

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
ФГБОУ ВО  
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ-  
МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА»

**Рамадан Рита**

**Сезонная динамика функционально-экологического качества разных  
вертикальных уровней малых водных экосистем Москвы**

**Специальность 1.5.15 Экология**

**Диссертация  
на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук**

Научный руководитель:  
доктор биологических наук, профессор,  
Васенев И.И.

Научный консультант:  
кандидат с.-х. н, доцент, Таллер Е.Б.

Москва 2023

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ.....</b>	<b>4</b>
<b>Глава 1. Обзор литературы: Экологические факторы качества воды прудовых экосистем.....</b>	<b>8</b>
1.1 Факторы, влияющие на локальные водные экосистемы. ....	8
1.2 Роль и значение малых водных экосистем (прудов) в жизни города.	11
1.3 Состояние малых водных экосистем в городе Москве. ....	13
1.4 Экологический мониторинг малых водных экосистем (прудов). ....	16
1.5 Методы оценки качества воды в прудах по физико-гидрохимическим показателям.....	20
1.6. Методы оценки качества воды в прудах по биологическим показателям.....	27
<b>ГЛАВА 2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ .....</b>	<b>34</b>
2.1 Краткая характеристика района исследований.....	34
2.2 Основные объекты исследования.....	38
2.3 Методы исследования.....	44
<b>ГЛАВА 3. Сезонная динамика физико-химических и гидрохимических показателей воды в трех вертикальных зонах исследуемых водоемов... 56</b>	<b>56</b>
3.1 Сезонная динамика физико-химических и гидрохимических показателей качества воды в Большом Садовом пруду.....	56
3.2 Сезонная динамика физико-химических и гидрохимических показателей качества воды в Среднем Фермском пруду.....	72
3.3 Сезонная динамика физико-химических и гидрохимических показателей качества воды в Нижнем Фермском пруду. ....	84
3.4 Сезонная динамика физико-химических и гидрохимических показателей качества воды в Большом Головинском пруду.....	96
3.5 Сезонная динамика физико-химических и гидрохимических показателей качества воды в Малом Головинском пруду.....	109
<b>ГЛАВА 4. Экологическая оценка сапробности изучаемых водоемов.... 120</b>	<b>120</b>
4.1 Оценка сапробности в Большом Садовом пруду. ....	120
4.2 Оценка сапробности в Среднем Фермском пруду. ....	123
4.3 Оценка сапробности в Нижнем Фермском пруду.....	126
4.4 Оценка сапробности в Большом Головинском пруду .....	129
4.5 Оценка сапробности в Малом Головинском пруду .....	131

<b>ГЛАВА 5. Сравнительная экологическая оценка качества водоёмов с анализом лимитирующих экологических факторов. ....</b>	<b>136</b>
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....</b>	<b>143</b>
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....</b>	<b>145</b>
<b>Приложения.....</b>	<b>161</b>

## ВВЕДЕНИЕ

Локальные экосистемы прудов города Москвы с сообществами различных растений и животных и связанными с ними абиотическими условиями представляют собой сложную вертикально дифференцированную систему. При попадании в пруды органических и минеральных веществ, содержащиеся в них фосфор и азот часто вызывают процесс эвтрофикации водоёмов. Экологическое состояние многих малых прудов в условиях Московского мегаполиса с высоким уровнем антропогенной нагрузки вызывает озабоченность жителей и городских структур управления (Бубунец и др., 2018; 2019).

Антропогенные воздействия часто приводят к загрязнению водоёмов, гибели наиболее чувствительных гидробионтов и снижению их биологического разнообразия (Марченко, 2019), что, в свою очередь, ухудшает общее экологическое состояние городских территорий и в итоге пагубно влияет на здоровье населения (Логвинова, 2016).

В последнее время проводятся работы по очистке и восстановлению прудов. Однако при этом нередко нарушается естественный режим их жизни, теряются многие важные функции, утрачивается живописность и рекреационное значение (Шабанова, 2016). Экологический мониторинг состояния водоёмов позволяет лучше управлять их качеством, поддерживать нормальное состояние (Бухтояров и др., 2015; Танашева и др., 2021) с учетом выявляемых при этом регионально-типологических закономерностей пространственной изменчивости и временной динамики основных диагностических параметров качества воды и придонных отложений.

**Целью работы** является проведение комплексных мониторинговых экологических исследований с анализом регионально-типологических особенностей пространственного варьирования и сезонной динамики функционально-экологического качества трех вертикальных слоев воды и

макрозообентоса пяти представительных прудовых экосистем в условиях северной части города Москвы.

В соответствии с поставленной целью исследования решались следующие **задачи**:

1. Экологический мониторинг сезонной динамики физико-химических и гидрохимических показателей качества воды в трех вертикальных слоях различных функциональных зон исследуемых представительных малых водоёмов (прудов) в северной части города Москвы.

2. Экологическая оценка сезонной динамики макрозообентоса различных функциональных зон изучаемых водоемов.

3. Проведение комплексной оценки функционально-экологического качества воды исследуемых водоёмов с анализом лимитирующих экологических факторов.

**Научная новизна.** Проведенная в течение трех лет комплексная экологическая оценка качества воды трех вертикальных слоев и разных функциональных зон пяти представительных для северной части Москвы прудов в условиях двух контрастных сезонов года (зима / лето), показала значительное пространственное варьирование и сезонную динамику большинства исследованных физико-химических и гидрохимических показателей качества воды: как по акватории прудов, так и по глубине водоёмов – достигающих кратных перепадов в случае содержания аммония, меди и железа, и наиболее ярко выраженное по содержанию хлоридов.

Характерное для Москвы антропогенное подщелачивание реакции среды в исследуемых прудах приводит к изменению реакции среды на 1–3 единицы рН. Изменение с глубиной температуры воды на 0,5-2°C сопровождается сдвигом ее насыщения кислородом на 1–5 мг/л. Содержание растворенного кислорода в летний период (при повышении температуры до 20-25°C) можеткратно уменьшаться по сравнению с его содержанием зимой.

Содержание биогенного азота в форме нитритов и аммония значительно увеличивается с повышением рекреационной нагрузкой в зоне воздействия

пляжа (до 0,06 мг/л нитритов и 1,5 мг/л аммония) и локально агрогенной нагрузки в зоне влияния опытных сельскохозяйственных полей (до 0,06 мг/л нитритов и 1,3 мг/л аммония). Пространственная дифференциация основных гидрохимических показателей определяет состояние макрозообентоса и сапробность воды прудов (относится к  $\alpha$ -мезосапробной и  $\beta$ -мезосапробной зонам). Класс  $\alpha$ -мезосапробная «загрязненная вода» характерен для парковых функциональных зон интенсивной рекреационной нагрузки, зоны впадения «лесного» русла реки (Жабенки), зоны действия опытных полей и зон влияния дорог с интенсивным движением, которые, как правило, занимают значительную часть акватории небольших по площади прудов Москвы.

**Практическая значимость работы** определяется актуально стоящими задачами экологического мониторинга для своевременного регулирования антропогенной нагрузки на малые водоемы Московского мегаполиса, научно обоснованной периодичности их очистки и благоустройства с улучшением функционально-экологического качества воды в более, чем 400 малых водоемах города.

Полученные результаты отражают ряд регионально-типологических закономерностей пространственной изменчивости и сезонной динамики основных диагностических показателей экологического состояния воды и макрозообентоса водоемов с разным уровнем и характером антропогенной нагрузки. Они будут полезны для экологического обоснования принятия проектно-технологических решений по сохранению и восстановлению качества воды прудов в условиях северной части Москвы и других водоемов, находящихся в аналогичных экологических условиях – с учетом результатов оценки и прогноза экологического качества воды разных функциональных зон прудовых экосистем.

**Положения, выносимые на защиту:**

1. Для небольших по акватории прудов в условиях северной части Москвы характерна выраженная пространственная дифференциация как по глубине, так и разным функциональным зонам водоёмов основных физико-

химических и гидрохимических показателей качества их воды, достигающая кратных перепадов в случае содержания растворенного кислорода, аммония и наиболее ярко выраженная по содержанию хлоридов, железа и меди.

2. Максимальная сезонная динамика качества воды малых водоёмов в условиях северной части Москвы связана с локальным повышением содержания биогенных элементов (прежде всего аммонийного азота) и летним снижением концентрации растворённого кислорода при повышении температуры воды и уровня рекреационной нагрузки на экосистему прудов.

3. Сапробность, как показатель органического загрязнения, выявляемая по организмам макрозообентоса, дифференцирована по функциональным зонам водоёмов, характеру и уровню антропогенной нагрузки на них. Класс  $\alpha$ -мезосапробная «загрязненная вода» характерен для прибрежных зон с максимальной рекреационной нагрузкой, зон влияния опытных полей и максимального поступления органических веществ с листовым опадом интенсивно вегетирующих парковых насаждений.

## **Глава 1. Обзор литературы: Экологические факторы качества воды прудовых экосистем.**

### **1.1 Факторы, влияющие на локальные водные экосистемы.**

Вода является одним из наиболее важных природных ресурсов, а водные экосистемные сервисы относятся к основным компонентам благополучия людей и ключевым факторам социально-экономического развития. В настоящее время пресноводные экосистемы испытывают сильные воздействия многочисленных антропогенных факторов, включая органическое и неорганическое загрязнение, изменения в землепользовании водосборных территорий, влияющие на биоразнообразие гидробионтов (Navarro-Ortega, 2015; Brodsky, 2017; Joniak et al., 2017).

Современные исследования подчеркивают растущее загрязнение водных экосистем в связи с расширяющимся и зачастую неустойчивым использованием поверхностных вод, (Green, 2015). Деятельность человека изменила природный ландшафт вокруг водных экосистем до такой степени, что их биоразнообразие подвергается опасности, и качественное выполнение экосистемных сервисов зачастую становится невозможным

К основным факторам, влияющим на качество локальных водных экосистем, относятся природные факторы, такие, как погодные условия, прежде всего температура и количество осадков, и антропогенные факторы (Джамалов, 2018). Климатические колебания и изменения температуры относятся к важнейшим факторам, влияющим на интенсивность осадков, следовательно, на уровень и качество воды в различных водоемах (Леонтьева, 2019).

Температура – основной фактор в определении разнообразия качества поверхностных вод. Повышение температуры воздуха (и, соответственно, температуры воды) влечет уменьшение содержания кислорода в воде, и это в свою очередь приводит к существенным изменениям в метаболических процессах организмов, общей продуктивности экосистем, составе гидробионтов,

влияет на фундаментальные экологические процессы (Куделькин, 2022). Температура воздействует на гидрохимические параметры качества воды. С одной стороны, увеличение температуры воды приводит к возрастанию уровня влияния биогенных элементов и тяжелых металлов, с другой – к уменьшению растворенного кислорода, особенно в сухие и теплые периоды. Это увеличивает риск загрязнения водных экосистем (Анциферова, 2017).

Продуктивность пресноводных экосистем также значительно изменяется в результате повышения температуры воды. Теплые воды, как правило, более продуктивны, но могут провоцировать рост сине-зеленых водорослей, что происходит во многих водных объектах в теплые сезоны. Это снижает качество воды и создаёт неблагоприятные условия для гидробионтов (Исмайылов, 2019). Режимы поверхностных и подземных вод, включая осадки, таяние снега, поверхностный сток, влажность, речной сток и пополнение водоносных горизонтов, одинаково чувствительны к потеплению, поэтому значительные изменения в гидрологии связаны с повышением температуры (Caron, 2021).

Осадки также играют важную роль в формировании водных экосистем, поскольку они влияют на уровень поверхностных вод в водоемах, процессы испарения, поверхностный сток, уровень грунтовых вод. Кроме того, количество осадков имеет значительное влияние на свойства и состав воды в разных водных объектах (Георгиевский и др., 2013). Они влияют на многие гидрохимические параметры такие, как водородный показатель, содержание растворенного кислорода. Особенно это заметно, когда химический состав осадков меняется вблизи крупных промышленных объектов и транспортных магистралей. Такие осадки попадают в водоёмы, изменяют уровень pH воды и другие параметры ее качества, отрицательно влияют на гидробионты и их разнообразие (Деревенская, 2015; Данилов-Данильян, 2020).

Важным фактором, влияющим на водные экосистемы в последнее время, являются прямые антропогенные воздействия. Антропогенные факторы представляют совокупность деятельности человека, которая ведет к

изменению состояния водных ресурсов (Калинкина и др., 2017). Они влияют на изменение основных гидрологических и гидрохимических параметров водных объектов, закономерности распределения, миграции и концентрации химических веществ в воде, взвеси, осадках (Пукало и др., 2020). Антропогенные факторы способствуют сокращению абсолютной численности гидробионтов, в частности, исчезают некоторые виды планктона и бентоса (Решетняк, 2015).

Экономическое развитие и интенсивное сельскохозяйственное производство определяют характер и степень антропогенного воздействия на все водные объекты. Эти факторы включают прямое и косвенное воздействие деятельности человека. Под прямым воздействием подразумевается непосредственное воздействие в ходе ведения хозяйственной деятельности:

1. Регулирование стока посредством создания искусственных водоёмов (прудов и водохранилищ).

2. Искусственное изменение морфометрических характеристик водных объектов и их водосборов – расширение и спрямление русел рек,

3. Изменение качества вод: загрязнение водного объекта вследствие сброса сточных вод, разлива нефтепродуктов, выпадения загрязнённых осадков, смыва ядохимикатов с полей ливневыми осадками и др.

4. Расход воды на бытовые, сельскохозяйственные и производственные нужды и другие (Коронкевич и др., 2017).

Под косвенным воздействием подразумевается деятельность человека, влияющая на водные ресурсы лишь опосредованно, и включает:

- вырубку леса;
- распашку земли;
- урбанизацию;
- строительство прудов водохранилищ;
- горные работы и др. (Георгиев и др., 2021).

В настоящее время загрязнения водоемов, увеличение водопотребления и нехватка водных ресурсов стали важнейшими факторами, отрицательно

вливающими на водные объекты, особенно на малые водные экосистемы, такие, как пруды (Румянцев и др., 2021).

## **1.2 Роль и значение малых водных экосистем (прудов) в жизни города.**

Малые водоемы или пруды являются неотъемлемой частью и имеют важное значение для городов и поселений. Эти малые типы водных экосистем оказывают значительное влияние на экологические процессы (Manoj, Padhy, 2015). Малые водные экосистемы имеют высокую физико-химическую динамику, и биологические виды должны быть адаптированы к таким динамическим процессам (Lezieret et al., 2017). Тем не менее, малые экосистемы прудов значительно менее изучены, чем крупные водные экосистемы (Ricksen et al., 2022), хотя они и имеют очень большой вклад в экологическое функционирование всего ландшафта.

Малые водные экосистемы (пруды) играют большую роль в жизни города и имеют важные природные экологические функции:

- Формируют микроклимат, поддерживают уровень грунтовых вод;
- Регулируют естественные водотоки (если пруд организован посредством строительства плотины на водотоке) (Цупикова, Севостьянова, 2021);
- Являются температурным буфером (пруд снижает амплитуду колебаний температуры на прилегающей территории);
- Повышают влажность на прилегающей территории вследствие испарения с поверхности пруда – в летние периоды наиболее заметно;
- Сохраняют флору и фауну урбоэкосистем, повышают биоразнообразие и, как следствие, повышают «сопротивляемость экосистемы внешним воздействиям» (Аминжонова, Мустафаева, 2017);
- Улучшают эстетическую составляющую территории и снижают общую техногенность пейзажа;
- Пруды имеют декоративное, рекреационное значение, могут быть использованы как транспортные артерии.

Малые пруды питаются поверхностными (дождевыми, талыми) или подземными (грунтовыми) водами и служат источником воды для различных целей. Они представляют ограниченный объем воды со специфической растительностью и гидробионтами (Серебренникова, 2022).

Реже пруды используются для рыборазведения и рыболовства, имеют научное, музейное, усадебное, парковое, пожарное и т.д. значение. В городском водном хозяйстве есть также специальные пруды: пруды-отстойники, пруды доочистки стока, пруды регуляторы поверхностных, дренажных и очищенных сточных вод, биопруды, демонстрационные и др.

Помимо своего основного функционального назначения они способствуют повышению влажности воздуха, снижению максимальных расходов воды рек и временных водотоков и уменьшению эрозионной деятельности (Мухин, Лопичева, 2017). Примером таких прудов являются расположенные на севере Москвы, Большой Садовый пруд и Головинские пруды, которые являются одними из крупнейших рекреационных прудов Тимирязевского района, с пляжем и лодочной станцией, где жители могут заниматься водными видами спорта. Пруды являются идеальным местом для рыбалки летом и зимой.

Нередко пруды играют решающую роль в развитии и совершенствовании инфраструктуры больших городов и районов. Для обеспечения водными ресурсами небольших населенных пунктов, промышленности и сельского хозяйства также часто используют малые водоемы и пруды.

Пруды значительно сокращают появление негативных последствий, связанных с наводнениями, а в некоторых случаях и полностью предотвращают их появление. Создание прудов позволяет заметно увеличить орошаемые площади за счёт более рационального использования поверхностного стока, с подачей воды на поля в нужном количестве. Пруды имеют большое экономическое значение в разведении и производстве рыбы. Кроме того, они служат аккумулятором ливневого стока и регулируют уровень воды малых рек. Многие небольшие реки впадают в пруды и малые водоемы.

Нерациональное использование прудов нередко приводит к невозполнимым экологическим потерям, поскольку при попытке восстановления антропогенно загрязненных прудовых экосистем (Kramer, Tikhonova, 2015; Орлова и др., 2017) зачастую невозможно полностью вернуть их к исходному состоянию (Шабанова, 2016).

### **1.3 Состояние малых водных экосистем в городе Москве.**

На территории Москвы расположено более 400 водоемов – прудов естественного и искусственного происхождения. Общая площадь всех искусственных водоемов Москвы, включая Химкинское водохранилище, насчитывает более 80 000 га. По конструкции московские пруды можно разделить на: (а) старые с естественным илистым дном и с естественным питанием от родников и атмосферных осадков; и (б) новые искусственные пруды, созданные в XX веке среди московских новостроек для противопожарных целей и отдыха жителей, часто имеющие бетонные берега и частично питающиеся из водопровода. В зависимости от природных условий и предназначения прудов их делят на целый ряд типов (табл. 1.3.1).

Основная масса прудов в Москве расположена в выкопанных выемках, некоторые пруды плотинные, немногие раньше были пойменными озёрами. В Москве находятся и такие известные крупные водоёмы, как Чистые пруды, Патриаршие пруды, Царицынские пруды, Голицынский пруд и Останкинский пруд. В северной части города к важнейшим водоёмам относятся Большой Садовый пруд и Головинские пруды.

Большой Садовый пруд является одним из самых крупных и старейших водоемов Москвы. Другое распространенное название — Академический пруд. Ведет свою историю с середины XVIII века, пруд входит в состав Тимирязевского лесопарка на реке Жабенка и является особо охраняемой природной зоной (Черных, 2018).

Головинские пруды – три связанных между собой водоема искусственного происхождения. Они окружены благоустроенной парковой зоной,

Таблица 1.3.1 Виды прудов и их использование (Мальцев, 2018)

Тип пруда	Использование
Овражные пруды	Сооружаются на сухих или маловодных лощинах, небольшие по площади: от 0,5 и более гектара с глубиной в среднем 1–1,5 м, а у плотины 2–3 м. Вода в этих прудах обычно непроточная или слабопроточная, сооружаются для различных хозяйственных нужд.
Русловые пруды	Сооружаются обычно в целях использования энергии текущей воды электростанциями, мельницами, и т. д. Чаще это сильно вытянутое, глубокое (более 5–8 м), с крутыми берегами русло реки.
Водохранилища	Это крупные водоемы с обширной водной площадью в несколько десятков и сотен гектаров. Они предназначены для орошения полей.
Рыбоводные пруды	Созданные для разведения рыбы и имеют водоспуски и благодаря этому могут быть осушены и снова заполнены водой.
Рекреационные пруды	Обычно находятся в лесу или парках города для развлечений, купания и рыбалки.

местами для отдыха и занятий спортом. Берег водоемов — парковая зона общей площадью 45 га. У Большого Головинского пруда есть так называемый «зеленый пляж» (Бобков, Бутырина, 2019).

Проблемное состояние прудов в Москве, в первую очередь, связано с антропогенными нагрузками (Пукало, 2020). Антропогенное воздействие прямо или косвенно приводит к серьезным последствиям в состоянии прудов, в том числе, к загрязнению, эвтрофикации, массовому вымиранию и утрате биоразнообразия, сокращению абсолютной численности гидробионтов, в частности – некоторых видов планктона, бентоса и рыб и, следовательно, к деградации экосистем прудов (Dubois et al., 2018).

В условиях стремительного роста населения, индустриализации и урбанизации, загрязнение воды стало одним из наиболее серьезных экологических проблем прудов в городе Москве. Загрязнение водоемов проявляется в изменении всех свойств воды (химических, механических, физических и биологических), происходящее в результате естественных или искусственных процессов и приводящее к ухудшению функций экосистем прудов (Vukola et al., 2015).

Химическое загрязнение поверхностных вод считается важнейшим видом загрязнения (Карманова, 2020), которое связано с попаданием в водоемы различных химических соединений и веществ: тяжелых металлов (часто – меди и железа), удобрений (прежде всего – нитратов и фосфатов) и углеводов (органические загрязнения, нефть) (Kashulin et al., 2017). Биологическое загрязнение связано с микроорганизмами, часто – болезнетворными. Они попадают в водную среду с ливневыми стоками, со стоками целлюлозно-бумажной, химической, пищевой промышленности, животноводческих комплексов и даже могут явиться источником различных заболеваний (Бубунец и др., 2018).

Главным источником загрязнения являются все виды промышленного и сельскохозяйственного производства, транспорт. Сельскохозяйственная деятельность может вызвать загрязнение воды из-за чрезмерного выпаса на пастбищах, нерационального применения пестицидов, орошения полей и внесения удобрений (Saritas, Proskuryakova, 2017). Количество азота и фосфора в поверхностных водах в значительной мере зависит от антропогенных воздействий, связанных с изменением растительного покрова и характером землепользованием. Поступающие в водоёмы загрязнители сельскохозяйственного происхождения состоят из органических веществ, мелкозема, минеральных солей, патогенов, пестицидов, содержащихся в них тяжелых металлов и т.д. (Nitasha, Sanjiv, 2015).

Поступление в водоёмы большого количества загрязняющих веществ приводит не только к загрязнению, но и эвтрофикации водоёмов, которая

определяется как повышение биологической продуктивности водных объектов в результате поступления в них повышенного количества биогенных элементов под действием антропогенных или естественных факторов. При эвтрофикации часто наблюдается так называемое «цветение» воды, массовое развитие водорослей. Это, в свою очередь, служит причиной снижения рыбохозяйственного и рекреационного потенциала водоёмов, оказывает негативное влияние на системы очистки воды из водных объектов для орошения и питьевого водоснабжения (Hua-Peng et al., 2014)

В результате промышленной и коммунальной деятельности в водоемы со стоками переносятся водорастворимые токсиканты. Некоторые загрязняющие вещества разлагаются или улетучиваются, другие – образуют выпадающие в осадок нерастворимые соли. Поглощение токсикантов водными организмами может сопровождаться образованием еще более токсичных производных (Janse et al., 2015).

Различные источники загрязнения приводят к значительным изменениям гидрохимических и биологических параметров водоемов. Поэтому необходимы сезонные мониторинговые наблюдения за этими параметрами, которые позволяют оценить экологическое состояние водоемов и принять соответствующие меры для снижения негативного воздействия и последствий на них различных загрязнителей (Шаров, 2020).

#### **1.4 Экологический мониторинг малых водных экосистем (прудов).**

Экологический мониторинг представляет собой область человеческой деятельности междисциплинарного характера и включает подходы и методы экологии, химии, биологии, географии, почвоведения, геологии и других наук (Кутявина, Ашихмина, 2021). Экологический мониторинг прудов включает комплексную систему наблюдений, оценки и прогнозирования изменений состояния экосистем под воздействием природных и антропогенных факторов (Бухтояров, 2015).

Система мониторинга малых водных экосистем (прудов) включает решение следующих задач (Апкин, Минакова, 2015):

1. Сбор первичной информации, ее накопление, систематизация, анализ и формирование банка данных.
2. Обработку и представление данных в виде различных таблиц, графиков, карт.
3. Усовершенствование и разработку методов получения исходной информации, оценку текущего состояния окружающей среды и прогноза.
4. Анализ причин наблюдаемых и вероятных изменений экологического состояния объекта.

Мониторинг прудов включает несколько основных этапов: наблюдения за исследуемыми объектами, оценки фактического состояния пруда и прогнозирования изменения состояния пруда под влиянием природных и антропогенных воздействий (Абдукадирова, Турапова, 2018). Каждый этап играет важную роль в получении объективной информации о состоянии изучаемых водных объектов и оценки их качества (Рвачёва, Мулюкина, 2016).

Первый этап зависит от сбора достоверной информации о пруде и начинается с изучения его происхождения, а также его географических, физических, гидрохимических особенностей. При этом следует учитывать не только характеристики самого водного объекта, но и окружающего его ландшафта и состояния его берегов и дна (Behmel, 2016; 2021). В этом случае первичным источником информации могут быть литературные данные, устные сообщения жителей, интернет-ресурсы (в том числе космические снимки), данные гидрометеорологических станций и территориальных органов министерства экологии и природных ресурсов (Вшивкова и др., 2019).

В процессе проведения первого этапа мониторинга состояния водоема необходимо получить данные о площади исследуемого пруда, его ширине, длине (в том числе, и береговой линии), глубине, данные о притоках, типе водного питания и всю информацию, которая связана с характеристиками водного объекта и примыкающих территорий (Федорова, Бакуменко, 2021).

Кроме того, важным элементом на этом этапе является формирование и создание специальной сети пунктов наблюдения (Гиркин, 2018). Осуществление наблюдений на них регламентировано ГОСТ 17.1.3.07-82. Размещение пунктов наблюдения определяется хозяйственным предназначением водных объектов, морфологическими и гидрологическими особенностями водного объекта, характером примыкающих территорий, положением источников загрязнения, составом и объемом сточных и ливневых вод.

Точки наблюдения должны располагаться по акватории водоёма равномерно. При этом, необходимо учитывать глубину водоема в каждой точке наблюдения, поскольку глубина водоема оказывает существенное влияние на все химические и биологические показатели качества воды (Плотников и др., 2017). Во многих исследованиях, свойства и состав воды в пруду показывают значительное варьирование по различным глубинам, поэтому для получения более точных результатов о качестве и состоянии воды пруда необходимо проводить наблюдения не менее, чем в трех вертикальных горизонтах (Богомолов и др., 2021; Назмиев, Григорьева, 2019).

Периодичность наблюдений или сезонный мониторинг тоже является одним из основных факторов на этом этапе, влияющим на результаты наблюдения за качеством воды. Отбор проб желательно проводить каждый сезон четыре раза в год, в одних исследованиях его берут ежемесячно, в других – 4-7 раз в год, в летний и зимний период, перед ледоставом или при половодье (подъем, пик, спад) (Nguyen, 2020).

Второй этап мониторинга – экологическая оценка состояния водоемов с использованием методов анализа качества воды по комплексу гидрохимических и биологических показателей (Behmel, 2021). Гидрохимические параметры значительно зависят от природных и антропогенных источников загрязнения, влияющих и на условия обитания гидробионтов (РосНИИВХ, 2019).

Во всех программах мониторинга прудов основным ориентиром оценки качества их воды являются нормативы ПДК. Отбор, подготовка и анализ проб

воды должны осуществляться в соответствии с ГОСТ «Государственная система обеспечения единства измерений. Стандартные образцы состава и свойств веществ и материалов», а полученные результаты сравниваться с предельно допустимыми концентрациями (Мизгирев, Гурьянов, 2019).

Наблюдения гидрохимических параметров осуществляются путем проведения измерений либо в лаборатории, либо непосредственно на месте с помощью специальных приборов. Их измерение должно быть периодическим, поскольку они тесно связаны с экологическими условиями и сменой времен года (Фролова и др., 2019).

Экологический мониторинг водоёмов проводится с использованием биомониторинга (Беспалова и др., 2018), который основывается либо на непосредственной оценке индикаторных комплексов организмов и состояния сообществ (методы биоиндикации), либо на экспериментальной оценке жизнедеятельности тестовых организмов (биотестирование) (Borrego-Ramos et al., 2021).

Методы биомониторинга зависят от наблюдаемых и выявляемых видов организмов в водоеме, их численности и распределения по таксонам, а затем применения различных биоиндикаторов для определения степени загрязнения и экологического состояния водоемов. Биологические методы мониторинга состояния водного объекта позволяют решить задачи, которые не могут быть решены гидрофизическими и гидрохимическими методами (Баженова и др., 2018).

Оценка степени загрязнения водоема по его видовому составу дает возможность в краткие сроки и в полевых условиях установить его санитарно-гигиеническое состояние, определить степень и характер загрязнения и пути его распространения в водоеме (Вершинская и др., 2016). Хотя биологические показатели являются одними из наиболее чувствительных и важных индикаторов для оценки экологического потенциала водоемов, большинство разработанных программ мониторинга отдают приоритет физическим и химическим параметрам наблюдений.

Важным этапом экологического мониторинга является прогнозирование. Прогнозирование качества воды направлено на определение возможных альтернатив будущего развития общего состояния воды, а также ее количественных и качественных изменений. Заключается оно в выявлении вероятных процессов и явлений в будущем на основе анализа текущей динамики показателей. Разновременные исходные данные позволяют прогнозировать динамику концентрации загрязняющих веществ в конкретном месте акватории и определить степень загрязнения разных участков пруда (Mitchell, 2018).

### **1.5 Методы оценки качества воды в прудах по физико-гидрохимическим показателям**

Важным элементом в управлении и сохранении экосистем прудов является экологическая оценка показателей качества воды (de Lira Azevedo, 2018). Традиционно оценка качества воды выполняется с помощью физико-гидрохимических параметров (температура, растворенный кислород, pH, содержания биогенных элементов – азота и фосфора, и концентрация тяжёлых металлов) (Salikova, 2021). Эти параметры вредны для здоровья человека и гидробионтов водоема, если их значения превышают установленные пределы (Tyagi et al., 2013). Пруды значительно отличаются друг от друга по этим показателям. Антропогенная нагрузка, как и естественные процессы, происходящие в водоемах, постоянно влияют на все эти параметры, что в свою очередь сказывается на флоре и фауне водоемов.

В соответствии с ГОСТ Р 58556–2019 «Оценка качества воды водных объектов с экологических позиций» базовые (оценочные) показатели качества вод – группа показателей (маркеров), в совокупности обеспечивающих однозначные выводы о качестве/классе качества воды поверхностного водного объекта с экологических позиций.

Перечень базовых аналитических показателей включает: pH, содержание взвешенных веществ, азота аммония, азота нитритов, азота нитратов,

фосфора общего, фосфора фосфатов, железа общего и растворенного кислорода (ГОСТ, 2019).

### *Растворённый кислород*

Растворённый кислород является одним из важнейших гидрохимических показателей качества воды в пруду. Содержание растворимого кислорода важно для оценки экологического и санитарного состояния прудовой экосистемы (Козаченко и др., 2017). Его содержание должно быть на уровне, необходимом для дыхательных процессов водных организмов и самоочищения водоемов, поскольку он участвует в процессах окисления органических и других примесей, разложения мертвых организмов (Порфирьева и др., 2018).

Поступление кислорода в водоем происходит за счет процессов фотосинтеза, а также с дождевой и талой воды. На содержание кислорода влияют атмосферное давление, осадки, минерализация, температура и др. Уменьшение концентрации растворенного кислорода свидетельствует об изменении гидробиологических, гидрохимических процессов. Установлено влияние органических веществ на снижение концентрации растворенного кислорода, изменение биологических и гидрохимических параметров воды (Валле, Полонский, 2020).

Биологическую активность водных организмов также снижают бифенилы, полициклические ароматические углеводороды, соединения серы и хлорорганические соединения (Salikova, 2021). Согласно ГОСТ, в летний период во всех водных объектах содержание кислорода должно быть не менее 6 мг/л, в зимний период – не менее 4 мг/л. Снижение концентрации кислорода до 3 мг/л вызывает массовую гибель водных организмов (Mitryasova, 2021).

К основным процессам, вызывающим потребление кислорода в естественных поверхностных водоемах, относятся:

1. Микробиологическое окисление органических веществ.
2. Бактериальное дыхание.
3. Дыхание организмов более высокого уровня, включая фитопланктон и зоопланктон.

4. Микробное окисление газообразного водорода или метана в отложениях.

5. Микробное окисление соединений сероводорода, железа, аммиака, нитритов (Osadchyy et al., 2016).

6. Абиотическое окисление неорганических соединений (Миронова, 2019).

7. Абиотическое окисление органических соединений (Mitryasova, Pohrebennyk, 2020).

#### *Водородный показатель (pH)*

Водородный показатель (pH) – один из важнейших показателей качества вод. Концентрация ионов водорода имеет большое значение для химических и биологических процессов, происходящих в водоёмах. От величины pH зависят развитие и жизнедеятельность водных растений, устойчивость различных форм миграции элементов (Павелко и др., 2018). Величина pH воды влияет на процессы превращения различных форм биогенных элементов, изменяет токсичность загрязняющих веществ. В соответствии с этим выделяют 7 категорий природных вод (табл. 1.5.1).

Таблица 1.5.1 Классификация pH воды прудов (Микова, 2022)

Категории воды	значения pH
1. Сильнокислые воды	<3
2. Кислые воды	3-5
3. Слабокислые воды	5-6,5
4. Нейтральные воды	6,5-7,5
5. Слабощелочные воды	7,5-8,5
6. Щелочные воды	8,5-9,5
7. Сильнощелочные воды	> 9,5

Концентрация ионов водорода подвержена сезонным колебаниям (Лупанова, 2020). Зимой величина pH для большинства речных вод состав-

ляет 6,8–7,4, летом – 7,4–8,2, то есть летом вода становится более щелочной (Федорова, Бакуменко, 2021). Это обусловлено жизнедеятельностью водных организмов. В соответствии с требованиями государственных стандартов к составу и свойствам воды для водных объектов – источников питьевого водоснабжения величина рН не должна выходить за пределы интервала значений 6,5–8,5. Такие же требования предъявляются к воде в зонах рекреации и для водных объектах рыбохозяйственного значения.

Величина рН прудовой воды зависит от фотосинтеза водной растительности, поэтому она изменяется как в течение дня, так и в течение всего года. Изменение рН всегда происходит в определенном диапазоне, который можно установить в результате многократных измерений в течение дня и в течение года (Медведев и др., 2017).

#### *Температура воды*

Температура воды влияет на физические и химические характеристики воды, биоту и биологические процессы в водоеме, такие как дыхание и метаболизм (Verma, 2016). Температура воды меняется в течение суточных и годовых циклов солнечной активности (Riley et al., 2018). Организмы в водоемах подвержены влиянию температуры в значительной степени из-за того, что они хладнокровны или пойкилотермны (Шорникова, Рыбчак, 2018). Внешняя среда определяет их внутреннюю температуру и, следовательно, метаболическую активность. При температуре выше 4°C плотность воды становится меньше. Наиболее заметный эффект от этого испытывает планктон. Повышение температуры выше 20°C делает его значительно менее плавучим. К изменениям температуры и плотности воды чувствительны большинство водных беспозвоночных (Sarda, Parag, 2015).

#### *Азотные соединения*

Азотные производные нитриты ( $\text{NO}_2^-$ ), нитраты ( $\text{NO}_3^-$ ) и аммонийный азот ( $\text{NH}_4^+$ ) являются важными гидрохимическими показателями и играют заметную роль в процессе загрязнения воды, а также оказывают значительное

влияние на уровень растворенного кислорода и эвтрофикацию (Мирон, Фриптуляк, 2019).

Источниками поступления соединений азота в водоёмы являются процессы естественной фиксации азота в почве из атмосферного воздуха, сельскохозяйственные и ливневые стоки, различные виды удобрений, стоки с территорий, занятых животноводческими комплексами, птицефермами. Весьма значимым фактором азотного загрязнения водных объектов может выступать и деятельность горнообогатительных комбинатов (Корнилов и др., 2014).

Нитраты ( $\text{NO}_3^-$ ) – индикатор потенциальной эвтрофикации, используется как важный индикатор диффузного загрязнения удобрениями, а также характеристики канализационных работ (Mitryasova, Pohrebennyk, 2020). Источниками нитритов ( $\text{NO}_2^-$ ) в воде являются органические вещества, удобрения и некоторые минералы. Концентрация нитрита в поверхностных водах выше 1 мг/л указывает на наличие загрязнения, и при концентрации выше 4 мг/л приводит к замору рыб (Kurnaz et al., 2016).

Содержание аммонийного азота ( $\text{NH}_4^+$ ) в природных водах варьирует в интервале от 10 до 200 мкг/л в пересчете на азот. Основными источниками поступления ионов аммония в водные объекты являются животноводческие фермы (Соколова, Тихомирова, 2019), хозяйственно-бытовые сточные воды, поверхностный сток с сельхозугодий в случае использования аммонийных удобрений, а также сточные воды химической промышленности (Василинич, 2021). Присутствие аммония в концентрациях порядка 1 мг/л снижает способность гемоглобина рыб связывать кислород, и это может привести к их отравлению и смерти (Mutlu, Uncumusaoglu, 2016).

Неорганические соединения азота ( $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ) легко усваиваются фитопланктоном и бактериальной популяцией, превращаясь в белковый азот, поэтому в течение вегетационного периода эти формы азота обычно присутствуют в небольших количествах из-за интенсивного развития фитопланктона (Ильина, 2021).

Однако концентрация биогенных элементов снова возрастает летом, особенно во второй его половине, а также осенью в условиях массового отмирания и бактериального разложения водорослей и сниженных биологических процессов в целом, достигая к концу этого периода максимальных значений зимнего периода. Наибольшие их концентрации характерны для придонного слоя воды, где происходит накопление продуктов минерализации органического вещества и донных отложений. Это характерно, прежде всего, для аммонийного азота, концентрация которого в придонном слое воды может достигать 1,5–2,5 мг/л, особенно в анаэробных условиях (Osadchyy et al., 2016).

#### *Содержание железа и меди*

Содержание железа и меди в воде также является важным показателем ее качества, влияющим на жизнедеятельность гидробионтов в водоемах. Медь и железо – микроэлементы, однако при превышении предельно допустимых концентраций они приводят к негативному воздействию на гидробионты и аккумулятивному загрязнению водоемов (Андреев, 2020).

