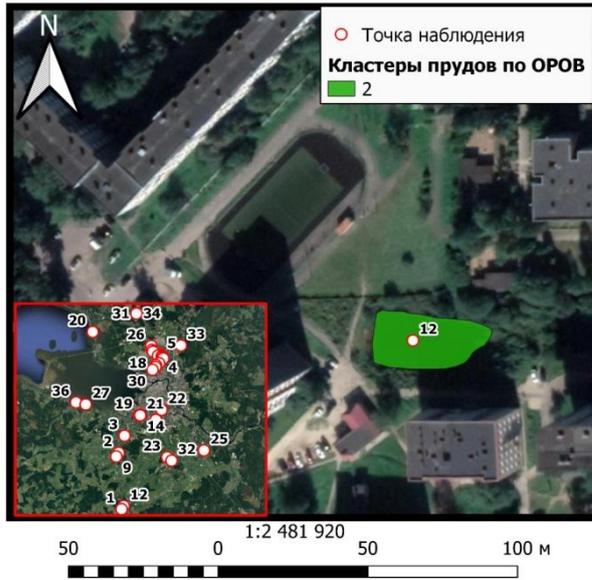


Рис. 86. Участок проб в т.н. 12 (Гатчина).
Сентябрь 2020

Участок отбора проб в т.н. 1 (Гатчина)
Сентябрь 2020

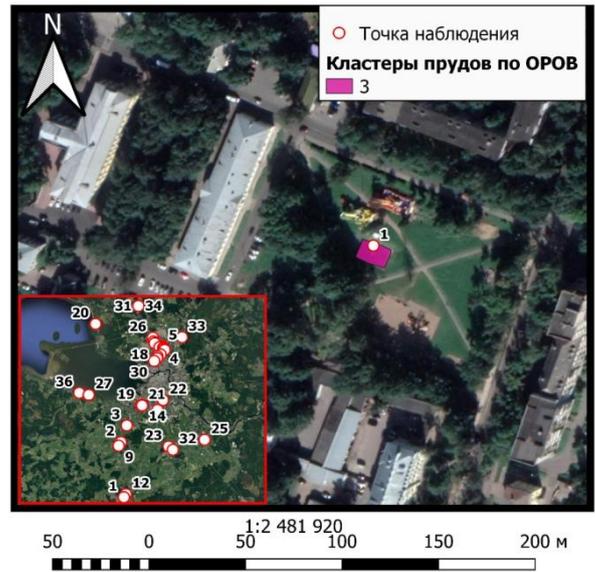


Рис. 87. Участок проб в т.н. 1 (Гатчина).
Сентябрь 2020

Приложение 13

Апробация квалитетической шкалы сводного показателя состояния водоемов на примере т.н. 8, 35, 21, 13 за август и сентябрь 2020 года.

Таблица 29. Расчет класса состояние водоемов для т.н. 8 (парк Сосновка) в августе.

Пруд 8 август				
Параметр	xi	qi	qi*pi	Класс
ОРОВ	32,96	1,00	0,15	III
O2	8,2	0,24	0,024	
NO3+NO2	30	0,003	0,0004	
PO4	85	0,03	0,004	
NH4	1637	0,39	0,047	
площадь поверхности воды	0,0010	0,999	0,08	
температура воды в летний период	22,0	0,82	0,09	
проточность	2,0	0,59	0,106	
Ii сумма			0,50	

Таблица 30. Расчет класса состояние водоемов для т.н. 8 (парк Сосновка) в сентябре.

Пруд 8 сентябрь				
Параметр	xi	qi	qi*pi	Класс
ОРОВ	29,85	0,90	0,14	III
O2	8,2	0,24	0,02	
NO3+NO2	34	0,004	0,0005	
PO4	56	0,02	0,003	
NH4	2001	0,48	0,06	
площадь поверхности воды	0,0010	0,999	0,08	
температура воды в летний период	16,4	0,28	0,03	
проточность	2,0	0,59	0,11	
Ii			0,44	

Таблица 31. Расчет класса состояние водоемов для т.н. 35 (Пионерский сад) в августе.

Пруд 35 август				
Параметр	xi	qi	qi*pi	Класс
ОРОВ	3,34	0,09	0,01	III
O2	3,4	0,97	0,097	
NO3+NO2	521	0,056	0,0079	
PO4	1438	0,67	0,080	
NH4	2942	0,70	0,084	
площадь поверхности воды	0,001	0,999	0,08	
температура воды в летний период	19,7	0,60	0,07	
проточность	0,6	1,00	0,18	
Ii			0,61	

Таблица 32. Расчет класса состояние водоемов для т.н. 35 (Пионерский сад) в сентябре.

Пруд 35 сентябрь				
Параметр	x_i	q_i	$q_i \cdot p_i$	Класс
ОРОВ	4,01	0,11	0,02	III
O2	8,0	0,27	0,03	
NO3+NO2	140	0,015	0,0021	
PO4	2140	1,00	0,120	
NH4	4199	1,00	0,12	
площадь поверхности воды	0,001	0,999	0,08	
температура воды в летний период	14,8	0,13	0,01	
проточность	0,6	1,00	0,18	
I_i			0,56	

Таблица 33. Расчет класса состояние водоемов для т.н. 21 (проспект Ветеранов) в августе.

Пруд 21 август				
Параметр	x_i	q_i	$q_i \cdot p_i$	Класс
ОРОВ	3,79	0,10	0,02	II
O2	7,6	0,33	0,03	
NO3+NO2	118	0,013	0,002	
PO4	194	0,09	0,01	
NH4	619	0,15	0,02	
площадь поверхности воды	0,006	0,991	0,08	
температура воды в летний период	20,2	0,64	0,07	
проточность	4,0	0,00	0,00	
I_i			0,23	

Таблица 34. Расчет класса состояние водоемов для т.н. 21 (проспект Ветеранов) в сентябре.

Пруд 21 сентябрь				
Параметр	x_i	q_i	$q_i \cdot p_i$	Класс
ОРОВ	4,65	0,13	0,02	II
O2	7,1	0,41	0,04	
NO3+NO2	570	0,062	0,009	
PO4	591	0,27	0,033	
NH4	3551	0,85	0,10	
площадь поверхности воды	0,006	0,991	0,08	
температура воды в летний период	14,3	0,08	0,01	
проточность	4,0	0,00	0,00	
I_i			0,29	

Таблица 35. Расчет класса состояние водоемов для т.н. 13 (парк Сосновка) в августе.

Пруд 13 август				
Параметр	x_i	q_i	$q_i \cdot p_i$	Класс
ОРОВ	9,00	0,26	0,04	II
O2	4,1	0,86	0,09	
NO3+NO2	3	0,0002	0,00003	
PO4	26	0,01	0,001	
NH4	40	0,01	0,001	
площадь поверхности воды	0,006	0,991	0,08	
температура воды в летний период	21,1	0,73	0,08	
проточность	2,0	0,59	0,11	
II			0,39	

Таблица 36. Расчет класса состояние водоемов для т.н. 13 (парк Сосновка) в сентябре.

Пруд 13 сентябрь				
Параметр	x_i	q_i	$q_i \cdot p_i$	Класс
ОРОВ	8,88	0,26	0,04	II
O2	8,3	0,23	0,02	
NO3+NO2	47	0,005	0,001	
PO4	38	0,01	0,002	
NH4	247	0,06	0,01	
площадь поверхности воды	0,006	0,991	0,08	
температура воды в летний период	18,0	0,43	0,05	
проточность	2,0	0,59	0,11	
II			0,30	