Железо также является одним из важнейших микроэлементов и влияет на интенсивность развития и состав гидробионтов в водоеме. В природных водах присутствуют соединения двух- и трехвалентного железа. Железо в поверхностных водах содержится в растворенном, взвешенном состоянии и в донных осадках. Основными источниками соединений железа в водоемах являются процессы химического выветривания горных пород, подземный сток, сельскохозяйственные и промышленные стоки (Галныкин, 2018).

Концентрация железа изменяется с сезонными колебаниями. Обычно в водоемах с высокой биологической продуктивностью в период летней и зимней стагнации его содержание увеличивается в придонных слоях воды (Галныкин, 2018). Согласно ГОСТ, предельное содержание железа в водоёмах составляет 0,3 мг/л для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Повышенное содержание железа всегда наблюдается в болотных и в подземных водах с низкими значениями рН.

Медь участвует в процессе фотосинтеза и влияет на усвоение азота растениями. Избыточные концентрации меди оказывают отрицательное воздействие на гидробионты (Вишневецкий, Попружный, 2017). При концентрации более 0,2 мг/л медь может вызывать гибель отдельных видов рыб (Комаров, 2020). Основным источником поступления меди в пруды являются сточные воды предприятий химической, металлургической промышленности, шахтные воды и реагенты, используемые для уничтожения водорослей (Гильмиярова, Калуга, 2021). Медь также может формироваться в результате коррозии медных трубопроводов и других сооружений, используемых в системах водоснабжения и транспорта.

Медь интенсивно сорбируется на глинистых частицах природных вод, что определяет её повышенное содержание в донных отложениях (Акулова, 2022). Предельно допустимая концентрация меди в воде водоемов санитарно-бытового водопользования составляет 0.1 мг/л, в воде рыбохозяйственных водоемов – 0.001 мг/л.

#### *Содержание хлоридов*

Хлориды являются составной частью большинства природных вод. Содержание хлоридов естественного происхождения имеет большой диапазон колебаний, поэтому повышенное содержание хлорид-ионов указывает на загрязнение воды. В воде водоёмов концентрация хлорид-ионов не должна превышать 350 мг/л (Оводов, 2021). Хлориды могут быть минерального и органического происхождения.

Присутствие хлоридов в природных водах может быть связано с растворением отложений солей, загрязнением, обусловливаемым нанесением соли на дороги с целью борьбы со снегом и льдом (Ворончихина и др., 2017). Значительные количества хлоридов поступают в воду через атмосферу, взаимодействия атмосферных осадков с почвами, особенно засоленными, а также при вулканических выбросах, с промышленными и хозяйственно-бытовыми сточными водами (Донских, Клянина, 2021).

## **1.6. Методы оценки качества воды в прудах по биологическим показателям**

Биологические процессы играют важную роль в динамике характеристик качества воды в водных объектах. Оценка экологического состояния водных экосистем часто основывается на организмах-биоиндикаторах: водорослях, фитопланктоне, зоопланктоне, бентосе и рыбах.

Биологические показатели является хорошим индикатором трофического статуса водных объектов, поскольку они связаны с химическим составом воды и антропогенным воздействием на эти экосистемы (Rodrigues et al., 2021).

По наличию тех или иных видов, обитающих в воде и называемых гидробионтами, можно определить качество природных вод. Одни гидробионты обитают только в чистой воде, например, личинки ручейников, другие – чаще в загрязненной воде (трубочник).

Многообразие живых организмов в водоеме зависит от многих условий: времени, месяца, состояния берегов, дна, воды, характера хозяйственной деятельности на водосборе. Толщу воды населяют две группы организмов – планктон и нектон, дно – бентос (Ефимов, Романова, 2017).

Вклад каждой группы гидробионтов в процесс формирования свойств воды существенно различается и подвержен значительным изменениям в зависимости от физико-географических, гидрологических и гидрохимических характеристик водоема, времени года и погодных условий. Каждая группа гидробионтов влияет на качество воды напрямую – путем изменения параметров качества воды (концентрации растворенного кислорода, рН, прозрачности, цвета и т. д.), и косвенно – через функционирование других организмов (Osadchyu et al., 2016).

В целом гидробионты выполняют важную роль в круговороте вещества и энергии, переносе вещества из водной в наземно-воздушную среду и обратно. В прудах водоросли и водные растения производят кислород и повышают его концентрацию в водоёме. Однако если над фотосинтезом и

формированием органики живых организмов преобладают процессы разложения, то в прудах могут накапливаться органические вещества – агенты эндогенного загрязнения. В то же время и человек может загрязнять пруды разнообразными веществами органическими и неорганическими.

Главными агентами загрязнения могут выступать нитраты, фосфаты и другие соединения азота и фосфора. Они влияют на биоразнообразие и количественные характеристики гидробионтов (Андриенко, 2020).

Биологические параметры, которые используются для определения качества воды в многочисленных исследованиях, включают донных беспозвоночных, фитопланктон, зоопланктон, макрофиты, водоросли и макрозообентос (Деревенская, 2015).

Планктон является одной из важнейших экологических групп живых организмов, который представляет собой совокупность растительных (фитопланктон) и животных (зоопланктон) организмов, обитающих в толще воды и находящихся в состоянии парения. Характерная черта планктонных организмов – полное отсутствие или незначительное развитие органов движения, поэтому планктонные организмы не способны противостоять движению воды и пассивно увлекаются волнами и течениями.

Планктон может служить хорошим индикатором качества воды. Сезонное и пространственное распределение планктона показывает, что он чувствителен к изменениям уровней питательных веществ и взаимодействиям друг с другом и с другими факторами (Юденкова, 2021; Sekar et al., 2021).

Фитопланктон отвечает за количество первичной продукции в любом водоеме. Зоопланктон, рыбы и другие организмы, в свою очередь, питаются фитопланктоном. Таким образом, наличие фитопланктона напрямую влияет на численность и распределение зоопланктона (Katsiapi et al., 2016). Структура сообщества зоопланктона неоднократно использовалась для оценки изменений трофического состояния водоемов, которая определяет рост биомассы популяций зоопланктона (Garcia-Chicote et al., 2018).

### *Основные характеристики макрозообентоса*

Одним из важных биоиндикаторов для мониторинга загрязнения воды в прудах является макрозообентос – организмы, которые обитают в донных отложениях (Sahidin et al., 2018). Они очень важны в водных экосистемах, поскольку играют важную роль в круговороте элементов питания, метаболизме загрязняющих веществ и вторичной продуктивности водных экосистем.

На макрозообентос влияют глубина, температура, соленость и другие характеристики воды. При этом движение макрозообентоса ограничено, а обитание на конкретном месте делает макрозообентос более чувствительным к изменению экологических условий (Abdelkarim, 2020).

Наиболее важные факторы, регулирующие сообщество макрозообентоса, включают статус питания водоёма и уровень загрязнения (Матмуратов, 2022). Увеличение количества питательных веществ увеличивает количество видов макрозообентоса. Кроме того, распределение макрозообентоса связано с содержанием тяжелых металлов в донных отложениях.

Некоторые исследования показали, что виды макрозообентоса менее многочисленны в районах с высоким уровнем загрязнения отложений тяжелыми металлами. Виды с небольшим размером особей и короткой продолжительностью жизни обладают адаптивными преимуществами в районах с загрязнением тяжелыми металлами.

Из-за преобладающих небольших глубин малых искусственных водоемов качество донных отложений в прудах легче нарушается внешними изменениями. Контролируют характер и распространение макрозообентоса и такие гидрологические факторы, как осадки и перенос воды (Qing et al., 2020). Очевидно значительное влияние этих факторов на пространственно-временную изменчивость макрозообентоса (Матмуратов, 2022).

Методы биоиндикации которые основаны на изучении макрозообентоса для оценки качества воды основаны на морфологической идентификации на уровне видов и расчете индекса их чувствительности к загрязнению воды (Borrego-Ramos, 2021).

### *Основные методы биоиндикации*

Биоиндикация – комплексная оценка интенсивности и последствий длительного загрязнения водоёмов, основанная на способности отдельных видов обитателей водоёмов (индикаторных организмов) показывать своим развитием и существованием в воде ее степень загрязнения (Семенченко, Разлуцкий, 2021), Применяемые на практике методы биоиндикации отражают сложившиеся в водоеме условия среды и обычно достаточно просты, не требуют специального оборудования и больших затрат (Азарова, 2015).

Особенности биоиндикационного подхода заключаются в следующем (Опекунова, 2022):

1. Биоиндикация применяется для оценки изменения характеристик биологических объектов и систем, испытывающих влияние разнообразных факторов среды.

2. Биоиндикация позволяет судить о биологических последствиях загрязнения воды.

3. Устойчивая воспроизводимость результатов при оценке деградированности экосистем в условиях длительного антропогенного воздействия.

4. Оценка потенциального запаса биологической устойчивости отдельных видов и компонентов биома.

Оценка степени загрязнения по показательным организмам (сапробиологический анализ) основана на различной чувствительности в реагировании гидробионтов на внешние воздействия. Под сапробностью принято понимать степень распада органических веществ в загрязненных водоемах (Фрумин, Малышева, 2019). Сапробионты, или сапробные организмы могут служить индикаторами загрязнения или различной степени разложения органических веществ в водоеме (Ракутько и др., 2022).

В зависимости от степени сапробности можно выделять в водоеме полисапробные, мезосапробные и олигосапробные зоны (Сиротюк, 2016).

Полисапробная зона (зона сильного загрязнения) характеризуется очень низким содержанием кислорода и большими концентрациями растворенной

углекислоты, содержат большое количество органических веществ. В этих водах интенсивно протекают процессы разложения органического вещества с образованием сероводорода и сернистого железа в донных осадках. Численность микроорганизмов в полисапробных зонах велика, но ввиду почти полного отсутствия кислорода видовой состав ограничен преимущественно анаэробными бактериями.

Мезосапробная зона (зона умеренного загрязнения) характеризуется преобладанием окислительных процессов. Состав микроорганизмов разнообразен – от анаэробных до облигатно аэробных. Мезосапробная зона разделяется на  $\alpha$ -мезосапробную и  $\beta$ -мезосапробную (Вилков и др., 2020):

- $\alpha$ -мезосапробная зона характеризуется энергичным самоочищением. В процессах очищения вод от органических загрязнений принимают активное участие зеленые растения, выделяющие кислород в процессе фотосинтеза;
- $\beta$ -мезосапробная зона: в ней доминируют окислительные процессы, нередко наблюдается перенасыщение кислородом, преобладают такие продукты минерализации белков, как аммонийные соединения, нитраты и нитриты. В этих водах разнообразно представлены животные, цианобактерии и растения, среди последних – диатомовые и зеленые водоросли.

Олигосапробная зона (зона чистой воды) характеризуется небольшим содержанием органических соединений: как правило, не превышает 1 мг/л. Качественный состав микробиоценоза приближается к собственно водной микрофлоре (Калашникова и др., 2020). Олигосапробные воды представлены, например, практически чистыми водами больших озер.

Впервые показатель сапробности использовали Кольквитц и Марссон. Оценка производится с использованием заранее разработанных систем индикаторных организмов. Система Кольквитца-Марссона – наиболее детально разработанная система биологического анализа качества вод. Широко используются ее модификации: Пантле и Букка, Сладечека и др. (Поспелова, 2017).

В мировой практике в настоящее время применяется большое число различных методов биоиндикации, применяющих различные характеристики групп водных организмов.

Метод Майера. Наиболее простая методика, которая используется во многих исследованиях. Основные преимущества: никаких беспозвоночных не нужно определять с точностью до вида; методика годится для любых типов водоёмов (Огар и др., 2017). Метод основан на том, что различные группы водных беспозвоночных приурочены к водоемам с определенной степенью загрязненности. При этом организмы-индикаторы относят к одному из трех разделов: обитатели чистых вод, организмы средней чувствительности, обитатели загрязненных водоемов (Узбеков, Кадыргулова, 2021).

Метод Пантле-Букка и его модификации представляют собой наиболее разработанную систему биоиндикации. Индекс сапробности Пантле-Букка – универсальный индекс, применяемый на любых водоемах и использующий как планктон, так и бентос. Разработан для классической 4-балльной системы сапробности Кольквитца-Марссона. Один из наиболее популярных методов биоиндикации, применяемый и в Гидрометеослужбе России (Минакова и др., 2015).

Однако применимость его весьма ограничена по нескольким причинам: требуется определение организмов до вида (что доступно лишь немногим специалистам); необходим сбор количественных данных (что весьма трудоемко); известные списки индикаторов включают преимущественно западноевропейские виды, составляющие обычно менее трети состава сообществ Европейской России (Тимошенко, 2016).

Для того, чтобы избежать описанных выше ограничений, М.В. Чертопрудом (Чертопруд, 2022) была предложена модификация индекса с кратким определителем беспозвоночных пресных вод центра Европейской России. В ней предлагается использовать в качестве индикаторов уточненный ряд семейств макрозообентоса, а расчеты не требуют отбора количественных проб. Учитывая тот факт, что данная система разработана и апробирована для

водотоков именно Европейской части России, ее применение весьма перспективно (Борисов и др., 2016).

В соответствии с методом М.В. Чертопруда (Чертопруд, 2022) в качестве таксонов-индикаторов взяты почти все характерные семейства пресноводного макрзообентоса Европейской России, кроме нескольких наиболее эврибионтных (как Chironomidae) и ряда редких. В целом, выработан список из 90 индикаторных семейств.

Основой для вычисления сапробных значений каждого таксона послужил показатель населенности водосбора (антропогенной нагрузки) изученных водоемов (в основном рек и ручьев), переведенный в баллы. Для каждого таксона вычислено среднее значение антропогенной нагрузки, которое и стало сапробностью этого таксона (традиционно выражаемой в баллах от 0 до 4). Индикаторный вес таксонов (также в баллах от 1 до 4) выбирался на основе коэффициента эксцесса (меры разброса встречаемости таксона по водоемам с различной антропогенной нагрузкой).

Определение ведется до уровня вида или, в крайнем случае, рода. Индекс вычисляется по универсальной формуле. Значения его могут варьировать от 0 до 4 баллов, как и у исходного индекса Пантле-Букка. Обилие организмов не учитывается, что позволяет использовать для оценки сапробности качественные данные, наравне с количественными. В качестве меры надежности оценки сапробности в каждой точке рекомендуется использовать суммарный индикаторный вес использованных таксонов (Чертопруд, 2022).



Состояние прудов в Москве – одна из наиболее актуальных экологических проблем города, важная для обеспечения здоровья и качества жизни его населения. При оценке экологического состояния конкретного водоема учитывают размер и площадь водоёма, характер прилегающих ландшафтов и функциональных зон вокруг водоема, а также глубину или толщу воды. Эти факторы создают значительную дифференциацию показателей качества воды и являются важными факторами выбора и оценки исследуемых прудов.

## ГЛАВА 2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводились на пяти прудах (Большой Садовый пруд, Нижний и Средний Фермские пруды, Большой и Малый Головинские пруды) на территории Северного административного округа Москвы.

### 2.1 Краткая характеристика района исследований

#### *Климат*

Климатические условия исследуемых прудов определяются климатическими особенностями северной части города Москвы. Климат Москвы влажный, умеренно континентальный, с сильным влиянием атлантического морского. На климат города оказывают влияние географическое положение в зоне умеренного климата в центре Восточно-Европейской равнины, что позволяет свободно распространяться волнам тепла и холода (Тюменцева, Белоусова, 2022).

Многолетняя среднегодовая температура составляет  $+7^{\circ}\text{C}$ . Среднегодовая скорость ветра – 2,3 м/с. Среднегодовая влажность воздуха – 76%. Самый тёплый месяц, по данным Метеорологической обсерватории им. В.А. Михельсона, расположенной на территории РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, на севере Москвы (табл. 2.1.1), – июль (средняя температура  $+19,7^{\circ}\text{C}$ ).

В год в среднем выпадает около 750 мм осадков, но варьирование по годам очень значительное (табл. 2.1.2). Как правило, максимум осадков приходится на май и июнь, минимум – на февраль и апрель. В холодный период года выпадает 35–36% осадков, преимущественно в твердом виде. В периоды их интенсивного выпадения в Москве активно применяются антигололедные реагенты. Две трети годового количества осадков выпадает в теплый период (апрель – октябрь), нередко в виде ливней, формирующих интенсивные ливневые стоки, загрязняющие местные водоемы.

Таблица 2.1.1. Сезонная динамика температуры воздуха в районе исследований (по данным Метеорологической обсерватории им. В.А. Михельсона).

Месяц	Декада	Средняя декадная температура воздуха (°C)			
		2012–2022	2020 г.	2021 г.	2022 г.
Январь	I	-4.8	0.0	-2.8	-4.9
	II	-6.1	1.0	-13.4	-6.1
	III	-7.3	-0.6	-1.3	-5.3
Февраль	I	-5.6	-3.2	-9.7	-3.0
	II	-3.8	1.5	-13.8	0.4
	III	-2.5	1.5	-6.5	0.3
Март	I	-1.6	5.0	-4.3	-2.9
	II	-0.1	3.9	-2.3	-0.8
	III	0.9	3.1	2.7	1.8
Апрель	I	4,1	4.6	4.7	3.4
	II	7.2	4.1	12.0	5.6
	III	9.6	6.1	6.2	8.6
Май	I	12.3	13.2	9.6	9.7
	II	14.7	10.4	18.2	11.3
	III	15.8	11.4	15.0	10.8
Июнь	I	16.6	16.6	16.1	17.8
	II	18.1	20.8	20.0	17.9
	III	19.5	19.5	24.6	20.6
Июль	I	19.7	20.2	22.0	21.7
	II	19.6	17.9	24.8	19.2
	III	19.9	17.6	19.7	21.0
Август	I	20.3	18.9	20.3	21.5
	II	18.9	15.7	20.8	21.8
	III	17.4	17.7	17.2	23.1
Сентябрь	I	13.9	16.7	11.6	9.4
	II	12.9	11.9	10.1	11.4
	III	10.1	13.3	7.9	9.5
Октябрь	I	8.4	13.3	6.3	10.8
	II	7.1	8.2	6.6	6.5
	III	4.0	7.2	6.5	4.5
Ноябрь	I	3.6	5.9	5.0	2.0
	II	0.7	-0.1	0.8	0.3
	III	-2.1	0.9	0.8	-4,6
Декабрь	I	-3.4	-5.4	-4.8	-7,8
	II	-3.3	-3.5	-4.2	-3,3
	III	-3.6	-3.4	-11.7	-1,4
Средние значения за год		7.0	8,1	6,5	7,0

Таблица 2.1.2. Сезонная динамика осадков в районе исследований (по данным Метеорологической обсерватории им. В.А. Михельсона).

Месяц	Декада	Подекадная сумма осадков (мм)			
		2012–2022	2020 г.	2021 г.	2022 г.
Январь	I	17,1	9,5	17.8	18.8
	II	20,9	9,8	28.3	24.3
	III	19,3	31,0	18.9	24.6
Февраль	I	16,8	17,3	13.2	17.3
	II	13,3	8,4	35.0	13.8
	III	11,7	15,2	19.8	8.6
Март	I	13,7	26.0	11.4	2.7
	II	11,3	15,0	13.1	0.3
	III	15,1	6,7	11.7	15.3
Апрель	I	16,2	2,2	29.3	38.4
	II	12,7	15,2	5.7	22.8
	III	19,6	7,1	61.5	16.1
Май	I	24,7	24,6	52.8	6.9
	II	18,8	15,7	6.4	25.7
	III	37,0	122,3	30.5	42.5
Июнь	I	24,4	83,1	29.5	20.5
	II	34,5	100,9	46.1	26.6
	III	30,5	16,8	66.5	1.8
Июль	I	26,5	65,3	2.4	43.9
	II	35,0	50,8	21.7	4.9
	III	26,7	64,5	9.0	41.9
Август	I	13,2	1,0	35.3	2.1
	II	25,3	10,2	48.0	0.1
	III	23,6	29,1	8.1	0.9
Сентябрь	I	27,6	18,2	21.6	8.2
	II	19,3	46,0	18.9	27.0
	III	24,9	2,7	34.2	43.8
Октябрь	I	22,9	10,0	0	40.1
	II	13,2	25,1	29.1	9.3
	III	21,6	17,4	9.3	9.6
Ноябрь	I	19,8	12,4	19.4	5.3
	II	14,5	8,5	25.6	21.2
	III	16,4	19,7	31.7	13,6
Декабрь	I	16,9	2,4	29.4	11,6
	II	22,1	10,4	29.1	80,9
	III	18,7	15,4	9.5	37,8
Сумма за год		745,6	935,9	879,8	729,2

## *Рельеф*

Москва находится в центральной части Восточно-Европейской равнины, в междуречье Оки и Волги, на средней высоте 180 м над уровнем моря. Рельеф Москвы неоднороден, представлен невысокими холмами и пониженными участками, на которых заметны небольшие моренные поднятия. В северо-западном районе (в районе Химкинского водохранилища) простираются оконечности южного склона Московской возвышенности. Рельеф Москвы, унаследовав доледниковые черты, формировался в результате оледенений четвертичного периода, а также эрозионной деятельности рек (Макарова, Григорьева, 2019).

## *Гидрография и гидрология*

На исследуемой территории в Тимирязевском районе САО протекает река Жабенка, которая является правым притоком реки Лихоборки. Длина реки от истока до устья составляет около 6,5 км. Площадь водосборного бассейна - около 7 км<sup>2</sup>. Жабенка начинается в виде периодически сухой канавы и частично спрятана под проезжей частью Тимирязевской улицы. Водоток проходит на запад по границе леса, поворачивает на север, протекает через Тимирязевский парк (Лесная Опытная Дача) и впадает в Большой Садовый пруд (Ладенко и др., 2017).

Север Москвы пронизан притоками Москвы и Волги: Шошей, Яхромой, Сестрой, Ламой, Дубной. Также к северу расположены водохранилища комплексного назначения: Икшинское, Пестовское, Пяловское, Учинское (Акуловское), Клязьминское, Химкинское. Источники их питания – талые снеговые воды, на долю которых приходится около 65%, около 30% составляет дождевой сток, остальная часть приходится на подземное питание. Половодье начинается в марте – апреле и заканчивается в первой декаде мая (Михайлов, Добролюбов, 2017).

Глубина залегания грунтовых вод не является постоянной в течение года. Самый высокий уровень наблюдается в марте, далее в течение апреля и мая грунтовые воды постепенно опускаются. В течение летнего периода

уровень грунтовых вод практически не изменяется, а в зимний период грунтовые воды максимально близко поднимаются к поверхности земли (Лебедев, 2019).

## 2.2 Основные объекты исследования

Исследования проводились в течение зимнего и летнего периодов в 2020-2021-2022 годах на пяти прудах: Большой Садовый пруд, Нижний и Средний Фермские пруды, Большой и Малый Головинские пруды (табл. 2.2.1).

Таблица 2.2.1 Характеристики исследуемых прудов.

Пруды	Площадь акватории (га)	Средняя глубина (м)	Ширина (м)	Длина (м)	Основные функциональные зоны вокруг пруда
Большой Садовый пруд	19	2	223	850	впадение реки Жабенки, исторический парк, пляжная зона, дорога с активным движением авто - и электротранспорта
Нижний Фермский пруд	1,5	2	60	240	пешеходная зона, учебные корпуса, опытные поля
Средний Фермский пруд	1,4	1,3	60	222	пешеходная зона, учебные корпуса, дорога с активным движением автотранспорта
Большой Головинский пруд	13,7	2,5	270	510	пляжная зона, зона плотины с водосбросом
Малый Головинский пруд	3,6	2,2	120	300	рекреационная зона, парковая зона

Большой Садовый пруд является модельным объектом для больших водоемов на севере Москвы, которые активно используются, в частности, для рекреационных целей – купания, отдыха и катания на лодках. Здесь можно проследить влияние и проходящей в непосредственной близости к пруду дороги с интенсивным автотранспортными движением.

В случае с Большим Головинским прудом, который находится на территории парка Михалково, также можно оценить влияние рекреационной нагрузки. Прямо рядом с ним находится небольшой пруд, который представляет собой модель прудов меньшего размера и мелководных водоёмов.

Фермские пруды, расположенные на территории РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, отличаются от предыдущих прудов характером прилегающих ландшафтов. В непосредственной близости от Нижнего Фермского пруда находятся опытные поля академии, здесь же в гораздо меньшей степени проявляется рекреационная нагрузка. Средний Фермский пруд послужил моделью водоёма, на который оказывает влияние дорога с интенсивным движением автотранспорта (Верхняя аллея).

#### *Большой Садовый пруд*

Большой Садовый пруд (рис. 2.2.1) – один из крупных и социально значимых водоёмов Москвы. Расположен в Тимирязевском районе Северного административного округа, на территории парка РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева.



Рис. 2.2.1 Большой Садовый пруд на территории Тимирязевской академии

Его площадь составляет 19 га, средняя глубина – 2 метра. Пруд имеет неправильную форму, его основная часть шириной 110–170 м вытянута на 850 метров по реке Жабенке. В северной части ширина пруда достигает 320 метров. На восточном берегу находится плотина, укрепленная железобетонными плитами.

Водоём является частью Лихоборской обводнительной системы, которая питает Язу и её притоки. Назначение водоёма: парковый, рекреационный, усадебный и купальный (Халиков, 2022).

Питание пруда осуществляется за счет воды, поступающей из Химкинского водохранилища по Лихоборскому обводнительному каналу. В водоём также входят воды реки Жабенки и Коптевского ручья. Восточный берег, плотина и часть берегов Коптевского залива, прилегающего с запада, укреплены железобетонными плитами. Западный берег пруда естественный, восточный и южный – лесные. Большой Садовый пруд был сооружен во второй половине 18 века на территории усадьбы Петровско-Разумовское.

Река Жабенка впадает в верхнюю часть пруда. Эта часть ближе к Лесной Опытной Даче РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Северный берег прилегает к дороге с активным движением авто- и электротранспорта. На западном берегу Большого Садового пруда естественный песчаный пляж для купания. Восточный берег, плотина и часть берегов Коптевского залива, прилегающего с запада, укреплены железобетонными плитами (Черных, 2018).

### ***Фермские пруды (Средний и Нижний)***

Средний и Нижний Фермские пруды Тимирязевской академии были созданы в долине р. Жабенки на территории усадьбы Петровско-Разумовское в середине XVIII века. Сейчас это основной кампус Российского государственного аграрного университета - МСХА имени К.А. Тимирязева в северной части города Москвы.

Через пруды протекает Фермский ручей – правый приток р. Жабенки, в настоящий момент заключённый в коллектор. Питание прудов преимуще-

ственно – из грунтовых и поверхностных вод, с периодическим пополнением, в наиболее засушливые периоды – частично из водопровода (Панова, 2013).

Изучаемые пруды в основном используются для отдыха и рыбалки, а близость опытных полей и учебных корпусов придает значимость изучения этих водоёмов и выявления воздействия различных видов деятельности на водную экосистему прудов. Рядом с Нижним Фермским прудом раскинулись поля Полевой Опытной станции РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева), его площадь – 1,5 га, и средняя глубина – 2 метра (рис. 2.2.2).



Рисунок 2.2.2 Нижний Фермский пруд на территории Тимирязевской академии

Средний Фермский пруд (рис. 2.2.3) расположен между Верхним и Нижним прудами, его площадь составляет 1,4 га, а средняя глубина – также 2 м. Прилотинная часть пруда граничит с улицей Верхняя аллея, где отмечается активное движение автотранспорта и применяются антигололедные реагенты. По обоим берегам пруда находятся корпуса университета, верхняя часть пруда граничит с пешеходной зоной Лиственничной аллеи.



Рисунок 2.2.3 Средний Фермский пруд на территории Тимирязевской академии

### *Головинские пруды*

Головинские пруды – система водоёмов на одноимённом ручье в Головинском районе Северного административного округа Москвы. Состоит из трёх прудов: Верхнего, Малого и Большого – общей площадью около 17,3 гектаров, является частью Лихоборской обводнительной системы реки Яузы. Недалеко от Большого Головинского пруда располагается усадьба Михалково, имеющая музейное значение. Важным показателем пригодности прудов для развития туристско-рекреационного потенциала является длина береговой линии, берега вытянуты и имеют неправильную форму.

Питание прудов происходит за счёт волжской воды, поступающей из Химкинского водохранилища по Лихоборскому обводнительному каналу (Рамадан, 2022). Головинские пруды были устроены в 18 веке. Еще на плане усадьбы Михалково 1761 года нанесён один водоём, расположенный на Головинском ручье. Питание водоёма осуществлялось от родникового озера

естественного происхождения. В 1930 году на Головинском ручье возвели плотину с водосбросом, разделившую Большой и Малый пруды. Начиная с 1939 года Головинские водоёмы являются частью Лихоборской обводнительной системы, наполняющей реку Язу и её притоки – Лихоборку и Жабенку (Беяева и др., 2020).

Пруды изолированы и не сообщаются с постоянными открытыми источниками воды. Их подпитка осуществляется эпизодически за счет стока поверхностных вод, а также за счет растянутого по времени стока верховодки. Другим незначительным источником подпитки прудов являются грунтовые воды. Кардинальное изменение условий стока и питания парковых прудов произошло в результате интенсивной урбанизации окружающей территории: строительстве высокой дорожной насыпи к мостовому переходу через Окружную железную дорогу и жилых зданий (Бобков, Бутырина, 2019).

Большой Головинский пруд (рис. 2.2.4) – самый крупный водоём в Михаловском парке. Его площадь составляет 13,7 га, длина – 510 метров, ширина – 270 метров. Берега с южной, западной и восточной стороны естественные рекреационные, пляж используется для купания и отдыха, северный берег водоема укреплен железобетонными плитами с водосбросом.



Рисунок 2.2.4 Большой Головинский пруд

Малый Головинский пруд (рис. 2.2.5) – второй по величине из трёх прудов. Площадь его водного зеркала составляет 3,8 га, длина – 300 метров, ширина – 120 метров. Имеет неправильную форму. Берега естественные. Малый пруд расположен вдоль Большого пруда, два пруда соединены небольшим переходом.

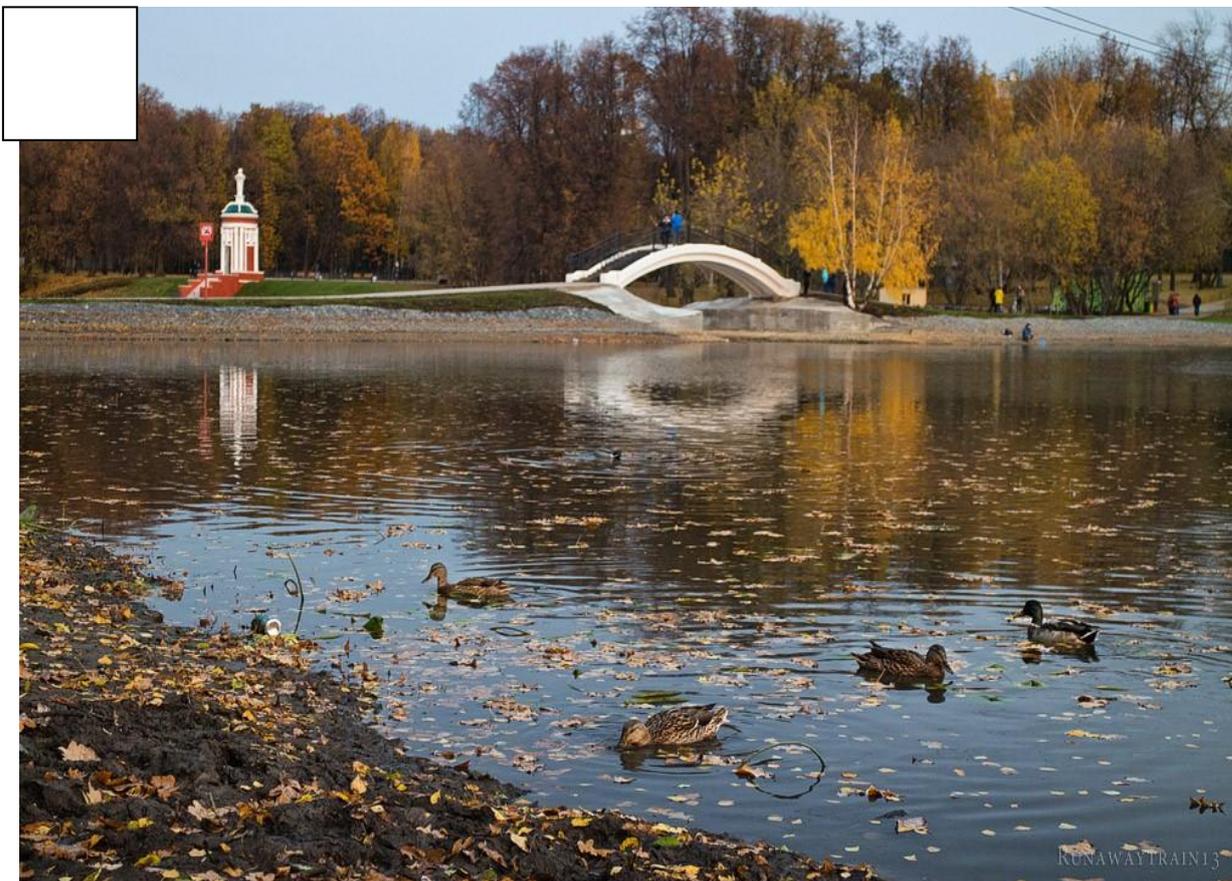


Рисунок 2.2.5 Малый Головинский пруд

### **2.3 Методы исследования**

#### *Схема отбора водных проб и полевые методы измерения*

Для исследования закономерностей пространственного варьирования качества воды в прудах, на каждом из них проводились наблюдения по закреплённым точкам (от 5 до 7 точек) (рис. 2.3.1–2.3.5). Учитывались также функциональные зоны территории, прилегающей к пруду. Другой методической особенностью работы являлся отбор проб воды на трех уровнях: с поверхности с глубины воды 5 см, в середине толщи воды и в придонной части воды в каждой точке исследования (табл. 2.3.1–2.3.5).

Таблица 2.3.1 Схема отбора проб воды Большого Академического пруда.

№ точки	Положение точек отбора и анализа проб воды	Глубина отбора проб (см)		
		Поверхностная часть (а)	Средняя часть (b)	Придонная часть (с)
1	верхняя часть пруда, вблизи впадения реки Жабенки	5	120	240
2	средняя часть между верхней и центральной частями пруда	5	123	245
3	центральная часть пруда	5	162	325
4	центральная часть пруда вблизи берега, занятого пляжем	5	82	165
5	центральная часть пруда вблизи берега, занятого парком	5	125	250
6	центральная часть пруда, наиболее удалённая от берегов	5	225	450
7	приплотинная часть пруда, рядом с дорогой с активным движением авто- и электротранспорта	5	107	215

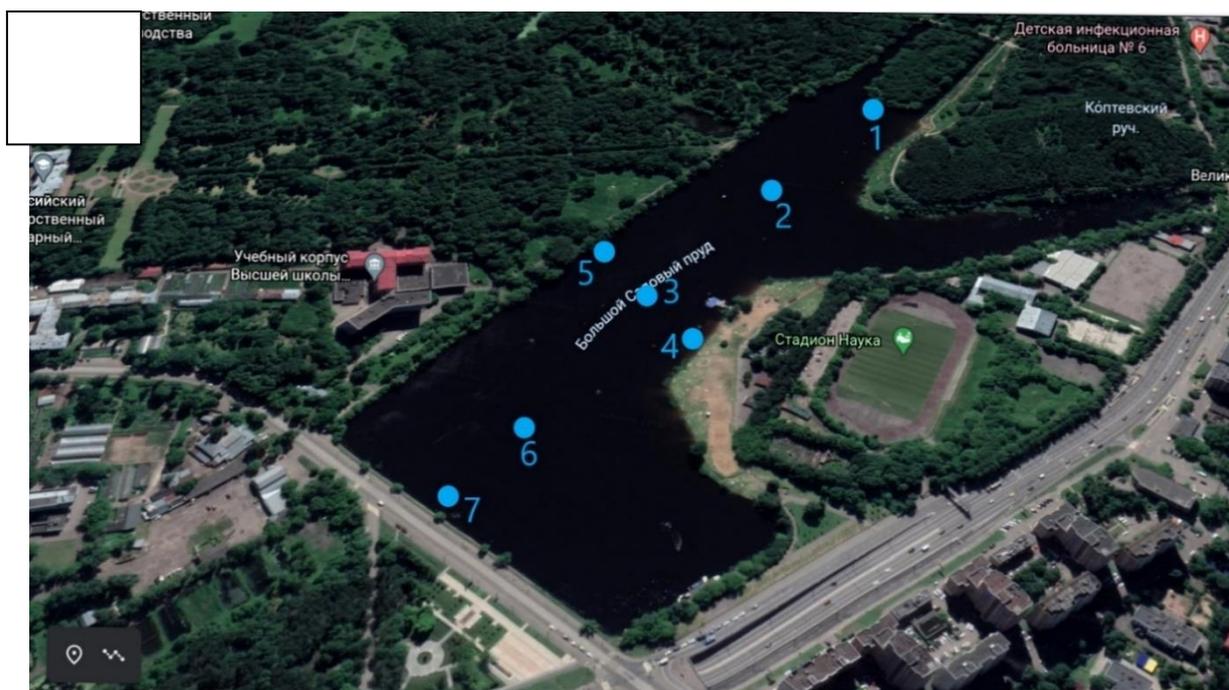


Рис. 2.3.1 Схема отбора проб в акватории Большого Садового пруда

Таблица 2.3.2 Схема отбора проб воды в Среднем Фермском пруду

Номер точки	Положение точек отбора проб воды	Глубина отбора проб воды, см		
		Поверхностная часть (a)	Средняя часть (b)	Придонная часть (c)
1	приплотинная часть пруда, рядом с Верхней аллеей (активное движение автотранспорта)	5	160	320
2	центральная часть пруда	5	145	290
3	центральная часть пруда вблизи берега,	5	60	120
4	центральная часть пруда вблизи берега,	5	90	180
5	верхняя часть пруда, вблизи Лиственничной аллеи (пешеходное движение)	5	118	235

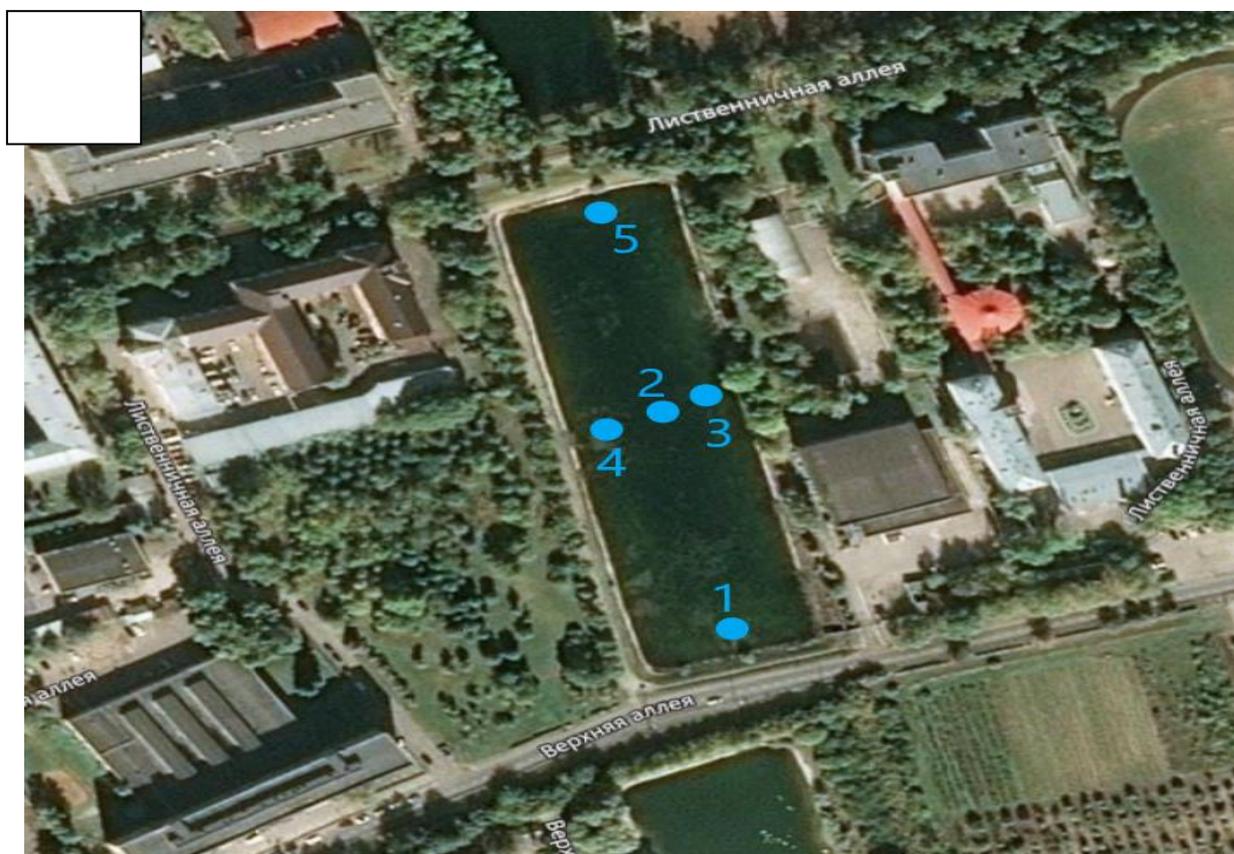


Рисунок 2.3.2 Схема отбора проб в акватории Среднего Фермского пруда

Таблица 2.3.3 Схема отбора проб воды в Нижнем Фермском пруду

Номер точка	Положение точек отбора и анализа проб воды	Глубина отбора проб воды, см		
		Поверхностная часть (а)	Средняя часть (b)	Придонная часть (с)
1	приплотинная часть пруда вблизи Лиственничной аллеи (пешеходное движение)	5	55	110
2	центральная часть пруда	5	145	290
3	центральная часть пруда вблизи берега с опытными полями	5	40	80
4	центральная часть пруда вблизи рекреационной зоны и учебными корпусами	5	40	80
5	верхняя часть пруда, вблизи рекреационной зоны	5	40	80

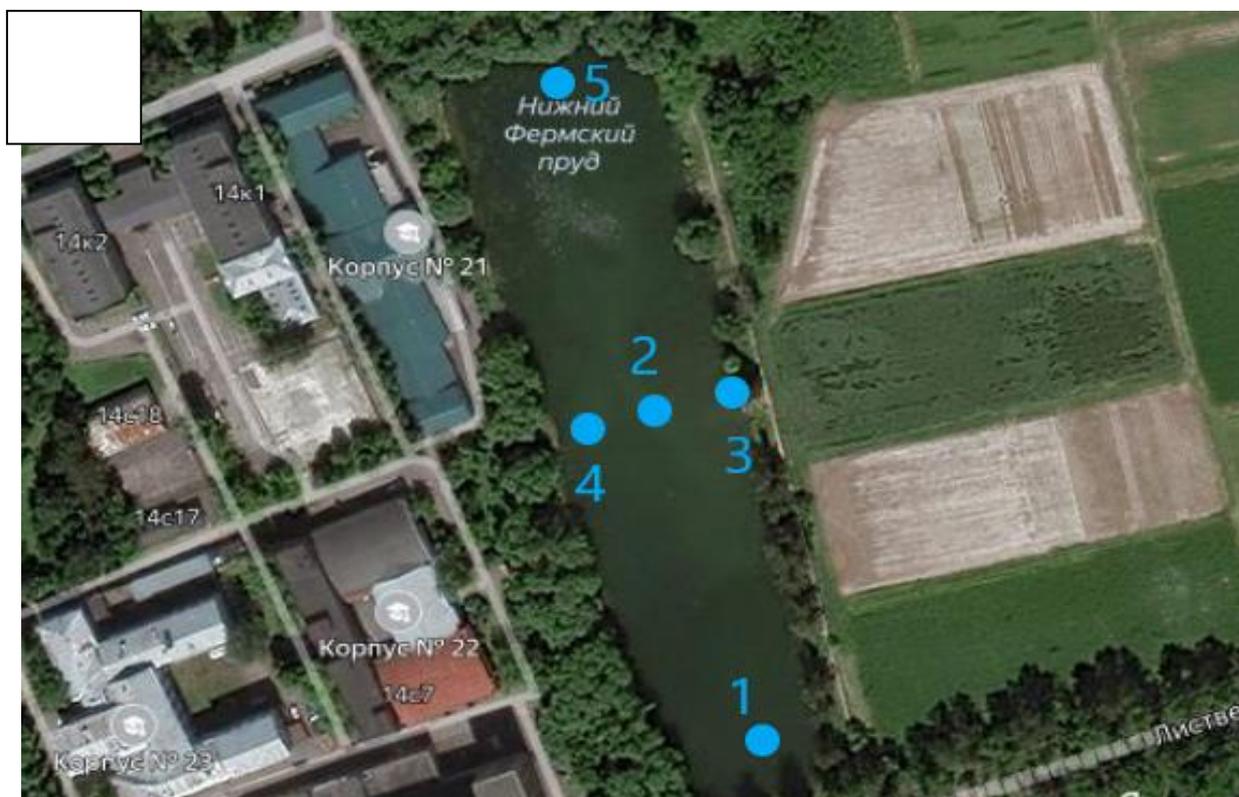


Рисунок 2.3.3 Схема отбора проб в акватории Нижнего Фермского пруда

Таблица 2.3.4 Схема отбора проб воды Большого Головинского пруда.

№ точки	Положение точек отбора и анализа проб воды	Глубина отбора проб (см)		
		Поверхностная часть (a)	Средняя часть (b)	Придонная часть (c)
1	приплотинная часть пруда, вблизи берега	5	105	210
2	приплотинная часть пруда, вблизи водосброса	5	210	420
3	приплотинная часть пруда, вблизи рекреационной зоны	5	135	270
4	центральная часть пруда	5	175	350
5	центральная часть пруда напротив пляжа и рекреационной зоны	5	100	200



Рисунок 2.3.4 Схема отбора проб в акватории Большого Головинского пруда

Таблица 2.3.5 Схема отбора проб воды Малого Головинского пруда.

№ точки	Положение точек отбора и анализа проб воды	Глубина отбора проб (см)		
		Поверхностная часть (а)	Средняя часть (b)	Придонная часть (с)
1	нижняя часть пруда вблизи пешеходного моста.	5	115	230
2	центральная часть пруда	5	165	330
3	центральная часть пруда вблизи берега с зелёными насаждениями	5	85	170
4	центральная часть пруда, вблизи пешеходной дороги на берегу.	5	80	160

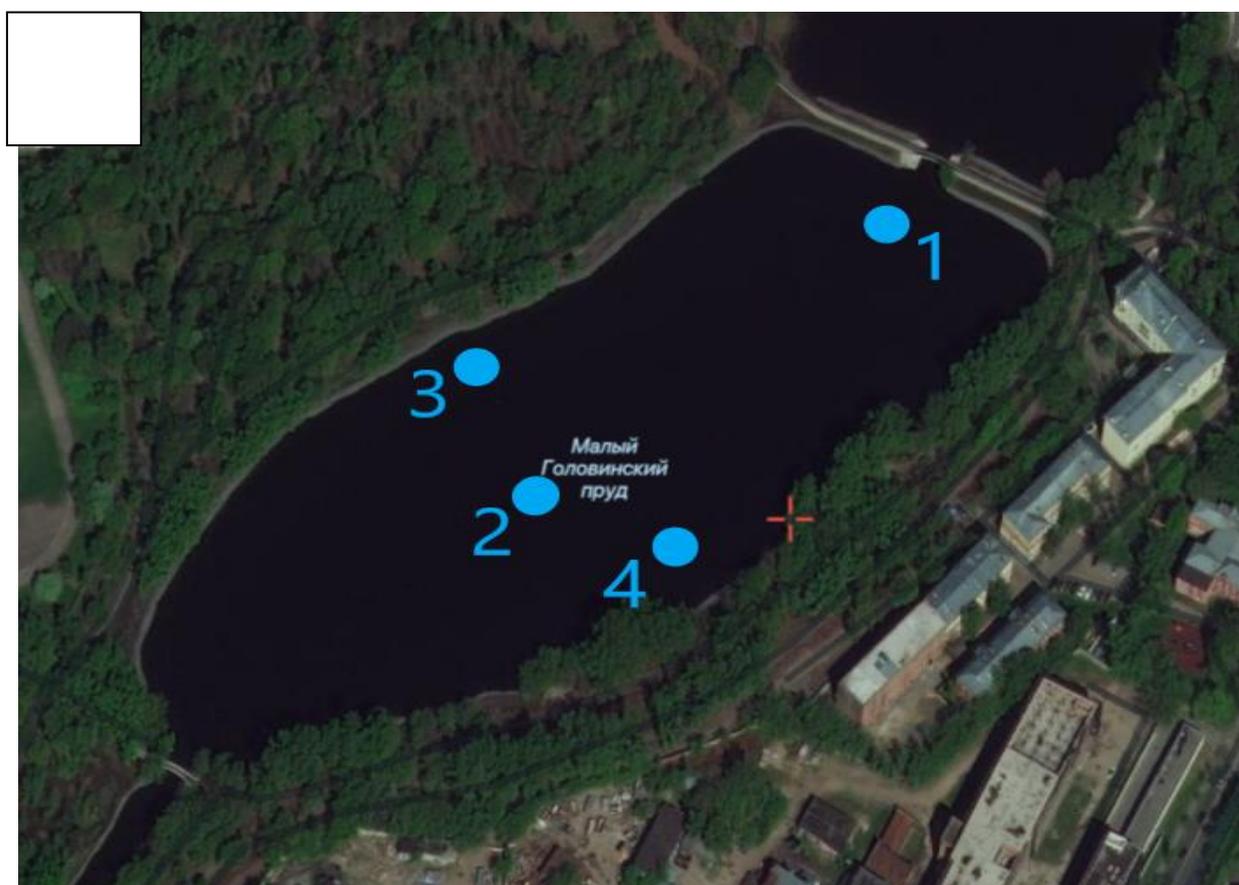


Рисунок 2.3.5 Схема отбора проб в акватории Малого Головинского пруда

#### *Лабораторные методы*

Физические и гидрохимические анализы качества воды проводились в лаборатории агроэкологического мониторинга, моделирования и прогнозирования экосистем (ЛАМП) на кафедре экологии. На исследуемых водоемах

были измерены водородный показатель (pH), растворенный кислород в воде, температура ( $^{\circ}\text{C}$ ), содержание железа ( $\text{Fe}^{+2}$ ), меди ( $\text{Cu}^{+2}$ ), хлоридов ( $\text{Cl}^{-}$ ), нитритов ( $\text{NO}_2^{-}$ ) и аммонийного азота ( $\text{NH}_4^{+}$ ) в соответствии с ГОСТ Р 58556-2019 «Оценка качества воды водных объектов с экологических позиций» (ГОСТ Р58556, 2019).

Для определения температуры воды и водородного показателя (pH) использовался pH-метр «HANNA HI 98128» (рис. 2.3.6). Измерение температуры воды и воздуха производили во время отбора пробы. Для этого обычно используют калиброванные ртутные термометры с ценой деления  $0,1-0,5^{\circ}\text{C}$ .

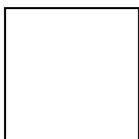


Рисунок. 2.3.6 pH-метр «HANNA HI 98128»

Потенциометрический метод предназначен для определения содержания ионов водорода в широком диапазоне pH (от 0 до 14) и температур (от 0 до  $100^{\circ}\text{C}$ ). Стекланный электрод представляет собой трубку с полым шариком на конце из специального электродного стекла с водородной функцией. В качестве внутреннего вспомогательного электрода используют хлорсеребряный электрод в стандартном растворе соляной кислоты или в хлоридном буферном растворе. Измерение растворенного кислорода в воде проводилось с помощью оксиметра «HANNA HI 9142» (рис. 2.3.7) сразу же во время отбора проб, поскольку его содержание является неустойчивым показателем и зависит от температуры воды.

Оксиметр – прибор, специально предназначенный для измерения концентрации растворенного кислорода в воде и других жидкостях (рис. 2.3.7). С помощью нулевого раствора кислорода HI 9142 выполняется калибровка, а 100% калибровка выполняется по воздуху. Прибор снабжен мембраной, закрывающей датчики, и встроенным термистором для измерения и компенсации температуры.

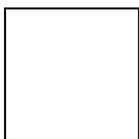


Рисунок 2.3.7 Оксиметр «HANNA HI 9142»

Тонкая проницаемая мембрана изолирует сенсорные элементы от испытательного раствора, но пропускает кислород. Когда на датчик подается напряжение, кислород, прошедший через мембрану, реагирует на протекание тока корпуса, позволяя определять кислород. Зонд, входящий в состав измерителя, поставляется с кабелем длиной 4 м, который позволяет проводить измерения даже в труднодоступных местах.

Анализ в лаборатории проводился с использованием Спектрофотометра PCSpectro (рис. 2.3.8). Спектрофотометр PCSpectro Lovibond предназначен для определения количественного и качественного состава проб воды способом измерения коэффициентов пропускания и оптической плотности жидкостных растворов в видимой области света.

Применяемые в фотометрии приборы состоят из четырёх частей, последовательно расположенных одна за другой: источник света; светофильтр

или монохроматор; кювета с раствором; детектор (фотоэлемент, превращающий энергию излучения в электрическую). Кюветное отделение прибора рассчитано на прямоугольные кюветы с длиной оптического пути и круглые кюветы диаметрами 16 и 24 мм. Перед выполнением измерений всегда сначала измеряют холостую пробу, в качестве которой используют анализируемую воду (10 см<sup>3</sup>).



Рисунок 2.3.8 Спектрофотометр PCSpectro

Отбор проб воды, предварительная обработка, транспортирование и подготовка проб к хранению производились в соответствии ГОСТ Р 51592–2000 «Вода. Общие требования к отбору проб». Для сведения к минимуму изменений состава и свойств проб воды в течение времени, необходимого на отбор, подготовку, упаковку и транспортирование проб, эти процедуры выполняли в максимально короткий промежуток времени для предотвращения нежелательного воздействия внешней среды.

Для подготовки отобранной пробы к хранению в лаборатории, в зависимости от определяемого показателя, проводили предварительную обработку пробы:

- Фильтрация. Для того, чтобы устранить влияние взвешенных и коллоидных веществ, отобранные пробы предварительно фильтровали через бумажный фильтр «синяя лента».
- Охлаждение
- Добавление консервантов: азотной кислоты (HNO<sub>3</sub>) и хлороформа (CHCl<sub>3</sub>).

### *Биологические методы (биоиндикация)*

В качестве основного метода биоиндикации использовали индекс сапробности Р. Пантле и Г. Букка в модификация М.В. Чертопруда (Чертопруд, 2022). Первым шагом в оценке сапробности является сбор и определение макробентоса изучаемого водоёма (со всех доступных донных субстратов) и составление списка найденных таксонов. М.В. Чертопруд разработал список из 90 индикаторных семейств (табл. 2.3.6).

Основой для вычисления сапробных значений каждого таксона послужил показатель населенности водосбора (антропогенной нагрузки) изученных водоемов (в основном рек и ручьев), переведенный в баллы. Для каждого таксона вычислено среднее значение антропогенной нагрузки, которое и стало сапробностью этого таксона (выражаемой в баллах от 0 до 4). Индикаторный вес таксонов (также в баллах от 1 до 4) выбирался на основе коэффициента эксцесса (меры разброса встречаемости таксона по водоемам с различной антропогенной нагрузкой).

Мы рассчитывали индекс сапробности по формуле:

$$I = \sum S \times J / \sum J,$$

где  $S$  – сапробность каждого найденного в пробе индикаторного таксона (от 0 до 4),  $J$  – его индикаторный вес (от 1 до 4).

Значения его, таким образом, могут варьировать также от 0 до 4 баллов, как и у исходного индекса Пантле-Букка. Обилие организмов не учитывается, что позволяет использовать для оценки сапробности качественные данные наравне с количественными. В качестве меры надежности оценки сапробности в каждой точке рекомендуется использовать суммарный индикаторный вес использованных таксонов.

Сапробность таксона дает представление о том, в водах какой степени загрязненности он обычно встречается. Поэтому следующим шагом после расчёта значений сапробности в точках водоёма используется шкала оценки загрязненности исследуемых водоемов по присутствию в них оксифильных

Таблица 2.3.6 Список таксонов – индикаторов сапробности (Чертопруд, 2022)

ТАКСОН	S*	J**	ТАКСОН	S	J	ТАКСОН	S	J
<b>СТРЕКОЗЫ</b>			<b>РУЧЕЙНИКИ</b>			<b>ВИСЛОКРЫЛКИ</b>		
Calopterygidae	2.5	2.0	Rhyacophilidae	1.0	4.0	Sialidae	2.0	1.0
Plathycnemididae	3.0	2.0	Hydropsychidae	2.0	1.0	<b>РАКООБРАЗНЫЕ</b>		
Coenagrionidae	3.5	1.0	Arctopsychidae	1.0	3.0	Asellidae	3.0	2.0
Lestidae	3.0	3.0	Polycentropodidae	1.5	2.0	Gammaridae	2.5	2.0
Aeschnidae	3.0	3.0	Psychomyidae	2.0	3.0	Astacidae	2.0	2.0
Corduliidae	2.0	2.0	Hydroptilidae	2.0	2.0	<b>БРЮХОНОГИЕ</b>		
Libellulidae	3.0	3.0	Glossosomatidae	0.5	4.0	Ancylidae	1.5	2.0
Gomphidae	2.0	3.0	Sericostomatidae	1.5	2.0	Acroloxidae	2.5	1.0
Cordulegasteridae	1.5	3.0	Beraeidae	2.0	2.0	Lymnaeidae	2.5	1.0
<b>ПОДЕНКИ</b>			Leptoceridae	2.5	2.0	Bulinidae	2.5	1.0
Ephemeridae	1.5	2.0	Brachycentridae	2.0	2.0	Physidae	3.0	1.0
Polymitarcyidae	2.0	2.0	Lepidostomatidae	1.5	2.0	Planorbidae	3.0	1.0
Potamanthidae	2.0	3.0	Molannidae	2.0	2.0	Viviparidae	2.5	1.0
Heptageniidae	2.0	1.0	Phryganeidae	2.5	2.0	Bithyniidae	2.5	1.0
Baetidae	2.0	1.0	Goeridae	1.0	4.0	Valvatidae	3.0	1.0
Siphonuridae	2.5	2.0	Apataniidae	0.5	4.0	Neritidae	2.0	2.0
Metretopodidae	1.0	2.0	Limnephilidae	2.0	1.0	Lithoglyphidae	2.5	1.0
Ameletidae	0.5	4.0	<b>ЖУКИ</b>			<b>ДВУСТВОРЧАТЫЕ</b>		
Leptophlebiidae	1.5	1.0	Gyrinidae	2.5	1.0	Unionidae	2.5	1.0
Ephemerellidae	2.0	3.0	Dytiscidae	2.5	1.0	Dreissenidae	2.5	1.0
Caenidae	2.5	3.0	Haliplidae	2.5	1.0	Sphaeriidae	2.5	1.0
<b>ВЕСНЯНКИ</b>			Noteridae	2.5	1.0	Pisidiidae	2.0	1.0
Perlodidae	1.0	4.0	Helophoridae	3.0	1.0	Euglesidae	2.5	1.0
Chloroperlidae	1.0	3.0	Hydrophilidae	3.0	1.0	<b>ПИЯВКИ</b>		
Taeniopterigidae	1.5	3.0	Hydrochidae	3.0	1.0	Hirudinidae	3.0	2.0
Nemouridae	2.0	1.0	Hydraenidae	2.0	1.0	Erpobdellidae	3.0	2.0
Leuctridae	1.0	3.0	Elmidae	1.5	2.0	Glossiphoniidae	2.5	2.0
Capniidae	1.0	3.0	Dryopidae	2.5	1.0	Piscicolidae	2.5	2.0
<b>КЛОПЫ</b>			Chrysomelidae	3.0	1.0	<b>ОЛИГОХЕТЫ</b>		
Nepidae	2.5	2.0	Elodidae	2.0	1.0	Naididae	2.5	2.0
Notonectidae	3.0	2.0	<b>ДВУКРЫЛЫЕ</b>			Tubificidae	4.0	2.0
Naucoridae	3.0	3.0	Simuliidae	2.0	1.0			
Aphelocheiridae	2.0	4.0	Muscidae	3.0	2.0			
Pleidae	2.5	3.0	Athericidae	2.0	3.0			
Corixidae	2.5	1.0						

\* S – сапробность каждого найденного в пробе индикаторного таксона (от 0 до 4),

\*\* - J – его индикаторный вес (от 1 до 4).

организмов, которая разработана Р. Кольквитцем и М. Марсоном в зависимости от степени загрязнения органическими веществами (табл. 2.3.7).

Таблица 2.3.7 Шкала экологической оценки качества воды по Кольквитцу – Марссону (Чертопруд, 2022)

<b>Уровень загрязненности</b>	<b>Зоны</b>	<b>Индексы сапробности</b>	<b>Класс качества воды</b>
Очень чистая	ксеносапробная	< 0.50	1
Чистая	олигосапробная	0.50-1.50	2
Умеренно (слабо) загрязнённая	$\beta$ -мезосапробная	1.51-2.50	3
Загрязнённая	$\alpha$ -мезосапробная	2.51-3.50	4
Грязная	полисапробная	3.51-4.00	5
Очень грязная	полисапробная	>4.00	6

## **ГЛАВА 3. Сезонная динамика физико-химических и гидрохимических показателей воды в трех вертикальных зонах исследуемых водоемов.**

### **3.1. Сезонная динамика физико-химических и гидрохимических показателей качества воды в Большом Садовом пруду.**

Содержание растворённого кислорода во всех изучаемых точках во все годы наблюдения колеблется от 3,0 до 11,1 мг/л летом и от 7,9 до 15,2 мг/л зимой (рис. 3.1.1. и 3.1.2). Содержание растворённого кислорода в пруду в летний период довольно низкое.

Совпадение с повышением летних температур и разложением большого количества органических веществ за относительно короткий период времени приводит к значительному снижению концентрации растворенного кислорода в воде.

К процессам, уменьшающим содержание кислорода в воде, относятся реакции потребления его на окисление органических веществ; биологическое (дыхание организмов), биохимическое (дыхание бактерий, расход кислорода при разложении органических веществ) и химическое окисление железа, аммония, нитритов и других химических соединений (Орлова, Алигаджиев, 2017).

Наименьшие значения по содержанию растворённого кислорода были отмечены летом 2022 г. (3,0 мг/л) в точке № 4 и (3,1 мг/л) в точке № 3 в придонном горизонте пруда, и это ниже норматива ПДК для водоемов рыбохозяйственного назначения. Концентрация растворенного в воде кислорода не должна быть ниже 4 мг/л в зимний период (при ледоставе) и 6 мг/л – в летний.

Согласно полученным результатам, отмечается преобладание более низких значений растворённого кислорода в 2020 году по сравнению с другими годами (табл. 3.1.1). Наименьшее значение растворенного кислорода в этом году наблюдалось летом (6,0 мг/л) в приплотинной части водоёма рядом с дорогой (в точке № 6 и в точке № 7).

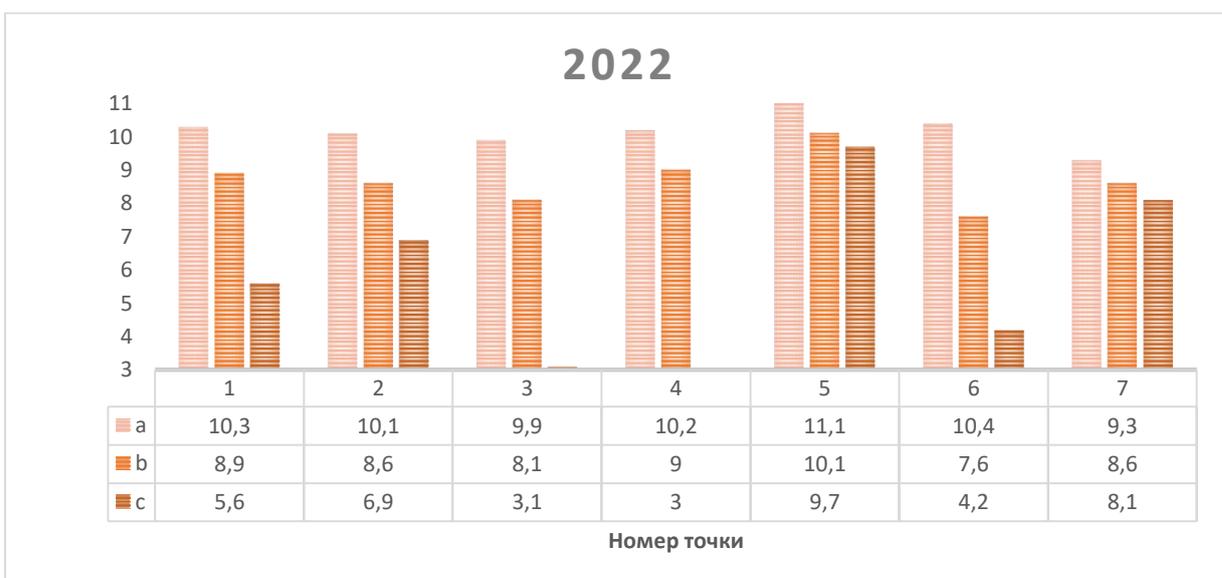
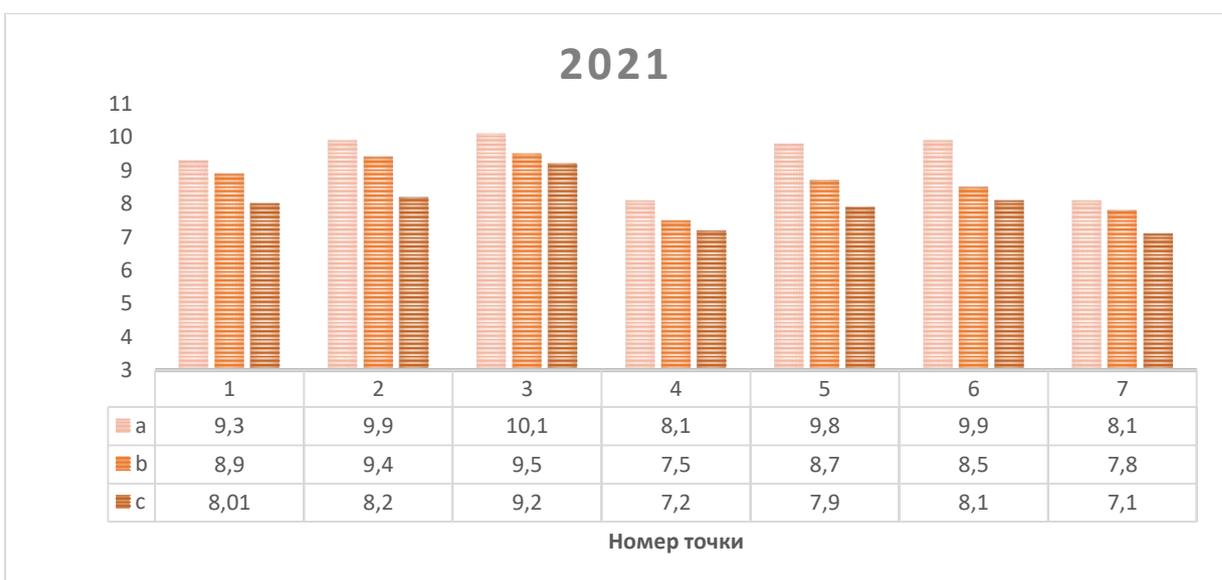
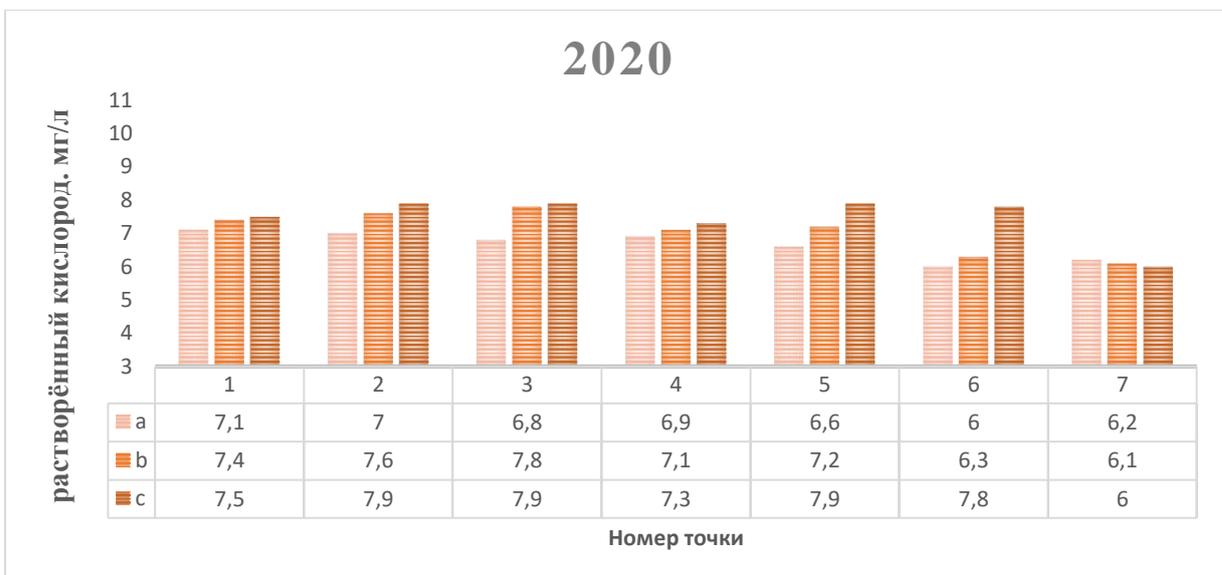


Рисунок 3.1.1. Содержание растворенного кислорода в трех вертикальных слоях в точках наблюдения в летний период (2020–2022 гг.)

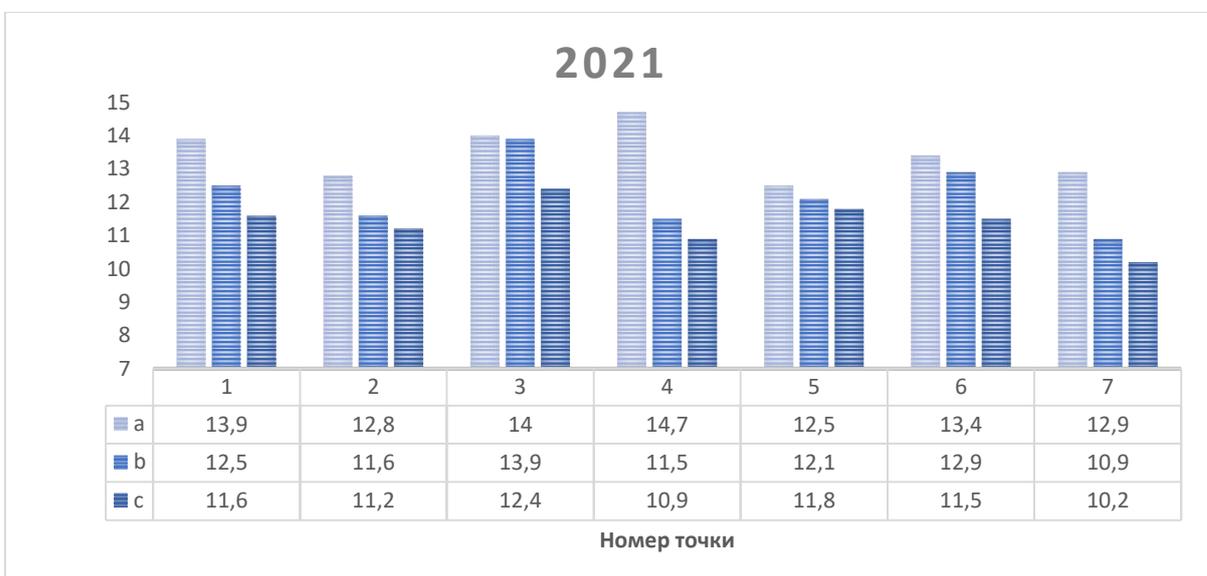
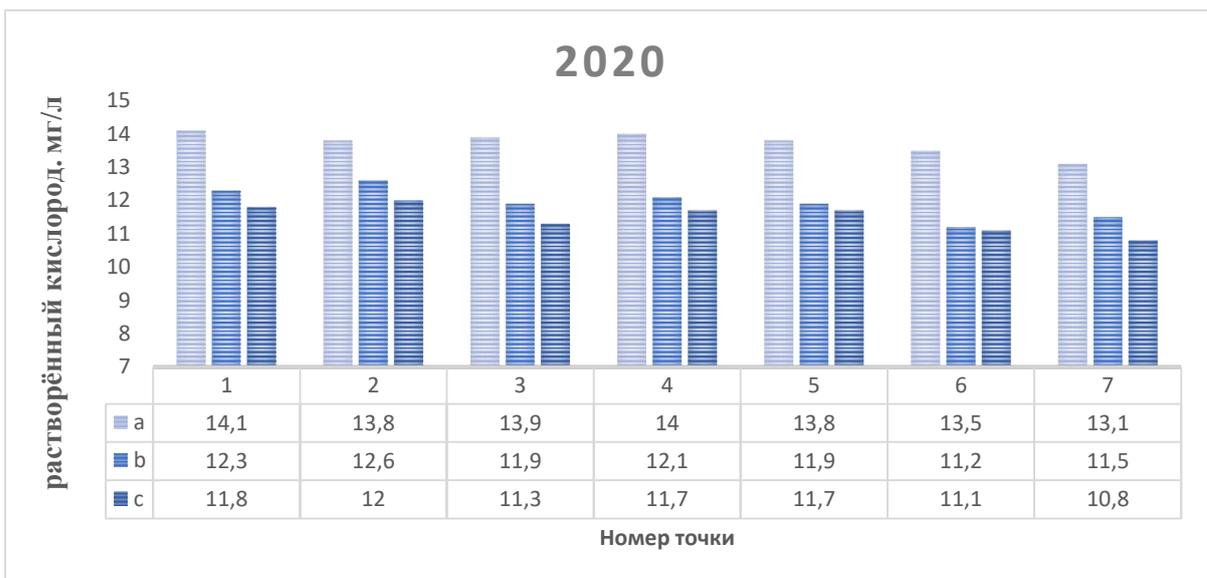


Рисунок 3.1.2 Содержание растворенного кислорода в трех вертикальных слоях в точках наблюдения в зимний период (2020–2022 гг.)

Таблица 3.1.1. Содержание растворенного кислорода и температура в Большом Садовом пруду в летний и зимний периоды (2020–2022 гг.)

№ точки	глубины	Растворенный кислород (мг/л)						Температура, (°С)					
		2020 г.		2021 г.		2022 г.		2020 г.		2021 г.		2022 г.	
		Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима
1 верхняя часть пруда	a	7,1	14,1	9,3	13,9	10,3	9,9	24,7	0,2	26	0,2	24	0,2
	b	7,4	12,3	8,9	12,5	8,9	14,5	23,9	3,1	25,9	4	23,7	1,8
	c	7,5	11,8	8,01	11,6	5,6	14,8	23,3	3,6	25,5	4,5	23	1,9
2 средняя часть	a	7,0	13,8	9,9	12,8	10,1	12,2	24	0,5	25,9	0,9	24,1	0,1
	b	7,6	12,6	9,4	11,6	8,6	11,5	23,3	3,3	25,2	3,9	23,1	1,8
	c	7,9	12,0	8,2	11,2	6,9	12,9	22,5	3,7	24,5	4,9	22,9	1,9
3 центральная часть	a	6,8	13,9	10,1	14	9,9	16,4	24,2	0,3	25,9	0,3	24,1	0,9
	b	7,8	11,9	9,5	13,9	8,1	13,1	22,3	3,7	25,8	3,5	23,1	2,8
	c	7,9	11,3	9,2	12,4	3,1	14	21,6	4	25,6	4,5	20,4	2,7
4 у пляжа	a	6,9	14,0	8,1	14,7	10,2	15,2	24,6	0,2	25,4	0,3	23,8	0
	b	7,1	12,1	7,5	11,5	9	12	24,2	3,5	24,9	3,5	23,5	1,6
	c	7,3	11,7	7,2	10,9	3	10,9	23,5	3,8	24,6	3,9	22,7	1,9
5 у парка	a	6,6	13,8	9,8	12,5	11,1	13,9	25,3	0,4	26	0,9	23,5	0,5
	b	7,2	11,9	8,7	12,1	10,1	12,1	25	3,1	25,9	3,6	23,3	1,9
	c	7,9	11,7	7,9	11,8	9,7	11,1	24,2	3,7	25,1	4,1	23,3	1,9
6 центральная часть	a	6,0	13,5	9,9	13,4	10,4	13,4	27,3	0,7	25,1	0,8	24	0,2
	b	6,3	11,2	8,5	12,9	7,6	11,3	26,3	4	24,8	3,7	22,6	2,4
	c	7,8	11,1	8,1	11,5	4,2	11,6	24,2	4	24,8	4,1	21,6	2,4
7 приплотин- ная часть	a	6,2	13,1	8,1	12,9	9,3	12,8	26	1,1	25,6	0,5	25,1	0,9
	b	6,1	11,5	7,8	10,9	8,6	11,1	25,6	3,8	24,9	3	23,9	2,5
	c	6,0	10,8	7,1	10,2	8,1	7,9	25,3	4	24	4	23,2	2,9

Распределение содержания растворенного кислорода в воде зависит от глубины и снижается от поверхностной горизонтальной части пруда до придонной части. Зимой при наличии ледового покрова содержание кислорода незначительно убывает с глубиной.

Непосредственно у поверхности концентрация может быть несколько выше, что обусловлено фотосинтетической активностью. Однако фотосинтез лимитируется количеством света, проникающего сквозь толщу льда, а также низкой температурой воды. Также летом на глубинах, где прослеживается зона кислородного минимума, обнаруживаются большие скопления зоопланктона, потребляющего кислород в процессе метаболизма, что приводит к уменьшению концентрации растворенного кислорода в воде в придонных горизонтах.

Значения водородного показателя в пробах из Большого Садового пруда во все годы находились в диапазоне от 6,86 до 8,87 в летний период и от 6,60 до 8,90 – в зимний (табл. 3.1.2). В зависимости от величины рН воды в 2020 и 2022 годах относятся к нейтральным и слабощелочным. В 2021 году значение водородного показателя увеличивается и достигает 8,90 (в точке №1), поэтому можно сказать, что вода данного водоема в этот год была щелочной. Это связано с интенсивным процессом фотосинтеза летом, поскольку рН зависит от интенсивности газообменных процессов в водоемах, связанных с процессами дыхания и фотосинтеза водных организмов. В ходе активного фотосинтеза в водоеме реакция его воды может становиться более щелочной из-за истощения запасов углекислоты. Нормальное развитие жизни водных организмов идет при нейтральной или слабощелочной реакции среды (Миркин, Наумова, 2017).

Содержание нитритов (табл. 3.1.3) на всех исследованных глубинах летом и зимой во все годы наблюдения не превышает ПДК, установленных для нитритов в хозяйственно-питьевых, культурно-бытовых водоемах (3,3 мг/л), а также рыбохозяйственных (0,08 мг/л). В летний период 2020 и 2021 годов концентрация нитрит-ионов в пруду заметно увеличивается по сравнению с зимним периодом (рис. 3.1.3 и 3.1.4). Это может быть связано с повышенной активностью фитопланктона летом, что увеличивает превращение нитратов в нитриты, а также с увеличением рекреационной деятельности, такой как купание (Корнилов и др., 2014).

Таблица 3.1.2. Динамика водородного показателя (рН) в Большом Садовом пруду в летний и зимний периоды (2020–2022 гг.)

№ точки	глубины	2020 г.		2021 г.		2022 г.	
		Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима
1 верхняя часть пруда	a	8,15	7,9	8,67	8,9	7,7	7,8
	b	7,89	7,83	8,73	8,1	7,47	7,91
	c	8,01	7,91	8,71	8,4	7,49	8,01
2 средняя часть	a	8,13	7,55	8,81	7,7	7,71	7,81
	b	7,84	7,7	8,42	6,9	7,28	7,91
	c	7,95	7,8	8,49	6,9	7,3	7,99
3 центральная часть	a	7,9	7,75	8,76	6,9	7,46	7,82
	b	7,74	7,2	8,54	6,6	7,33	7,83
	c	7,88	7,4	8,8	6,6	7,06	7,86
4 у пляжа	a	8,17	7,86	8,79	8,1	7,51	7,79
	b	8,02	7,65	8,36	7,1	7,47	7,8
	c	7,98	7,71	8,13	6,6	6,95	7,81
5 у парка	a	8,2	7,89	8,79	7,2	7,57	7,75
	b	8,07	7,81	8,81	7,0	7,75	7,77
	c	7,91	7,9	8,28	6,7	7,73	7,79
6 центральная часть	a	8,3	7,8	8,59	6,9	7,49	7,81
	b	7,8	7,69	8,6	6,9	6,89	7,86
	c	7,94	7,21	8,11	6,6	6,88	7,92
7 прилотинная часть	a	8,1	8,1	8,87	6,9	7,06	8,1
	b	8,3	7,2	8,82	6,6	6,86	8,11
	c	8,1	6,8	8,03	8,7	7,06	8,16

Таблица 3.1.3. Содержание аммонийного азота и нитритов в Большом Садовом пруду в летний и зимний периоды (2020-2022 гг.)

№ точки	глубины	Аммонийный азот (мг/л)						Нитриты (мг/л)					
		2020 г.		2021 г.		2022 г.		2020 г.		2021 г.		2022 г.	
		Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима
1 верхняя часть пруда	a	0,11	0,21	0,12	0,31	0,49	0,38	0,02	<0,01	0,04	<0,01	<0,01	0,03
	b	0,14	0,42	0,4	0,72	0,6	0,82	0,02	<0,01	0,03	<0,01	0,01	0,06
	c	1,2	0,20	0,54	0,11	0,78	0,05	0,02	<0,01	0,03	<0,01	<0,01	0,04
2 средняя часть	a	0,14	0,21	0,48	0,26	1,2	0,034	0,02	<0,01	0,03	<0,01	<0,01	0,04
	b	0,14	0,48	0,27	0,52	0,6	0,52	0,02	<0,01	0,04	<0,01	0,01	0,05
	c	0,14	0,26	0,71	0,29	0,66	0,54	0,02	<0,01	0,02	<0,01	<0,01	0,05
3 централь- ная часть	a	0,14	0,27	0,15	0,38	0,63	0,51	0,02	0,02	0,03	<0,01	<0,01	0,04
	b	0,10	0,16	0,71	0,12	0,6	1,2	0,02	0,01	0,04	<0,01	0,02	0,04
	c	1,2	0,38	0,75	0,45	1,2	1,3	0,02	0,02	0,03	0,05	<0,01	0,05
4 у пляжа	a	0,10	0,16	0,21	0,25	0,48	0,63	0,02	<0,01	0,03	0,03	0,02	0,04
	b	0,15	0,15	0,2	0,27	0,46	0,87	0,02	<0,01	0,04	0,03	0,02	0,04
	c	0,10	0,31	1,3	0,39	1,3	0,45	0,02	<0,01	0,01	0,01	<0,01	0,05
5 у парка	a	0,13	0,22	0,21	0,21	0,53	0,65	0,02	<0,01	0,04	<0,01	<0,01	0,04
	b	0,11	0,20	0,26	0,16	0,77	0,72	0,02	<0,01	0,04	<0,01	<0,01	0,04
	c	0,14	0,17	0,35	0,11	0,62	0,81	0,02	0,01	0,03	<0,01	0,01	0,06
6 централь- ная часть	a	0,11	0,40	0,13	0,42	0,58	0,43	0,02	0,02	0,03	<0,01	0,04	0,03
	b	0,18	0,37	0,2	0,39	0,58	0,84	0,02	<0,01	0,04	0,04	<0,01	0,06
	c	0,11	0,11	0,97	0,15	1,3	1,3	0,02	0,01	0,04	0,05	<0,01	0,06
7 приплотин- ная часть	a	0,13	0,34	0,43	0,36	0,52	0,73	0,02	<0,01	0,04	<0,01	0,02	0,04
	b	0,12	0,18	0,5	0,21	0,5	0,72	0,02	<0,01	0,05	<0,01	0,02	0,03
	c	0,35	0,16	1,2	0,19	0,54	1,2	0,03	<0,01	0,05	0,01	0,01	0,05

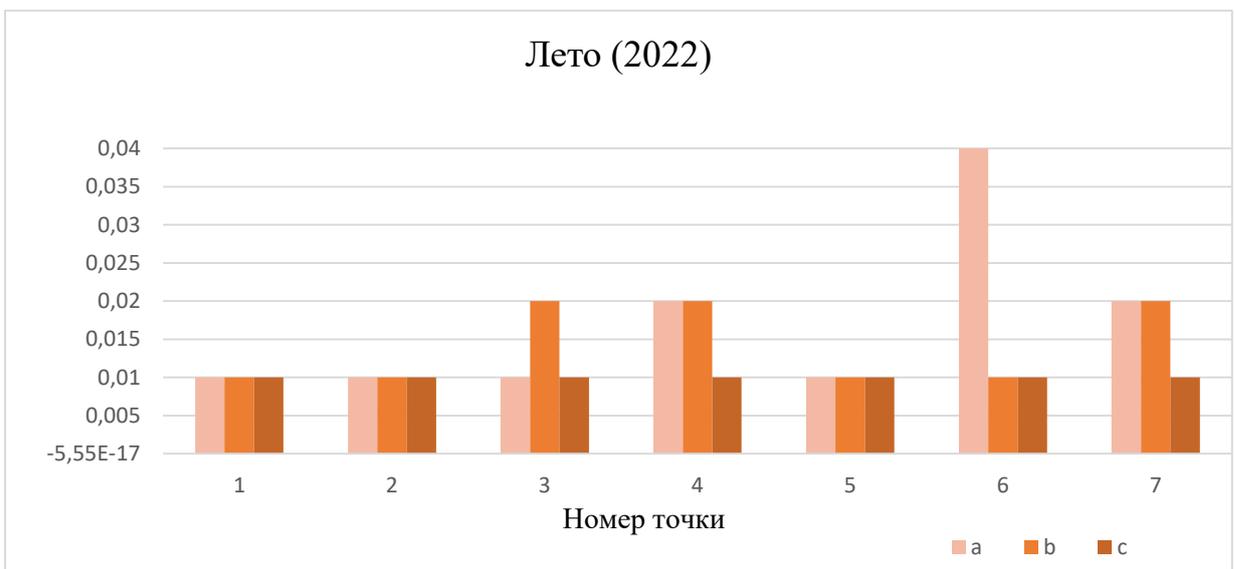
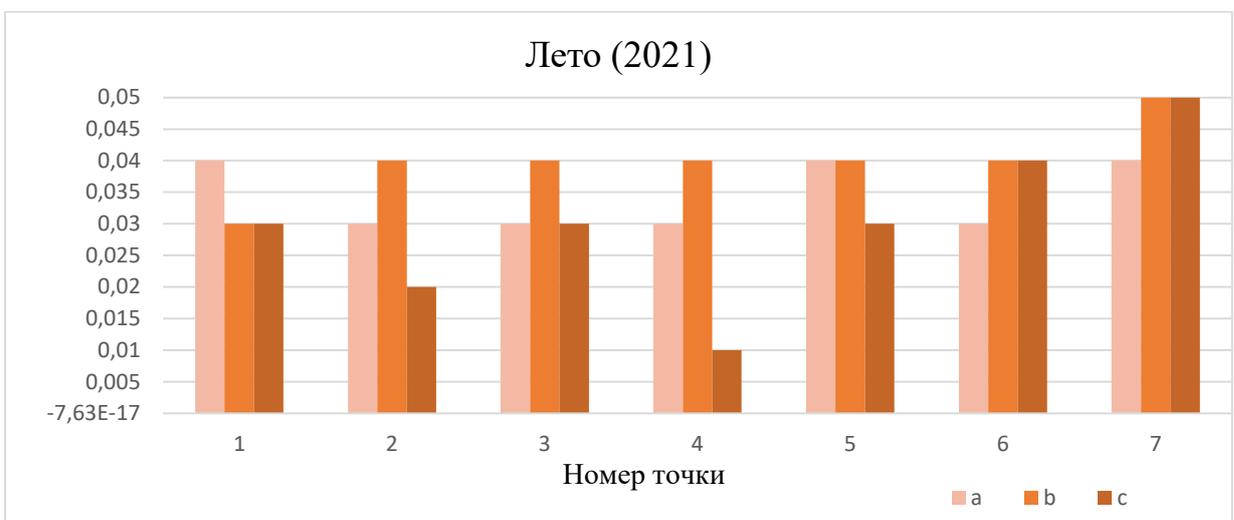
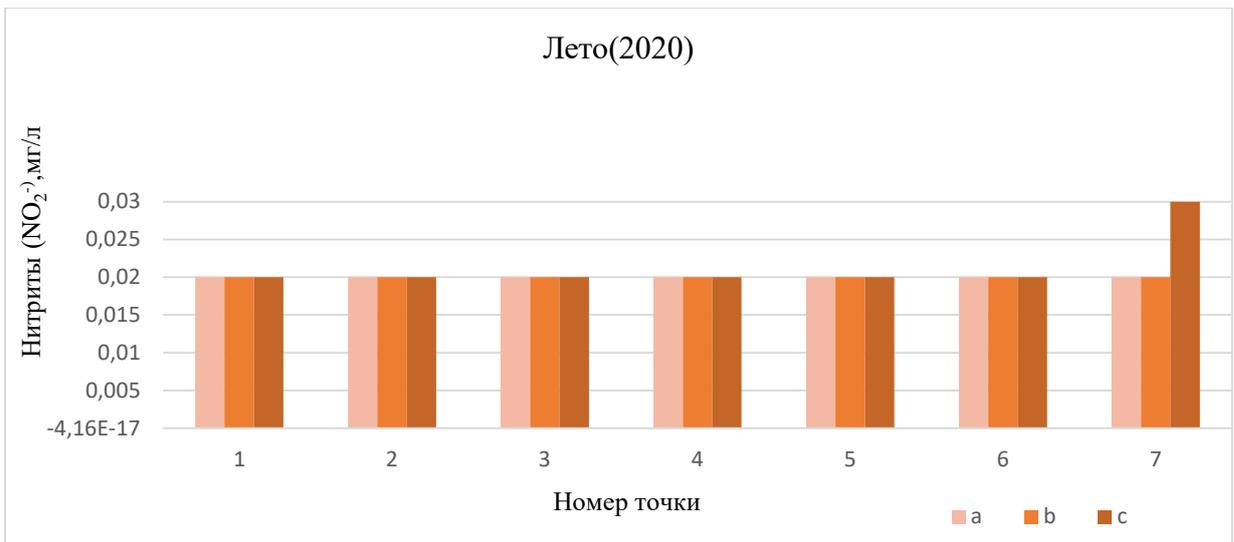


Рисунок 3.1.3. Содержание нитритов в воде Большого Садового пруда в летний период (2020–2022 гг.).

*Примечания: 1, 2, 3, 4, 5 — точки наблюдения. a, b, c: глубины отбора проб воды, (a) поверхностная часть, (b) средняя часть, (c) придонная часть*

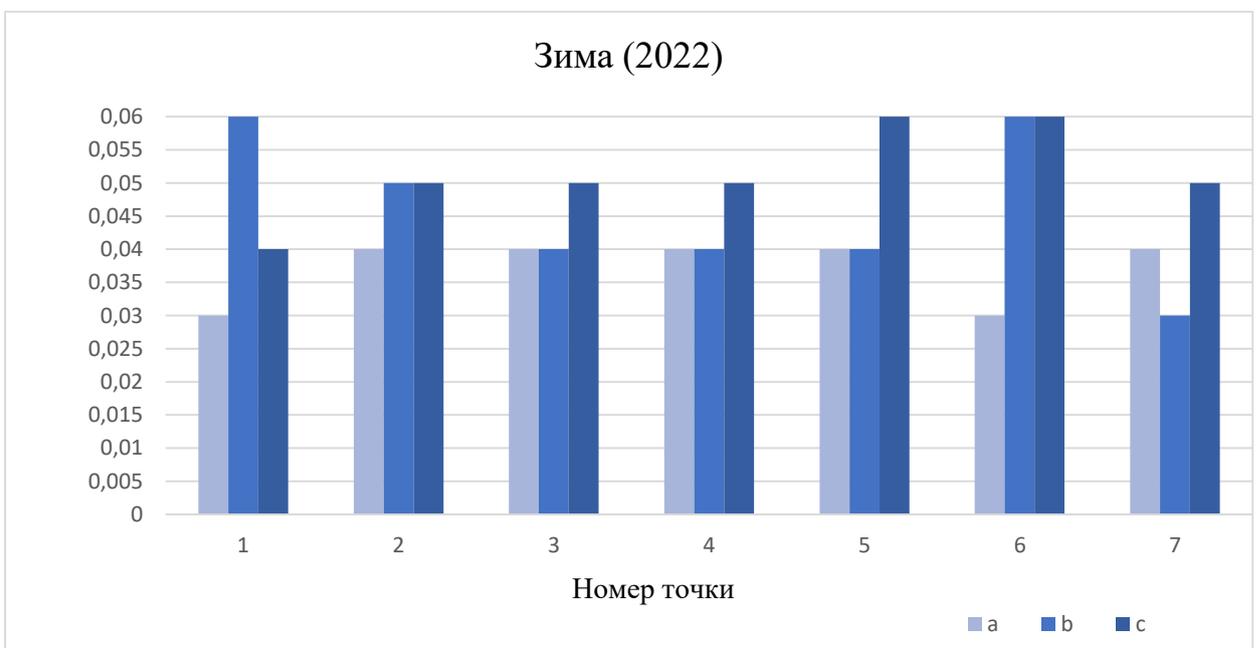
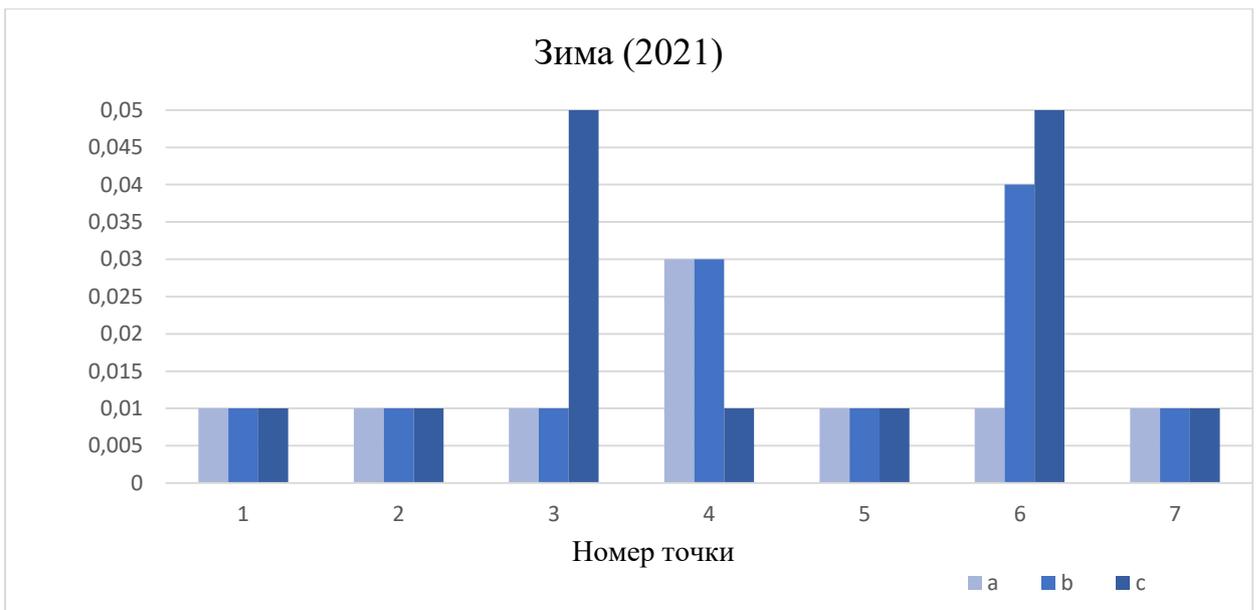
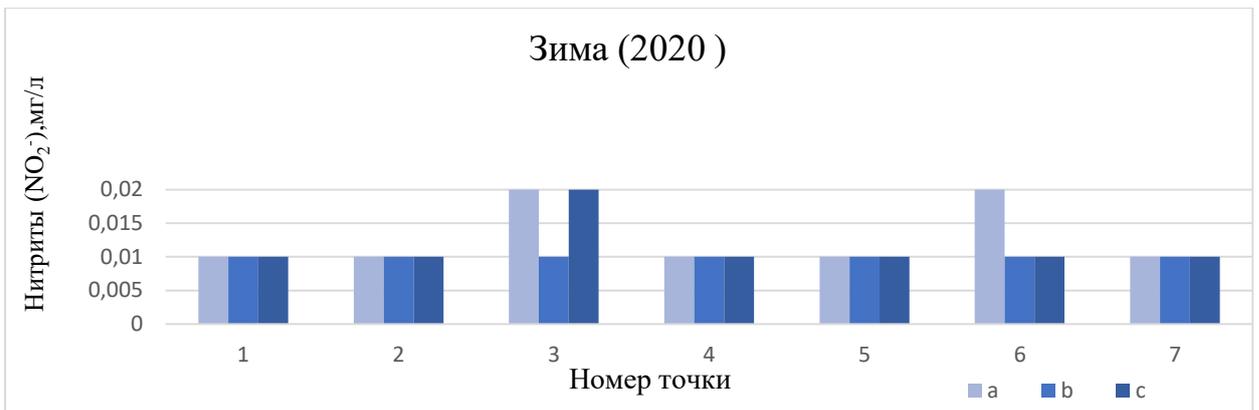


Рисунок 3.1.4. Содержание нитритов в воде Большого Садового пруда в зимний период (2020-2022 гг.).

*Примечания: 1, 2, 3, 4, 5 — точки наблюдения. a, b, c: глубины отбора проб воды, (a) поверхностная часть, (b) средняя часть, (c) придонная часть*

Сезонные колебания содержания нитритов характеризуются преобладанием их снижения зимой, на фоне пониженной активности фитопланктона и способности диатомовых и зеленых водорослей восстанавливать нитраты до нитритов.

В завершающей год наблюдений (2022 г.) содержание нитритов летом оказалось ниже предыдущих лет, а в зимний период увеличилось до 0,06 мг/л в точке №1 (верхняя часть пруда, вблизи впадения реки Жабенки), точке №5 вблизи берега, занятого парком, и в точке №6 (недалеко от рекреационной зоны пруда).

Содержание аммонийного азота в воде во все годы изменялось от 0,10 до 1,3 мг/л, и это превышает ПДК (0,5 мг/л) для водоёмов рыбохозяйственного водопользования сразу в нескольких точках водоёма. Также отмечено значительное увеличение ионов аммония в придонной части пруда.

Максимальное значение содержания аммонийного азота (табл. 3.1.3), с превышением его ПДК, наблюдается в 2020 г. в точках №1 и №3 (1,2 мг/л), у дна, летом 2021 г. – в точках №4 и №5 (1,3 мг/л) у пляжной зоны и приплотинной части пруда, рядом с дорогой с активным движением транспорта (рис. 3.1.5). В большинстве точек максимальные значения обнаружены в 2022 г., за исключением точек №1 и №5 (рис. 3.1.6).

Основными источниками поступления ионов аммония в водные объекты обычно являются хозяйственно-бытовые сточные воды, поверхностный сток с окружающей территории. Присутствие аммония в концентрациях порядка 1 мг/л снижает способность гемоглобина рыб связывать кислород, что приводит к их отравлению и часто – к гибели.

Концентрация хлоридов в воде пруда во всех исследованных точках летом и зимой 2020–2022 гг. (табл. 3.1.4) не превышает нормативы как для водоемов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования (350 мг/л), так и для водоемов рыбохозяйственного назначения (300 мг/л).

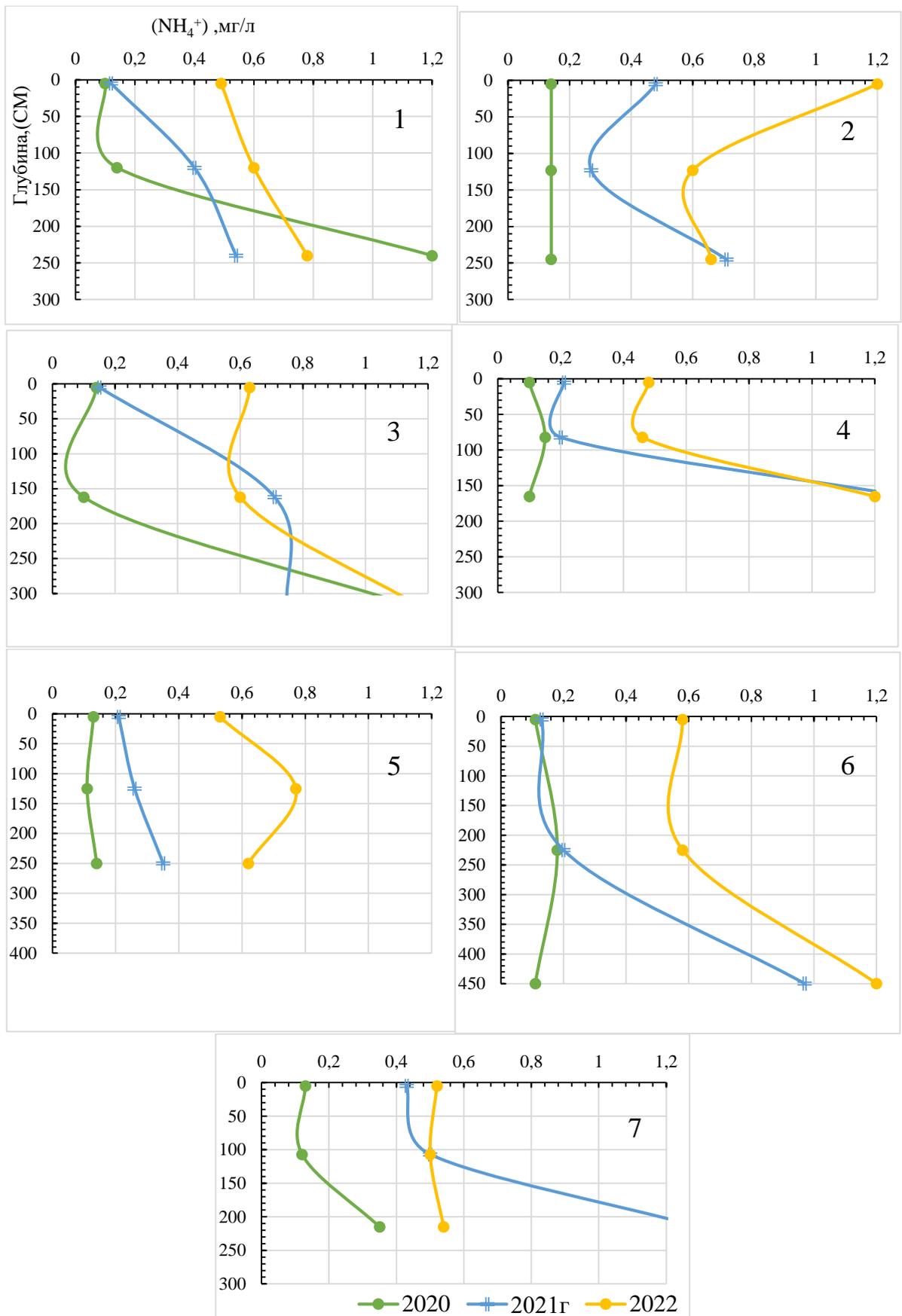


Рисунок 3.1.5. Содержание аммонийного азота в Большом Садовом пруду в летний период 2020–2022 годов в каждой точке наблюдения.

Примечания: 1,2,3,4,5,6,7- точки наблюдения.1 - верхняя часть пруда, 2-3-6 - средняя часть пруда, 5- у парка, 4- у пляжа,7- у плотины рядом с дорогой.

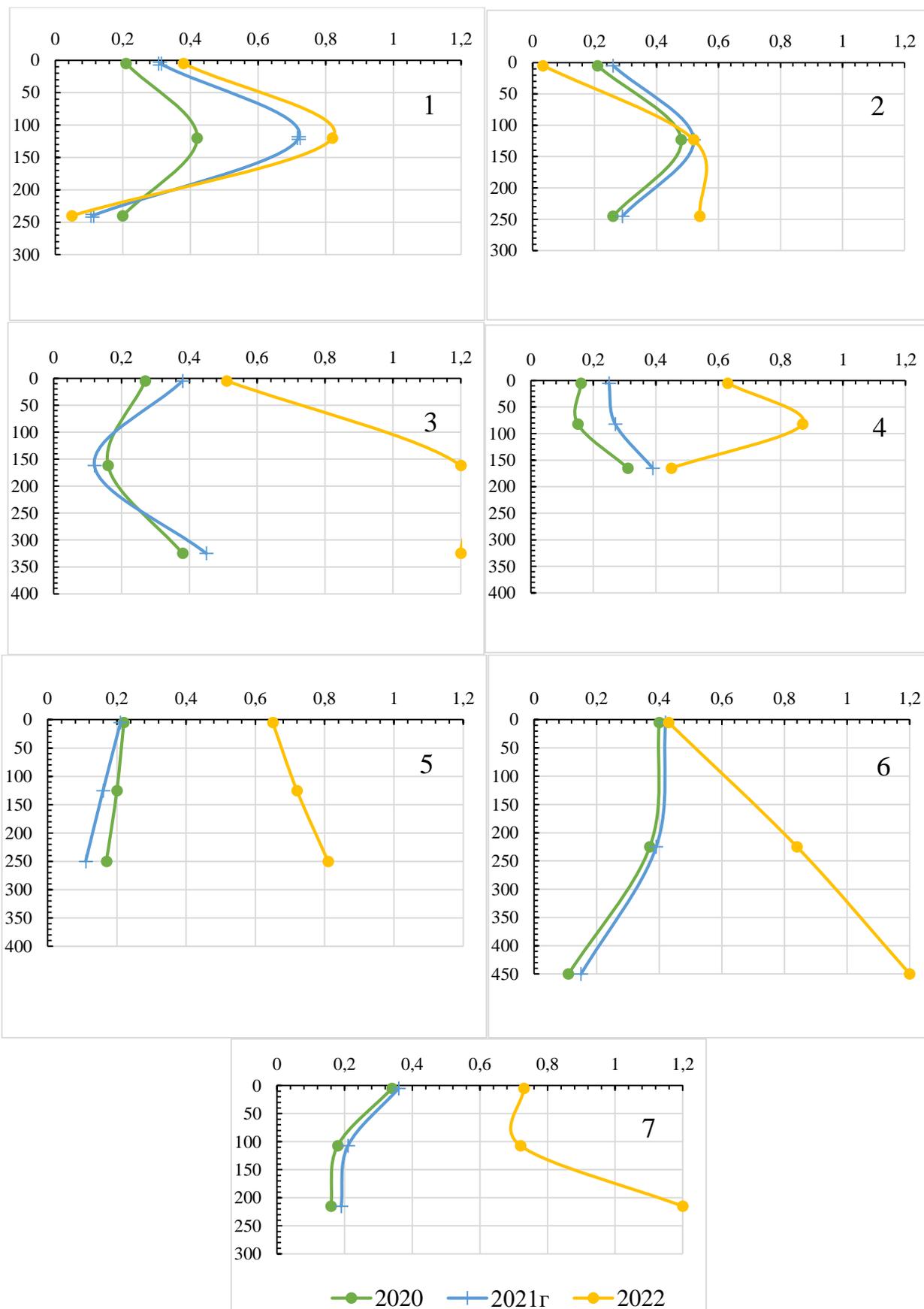


Рисунок 3.1.6. Содержание аммонийного азота в Большом Садовом пруду в зимний период 2020–2022 годов в каждой точке наблюдения.

Примечания: 1,2,3,4,5,6,7- точки наблюдения. 1 - верхняя часть пруда, 2-3-6 - средняя часть пруда, 5- у парка, 4- у пляжа, 7- у плотины рядом с дорогой.

Таблица 3.1.4. Содержание хлоридов в Большом Садовом пруду в летний и зимний периоды (2020–2022 гг.), мг/л

№ точки	глубины	2020 г.		2021 г.		2022 г.	
		Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима
1 верхняя часть пруда	a	8,8	16,2	25,0	15,6	20,9	25,9
	b	11,6	19,7	25,0	18,7	23,9	25,0
	c	10,3	17,3	21,4	16,9	23,9	24,9
2 средняя часть	a	8,8	19,7	15,9	19,1	23,1	20,1
	b	9,1	18,8	22,3	17,9	16,4	19,9
	c	13,1	19,4	22,9	19,4	22,8	21,2
3 центральная часть	a	10,4	21,5	23,4	19,5	23,4	21,4
	b	8,6	19,2	25,0	16,9	19,8	25,0
	c	10,3	18,9	24,9	15,4	25	17,2
4 у пляжа	a	11,1	18,5	17,4	18,8	19,8	21,9
	b	9,4	19,6	15,9	19,3	19,9	18,4
	c	9,1	13,8	21,9	14,5	21,2	25,0
5 у парка	a	9,1	17,8	24,9	16,8	22,7	20,5
	b	11,9	20,7	25,0	19,7	23,9	20,9
	c	11,9	17,8	25,0	16,4	24,9	25,5
6 центральная часть	a	10,8	22,7	24,9	21,5	25,9	24,9
	b	10,3	21,8	25,6	18,9	25,9	25,0
	c	12,4	21,9	25,0	18,5	24,6	25,0
7 приплотинная часть	a	8,6	18,2	25,9	22,2	23,8	23,6
	b	14,9	19,5	25,8	23,5	22,9	25,9
	c	10,4	24,9	25,0	24,9	23,1	22,2

Минимальные значения (8,6 мг/л) были в 2020 году летом в точке №7, и в общем в этот год концентрации хлоридов в пруду во всех точках наблюдения летом были меньше в сравнении с остальными годами (2021–2022 гг.).

Повышение содержания хлорид-ионов в водоёмах происходит за счет использования соли для растворения льда на дорогах, соли испаряются,

попадают в атмосферу, затем выпадают в виде осадков, попадая, в том числе, и в водоем (Ларина, 2017). Также выбросы предприятий промышленности, сточные воды и коммунальные отходы могут способствовать появлению и круговороту хлоридов в водоёмах. Это объясняет проявление максимальных значений хлоридов в точках приплотинной части пруда, рядом с дорогой – 25,9 мг/л в точке №7 (2021–2022 г.) и в точке №6 (2022 г.).

Показатели содержания меди в исследуемом водоеме (2020–2022 гг.) в летний период колеблются в диапазоне от 2,3 до 5 мг/л, в зимний – от 3,05 до 5,0 мг/л, что превышает ПДК (1 мг/л) для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. По содержанию меди пруд совершенно непригоден для рыбохозяйственного использования (ПДК для меди составляет 0,001 мг/л – Приказ Министерства сельского хозяйства, 2016).

Поступление меди в водоёмы может происходить при истирании контактных проводов трамваев и троллейбусов в процессе их эксплуатации, что приводит к загрязнению прилегающих территорий медью. Основными источниками высоких концентраций меди в прудах являются сточные воды и и ливневые стоки (Wu et al., 2014). Подтверждением этому может служить то, что максимальные концентрации меди наблюдается у дна в точке №7 (пробе, отобранной рядом с дорогой с активным движением электротранспорта), значение меди в этой точке летом составляет 4,38 мг/л в 2020 году, 4,40 мг/л в 2021 году и 5 мг/л в 2022 году (рис. 3.1.7).

Содержание общего железа в водоемах хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования по санитарным нормам не должно превышать 0,3 мг/л. Полученные результаты за все годы наблюдения показывают превышение концентрации железа. Максимальные значения достигали 1,2 мг/л (2022 г.) в точке № 4, которая располагается рядом с пляжной зоной и в точке № 7 (приплотинная часть пруда, рядом с дорогой с активным движением электротранспорта) (табл. 3.1.6).

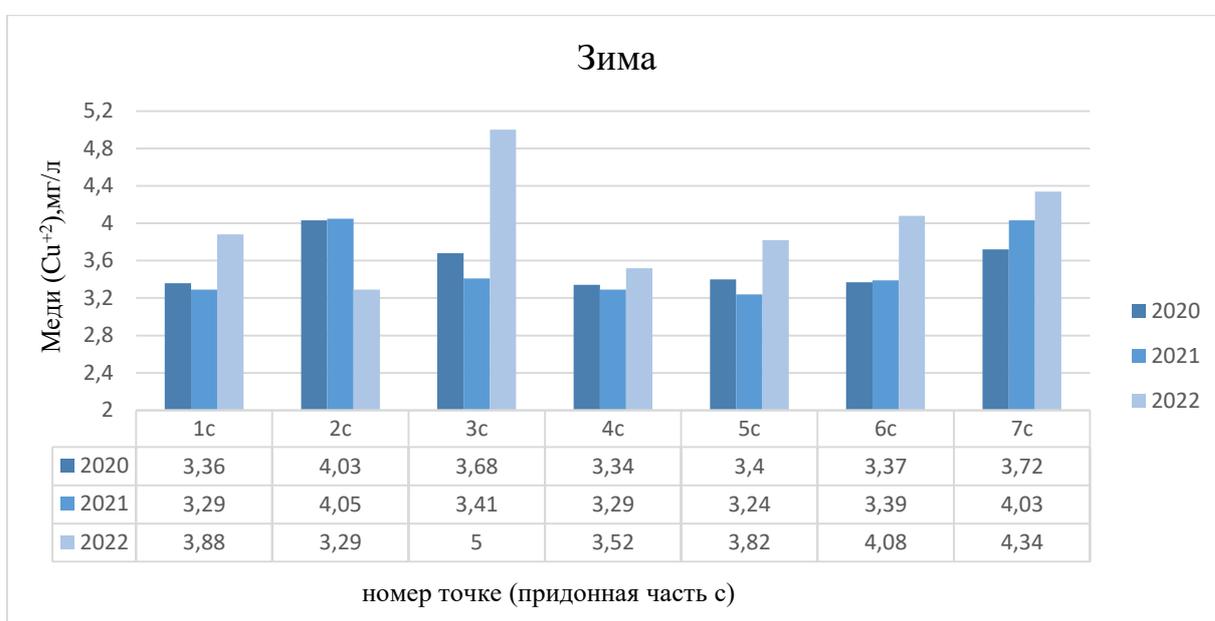
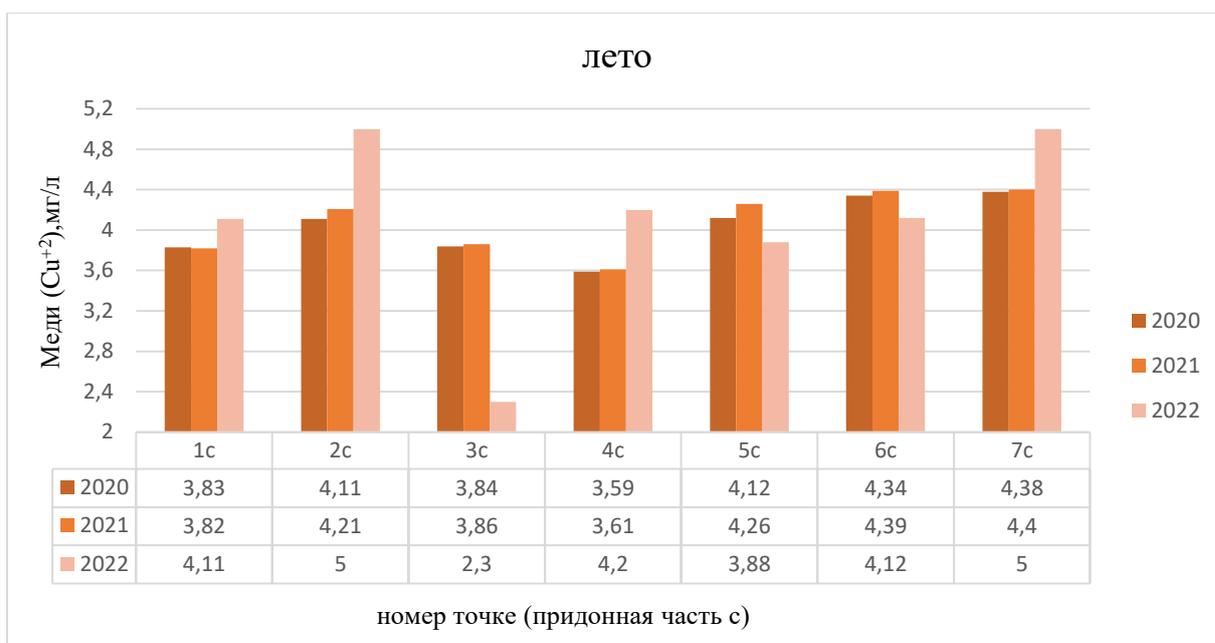


Рисунок 3.1.7. Содержание меди в Большом Садовом пруду в зимний и летний периоды 2020–2022 гг. в придонной части пруда.

Примечания: 1,2,3,4,5,6,7- точки наблюдения. 1 - верхняя часть пруда, 2-3-6 - средняя часть пруда, 5- у парка, 4- у пляжа, 7- у плотины рядом с дорогой.

Большие концентрации железа выявлены в придонной части пруда (горизонт «с») по сравнению с поверхностными горизонтами. Исследования показывают, что в летний и зимний периоды вода в водоемах может застаиваться, и в эти сезоны в придонных слоях воды отмечается заметное увеличение концентрации железа. Когда происходит перемешивание водных масс, сопровождающееся активным окислением солей железа, его концентрация

снижается. Этот процесс обычно активнее происходит в верхней части пруда, чем в его придонной части.

Таблица 3.1.6. Содержание меди и железа в Большом Садовом пруду в летний и зимний периоды (2020–2022 гг.)

№ точки	глубины	Медь (мг/л)						Железо (мг/л)					
		2020 г.		2021 г.		2022 г.		2020 г.		2021 г.		2022 г.	
		Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима
1 верхняя часть пруда	a	3,44	3,2	3,51	3,38	4,06	4,38	< 0,1	< 0,1	<0,1	<0,1	0,15	<0,10
	b	3,8	3,05	3,89	3,7	4,09	3,7	< 0,1	< 0,1	<0,1	<0,1	0,3	<0,10
	c	3,83	3,36	3,82	3,29	4,11	3,88	1,1	< 0,1	0,17	<0,1	1,10	0,53
2 средняя часть	a	3,56	3,41	3,66	3,88	4,42	4,22	< 0,1	0,23	<0,10	<0,1	0,19	0,31
	b	3,91	3,76	3,89	3,21	3,88	3,81	< 0,1	< 0,10	<0,10	0,22	0,13	0,22
	c	4,11	4,03	4,21	4,05	5,00	3,92	0,84	0,72	0,30	0,71	0,72	0,62
3 центральная часть	a	3,85	3,8	3,89	3,43	4,28	3,83	< 0,1	0,14	<0,10	0,13	0,15	0,13
	b	3,54	3,24	3,45	3,36	4,35	4,10	< 0,10	< 0,10	<0,10	<0,10	0,26	0,21
	c	3,84	3,68	3,86	3,41	2,30	5	0,69	0,82	0,13	0,85	1,10	1,10
4 у пляжа	a	3,57	3,23	3,48	3,44	4,86	3,94	< 0,10	< 0,10	<0,10	<0,10	0,15	0,35
	b	3,96	3,66	3,96	3,25	3,99	3,98	< 0,10	< 0,10	0,19	<0,10	0,39	0,18
	c	3,59	3,34	3,61	3,29	4,20	3,52	< 0,10	< 0,10	0,16	0,11	1,20	0,11
5 у парка	a	3,40	3,30	3,51	3,35	4,12	3,92	< 0,10	< 0,10	0,21	<0,10	0,22	0,39
	b	3,36	3,17	3,36	3,41	4,06	3,96	< 0,10	< 0,10	<0,10	<0,10	0,23	0,16
	c	4,12	3,40	4,26	3,24	3,88	3,82	< 0,10	< 0,10	<0,10	0,14	0,25	0,14
6 центральная часть	a	4,40	3,71	4,19	3,34	4,42	3,78	< 0,10	< 0,10	<0,10	<0,10	0,47	<0,10
	b	4,27	3,39	4,32	3,21	4,07	3,8	< 0,10	< 0,10	<0,10	0,10	0,21	0,22
	c	4,34	3,37	4,39	3,39	4,12	4,08	0,96	0,70	0,22	0,73	1,10	1,10
7 приплотинная часть	a	4,02	3,31	4,06	3,99	4,33	4,06	0,16	0,20	<0,10	0,21	0,15	0,21
	b	4,19	3,87	4,17	3,82	5,00	4,03	< 0,10	< 0,10	<0,10	<0,10	0,12	0,18
	c	4,38	3,72	4,40	4,03	5,00	4,34	1,10	< 0,10	0,22	0,10	0,99	1,20

Главным источником соединений железа в поверхностных водах часто являются процессы химического выветривания минералов, сопровождающиеся их механическим разрушением и растворением. Значительное количество железа поступают с подземным и ливневыми стоками (Глинова, 2021).

### 3.2 Сезонная динамика физико-химических и гидрохимических показателей качества воды в Среднем Фермском пруду.

Результаты исследования в Среднем Фермском пруду показали значительную пространственно-временную изменчивость содержания растворенного кислорода и температуры воды (табл. 3.2.1). Концентрация кислорода изменяется между точками, глубинами и сезонами мониторинга.

Таблица 3.2.1. Содержание растворенного кислорода и температура воды в Среднем Фермском пруду в летний и зимний периоды 2020–2022 гг.

№ точки	Глубины	Растворенный кислород (мг/л)						Температура (°С)					
		2020 г.		2021 г.		2022 г.		2020 г.		2021 г.		2022 г.	
		Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима
1 приплотинная часть у дороги	a	9	8,9	9,1	8,5	13,6	13,7	24,9	0,3	25,7	0,5	24,5	0,1
	b	7,8	9,5	8,2	8,5	11,2	12,4	24,4	1	25,5	2,9	24,3	2,5
	c	6,1	10,7	7,2	8,6	9,8	10,7	24,2	1,5	24,2	3,9	23,5	2,6
2 центральная часть	a	8,2	9,1	8,9	10,3	10,3	14,1	22,1	0,7	26,3	0,9	24,2	0,5
	b	8,3	10,7	8,5	9,3	10,1	12,9	22,9	1	25,5	3	23,5	1,7
	c	6,4	10,2	7,5	9,5	6,4	11,2	22,7	1,5	26,3	4	22	2,3
3 центральная часть у берега	a	8,4	10	9,9	10	10,9	12,3	25,4	0,1	26,2	0,4	23,3	0,1
	b	7,8	10	8,1	9,6	10,9	11,1	25,6	0,9	25,9	2,8	24,2	0,9
	c	6,4	10,1	7,6	9,5	9,9	10,2	25,1	1	24,6	3,7	24	1,8
4 центральная часть у берега	a	9,08	9,2	10,0	10,5	10,3	13,8	23,2	0	25,8	0,2	24,5	0,2
	b	8	9,4	9,6	10,4	10,1	12,1	23,2	0,5	24,3	2,9	24,3	1,5
	c	7,9	9,9	8,1	10,1	9,9	12	23,3	0,9	23,9	3,6	24,1	2,8
5 верхняя часть у пешеходной дороги	a	8,5	10,6	9,8	9,3	11,4	13,9	23,9	0,2	25	0,1	24	0,1
	b	7,9	11,5	7,9	10,9	10,4	12,8	24	0,7	24,5	2,9	24	1,8
	c	6,6	10,7	7,2	10,1	8,5	11,1	24,2	1	23,9	3,9	23,9	2,2

В летний период содержание растворенного кислорода колеблется от 6,1 до 13,6 мг/л, а в зимний период изменяется в диапазонах от 8,5 до 14,1 мг/л. Замечено, что содержание растворенного кислорода в воде Среднего Фермского пруда зимой, как правило, существенно больше, чем летом, и это связано со снижением зимних температур, что влияет на скорости процессов разложения.

Наиболее низкие значения растворенного кислорода отмечаются в нижних слоях воды у дна, потому что на дне водоёма происходят процессы разложение большого количества органических веществ, и это приводит к значительному снижению концентрации растворенного кислорода – по сравнению с верхней частью водоёма.

Наименьшее содержание растворенного кислорода (6,1 мг/л) наблюдалась летом 2020 г. в приплотинной части пруда, рядом с Верхней аллеей с активным движением автотранспорта. В 2021 году в этой точке зафиксированы также минимальные значения (7,2 мг/л) (рис. 3.2.1). Зимой максимальное значение (14,1 мг/л) было в поверхностном слое воды в центральной части пруда (рис. 3.2.2).

Значение рН в Среднем Фермском пруду находятся в диапазоне от 7,08 до 11,08 летом, и зимой – от 7,01 до 8,63 (табл. 3.2.2). Зимой в исследуемом пруду, в основном, преобладают слабощелочные условия среды. Летом во всех точках наблюдения значения рН повышаются, и вода становится ближе к щелочной среде.

Наибольшее значение рН (11,08) наблюдается в приплотинной части пруда, рядом с Верхней аллеей с активным движением автотранспорта. Вода в этой точке может быть даже сильнощелочной. При этом замечено, что щелочность увеличивается в поверхностных горизонтах воды по сравнению с придонными слоями воды в пруду.

В соответствии с требованиями к составу и свойствам воды водоемов в зонах рекреации, а также воды водоемов рыбохозяйственного назначения величина рН не должна выходить за пределы интервала значений 6,5–8,5.

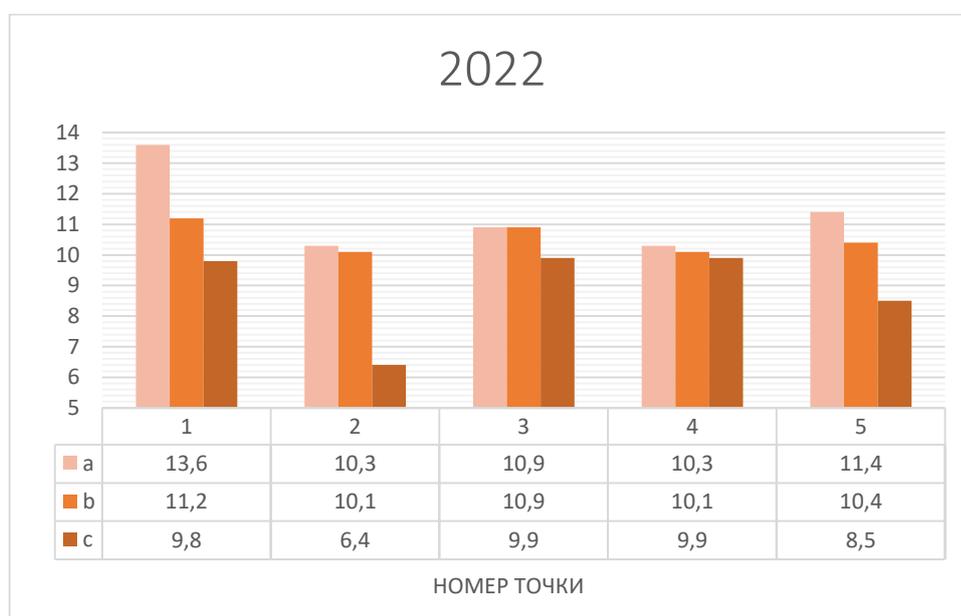
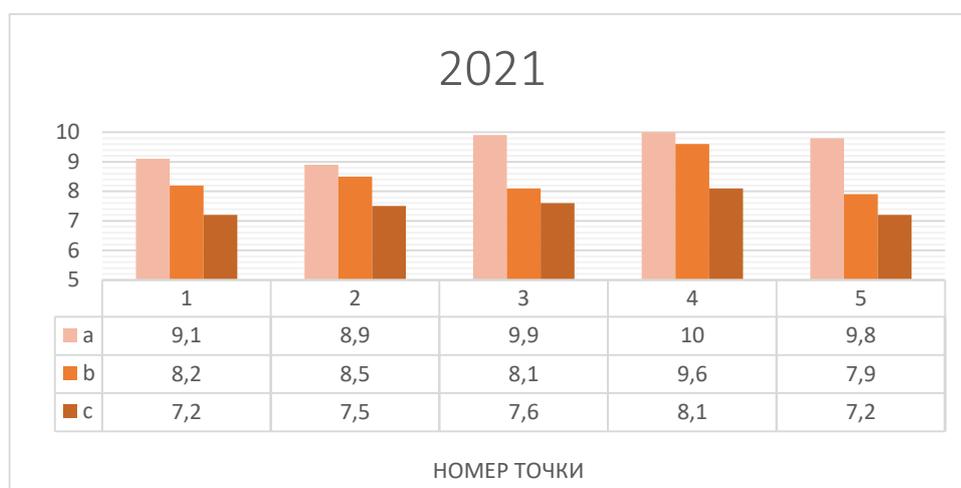
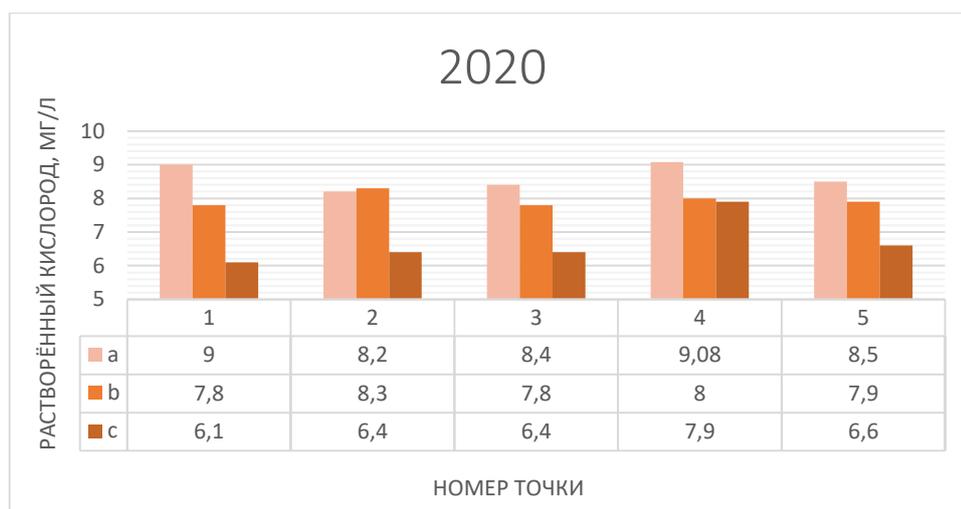


Рисунок 3.2.1 Содержание растворенного кислорода в трех вертикальных слоях в точках наблюдения Среднего Фермского пруда в летний период 2020–2022 гг.

*a - поверхностная часть, b - средняя часть, c - придонная часть.*

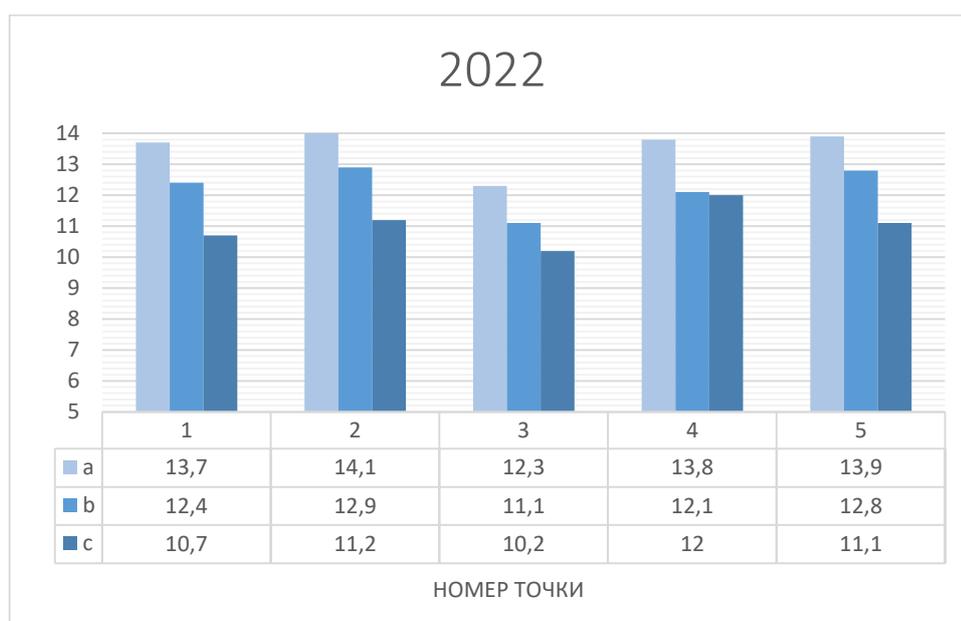
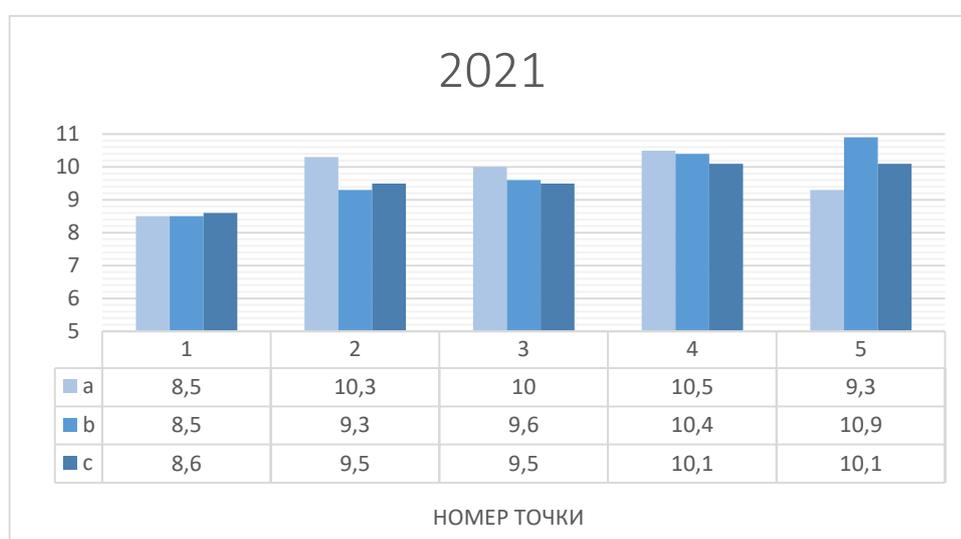


Рисунок 3.2.2. Содержание растворенного кислорода в трех вертикальных слоях в точках наблюдения Среднего Фермского пруда в зимний период 2020–2022 гг.

Таблица 3.2.2. Динамика водородного показателя (рН) в Среднем Фермском пруду в летний и зимний периоды 2020–2022 гг.

№ точки	глубины	2020 г.		2021 г.		2022 г.	
		Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима
1 приплотинная часть у дороги	a	9,12	7,35	8,31	8,45	11,08	7,41
	b	9,16	8,01	7,91	8,49	10,98	8,02
	c	8,08	7,63	7,71	8,56	10,57	7,53
2 центральная часть	a	9,09	7,62	8,97	8,32	10,9	7,61
	b	8,57	7,7	8,19	8,2	10,62	7,79
	c	7,08	7,52	8,08	8,12	9,88	7,53
3 центральная часть у берега	a	9,32	7,91	8,13	8,37	10,66	7,91
	b	9,11	8,12	7,99	8,43	10,86	7,82
	c	8,16	7,9	7,82	8,43	10,54	8,01
4 центральная часть у берега	a	8,6	7,75	8,8	8,63	10,45	7,82
	b	9,08	7,8	8,9	8,46	10,41	7,75
	c	8,49	7,7	8,02	8,44	10,3	7,8
5 верхняя часть у пешеходной дороги	a	9,26	7,62	8,23	8,2	10,96	7,61
	b	8,23	7,5	8,01	7,97	10,85	7,4
	c	8,22	7,01	7,99	7,99	10,48	7,11

При этом, когда величина рН превышает 9,0, в пруду обильно развиваются нитчатые водоросли, которые отрицательно влияют на гидробионты и экосистему водоёма. Таким образом, вода в Среднем Фермском пруду устойчиво щелочная (вероятно – влияние антигололедных реагентов, активно применяемых на проезжей части Верхней аллеи), что подтверждает максимальное значение рН в этой зоне (т. №1).

В образцах, взятых из Среднего и Нижнего Фермских прудов в летний и зимний периоды, содержание нитритов не превышает ПДК, установленных для хозяйственно-питьевых, культурно-бытовых (3,3 мг/л) и даже рыбохозяйственных (0,08 мг/л) водоёмов. Нитриты образуются в анаэробных условиях. Низкие концентрации  $\text{NO}_2^-$  в воде исследуемых прудов свидетельствуют об относительно невысоком уровне органической нагрузки на них.

В 2020 и 2021 годах концентрация нитритов не превышает 0,01 мг/л во всех точках наблюдения. В 2022 году зимой замечено, что содержание  $\text{NO}_2^-$  увеличивается во всех точках водоема и колеблется от 0,02 до 0,06 мг/л (табл. 3.2.3), однако не превышает ПДК даже при максимальном значении у дороги в приплотинной части пруда (т. №1). Присутствие нитритов в допустимых пределах не является отрицательным показателем, поскольку они являются токсичными для гидробионтов и рыб только при их наличии в высоких концентрациях.

Таблица 3.2.3. Содержание аммонийного азота и нитритов в Среднем Фермском пруду в летний и зимний периоды (2020-2021-2022 гг.)

№ точки	глубины	Аммонийный азот (мг/л)						Нитриты (мг/л)					
		2020 г.		2021 г.		2022 г.		2020 г.		2021 г.		2022 г.	
		Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима
1 приплотинная часть у дороги	a	0,03	0,17	1,1	0,15	0,51	0,81	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,03
	b	0,05	0,39	1,1	0,29	0,5	0,89	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,04
	c	0,48	0,21	1,2	0,25	0,53	1,1	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,06
2 центральная часть	a	0,08	0,23	1,0	0,24	0,63	0,63	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,02
	b	0,22	0,11	0,98	0,16	0,44	0,69	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,03
	c	0,43	0,21	1,2	0,25	0,72	0,81	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,03
3 центр. часть у берега	a	0,02	0,15	1,0	0,14	0,57	0,43	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,02
	b	0,07	0,32	1,1	0,31	0,63	0,62	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,04
	c	0,06	0,38	1,3	0,34	0,61	0,92	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,05
4 центр. часть у берега	a	0,05	0,4	1,2	0,39	0,53	0,51	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,03
	b	0,05	0,38	1,3	0,36	0,52	0,75	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,04
	c	0,09	0,34	1,3	0,31	0,76	0,97	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,05
5 верхняя часть у пешеход. дороги	a	0,02	0,42	1,2	0,45	0,61	0,51	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,03
	b	0,08	0,21	1,3	0,23	0,53	0,42	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,03
	c	0,09	0,32	1,4	0,25	0,91	0,71	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,04

Содержание аммонийного азота в Среднем Фермском пруду в летний период во все годы наблюдений колеблется от 0,02 до 1,4 мг/л, а в зимний период содержание  $\text{NH}_4^+$  изменяется в диапазоне от 0,11 до 1,1 мг/л (табл. 3.2.3). Таким образом, его содержание может превышать нормативное значение (0,5 мг/л) для водоёмов рыбохозяйственного водопользования.

Можно отметить наибольшее содержание аммонийного азота в Среднем Фермском пруду (1,4) мг/л) в летний период в придонной части в точках наблюдения вблизи Лиственничной аллеи (пешеходное движение). Это соответствует и результатам исследования Нижнего Фермского пруда, где наибольшая концентрация аммония летом была в точке, прилегающей к этой зоне.

В летний и зимний периоды 2020 года концентрация  $\text{NH}_4^+$  в пруду не превышала ПДК во всех точках наблюдения и во всех горизонтах воды – в отличие от 2021 и 2022 годов, когда замечено значительное повышение содержания аммония (рис. 3.2.3).

При этом наибольшие концентрации аммонийного азота характерны для придонного слоя воды, что может быть связано с условиями массового отмирания и бактериального разложения водорослей, приводящим к накоплению продуктов минерализации органического вещества в придонных отложениях. Таким образом, это свидетельствует о высокой органической нагрузке на водоем в эти годы, что связано с его соседством с полями и учебными корпусами Тимирязевской Академии.

Концентрация хлоридов в летний период в пруду во все годы наблюдений колеблется от 5,03 до 25,9 мг/л, в зимний период она изменяется от 12,5 до 24,9 мг/л (табл. 3.2.4).

Содержание хлоридов в пробах воды Среднего Фермского пруда и в летний, и в зимний периоды не превышает ПДК, нормативы которой составляют 350 мг/л для водоемов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения, и 300 мг/л – для водоемов рыбохозяйственного назначения.

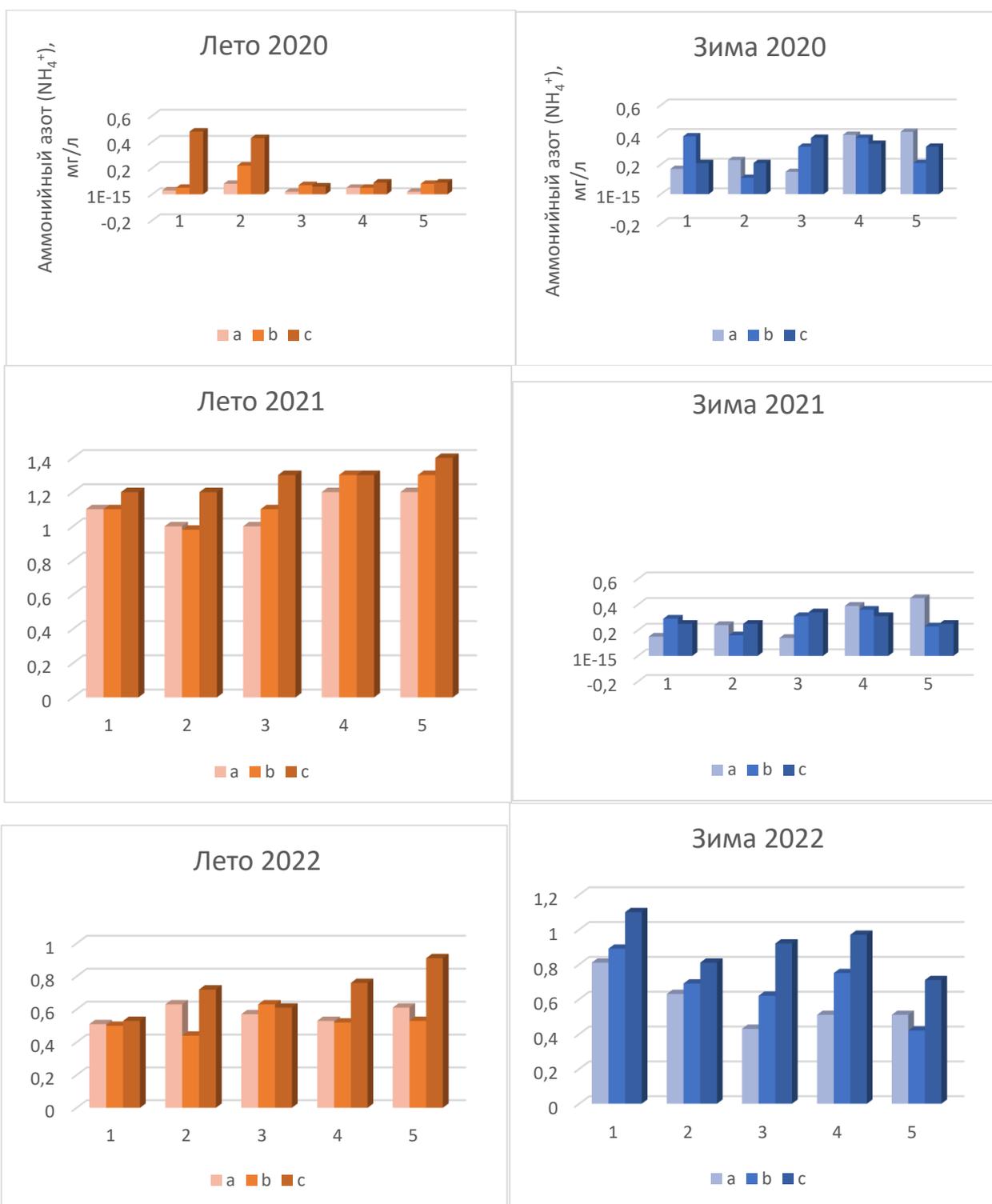


Рисунок 3.2.3. Содержание аммонийного азота в Среднем Фермском пруду в зимний и летний периоды в каждой точке наблюдения (2020–2022 гг.).

Примечания: 1,2,3,4,5- точки наблюдения. а, в, с: глубины отбора проб воды, (а) поверхностная часть, (б) средняя часть, (с) придонная часть.

Таблица 3.2.4. Содержание хлоридов в Среднем Фермском пруду в летний и зимний периоды (2020–2022 гг.)

№ точки	Глубины	2020 г.		2021 г.		2022 г.	
		Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима
<b>1</b> приплотинная часть у дороги	a	6,55	16,3	23,8	15,2	23,6	23,4
	b	5,8	13,5	20,8	12,5	21,4	22,3
	c	8,55	14,3	22,9	13,4	18,9	24,8
<b>2</b> центральная часть	a	6,55	15,4	21,9	14,2	22,3	19,2
	b	9,2	16,3	19,3	15,5	20,3	18,3
	c	8,3	17,2	18,1	16,9	19,4	18,4
<b>3</b> центральная часть у берега	a	6,5	14,2	24,9	13,9	24,9	18,2
	b	6,3	14,1	18,1	13,7	19,4	17,3
	c	6,65	13	23,2	12,5	22,9	17,1
<b>4</b> центральная часть у берега	a	7	15,2	25,9	17,4	25	19,2
	b	6,15	16,9	22,9	16,2	22,9	20,1
	c	6,1	15,3	25	14,5	25,9	21,4
<b>5</b> верхняя часть у пешеходной дороги	a	5,75	20,1	22,5	22,1	24,9	22,9
	b	5,85	19,5	20,5	20,5	21,9	24,2
	c	5,03	18,2	19,8	19,3	23,6	24,9

Содержание хлоридов летом 2021 и 2022 годов увеличивается по сравнению с 2020 годом. Минимальное значение (5,03 мг/л) отмечено в верхней части пруда у пешеходной дороги в точке №5. Максимальные значения (до 25,9 мг/л) наблюдались летом 2021 и 2022 годов в средней части пруда, вблизи рекреационной зоны (т. №4). Основная причина повышенного содержания хлорид-ионов в воде – деятельность человека. Удобрения, соль для растворения льда на дорогах, сточные воды и отходы деятельности способствуют расширению круговорота хлоридов в водоёмах.

Содержание меди в Среднем Фермском пруду колеблется в летний период в диапазоне от 2,88 до 3,94 мг/л, в зимний – от 3,05 до 4,45 мг/л (табл. 3.2.5). Показатели содержания меди существенно превышают ПДК для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения (1 мг/л). По содержанию данного элемента, пруд совершенно непригоден для рыбохозяйственного пользования (ПДК для меди – 0,001 мг/л).

Таблица 3.2.5. Содержание меди и железа в Среднем Фермском пруду в летний и зимний периоды (2020-2021-2022 гг.)

№ точки	Глубины	Медь (мг/л)						Железо (мг/л)					
		2020 г.		2021 г.		2022 г.		2020 г.		2021 г.		2022 г.	
		Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима
1 приплотинная часть у дороги	a	3,28	3,81	3,52	3,66	3,52	3,82	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,21
	b	3,46	3,05	3,43	3,12	3,31	3,12	<0,1	0,23	0,18	0,18	<0,1	0,18
	c	3,72	3,36	3,31	3,45	3,31	3,42	0,15	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1,2
2 центральная часть	a	3,56	4,14	3,32	4,45	3,42	4,01	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,16
	b	3,4	3,92	3,44	3,91	3,54	3,91	<0,1	0,14	<0,1	<0,1	<0,1	0,14
	c	3,41	4,04	3,53	4	3,53	3,75	<0,1	<0,1	<0,1	0,21	<0,1	1,3
3 центральная часть у берега	a	3,69	3,76	3,5	3,66	3,6	3,81	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,12
	b	3,83	3,36	3,49	3,23	3,59	3,72	<0,1	0,32	0,3	<0,1	<0,1	0,11
	c	3,18	4,17	3,21	4,13	3,35	3,51	0,21	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	1,3
4 центральная часть у берега	a	3,94	3,88	3,22	3,96	3,32	3,79	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,21
	b	3,39	4,04	3,61	4,02	3,51	3,63	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,18
	c	3,16	3,51	3,31	3,6	3,41	4,01	0,18	<0,1	0,2	0,16	<0,1	0,32
5 верхняя часть у пешеходной дороги	a	2,88	3,36	3,42	3,34	3,62	3,41	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,21
	b	3,4	3,92	3,21	3,89	3,53	3,82	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,32
	c	3,58	3,23	3,21	3,2	3,41	3,3	<0,1	0,1	0,2	<0,1	<0,1	0,39

Максимальные значения содержания меди в пруду зафиксированы в его центральной части наблюдений у поверхности воды (4,45) мг/л в зимний период 2021 г. (рис. 3.2.4).



Рисунок 3.2.3. Содержание меди в Среднем Фермском пруду в зимний период 2020–2022 гг. в трех вертикальных слоях воды.

Аналогично и в летний период максимальные значения отмечаются в центральной части пруда (3,94 мг/л) у поверхности воды в точке наблюдений, примыкающей к берегу (в 2020 г.) (рис. 3.2.5).



Рисунок 4.2.5. Содержание меди в Среднем Фермском пруду в летний период 2020–2022 гг. в трех вертикальных слоях воды

В летний период содержание железа не превышает норматив ПДК, максимальные значения до 0,3 мг/л отмечены в центре пруда, вблизи рекреационной зоны и учебных корпусов (т. №3), однако в зимний период концентрация железа превышает норматив ПДК, а максимальные значения наблюдаются в придонной части точки наблюдения в центральной части пруда и в точке вблизи берега с учебными корпусами (1,3 мг/л).

### **3.3. Сезонная динамика физико-химических и гидрохимических показателей качества воды в Нижнем Фермском пруду.**

Результаты проведенных мониторинговых исследований показали повышенную пространственно-временную изменчивость содержания в воде исследуемых прудов растворенного кислорода и температуры воды (табл. 3.3.1).

Во все годы наблюдения содержание растворенного кислорода в летний период колеблется от 5,8 до 11,6 мг/л, в зимний период изменяется в диапазонах от 6,7 до 14,1 мг/л. Замечено, что содержание растворенного кислорода в воде исследуемого пруда зимой, как правило, существенно выше, чем летом. С повышением температуры воды его содержание в воде уменьшается.

Наименьшее содержание растворенного кислорода (5,8 мг/л) наблюдалось летом 2020 г. в центральной части пруда у дна. Это может быть связано с тем, что в центральной части пруда собирается большая часть органических веществ и наносов. В летний период, с повышением температуры, скорость их разложения увеличивается, что приводит к потреблению большого количества растворенного кислорода и, соответственно, снижению его содержания. Этим же объясняется увеличение его содержания зимой, по сравнению с летом, из-за снижения скорости процессов разложения при низких зимних температурах воды (рис 3.3.1, 3.3.2). Летом 2021 г. наименьшее содержание растворенного кислорода (7,1 мг/л) наблюдалось вблизи рекреационной зоны и учебных корпусов (т. №4).

Таблица 3.3.1. Содержание растворенного кислорода и температура воды в Нижнем Фермском пруду в летний и зимний периоды (2020–2022 гг.)

№ точки	Растворенный кислород (мг/л)						Температура воды (°С)						
	2020 г.		2021 г.		2022 г.		2020 г.		2021 г.		2022 г.		
	Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима	
1	a	10,6	10,6	10,1	10,0	10,8	13,8	24,2	0,1	25,5	0,2	26,4	0
	b	10,3	9,5	9,8	9,6	10,3	12,4	23,9	0,2	24,2	3,0	26,0	2,5
	c	10,0	10,7	8,9	7,8	9,5	11,6	24	0,9	23,8	4,0	25,7	2,9
2	a	10,9	9,5	10,2	8,8	11,0	12,9	22,9	0,1	25,5	0,9	26,2	0,5
	b	10,7	11,1	9,5	9,3	9,0	11,5	23,1	0,2	24,5	2,1	25,0	1,7
	c	7,08	10,5	8,0	6,7	5,8	10,6	23,9	0,9	23,9	3,9	26,3	2,3
3	a	10,9	9,5	10,5	9,4	11,4	12,9	24,6	0,1	25,9	0,7	25,8	0,1
	b	10,6	10,1	9,5	9,2	11,0	11,6	24,9	0,1	25,2	2,9	26,3	0,9
	c	6,5	11,2	7,9	9,2	9,9	10,3	24,5	0,2	24,1	3,9	26,3	2,3
4	a	10,7	10,1	10,2	10,1	11,5	14,1	23,2	0,1	25,9	0,6	24,9	0,1
	b	10,8	10,1	9,8	9,8	9,3	13,2	23,6	0,5	24,5	2,9	25,8	1,9
	c	7,0	11,2	7,1	9	9,5	12,6	23,6	1,0	23,9	4,0	25,0	2,2
5	a	10,8	10,6	10,0	8,6	11,6	13,6	25,1	0,2	26,1	0,5	26,9	0,1
	b	10,8	11,5	9,6	9,0	9,7	11,9	25,0	0,5	25,7	2,0	25,9	1,5
	c	6,1	10,7	8,5	9,7	9,3	11,1	25,3	0,7	24,5	4,0	26,4	2,1

Эта зона более уязвима к загрязнению из-за повышенной рекреационной нагрузки – по сравнению с остальными частями водоема. Также замечено, что во всех точках наблюдения концентрация растворённого кислорода меньше у дна, чем у поверхности пруда.

Значение рН в Нижнем Фермском пруду находятся в диапазоне от 6,11 до 10,85 летом. Зимой, в основном, преобладают условия слабощелочной среды с рН от 7,11 до 8,20 (табл. 3.3.2).

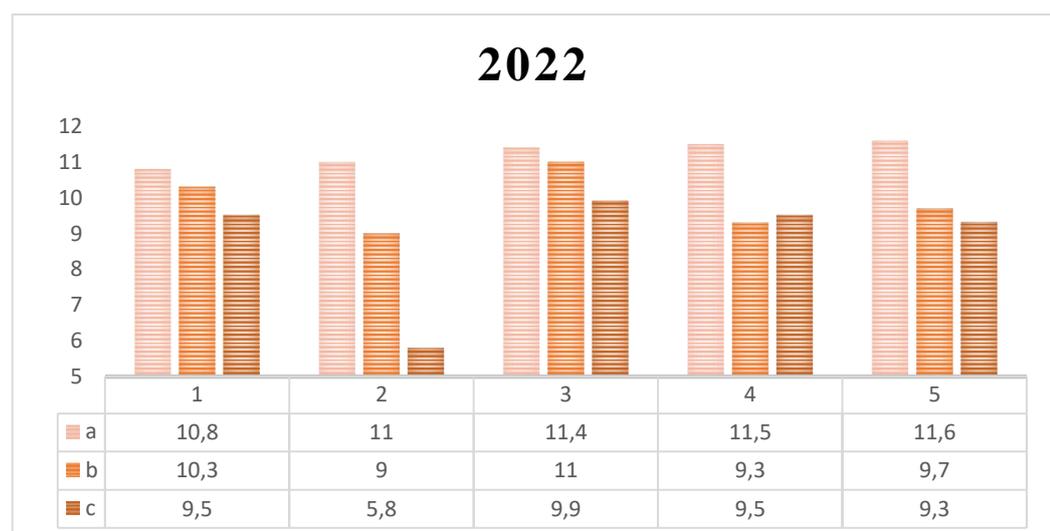
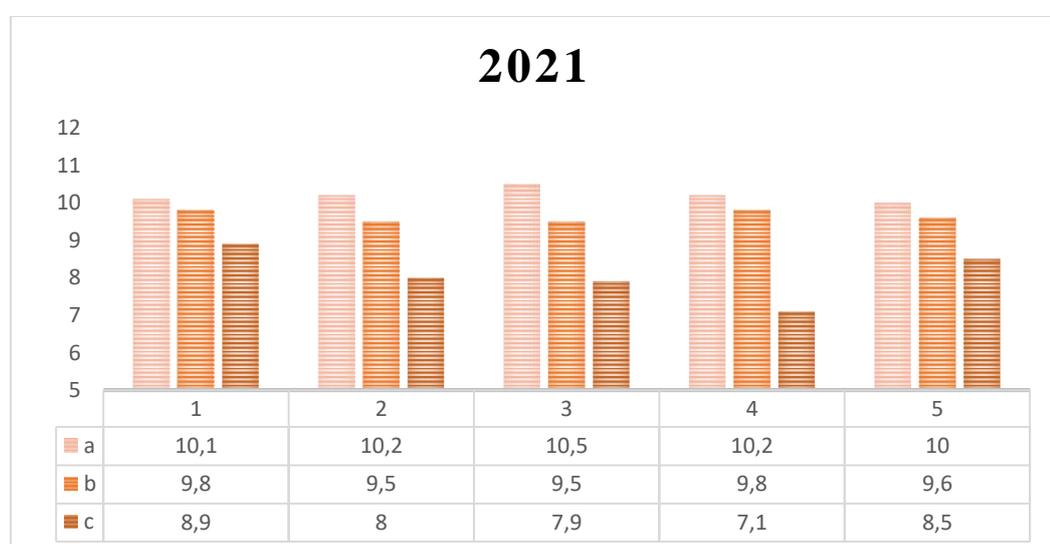
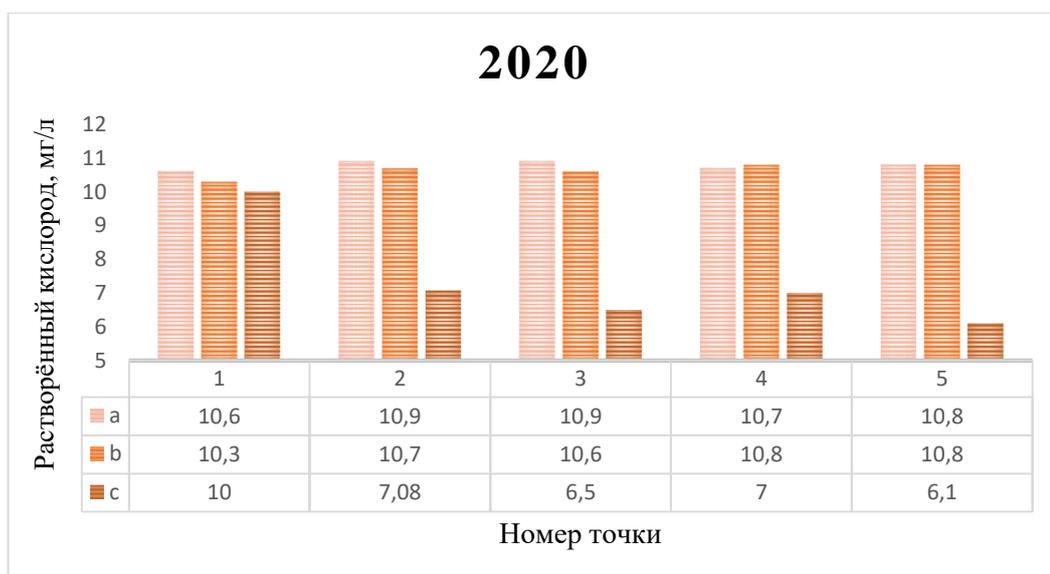


Рисунок 3.3.1 Содержание растворенного кислорода в трех вертикальных слоях воды в точках наблюдения Нижнего Фермского пруда в летний период (2020–2022 гг.).

*a* - поверхностная часть, *b* - средняя часть, *c* - придонная часть.

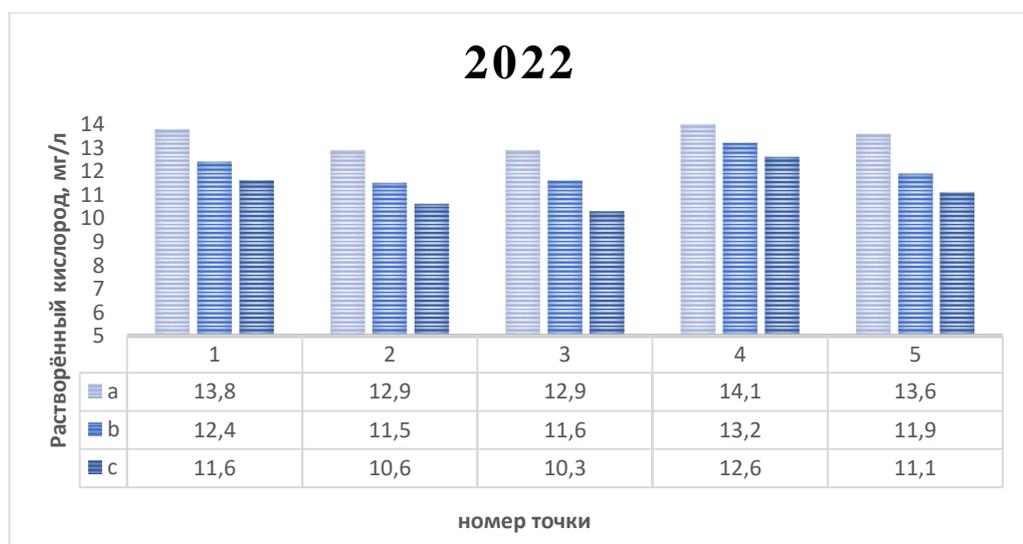
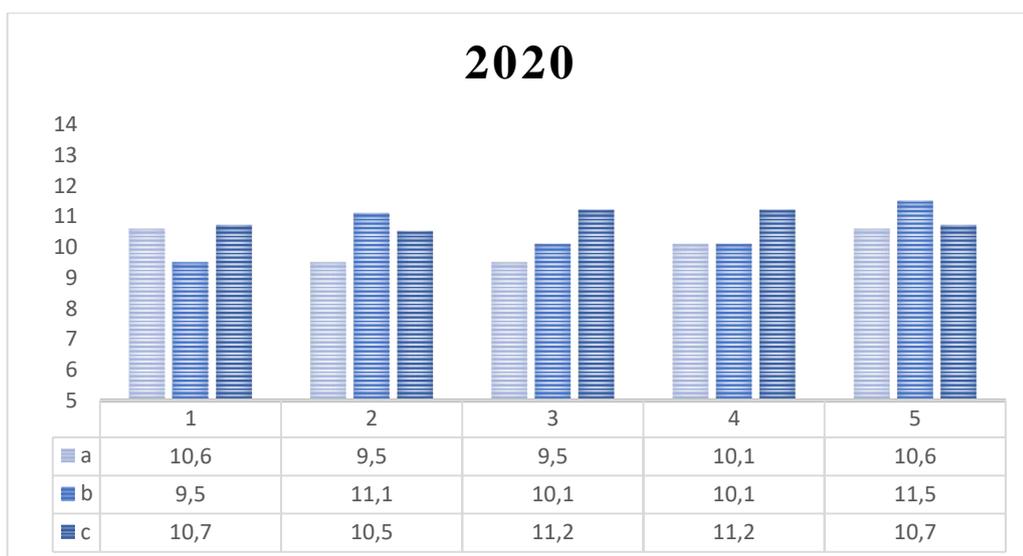


Рисунок 3.3.2. Содержание растворенного кислорода в трех вертикальных слоях воды в точках наблюдения Нижнего Фермского пруда в зимний период (2020–2022 гг.)

*a* - поверхностная часть, *b* -средняя часть, *c* - придонная часть.

Таблица 3.3.2. Динамика водородного показателя (рН) в Нижнем Фермском пруду в летний и зимний периоды 2020–2022 гг.

№ точки	2020 г.		2021 г.		2022 г.		
	Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима	
1	a	7,60	7,60	8,31	7,85	10,54	7,51
	b	7,48	7,80	7,91	7,81	10,49	7,70
	c	6,70	7,20	7,71	7,73	10,28	7,30
2	a	6,80	7,52	8,97	7,54	10,60	7,61
	b	6,48	7,92	8,19	7,59	10,25	7,83
	c	7,76	8,10	8,08	7,62	9,67	8,20
3	a	6,11	8,10	8,13	7,80	10,85	7,99
	b	7,46	7,83	7,99	7,92	10,64	7,80
	c	7,38	7,90	7,82	8,10	10,58	7,91
4	a	7,55	7,60	8,80	8,0	10,78	7,21
	b	7,85	7,80	8,90	7,90	10,43	7,40
	c	7,37	8,50	8,02	7,90	10,39	8,10
5	a	7,69	7,21	8,23	6,68	10,83	7,31
	b	7,33	7,11	8,01	7,18	9,94	7,20
	c	7,13	7,21	7,99	7,50	9,95	7,31

Замечено, что вода в пруду ближе к щелочной во все годы наблюдения, но ее значения показали колебания между сезонами. В 2022 году летом наблюдается повышение значений рН во всех точках наблюдения, а максимальное значение рН достигало 10,85 вблизи береговой зоны с заметной рекреационной нагрузкой. Высокие показатели рН чаще всего являются результатом жизнедеятельности растений и различных планктонных водорослей, относящихся к синезеленым и нитчатым.

В образцах воды, взятых из Нижнего Фермского пруда в летний и зимний периоды во все годы наблюдения (табл. 3.3.3), содержание нитритов не превышает ПДК, установленных для хозяйственно-питьевых, культурно-бытовых (3,3 мг/л) и даже рыбохозяйственных (0,08 мг/л) водоёмов.

Таблица 3.3.3. Содержание аммонийного азота и нитритов в Нижнем Фермском пруду в летний и зимний периоды 2020–2022 гг.

№ точки	Аммонийный азот (мг/л)						Нитриты (мг/л)						
	2020 г.		2021 г.		2022 г.		2020 г.		2021 г.		2022 г.		
	Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима	
1	a	0,04	0,18	1,20	0,16	0,75	0,63	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,02
	b	0,05	0,40	1,20	0,19	0,51	0,75	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,03
	c	0,13	0,32	1,30	0,33	1,40	0,91	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,04
2	a	0,03	0,27	1,10	0,25	0,67	0,73	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,03
	b	0,25	0,37	0,98	0,35	0,29	0,88	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,03
	c	0,17	0,38	1,40	0,39	1,4	0,98	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,04
3	a	0,08	0,23	1,10	0,26	0,13	0,82	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,03
	b	0,05	0,34	1,20	0,41	0,2	0,88	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,03
	c	0,14	0,44	1,30	0,52	0,57	1,40	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,04
4	a	0,05	0,18	0,99	0,17	0,71	0,79	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,05
	b	0,02	0,34	1,10	0,31	0,79	0,82	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,05
	c	0,08	0,21	1,30	0,21	0,68	0,95	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,06
5	a	0,02	0,21	1,20	0,23	0,54	0,76	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,02
	b	0,08	0,3	1,10	0,33	0,26	0,53	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,03
	c	0,09	0,32	1,30	0,36	0,36	1,40	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,04

Нитриты образуются в анаэробных условиях (Корнилов, Колмыков, 2014). Низкие концентрации  $\text{NO}_2^-$  в воде исследуемого пруда свидетельствуют об относительно невысоком уровне органической нагрузки на них.

В 2020 и 2021 годах концентрация нитратов не превышает 0,01 мг/л. В 2022 году зимой содержание  $\text{NO}_2^-$  увеличивается, но во всех точках водоема оно колеблется от 0,02 до 0,06 мг/л, не превышая ПДК. Максимальные значения наблюдаются в центральной части пруда вблизи рекреационной зоны учебных корпусов (т. №4) с высоким уровнем рекреационной нагрузки. Источниками нитритов в воде являются органические вещества, удобрения и некоторые минералы.

Содержание аммонийного азота в Нижнем Фермском пруду характеризуется значительно более высоким пространственным разнообразием и выраженной сезонной динамикой (табл. 3.3.3). В летний период концентрация  $\text{NH}_4^+$  в пруду во все годы наблюдений колеблется от 0,02 до 1,4 мг/л, что превышает нормативное значение (0,5 мг/л) для водоёмов рыбохозяйственного водопользования.

Можно отметить наибольшее содержание аммонийного азота (1,4 мг/л) в Нижнем Фермском пруду в летний период в придонной части точек наблюдения в центральной части пруда и вблизи Лиственничной аллеи (пешеходное движение). В зимний период содержание  $\text{NH}_4^+$  изменяется в диапазоне от 0,16 до 1,4 мг/л и также превышает ПДК, установленные для водоёмов всех видов водопользования.

Дополнительно можно отметить, что в летний период 2021 года концентрация  $\text{NH}_4^+$  в Нижнем пруду (от 0,98 мг/л до 1,4 мг/л) увеличивается по сравнению с летом 2020 и 2022 годов и превышает ПДК во всех точках наблюдения и во всех горизонтах воды (рис. 3.3.3).

Основными источниками поступления ионов аммония в водные объекты являются хозяйственно-бытовые сточные воды, поверхностный сток с сельхозугодий в случае использования аммонийных удобрений. Это объясняет увеличение содержания аммония в Нижнем Фермском пруду, поскольку он находится по соседству с опытными полями Тимирязевской академии, где применяются органические и минеральные удобрения, возможно поступление почвенных частиц с ливневым и талым стоком.

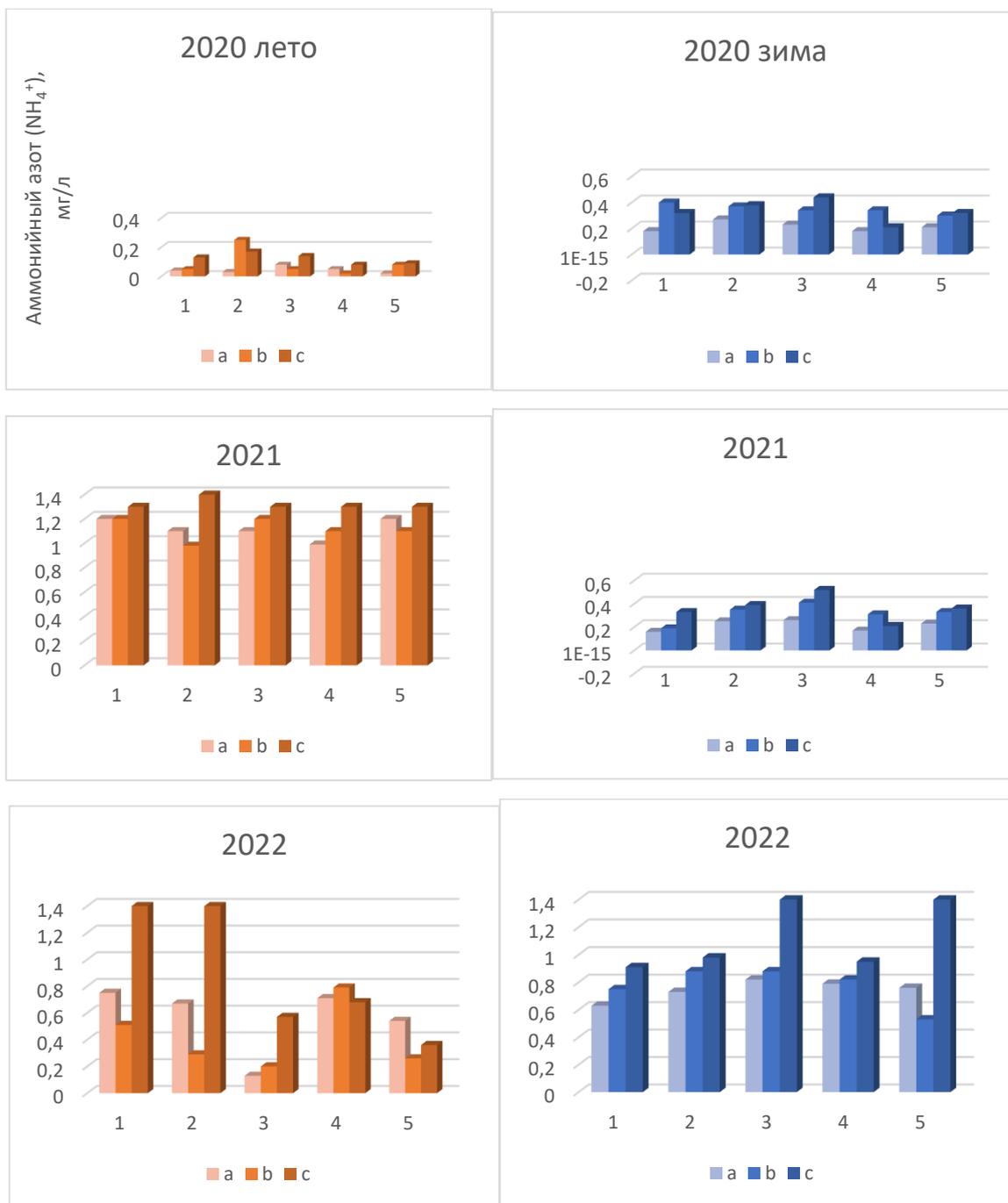


Рисунок 5.3.3. Содержание аммонийного азота в Нижнем Фермском пруду в зимний и летний периоды 2020–2022 гг.

Примечания: 1,2,3,4,5- точки наблюдения. а, b, с: глубины отбора проб воды, (а) поверхностная часть, (b) средняя часть, (с) придонная часть.

В зимний период наибольшие концентрации аммонийного азота характерны для придонного слоя воды, что может быть связано с условиями массового отмирания и бактериального разложения водорослей при снижении биологических процессов в целом, приводящем к накоплению продуктов минерализации органического вещества и донных отложений на дне водоё-

мов (Osadchyu et al., 2016).

Содержание хлоридов в пробах воды, взятых из Среднего и Нижнего Фермских прудов (табл. 3.3.4), в летний и зимний периоды не превышает нормативы как для водоемов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования (350 мг/л), так и водоемов рыбохозяйственного назначения (300 мг/л).

Таблица 3.3.4. Содержание хлоридов в Нижнем Фермском пруду в летний и зимний периоды 2020–2022 гг.

№ точки	2020 г.		2021 г.		2022 г.		
	Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима	
1	a	8,1	15,4	23,2	16,2	26,0	22,5
	b	8,9	16,3	24,9	18,1	26,0	24,9
	c	7,3	13	25,5	14,3	24,2	23,1
2	a	8,4	16,8	19,2	15,5	20,2	19,3
	b	8,5	18,6	22,1	17,6	23,1	20,2
	c	15,5	14,4	23,3	14,3	23,3	18,3
3	a	7,5	14,0	17,2	15,3	17,9	21,2
	b	8,4	18,6	19,2	18,5	20,2	19,3
	c	8,7	12,9	21,3	13,4	22,3	21,9
4	a	8,3	15,5	23,3	16,5	24,3	22,5
	b	9,0	14,4	20,1	15,2	21,5	23,9
	c	8,0	14,0	18,6	14,9	17,9	24,9
5	a	8,9	15,4	26,0	17,9	22,9	24,2
	b	8,6	20,5	26,0	22,3	23,9	22,3
	c	7,1	19,8	24,9	23,5	25,9	25,0

В летний период концентрация хлоридов в пруду во все годы наблюдений колеблется от 7,1 до 26 мг/л, в зимний период – изменяется от 12,9 до 26,0 мг/л. В летние периоды наблюдений 2021 и 2022 годов содержание хлоридов повышено, по сравнению с летом 2020 года. Минимальное значение в 2020 году наблюдалось в верхней части пруда – 7,1 мг/л (точка №5). Максимальные значение (26 мг/л) наблюдались летом в верхней части

пруда, вблизи рекреационной зоны (т. №5) в 2021 году, и в приплотинной части пруда вблизи Лиственничной аллеи (пешеходное движение) в 2022 г.

Значения содержания меди в Нижнем Фермском пруду в летний период колеблются в диапазоне от 3,14 до 3,93 мг/л, в зимний – от 3,21 до 4,31 мг/л (табл. 3.3.5). Они существенно превышают ПДК для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования (1 мг/л).

Таблица 3.3.5. Содержание меди и железа в Нижнем Фермском пруду в летний и зимний периоды (2020–2022 гг.)

№ точки		Медь (мг/л)						Железо (мг/л)					
		2020 г.		2021 г.		2022 г.		2020 г.		2021 г.		2022 г.	
		Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима
1	a	3,40	4,31	3,19	3,99	3,31	4,11	<0,10	< 0,10	<0,10	< 0,10	0,15	0,11
	b	3,83	3,87	3,18	3,74	3,66	3,42	0,17	0,34	<0,10	0,25	<0,10	0,15
	c	3,36	3,66	3,21	3,69	3,4	3,31	0,11	< 0,10	<0,10	< 0,10	0,41	0,32
2	a	3,24	3,81	3,41	3,75	3,52	3,72	<0,10	< 0,10	<0,10	< 0,10	<0,10	0,31
	b	3,80	3,23	3,22	3,45	3,32	3,21	<0,10	< 0,10	0,21	< 0,10	0,16	0,29
	c	3,80	4,05	3,66	4,12	3,77	4,01	0,17	< 0,10	<0,10	< 0,10	0,56	0,43
3	a	3,85	3,82	3,21	3,79	3,14	3,73	<0,10	0,23	<0,10	0,31	0,36	0,19
	b	3,71	4,01	3,81	4,11	3,93	4,02	<0,10	< 0,10	<0,10	< 0,10	0,22	0,23
	c	3,38	3,88	3,35	3,99	3,39	3,88	0,18	< 0,10	0,16	0,10	<0,10	1,30
4	a	3,68	3,36	3,61	3,52	3,69	3,31	<0,10	< 0,10	<0,10	< 0,10	0,56	0,31
	b	3,84	3,76	3,52	3,79	3,46	3,80	<0,10	0,20	<0,10	0,10	0,61	0,29
	c	3,59	3,73	3,44	3,80	3,35	3,79	0,41	< 0,10	<0,10	0,10	<0,10	0,65
5	a	3,33	4,12	3,21	4,23	3,15	4,29	<0,10	< 0,10	0,20	< 0,10	<0,10	0,21
	b	3,36	3,48	3,56	3,54	3,16	3,88	0,12	< 0,10	<0,10	< 0,10	<0,10	0,18
	c	3,47	3,32	3,20	3,46	3,36	3,71	<0,10	< 0,10	<0,10	0,10	<0,10	0,75

По содержанию меди (табл. 3.3.5) пруд непригоден для рыбохозяйственного использования (ПДК для меди – 0,001 мг/л). Максимальные значения содержания меди в Нижнем пруду были зафиксированы в его самой нижней точке наблюдений у поверхности воды (4,31) мг/л в зимний период (рис. 3.3.4, 3.3.5).

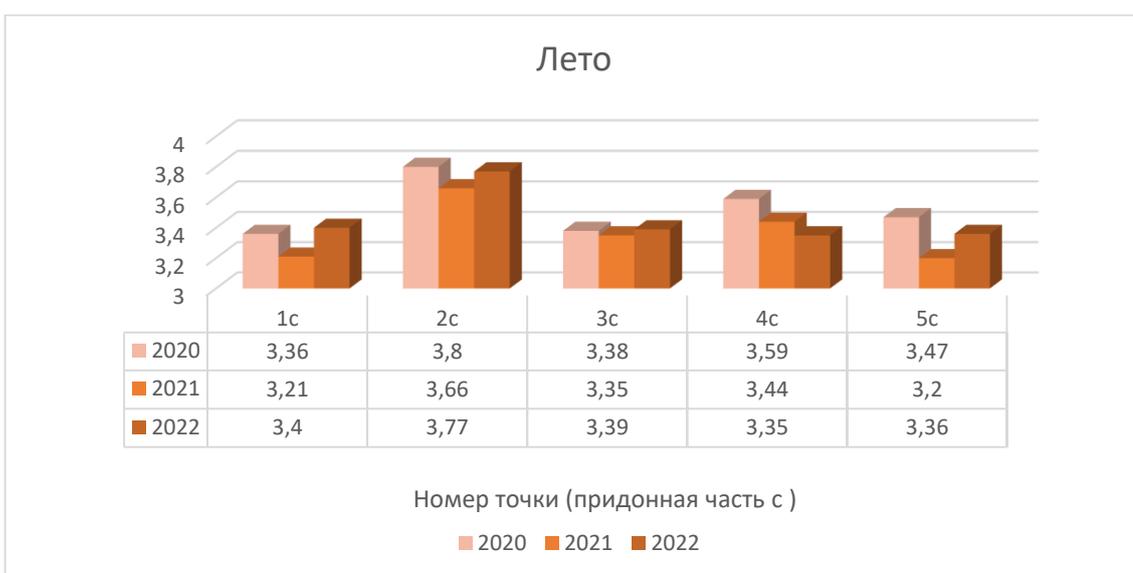
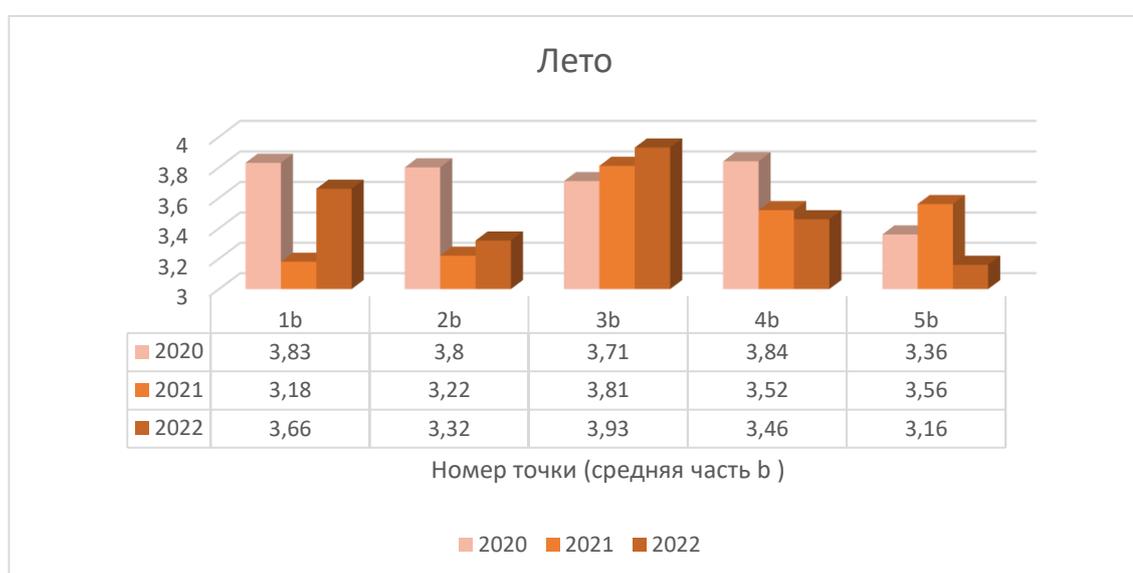
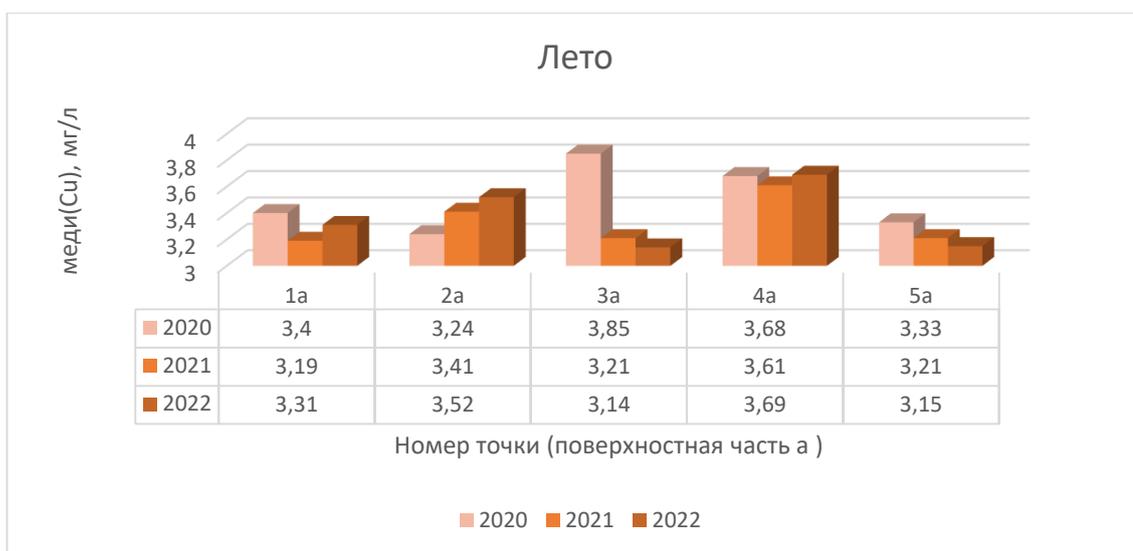


Рисунок 3.3.4. Содержание меди в Нижнем Фермском пруду в летний период 2020–2022 гг. в трех вертикальных слоях воды.

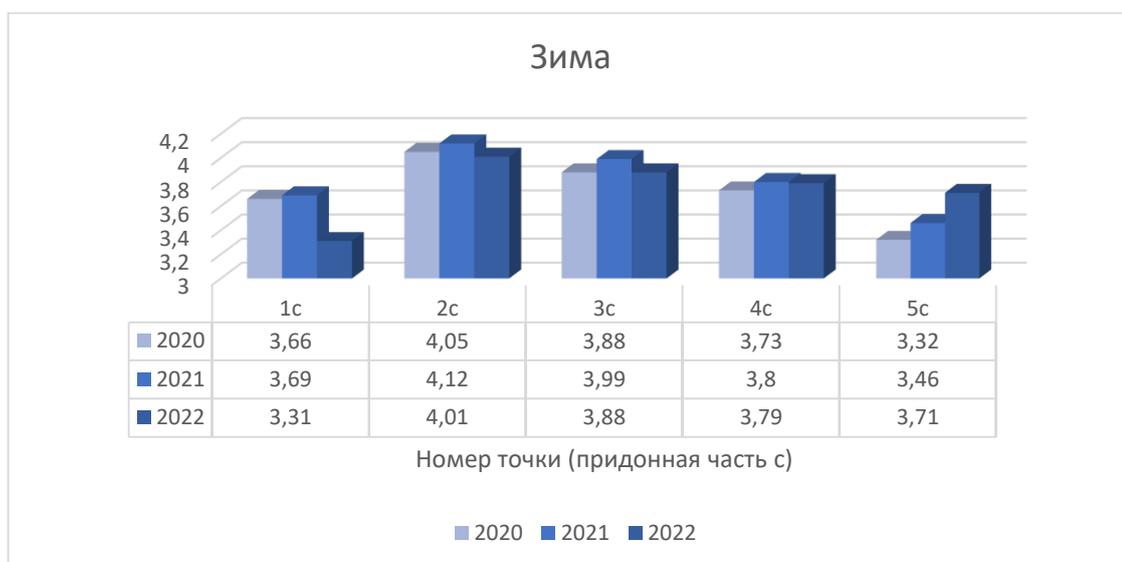
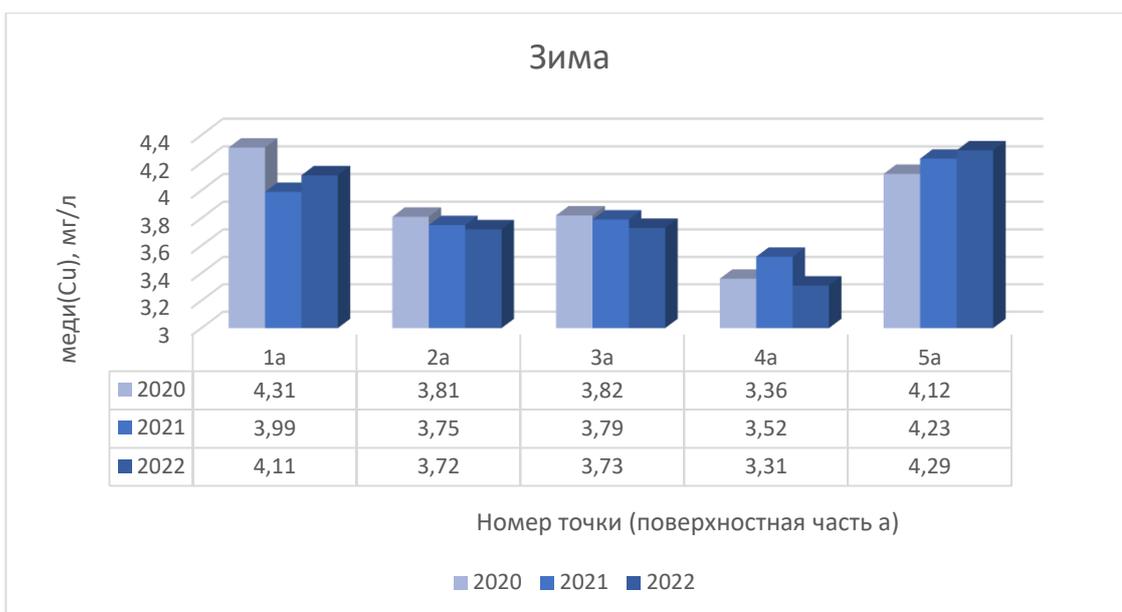


Рисунок 3.3.5. Содержание меди в Нижнем Фермском пруду в зимний период 2020–2022 гг. в трех вертикальных слоях воды.

Следует отметить, что эта точка расположена рядом с пешеходной зоной. Аналогично в летний период максимальные значения отмечаются в центральной части пруда (3,93 мг/л) в точке наблюдений, примыкающей к берегу с опытными полями. Высокие концентрации меди отрицательно влияют на гидробионты: в концентрации более 0,2 мг/л медь вызывает гибель некоторых видов рыб и может стимулировать рост сине-зеленых водорослей в пруду, вызывая «цветение» водоема (Корчагина, 2014).

В летний период максимальные значения содержания железа достигают 0,61 мг/л в центре пруда вблизи рекреационной зоны и учебных корпусов. В зимний период максимальные значения наблюдаются в придонной части в центре пруда, вблизи берега с опытными полями (1,3 мг/л). Ещё сильнее превышение содержания железа выражено у противоположного берега, где находятся механические мастерские.

Повышение концентрации железа в воде может приводить к отравлению и гибели рыб. Железо интенсивно накапливают многие компоненты пищевых цепей гидробионтов, включая сине-зеленые водоросли, некоторые бактерии, являющиеся пищей малощетинковых червей; затем оно передается более высокоорганизованным существам через трофические цепи.

### **3.4 Сезонная динамика физико-химических и гидрохимических показателей качества воды в Большом Головинском пруду.**

Большой Головинский пруд также показал повышенную пространственно-временную изменчивость исследуемых физико-химических и гидрохимических показателей. Согласно полученным с 2020 по 2022 годы результатам содержание растворенного кислорода во всех точках наблюдения варьируется в пределах от 4,5 до 12,1 мг/л в летний период и от 8,5 до 14,5 мг/л зимой (табл. 3.4.1). Содержание растворённого кислорода во всех изучаемых точках летом довольно низкое по сравнению с его содержанием в зимний период. Это связано с тем, что летом скорость потребления кислорода увеличивается с повышением температуры.

Таблица 3.4.1. Содержание растворенного кислорода и температура воды в Большом Головинском пруду в летний и зимний периоды 2020–2022 гг.

№ точки	Глубины	Растворенный кислород (мг/л)						Температура (°С)					
		2020 г.		2021 г.		2022 г.		2020 г.		2021 г.		2022 г.	
		Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима
1 приплотинная часть пруда,	a	7,8	8,9	9,5	9,7	10,3	14,3	24,4	0,5	25,1	0,5	26	0,1
	b	6,7	9,5	9,1	9,4	8,9	13,9	24,7	1	24,9	2,9	25,4	1,8
	c	6,4	9,7	8,9	8,5	8,1	12,1	23,3	1,5	24,2	3,9	25,2	2,7
2 вблизи плотины с водосбросом	a	8,5	9,5	8,9	9,5	10,6	13,6	24,5	0	25,8	0,3	25,2	0
	b	6,7	10,5	8,4	9,9	8,4	11,9	23,7	0,7	25,2	3,8	25,9	2,5
	c	6,2	10,1	7,5	9,2	5,3	11,2	23,2	0,9	24,9	4,2	25	2,6
3 приплотинная часть пруда,	a	8	9,4	10,6	10,5	12,1	14,5	24,8	0,2	25,2	0,9	27,1	0,1
	b	7,1	9,9	9,2	10	9,7	13,4	24,9	0,5	24,9	3	24,7	1,9
	c	6,3	9,5	5,9	9	4,5	12,9	24,8	1	24,8	4,1	21,5	2,5
4 центральная часть пруда	a	8,5	9,1	8,9	9,5	9,5	12,9	23,9	0,2	25,1	0,8	25,6	0,2
	b	7,9	10,9	7,6	9,9	7,2	11,8	22,9	0,8	24,8	3,7	25,4	1,8
	c	5,3	10,4	7,1	9,3	5,1	11,6	21,5	0,8	23,9	4	25	2,3
5 центральная часть напротив пляжа	a	8,1	10,5	8,9	10,4	9,1	12,1	24,4	0,3	25,9	0,2	25,7	0,1
	b	7,7	10,1	7,8	10,4	6,9	11,9	23,9	0,8	25,5	3,1	24,5	1,9
	c	5,9	9,7	5,8	9,9	4,5	11,6	23,7	1,0	24,9	4,1	24,3	2,2

Наименьшие значения по содержанию растворённого кислорода были отмечены в 2022 году летом (4,5 мг/л) с максимальной температурой воды 27,1°С в приплотинной части пруда (т. №3) и центральной части пруда у дна в точке №5, которая находится неподалёку от рекреационной зоны (рис. 3.4.1). Как и в случае с предыдущими изученными прудами концентрации растворённого кислорода уменьшается от поверхностного слоя воды до дна, оставаясь устойчиво выше его ПДК даже для рыбохозяйственных водоемов (4 мг/л), что является признаком относительно благополучного для большинства гидробионтов экологического состояния водоема.

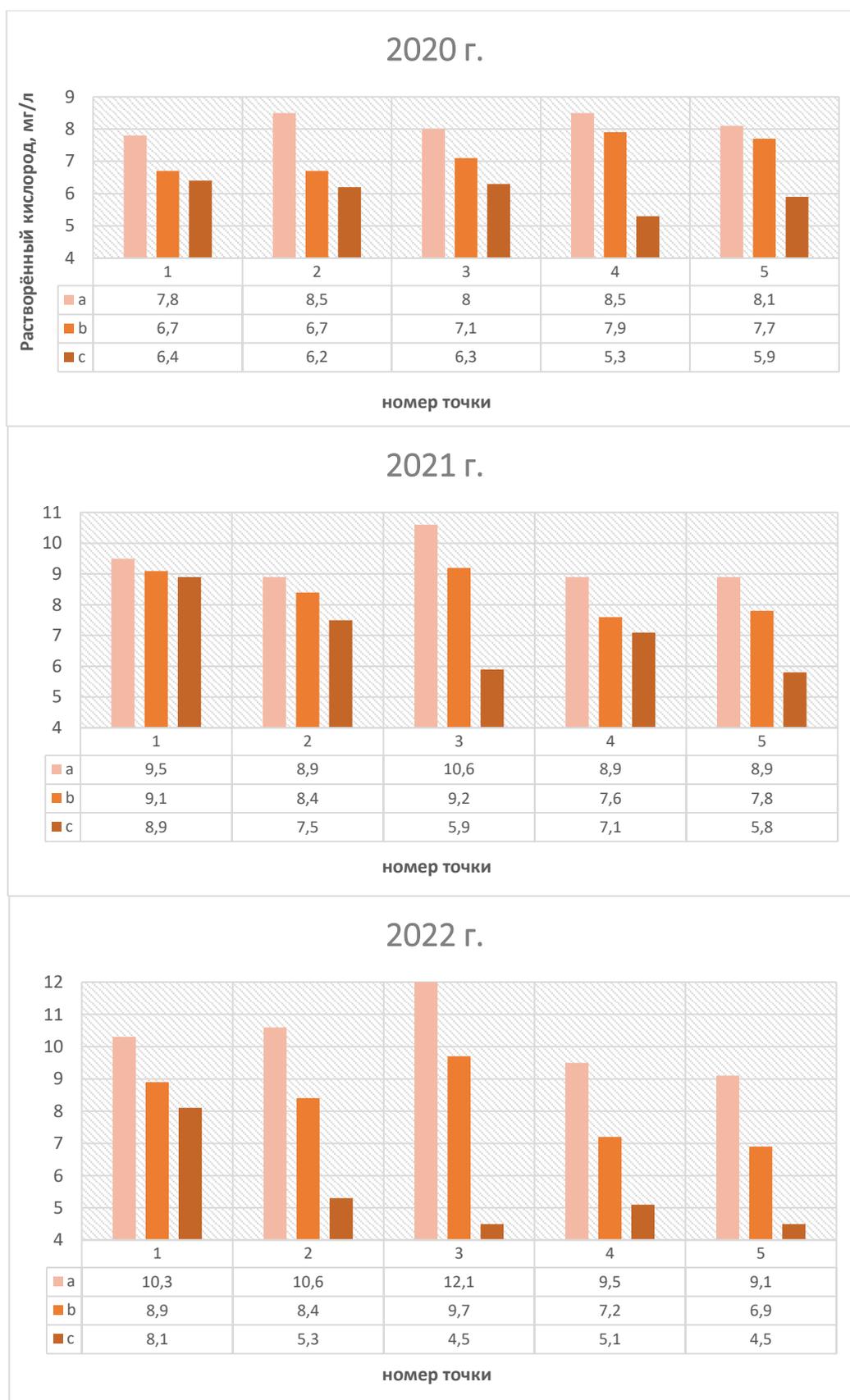


Рисунок 3.4.1. Содержание растворенного кислорода в трех вертикальных слоях воды в Большом Головинском пруду в летний период 2020–2022 гг.

Примечания: 1,2,3,4,5- точки наблюдения. а, б, с: глубины отбора проб воды, (а) поверхностная часть, (б) средняя часть, (с) придонная часть.

В зимний период (рис. 3.4.2) содержание растворенного кислорода во всех точках наблюдений возрастает в поверхностных горизонтах с минимальной температурой воды (0,2°C).

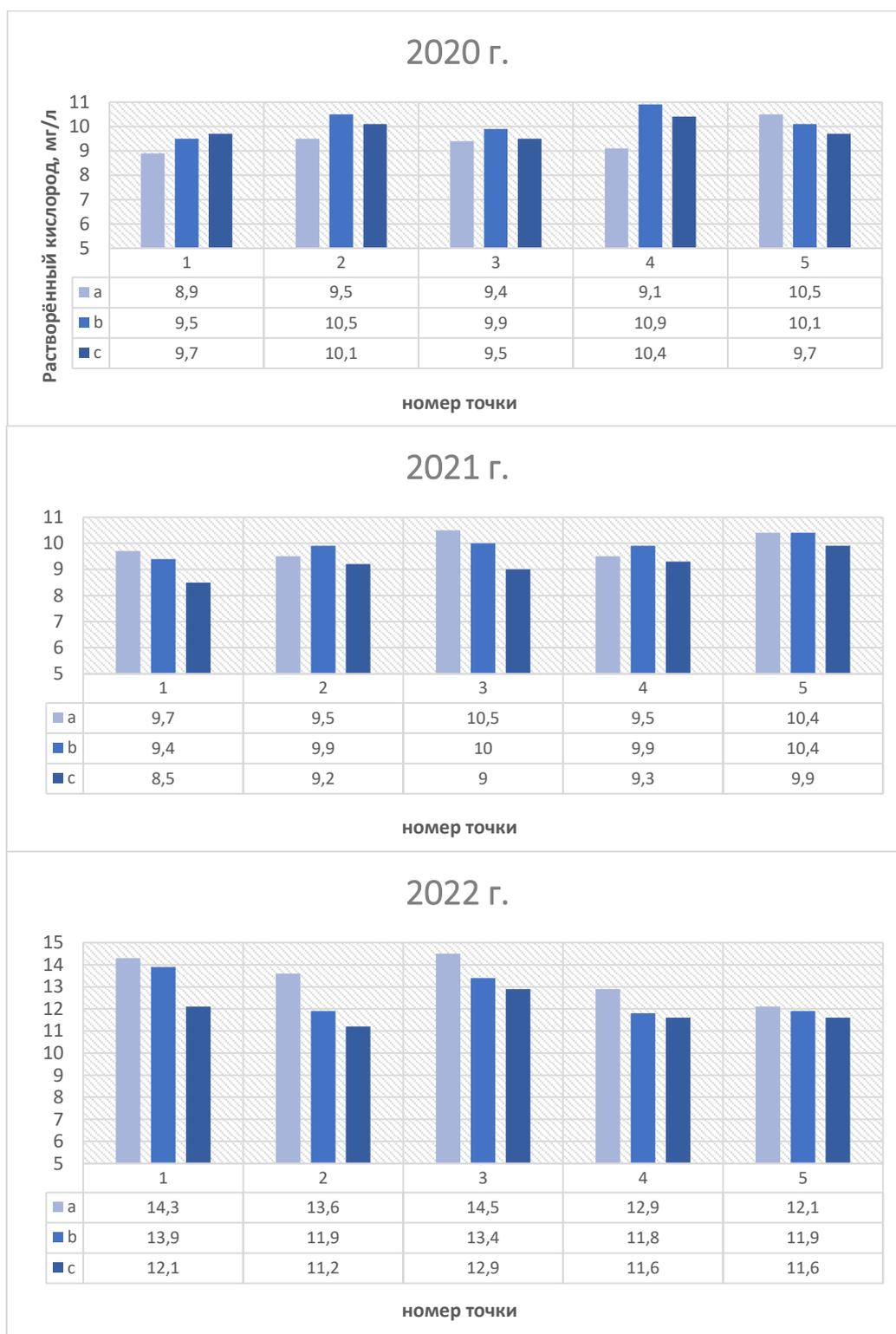


Рисунок 3.4.2. Содержание растворенного кислорода в трех вертикальных слоях воды в Большом Головинском пруду в зимний период 2020–2022 гг.

Примечания: 1,2,3,4,5- точки наблюдения. а, b, с: глубины отбора проб воды, (а) поверхностная часть, (b) средняя часть, (с) придонная часть.

Повышение температуры воды в срединной и придонной части водной толщи до 3-4°C сопровождается снижением содержания растворенного кислорода на 1,5–2,0 мг/л.

Водородный показатель в изучаемых водоёмах изменяет в диапазонах от 8,04 до 9,92 в летний период и от 6,13 до 7,91 (табл. 3.4.2). В зависимости от величины рН, воды Большого Головинского пруда относятся к нейтральным и слабощелочным зимой, к щелочным и сильнощелочным – летом. Известно, что нормальное развитие жизни водных организмов идет при нейтральной или слабощелочной реакции среды. Значение рН летом 2022 года увеличивается по сравнению с 2020 и 2021 годами; наибольшие значения рН наблюдалось в приплотинной части пруда (т. №3).

Таблица 3.4.2. Динамика водородного показателя (рН) в Большом Головинском пруду в летний и зимний периоды 2020–2022 гг.

№ точки	Глубины	2020 г.		2021 г.		2022 г.	
		Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима
1 приплотинная часть пруда,	a	8,50	7,50	8,91	7,33	9,69	7,89
	b	8,30	7,32	8,52	7,22	9,55	7,71
	c	8,30	7,01	8,11	6,80	9,55	7,70
2 вблизи плотины с водосбросом	a	8,60	7,30	8,79	7,60	9,81	7,66
	b	8,20	7,51	8,75	7,50	9,33	7,46
	c	8,15	7,80	8,21	7,50	8,92	7,61
3 приплотинная часть пруда,	a	8,04	6,90	8,97	7,60	9,92	7,81
	b	8,08	7,60	8,81	7,60	8,95	7,72
	c	7,78	7,21	8,08	7,55	9,08	7,69
4 центральная часть пруда	a	8,90	7,81	8,57	7,40	9,71	7,91
	b	8,40	7,52	8,42	7,25	9,26	6,98
	c	7,92	7,41	8,21	6,90	9,06	6,82
5 центральная часть напротив пляжа	a	8,8	7,20	8,92	7,57	9,78	6,13
	b	8,40	7,70	8,18	7,53	9,27	6,23
	c	8,20	7,57	8,08	7,46	8,86	6,25

Содержание нитритов (табл. 3.4.3) на всех исследованных глубинах летом и зимой во всех годах наблюдения не превышает ПДК, установленных для нитритов в хозяйственно-питьевых, культурно-бытовых водоемах (3,3 мг/л), а также рыбохозяйственных (0,08 мг/л).

Таблица 3.4.3. Содержание аммонийного азота и нитритов в Большом Головинском пруду в летний и зимний периоды 2020–2022 гг.

№ точки	Глубины	Аммонийный азот (мг/л)						Нитриты (мг/л)					
		2020 г.		2021 г.		2022 г.		2020 г.		2021 г.		2022 г.	
		Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима
1 приплотинная часть пруда,	a	0,27	0,19	1,10	0,21	0,51	0,48	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,05
	b	0,08	0,23	1,20	0,25	0,50	0,92	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,04
	c	0,07	0,17	1,20	0,18	0,53	0,78	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,04
2 вблизи плотины с водосбросом	a	0,11	0,23	1,20	0,30	0,63	0,65	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,05
	b	0,22	0,32	1,30	0,32	0,44	1,40	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,03
	c	0,23	0,40	1,50	0,46	0,72	1,50	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,03
3 приплотинная часть пруда,	a	0,19	0,17	1,00	0,15	0,57	0,53	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,05
	b	0,08	0,21	1,30	0,19	0,63	0,91	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,04
	c	0,08	0,18	1,40	0,16	0,61	0,96	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,03
4 центральная часть пруда	a	0,18	0,19	1,20	0,18	0,53	0,91	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,02
	b	0,11	0,32	1,10	0,35	0,52	0,69	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,02
	c	0,38	0,20	1,20	0,26	0,76	0,98	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,04
5 центральная часть напротив пляжа	a	0,17	0,43	1,20	0,49	0,61	0,95	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,03
	b	0,20	0,11	1,30	0,12	0,53	0,62	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,03
	c	0,14	0,39	1,50	0,40	0,91	1,50	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,06

В 2020 и 2021 годах летом и зимой содержание нитритов на всей акватории на всех глубинах практически не изменяется (меньше 0,01 мг/л), и это считается благоприятным показателем для состояния экосистем прудов. В 2022 году зимой содержание  $\text{NO}_2^-$  увеличивается во всех точках водоёма, оно колеблется от 0,02 до 0,06 мг/л, однако не превышает норматив ПДК.

Максимальное значение нитритов (0,06 мг/л) наблюдается в центральной части пруда (т. №5), примерно в 135 метрах от рекреационной зоны с высоким уровнем органической нагрузки.

Высоким пространственным варьированием как по акватории пруда, так и по глубине водоема характеризуется содержание аммония, с кратными перепадами в зимнее и в летнее время (табл. 3.4.3). В 2020–2022 гг. содержание аммонийного азота в воде изменяется от 0,08 до 1,50 мг/л в летний период, и от 0,11 до 1,50 мг/л – в зимний (рис. 3.4.3). В 2020 году летом и зимой концентрация аммонийного азота варьирует от 0,11 до 0,43 мг/л, и это не превышает норматив ПДК (0,5 мг/л) для водоёмов рыбохозяйственного водопользования.

Наибольшее содержание аммонийного азота наблюдается (табл. 3.4.3) в большинстве объектов наблюдения в 2021 году летом, что не обеспечивает приемлемое для большинства гидробионтов и рыб качество воды. В 2022 г. максимальное значение (1,5) мг/л наблюдается зимой в зоне вблизи плотина с водосбросом (т. №2) и в центральной части пруда (т. №5) у дна, примерно в 135 метрах от рекреационной зоны с высоким уровнем органической нагрузки. Присутствие высоких концентраций аммонийного азота в придонной части связано с процессами разложения органических веществ, которые всегда происходят на дне водоема.

Концентрации хлоридов в отобранных пробах воды 2020–2022 гг. составляют от 9,5 до 26,0 мг/л в летний период, и от 13,9 до 25,0 мг/л в зимний период (табл. 3.4.4), что не превышает нормативы как для водоемов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования (350 мг/л), так и для водоемов рыбохозяйственного назначения (300 мг/л).

В 2021 максимальное значение хлоридов (26 мг/л) наблюдается в приплотинной части нижней зоны пруда (т. №3) и в центральной части пруда (т. №4) в зимний период наблюдения; в 2020 г. отмечено повышение содержания хлоридов во всех точках по сравнению с летним периодом.

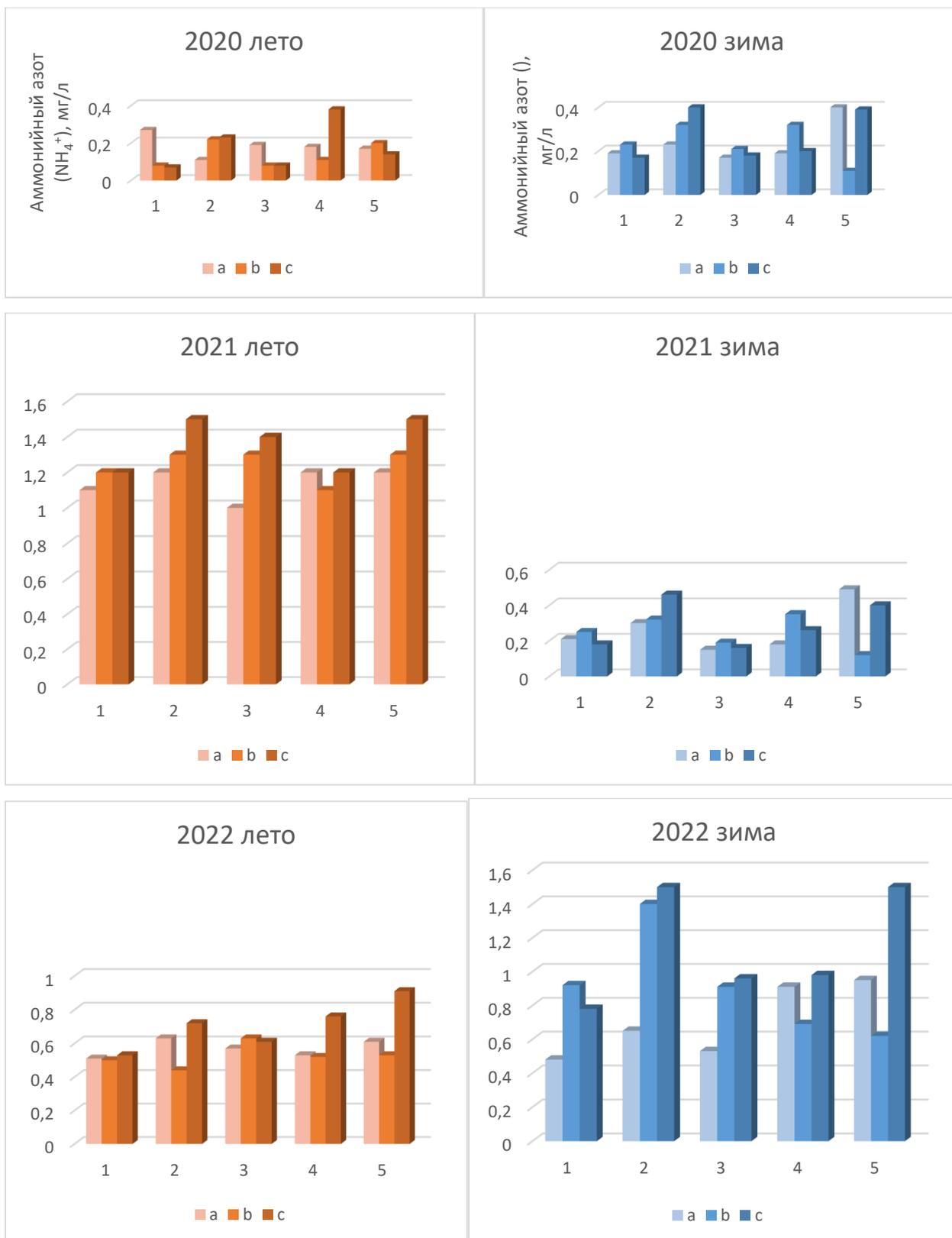


Рисунок 3.4.3. Содержание аммонийного азота в точках наблюдения Большого Головинского пруда в зимний и летний периоды в 2020–2022 гг.

Примечания: 1,2,3,4,5- точки наблюдения. а, в, с: глубины отбора проб воды, (а) поверхностная часть, (б) средняя часть, (с) придонная часть.

Таблица 3.4.4. Содержание хлоридов в Большом Головинском пруду в летний и зимний периоды 2020–2022 гг.

№ точки	2020 г.		2021г.		2022 г.		
	Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима	
1	a	11,05	18,22	17,6	16,21	23,6	24,9
	b	12,8	19,39	25,0	18,34	21,4	25,0
	c	10,2	19,22	24,2	18,91	18,9	18,2
2	a	11,15	18,9	19,4	19,9	22,3	12,7
	b	11,23	16,44	24,7	17,5	20,3	25
	c	12,45	17,15	19,1	16,3	19,4	24,9
3	a	11,65	16,3	26,0	14,33	24,9	22,5
	b	11,0	17,9	26,0	15,9	19,4	23,9
	c	10,9	20,3	22,3	21,3	22,9	24,9
4	a	9,5	14,9	12,5	13,2	25,0	24,2
	b	9,85	15,22	20,7	14,6	22,9	22,8
	c	11,95	16,2	17,7	15,9	26,0	25,0
5	a	11,35	15,6	14,2	15,6	24,9	24,3
	b	11,45	14,9	21,3	14,8	21,9	21,7
	c	11,45	13,99	17,1	12,81	23,6	25,0

Увеличение концентрации хлоридов в зимний период вероятно связано с активным использованием антигололедных реагентов, содержащих эти ионы. Соли реагентов могут попадать в водоем и с поверхностным стоком, и через атмосферные осадки, обогащенные связанными с ними аэрозолями (Ларина, 2017).

Показатели содержания меди в исследуемом водоеме в 2020–2022 гг. в летний и зимний периоды во всех точках наблюдений (рис. 3.4.4 и 3.4.5) превышают ПДК (1 мг/л) для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. По содержанию меди пруд непригоден для рыбохозяйственного пользования (ПДК для меди – 0,001 мг/л). Концентрации меди в летний период изменяется в диапазоне от 2,99 до 4,92 мг/л, и в зимний период колеблются от 3,22 до 5,0 мг/л.

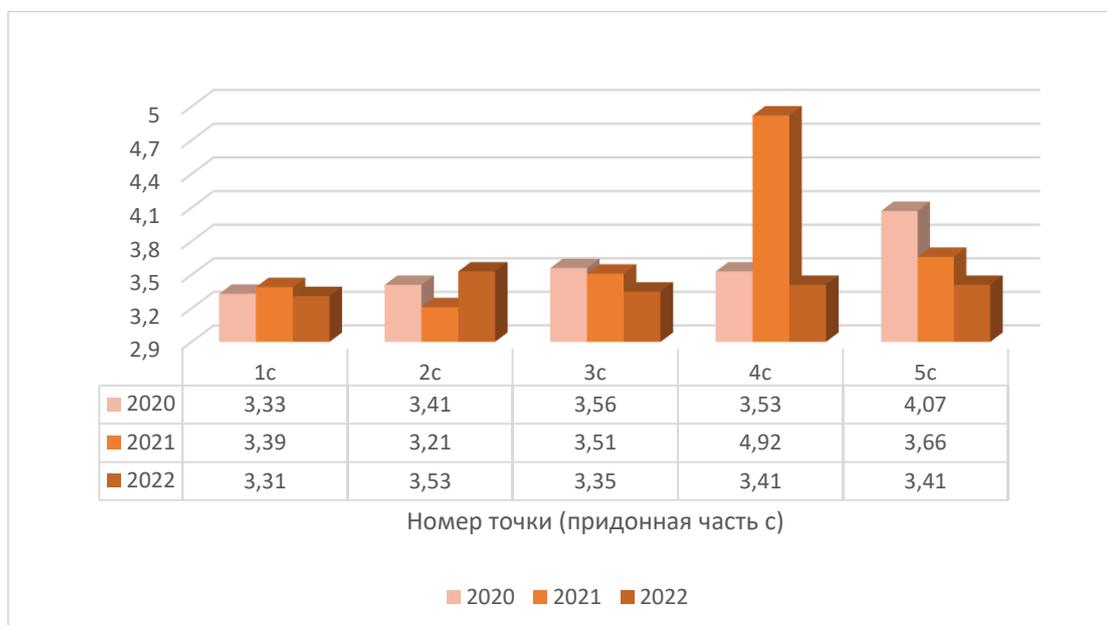
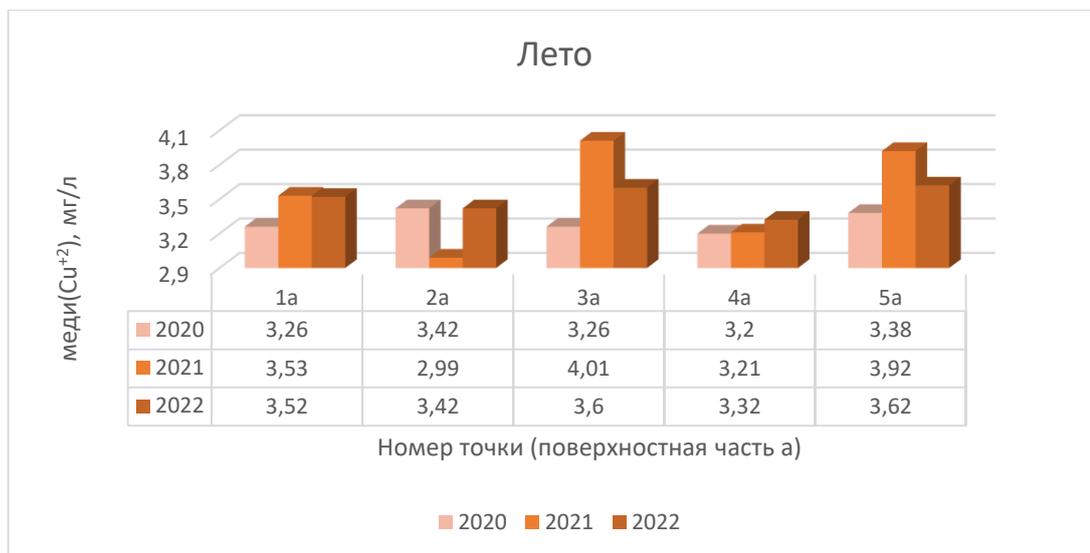


Рисунок 3.4.4. Содержание меди в Большом Головинском пруду в летний период 2020–2022 гг. в трех вертикальных слоях воды

Примечания: 1,2,3,4,5- точки наблюдения. а, б, с: глубины отбора проб воды, (а) поверхностная часть, (б) средняя часть, (с) придонная часть.

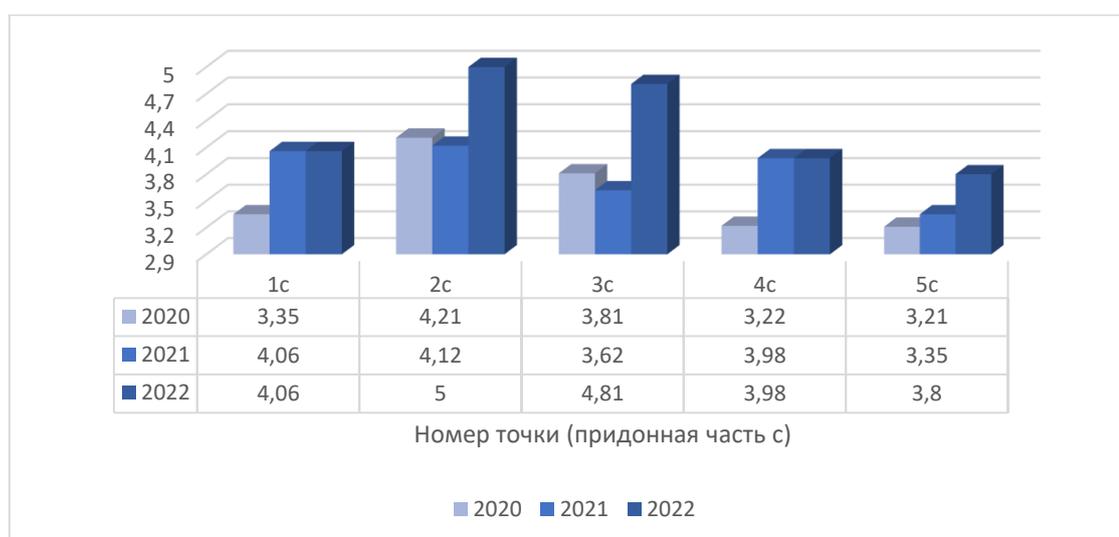


Рисунок 3.4.5. Содержание меди в Большом Головинском пруду в зимний период 2020–2022 гг. в трех вертикальных слоях воды.

Примечания: 1,2,3,4,5- точки наблюдения. а, b, с: глубины отбора проб воды, (а) поверхностная часть, (b) средняя часть, (с) придонная часть.

Основным источником поступления меди в природные воды часто являются сточные воды, транспорт, пестициды, сжигание топлива (Антонович, Жолох, 2017). Максимальные концентрации меди (5,0 мг/л) наблюдается в точке, которая находится в северной части пруда, вблизи плотины, облицованной железобетонными плитами с водосбросом (табл. 3.4.5).

Таблица 3.4.5. Содержание меди и железа в Большом Головинском пруду в летний и зимний периоды 2020–2022 гг.

№ точки	Глубины	Медь (мг/л)						Железо (мг/л)					
		2020 г.		2021 г.		2022 г.		2020 г.		2021 г.		2022 г.	
		Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима
1 приплотинная часть пруда,	a	3,26	4,02	3,53	3,99	3,52	4,44	< 0,1	< 0,1	<0,1	0,11	<0,1	0,11
	b	3,39	3,92	3,41	3,46	3,31	4,64	< 0,1	< 0,1	<0,1	0,1	<0,1	0,1
	c	3,33	3,35	3,39	4,06	3,31	4,06	< 0,1	< 0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1,5
2 вблизи плотины с водосбросом	a	3,42	3,63	2,99	3,8	3,42	3,8	< 0,1	< 0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
	b	3,85	4,07	3,92	4,07	3,54	4,07	< 0,1	< 0,1	<0,1	0,16	<0,1	0,15
	c	3,41	4,21	3,21	4,12	3,53	5	< 0,1	< 0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1,5
3 приплотинная часть пруда,	a	3,26	3,91	4,01	3,82	3,6	4,54	< 0,1	< 0,1	<0,1	0,1	<0,1	0,17
	b	3,54	3,53	3,14	3,55	3,59	4,62	< 0,1	< 0,1	<0,1	0,12	<0,1	0,12
	c	3,56	3,81	3,51	3,62	3,35	4,81	< 0,1	< 0,1	<0,1	0,1	<0,1	0,1
4 центральная часть пруда	a	3,2	4,18	3,21	4,21	3,32	3,7	< 0,1	< 0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
	b	3,74	3,56	3,51	3,52	3,51	4,02	< 0,1	< 0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,12
	c	3,53	3,22	4,92	3,98	3,41	3,98	0,35	0,23	0,3	<0,1	<0,1	0,28
5 центральная часть напротив пляжа	a	3,38	3,65	3,92	3,74	3,62	3,65	< 0,1	< 0,1	0,28	<0,1	<0,1	<0,1
	b	3,36	4,16	3,71	3,52	3,53	4,03	< 0,1	< 0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
	c	4,07	3,21	3,66	3,35	3,41	3,8	0,19	< 0,1	<0,1	0,23	<0,1	0,36

Концентрация железа в отобранных в 2020-2022 гг. пробах воды (рис. 3.4.6) летом в всех точках наблюдений составляют меньше 0,1 мг/л, исключением является точка, которая находится в центральной части пруда (т. №4), где в придонном горизонте содержание железа составило 0,35 мг/л в 2020 г. и 0,30 мг/л в 2021 г., что превышает значение ПДК .

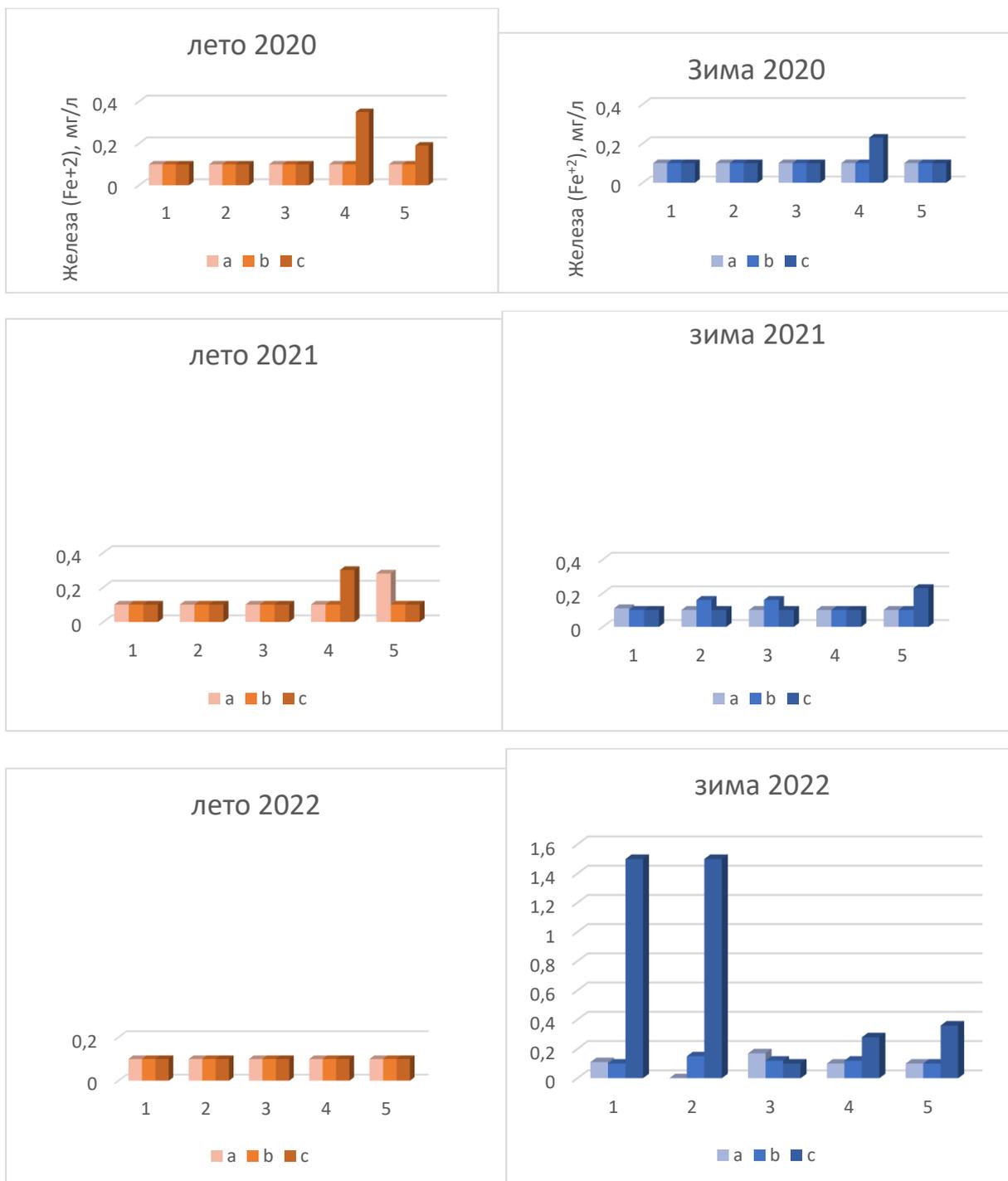


Рисунок 3.4.6 Содержание железа в точках наблюдения Большого Головинского пруда в зимний и летний периоды 2020–2022 гг.

Зимой в 2020 и 2021 гг. содержание железа находится в пределах ПДК. В 2022 г. в придонных горизонтах пруда отмечается повышенное содержание железа (в точках №№1, 2 и 5): от 0,36 до 1,5 мг/л – что значительно выше ПДК. Наибольшее содержание общего железа отмечено в воде нижней части пруда в точках №№1 и 2, что, скорее всего, связано с близостью железобетонного покрытия плотины в зоне водосброса.

### 3.5. Сезонная динамика физико-химических и гидрохимических показателей качества воды в Малом Головинском пруду.

Согласно полученным результатам, содержание растворенного кислорода во всех точках наблюдения в Малом Головинском пруду в 2020–2022 гг. варьирует от 3,9 до 9,6 мг/л в летний период и от 9,0 до 14,1 мг/л зимой (табл. 3.5.1). Содержание растворённого кислорода во всех точках наблюдения летом значительно ниже его содержания в зимний период (рис. 3.5.1).

Таблица 3.5.1. Содержание растворенного кислорода и температура воды в Малом Головинском пруду в летний и зимний периоды в 2020–2022 гг.

№ точки	Глубины	Растворенный кислород (мг/л)						Температура (°С)					
		2020 г.		2021 г.		2022 г.		2020 г.		2021 г.		2022 г.	
		Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима
1 нижняя часть вблизи моста	a	7,9	10,7	7,8	9,0	7,1	14,1	23,6	0,9	25,2	0,1	25,4	0,7
	b	7,5	10,9	6,9	10,4	6,8	11,8	23,7	1,0	24,8	2	24,9	2,0
	c	6,1	10,2	6,0	9,8	9,6	12,3	23,5	1,5	24,3	3,9	23,5	1,9
2 центральная часть	a	8,0	10,2	7,9	10,6	7,2	13	23,0	0,2	25,9	0,5	25,4	0
	b	6,6	10,2	6,2	10,3	6,5	10,8	22,4	0,8	25,1	2,9	24,2	2,3
	c	5,2	9,9	4,9	9,7	3,9	11	21,9	1,0	24,6	4,0	23,3	2,4
3 центральная часть вблизи берега	a	6,9	10,3	8,0	10,7	7,8	13,9	23,9	0	25,1	0,3	25,5	0,2
	b	6,3	10,2	7,1	10,5	6,4	11,7	23,5	0,7	24,9	1,9	25,2	1,5
	c	6,0	9,7	6,3	9,9	5,2	11,1	23,4	0,9	24,4	3,9	24,7	1,8
4 центральная часть вблизи дороги.	a	7,2	11,1	8,1	10,5	7,1	13,6	24	0,9	26,1	0,5	25,7	0,1
	b	6,4	11,5	6,9	10,3	6,0	11,9	23,7	1	25,5	3,0	25,0	1,7
	c	6,1	11,9	5,9	10,5	5,8	11,6	23,5	1,2	24,2	4,0	24,0	1,4

Минимальные значения растворенного кислорода наблюдались летом в центральной части пруда (т. №2) у дна и составляли 5,2 мг/л в 2020 г., 4,9 мг/л в 2021 г. и 3,9 мг/л в 2022 г. Это можно объяснить тем, что в этой центральной части водоёма собирается большое количество органических веществ и летом, с повышением интенсивности процессов разложения, уменьшается количество растворенного кислорода (рис. 3.5.1).



Рисунок 3.5.6. Содержание растворенного кислорода в трех вертикальных слоях точек наблюдения Малого Головинского пруда в летний и зимний периоды 2020–2022 гг.

*Примечания: 1,2,3,4- точки наблюдения. a, b, c: глубины отбора проб воды, (a) поверхностная часть, (b) средняя часть, (c) придонная часть.*

Содержание растворенного кислорода в воде выше значений ПДК, характеризует кислородный режим водоема и имеет важное значение для оценки его экологического и санитарного состояния. Для обеспечения

оптимальных условий существования гидробионтов необходимо достаточное содержание кислорода в воде, который также важен для самоочищения водоемов, поскольку участвует в процессах окисления органических и других примесей, разложения отмерших организмов (Verma, 2016).

Значения водородного показателя рН варьируют в диапазоне от 7,71 до 9,94 в летний период и от 7,41 до 8,87 – в зимний (табл. 3.5.2). Среда в исследуемом пруду летом и зимой слабощелочная и щелочная. Водородный показатель в точках наблюдения уменьшается от поверхности ко дну пруда, то есть среда в придонной части пруда становится менее щелочной.

Таблица 3.5.2. Динамика водородного показателя (рН) в Малом Головинском пруду в летний и зимний периоды 2020–2022 гг.

№ точки	Глубины	2020 г.		2021 г.		2022 г.	
		Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима
1 нижняя часть вблизи моста.	a	8,3	7,88	8,08	7,63	9,08	7,92
	b	8,1	7,82	7,92	7,65	8,86	7,87
	c	8,13	7,67	7,71	7,66	8,88	7,8
2 центральная часть пруда	a	8,31	7,41	8,79	7,53	9,02	8,1
	b	7,9	7,53	8,52	7,63	8,85	7,85
	c	7,9	7,65	8,13	7,59	8,91	7,92
3 центральная часть вблизи берега	a	8,08	7,63	8,91	7,63	9,04	8,87
	b	8,01	7,67	8,63	7,65	9,02	8,41
	c	8,02	7,63	8,11	7,77	8,93	7,99
4 центральная часть вблизи дороги.	a	8,05	7,61	8,81	7,65	9,03	8,08
	b	7,95	7,59	8,13	7,67	9,01	7,98
	c	7,93	7,71	7,92	7,63	9,94	7,98

Летом значения рН увеличиваются. В 2022 году вода была более щелочная – по сравнению с 2020 и 2021 годами. Наибольшее значение рН наблюдалось в центральной части пруда вблизи пешеходной дороги (т. №4) с максимальной рекреационной нагрузкой. Известно, что нормальное развитие жизни водных организмов идет при нейтральной или слабощелочной реакции среды.

Содержание нитритов на всех исследованных глубинах летом и зимой во все годы наблюдения (табл. 3.5.3) не превышает ПДК, установленных для нитритов в хозяйственно-питьевых, культурно-бытовых водоемах (3,3 мг/л), а также рыбохозяйственных (0,08 мг/л). В 2020 и 2021 годах концентрация нитритов во всех точках не превышает 0,02 мг/л летом и зимой. В 2022 году содержание исследуемого показателя изменяется в диапазоне от 0,02 до 0,06 мг/л (рис. 3.5.2).

Таблица 3.5.3 Содержание аммонийного азота и нитритов в Малом Головинском пруду в летний и зимний периоды 2020–2022 гг.

№ точки	Глубины	Аммонийный азот (мг/л)						Нитриты (мг/л)					
		2020 г.		2021 г.		2022 г.		2020 г.		2021 г.		2022 г.	
		Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима
1 нижняя часть вблизи моста.	a	0,09	0,09	0,99	0,10	0,78	0,75	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,02	0,02
	b	0,09	0,11	1,20	0,12	0,64	0,53	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,02	0,03
	c	0,55	0,21	1,30	0,24	0,71	0,29	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,01	0,02	0,04
2 центральная часть пруда	a	0,06	0,23	0,99	0,29	0,86	0,76	0,02	0,02	< 0,01	0,02	0,02	0,03
	b	0,12	0,32	1,10	0,35	0,75	1,30	0,02	0,02	< 0,01	0,01	0,03	0,05
	c	0,40	0,41	1,30	0,51	1,30	0,23	0,02	0,01	< 0,01	0,01	0,02	0,04
3 центральная часть вблизи берега	a	0,06	0,28	1,20	0,26	0,62	0,99	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,02	0,03
	b	0,09	0,32	1,10	0,31	0,79	0,95	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,03	0,05
	c	0,11	0,51	1,30	0,59	0,81	0,82	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,03	0,06
4 центральная часть вблизи, дороги.	a	0,05	0,17	1,10	0,15	0,68	1,20	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,02	0,02
	b	0,08	0,20	1,20	0,19	0,78	1,30	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,03	0,05
	c	0,12	0,12	1,30	0,13	0,77	0,79	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,02	0,06

Максимальное значение нитритов (0,06 мг/л) наблюдается в центральной части пруда вблизи берега (т. №3), и вблизи пешеходной дороги (т. №4) с максимальной рекреационной нагрузкой и не превышает норматив ПДК.

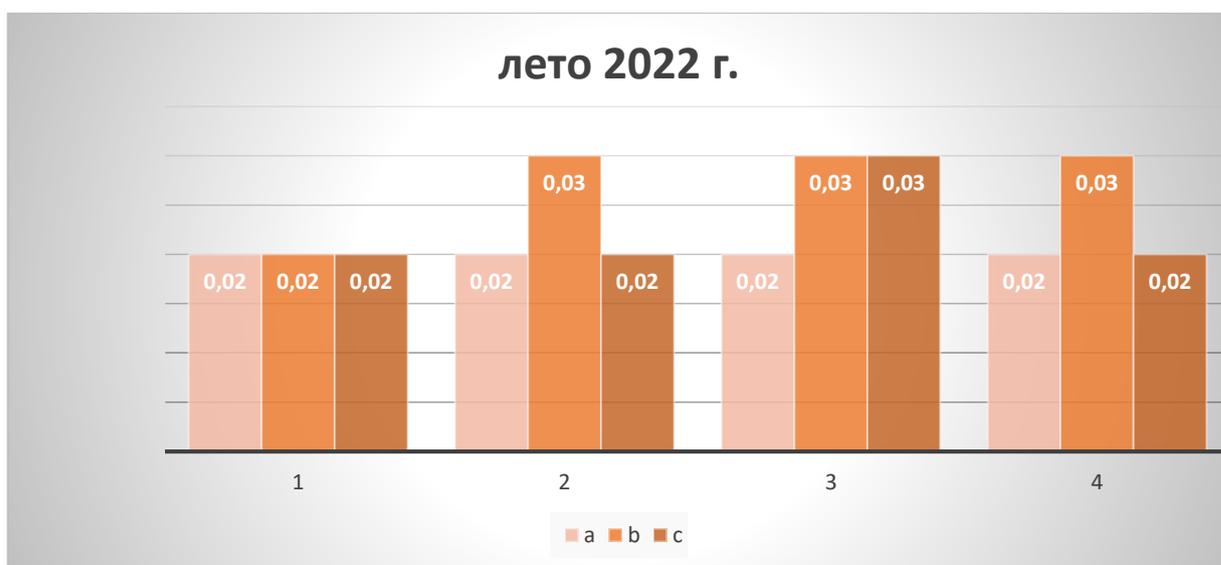


Рисунок 3.5.3. Содержание нитритов в Малом Головинском пруду в летний и зимний период 2022 года.

*Примечания: 1,2,3,4- точки наблюдения. а, b, с: глубины отбора проб воды, (а) поверхностная часть, (b) средняя часть, (с) придонная часть.*

Содержание аммонийного азота в Малом Головином пруду характеризуется значительно более высоким пространственным разнообразием и выраженной сезонной динамикой. В летний период отмечались колебания от 0,05 до 1,3 мг/л, а в зимний период в диапазоне от 0,09 до 1,3 мг/л (табл. 3.5.3). Нормативное значение аммонийного азота для водоёмов рыбохозяйственного водопользования не должно превышать (0,5 мг/л).

В 2020 году летом и зимой концентрация аммонийного азота варьирует от 0,05 до 0,51 мг/л, что не превышает ПДК. В 2021 году отмечалось повышение концентрации аммония и превышение ПДК во всех точках наблюдения. Максимальные значения (до 1,3 мг/л) наблюдались летом 2021 года в придонной части пруда. Высокие концентрации аммонийного азота в придонной части водоёма связаны с процессами разложения органических веществ, протекающими в этой зоне водоёма.

Зимой максимальное содержание аммонийного азота составило 0,59 мг/л в центральной части пруда вблизи берега (т. №3). В 2022 году содержание аммонийного азота летом несколько ниже, чем в 2021 году. При этом во все годы наблюдений летом придонная часть пруда характеризуется более высоким содержанием аммония – по сравнению с его поверхностной частью. В зимний период наблюдается менее однозначная картина распределения аммония.

Содержание хлоридов во всех точках наблюдений в течение всего периода исследований (табл. 3.5.4) не превышает нормативы для водоемов хозяйственно-питьевого, культурно-бытового водопользования (350 мг/л) и рыбохозяйственного назначения (300 мг/л). Его концентрации составляют от 8,4 до 26,9 мг/л в летний период, и от 15 до 26,9 мг/л в зимний. Можно отметить наибольшее содержание хлоридов в Малом Головинском пруду в зимний период во всех точках наблюдений – по сравнению с летним периодом.

Увеличение концентрации хлоридов в зимний период может быть связано с обработкой проезжей части, пешеходных дорожек и тротуаров антигололёдными реагентами, содержащими хлориды, которые впоследствии могут попадать в водоём. Это соответствует максимальным значениям хлоридов (26,9 мг/л) в точке №4, которая расположена в центральной части пруда вблизи берега и пешеходной дороги в нижней части пруда рядом с мостом (т. №1). Здесь наиболее вероятно попадание в водоём противогололёдных реагентов, применяемых на пешеходной дороге в парке и на мосту.

Таблица 3.5.4. Содержание хлоридов в Малом Головинском пруду в летний и зимний периоды 2020–2022 гг.

№ точки	Глубины	2020г		2021г		2022г	
		Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима
1 нижняя часть вблизи моста.	a	10,85	18,7	17,7	19,5	18,7	24,9
	b	10,9	18,9	18,6	19,6	17,7	25,9
	c	14,75	17,1	21,4	16,3	23,9	26,9
2 центральная часть пруда	a	12,36	15	23,3	17,4	17,5	23,3
	b	11,05	18,3	24,6	18,3	16,1	25,5
	c	10,5	19,2	24,9	17,9	24,9	26,3
3 центральная часть вблизи берега	a	14,55	19,1	25,5	20,3	17,1	22,8
	b	12,63	19,7	26,5	20,9	19,8	24,9
	c	8,4	20,3	26,6	22,1	21,5	25
4 центральная часть вблизи дороги	a	10	17,1	25,5	18,7	16	21,2
	b	13,6	20,2	25,6	21,3	19,9	25,8
	c	11,3	18,2	26,9	17,5	18,5	26,9

Содержание меди в исследуемом водоеме (табл. 3.5.5) в летний период колеблется в диапазоне от 3,03 до 5,0 мг/л (рис. 3.5.4), в зимний – от 3,39 до 5,0 мг/л (рис. 3.5.5), что значительно превышает ПДК (1 мг/л) для объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования, и кратно ПДК для водоемов рыбохозяйственного пользования.

Для железа норматив ПДК составляет 0,1 мг/л в рыбохозяйственных водоемах, 0,3 мг/л – в водоемах хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. В 2020 году летом замечено (рис. 3.5.6), что содержание железа превышает норматив ПДК в придонной части в каждой точке от 0,18 до 0,87 мг/л. В поверхностной и средней толще воды во всех точках содержание железа составляет менее 0,1 мг/л.

В течение всего периода исследований летом и зимой отмечается значительное повышение содержания железа в придонных горизонтах пруда на всех точках. Скорее всего, потому что железо является одним из металлов, которые легко выпадают в осадок и оседают на дне водоёма в виде неподвижных и устойчивых соединений и осадков. Наибольшие концентрации железа наблюдались в 2022 году в нижней части пруда рядом с мостом (т. №1) и в центральной и самой глубокой части пруда (т. №2).

Таблица 3.5.5. Содержание меди и железа в Малом Головинском пруду в летний и зимний периоды 2020–2022 гг.

№ точки	Глубины	Медь (мг/л)						Железо (мг/л)					
		2020г		2021г		2022г		2020г		2021г		2022г	
		Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима
1 нижняя часть пруда вблизи пешеходного моста.	a	3,34	3,56	3,42	3,61	4,79	3,46	< 0,1	< 0,1	<0,1	< 0,1	<0,1	0,11
	b	3,33	3,39	3,61	3,68	3,96	3,46	< 0,1	< 0,1	<0,1	< 0,1	0,19	<0,1
	c	3,7	3,4	3,71	3,81	4,71	3,75	0,18	< 0,1	0,2	0,1	0,96	1,2
2 центральная часть пруда	a	3,57	3,55	3,19	3,89	3,89	5	< 0,1	< 0,1	<0,1	< 0,1	<0,1	0,11
	b	3,81	3,39	3,2	3,62	3,81	4,03	< 0,1	< 0,1	<0,1	< 0,1	0,11	0,19
	c	3,83	3,65	3,03	3,99	5	4	0,83	< 0,1	<0,1	0,1	1,2	1,2
3 центральная часть пруда вблизи берега	a	3,75	3,99	3,45	4,01	3,89	4,15	< 0,1	< 0,1	<0,1	< 0,1	<0,1	0,31
	b	3,83	4,02	3,81	3,65	4,31	4,35	< 0,1	< 0,1	0,2	< 0,1	0,19	0,29
	c	3,49	3,82	3,11	4,32	4,49	4,4	0,13	0,22	<0,1	0,31	0,41	0,65
4 центральная часть пруда вблизи, пешеходной дороги	a	3,54	3,6	3,32	4,2	3,82	4,2	< 0,1	< 0,1	<0,1	< 0,1	<0,1	0,23
	b	3,30	3,51	3,14	3,82	4,24	4,45	< 0,1	< 0,1	<0,1	0,1	0,18	0,15
	c	3,54	4,01	3,63	4,33	4,49	4,33	0,87	0,52	0,51	0,42	0,39	0,53

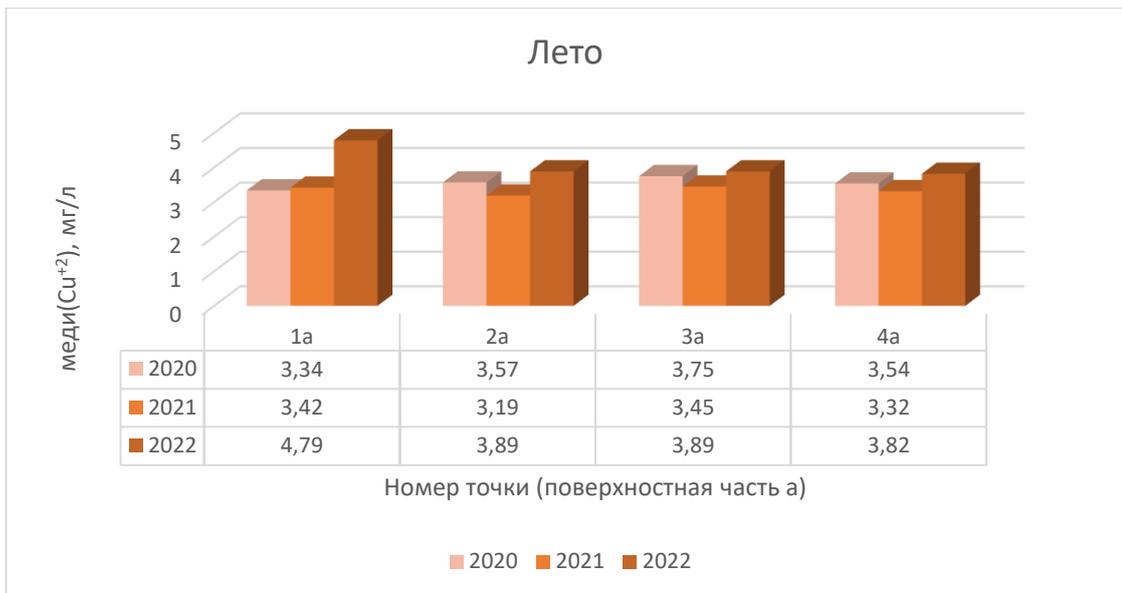


Рисунок 3.5.4 Содержание меди в Малом Головинском пруду в летний период 2020–2022 гг. в трех вертикальных слоях воды

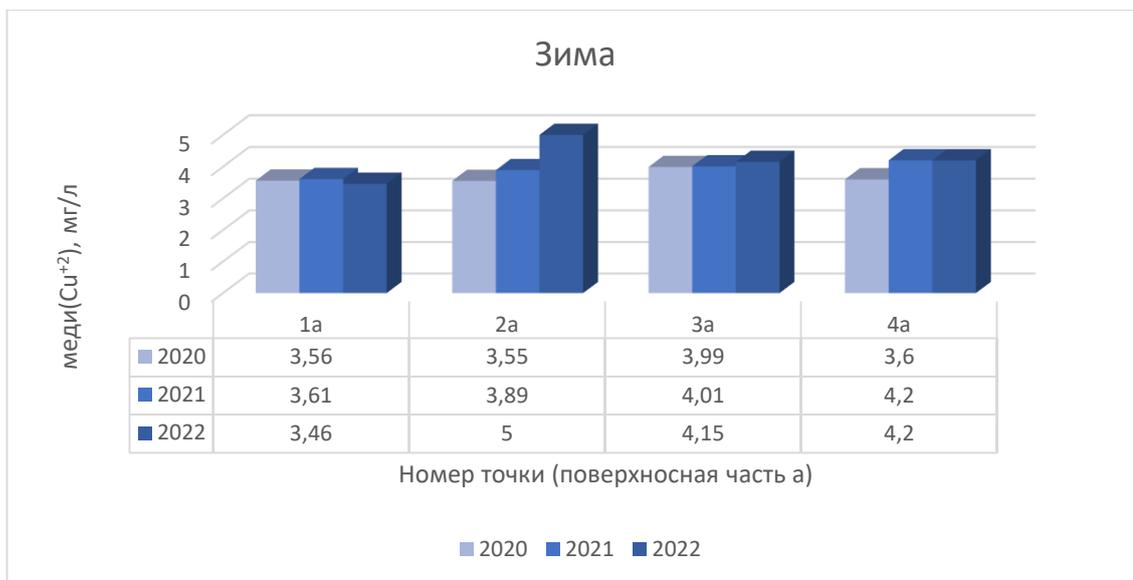


Рисунок 3.5.5 Содержание меди в Малом Головинском пруду в зимний период 2020–2022 гг. в трех вертикальных слоях воды

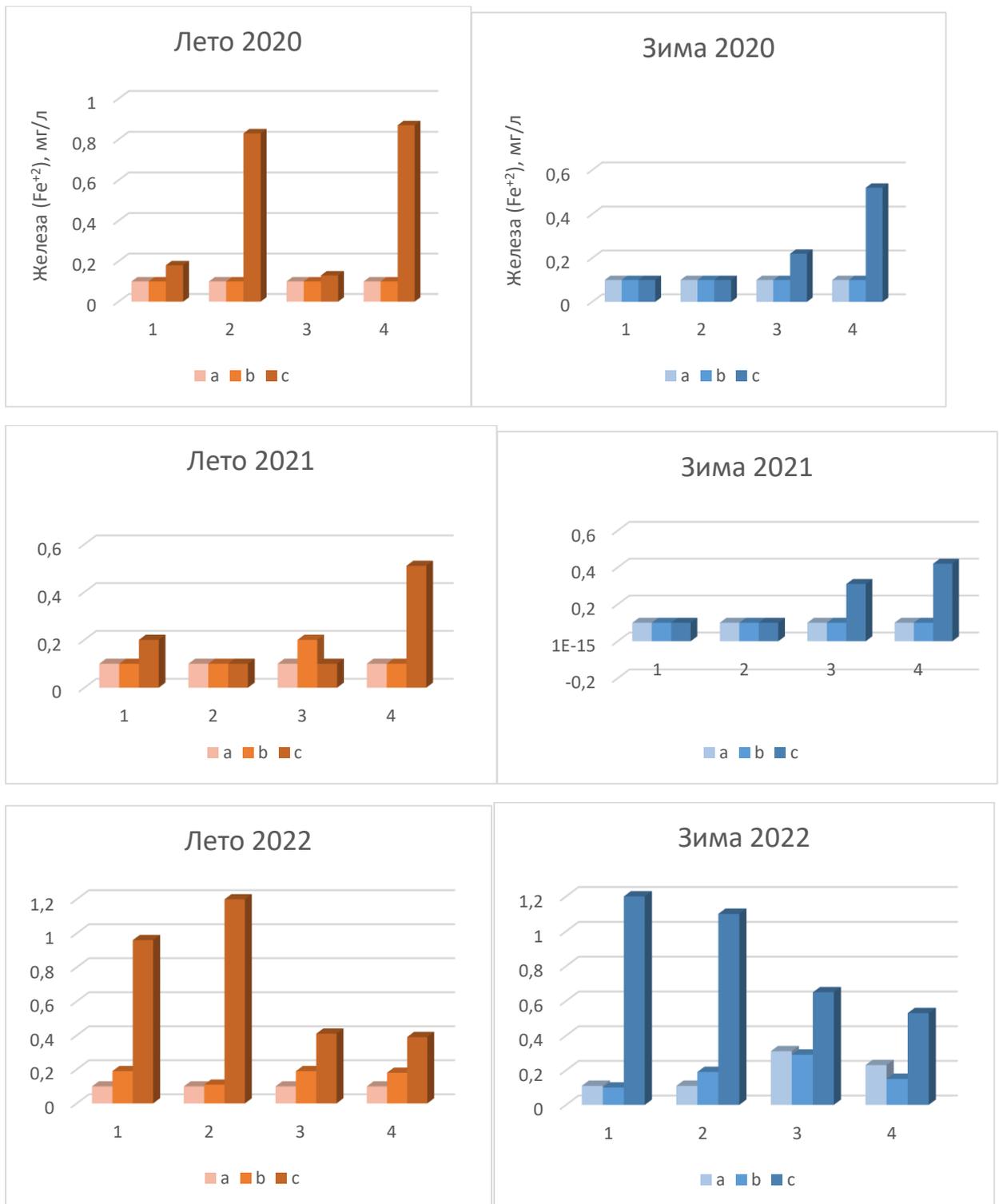


Рисунок 3.5.6 Содержание железа в точках наблюдения Малого Головинского пруда в зимний и летний периоды 2020-2022 гг.

*а, б, в: глубины отбора проб воды, (а) поверхностная часть, (б) средняя часть, (в) придонная часть.*

## ГЛАВА 4. Экологическая оценка сапробности изучаемых водоемов.

### 4.1 Оценка сапробности в Большом Садовом пруду.

Сапробность Большого Садового пруда определялась летом 2021 и 2022 годов по спискам обнаруженных таксонов макрозообентоса в 5 точках, распределенных по периметру пруда (рис. 4.1.1) и через определение значений интегральных экологических индексов S и J в каждой точке (табл. 1 А, табл. 2 А, табл. 3 А, табл. 4 А, табл. 5 А из приложения А) рассчитывались индексы сапробности (табл. 4.1.1).

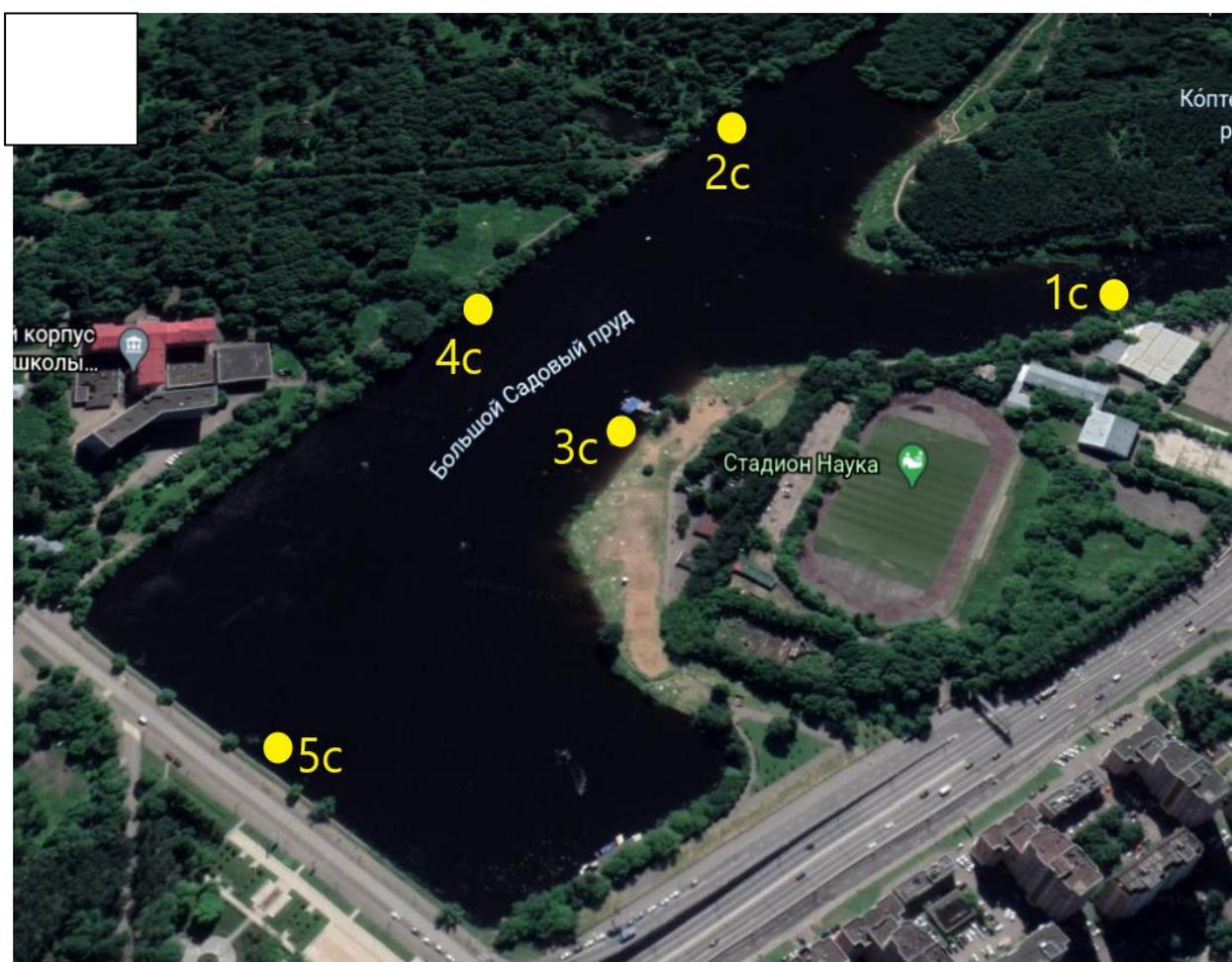


Рисунок 4.7.1 Схема отбора проб макрозообентоса в Большом Садовом пруду.

В соответствии со значениями индекса сапробности (I) воды в Большом Садовом пруду во всех точках наблюдения 2021 и 2022 гг. летом она относится к третьему и четвертому классам качества воды - загрязнённая и умеренно (слабо) загрязнённая (табл. 4.1.1).

Таблица 4.1.1. Экологическая оценка воды Большого Садового пруда в 2021 и 2022 годах по индексу сапробности.

№ точки	Положение точек отбора проб макрозообентоса	2021 г.		2022 г.	
		Индекс сапробности (I)	Зоны и уровень загрязнённости	Индекс сапробности (I)	Зоны и уровень загрязнённости
1с	верхняя часть пруда, вблизи впадения реки Жабенки	2,72	Загрязнённая α-Мезосапробная	2,59	Загрязнённая α-Мезосапробная
2с	верхняя часть пруда, вблизи парка	2,69	Загрязнённая α-Мезосапробная	2,60	Загрязнённая α-Мезосапробная
3с	центральная часть пруда вблизи пляжа	2,44,	Умеренно (слабо) Загрязнённая β-Мезосапробная	2,55	Загрязнённая α-Мезосапробная
4с	центральная часть пруда вблизи парка	2,60	Загрязнённая α-Мезосапробная	2,61	Загрязнённая α-Мезосапробная
5с	приплотинная часть пруда, рядом с дорогой с активным движением авто- и электротранспорта	2,29.	Умеренно (слабо) Загрязнённая β-Мезосапробная	2,41	Умеренно (слабо) Загрязнённая β-Мезосапробная

Значения индекса сапробности изменялись в диапазоне от 2,29 до 2,72. Максимальное значение (2,72) наблюдается в верхней части пруда, вблизи впадения реки Жабенки (т. №1с) в 2021 году. Вода в водоёме в этой точке «загрязненная», соответствует альфа-мезосапробной зоне, IV класса чистоты. Как и в верхней части пруда (точке №2с), вблизи парка, вода относится к четвертому классу качества воды «загрязненная».

Для альфа-мезосапробной зоны характерны аэробные процессы окисления органических веществ, вследствие чего появляются соли аммония и поселяются сине-зеленые водоросли, но вода довольно грязная. Содержание аммонийного азота в летний период в верхней части пруда (т. №1с и т. №2с) превышало нормативное допустимое значение (0,5 мг/л) для водоёмов рыбохозяйственного водопользования в придонной части водоёма.

Для прибрежной части пруда у пляжа с максимальной рекреационной нагрузкой (точки №3с) индекс сапробности в 2021 году составил 2,44 (рис.

4.1.2), что характеризует воду в этой точке как слабо (умеренно) загрязненную, соответствующую бета-мезосапробной зоне (III класс чистоты), но в 2022 году вода в данной точке стала более грязной, индекс сапробности составил 2,55, и вода относится к альфа-мезосапробной зоне (загрязненная).

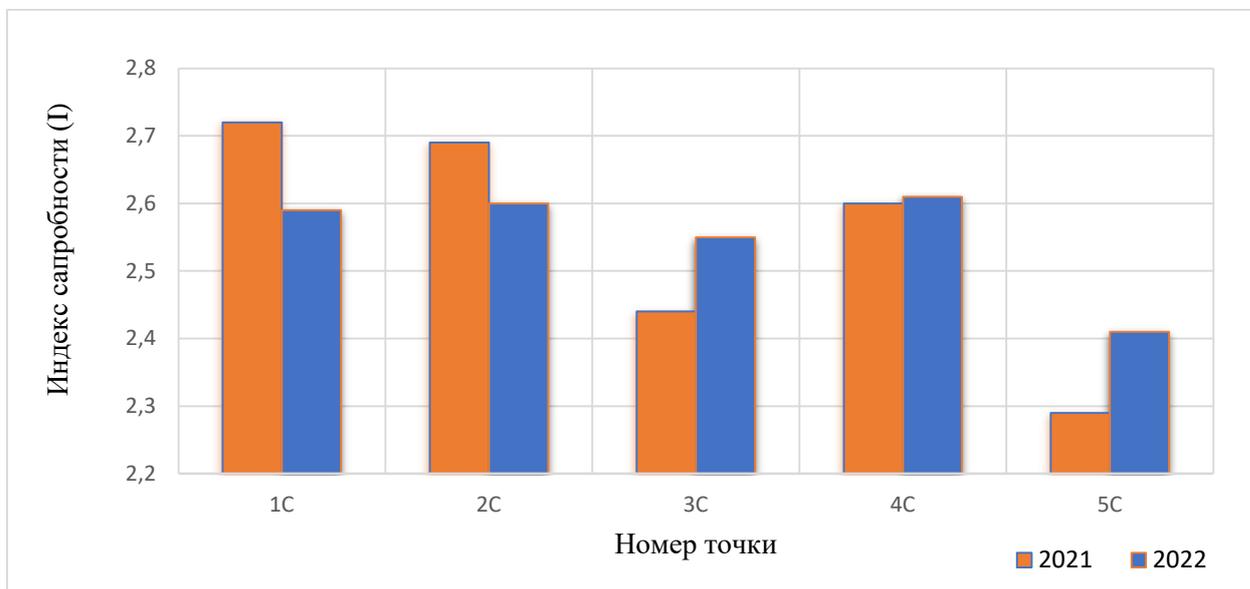


Рисунок. 4.1.2 Значение индекса сапробности Большого Садового пруда в точках наблюдения (2021–2022 гг.).

1с - вблизи впадения реки Жабенки, 2с - верхняя часть, вблизи парка, 3с - вблизи пляжа, 4с - центральная часть вблизи парка, 5с - приплотинная часть.

Логично, что степень загрязнения в данной точке высокая, поскольку она расположена у пляжа с максимальной рекреационной нагрузкой летом. Это согласуется с гидрохимическими результатами в этой точке, где содержание растворенного кислорода было на самом низком уровне (3 мг/л), и наблюдалась высокая концентрация аммонийного азота (1,2 мг/л), что превышает ПДК. Таким образом, полученные в этой зоне результаты анализа гидрохимических и гидробиологических показателей подтверждают высокий уровень загрязнения, связанный с антропогенными нагрузками.

В прибрежной части пруда у Исторического парка индекс сапробности составил 2,60 и 2,61, что позволяет отнести воду водоема в этой точке к альфа-мезосапробной зоне, IV класса чистоты – вода «загрязненная». Следует отметить, что в точке 4 из-за близости береговой зоны пруда к Историческому парку, наблюдается максимальное поступление органичес-

кого вещества с опадом древесных насаждений. Увеличение массы органического вещества и последующее его разложение и приводит к формированию условий, соответствующих альфа-мезасапробной зоне.

По индексу сапробности вода в нижней части пруда у плотины, с максимальным уровнем техногенной нагрузки (точка № 5с) оценивается как умеренно (слабо) загрязнённая в оба года наблюдения, индекс сапробности составил 2,29 в 2021 г и 2,41 в 2022 г. Умеренно загрязненные воды могут быть пригодны для хозяйственно-питьевого использования, разведения некоторых видов рыб и для прочих видов водопользования после проведения соответствующих мероприятий.

Таким образом, наиболее высокие значения индекса сапробности наблюдаются в средней и верхней части пруда, а минимальные – в его приплотинной части. Это является следствием более высокой концентрации загрязняющих веществ органического происхождения в зоне влияния пляжа в середине пруда и вблизи впадения реки Жабенки в его верхней части.

Системный анализ данных гидробиологического и гидрохимического исследований показал, что число групп макрозообентоса Большого Садового пруда прямо зависит от содержания органических веществ, ионов хлора и солей аммония в воде.

#### **4.2 Оценка сапробности в Среднем Фермском пруду.**

Таксоны макрозообентоса в Среднем Фермском пруду определялись в 4 точках (приложение Б), распределенных по периметру пруда (рис. 4.2.1) Значение индекса сапробности в точках наблюдения исследуемого пруда в 2021 и 2022 гг. изменяется от 2,42 до 2,78 (табл. 4.2.1).

Значения индекса сапробности в приплотинной части пруда, рядом с Верхней аллеей (точка №1с) с активным движением автотранспорта составляет 2,56 и 2,69, соответственно, в 2021 и 2022 гг., а вода относится к четвертому классу качества воды «загрязненная» (табл. 4.2.1). Следует отметить, что в этой точке летом наблюдаются минимальное содержание

(6,1 мг/л) растворенного кислорода и наиболее высокие значения рН (11,08), вода в этой точке является сильнощелочной.



Рисунок 4.2.1 Схема отбора проб макрозообентоса в Среднем Фермском пруду.

Биоиндикационными исследованиями подтверждается наличие высокой степени загрязнения данной зоны, это происходит из-за близкого расположения дорогой с активным движением автотранспорта и высокой технической нагрузкой. Также здесь отмечено повышение концентрации нитритов.

Установлено, что в нижней части пруда вблизи Лиственничной аллеи с интенсивным пешеходным движением (точка №2с), индекс сапробности составил 2,65 и 2,62, соответственно, в 2021 и 2022 гг. Уровень загрязнения в этой точке соответствует загрязнённой воде, относящейся к  $\alpha$ -Мезосапробной зоне (табл. 4.2.1).

Таблица 4.2.1 Экологическая оценка воды Среднего Фермского пруда в 2021 и 2022 годах по индексу сапробности.

№ точки	Положение точек отбора проб макрозообентоса	2021 г.		2022 г.	
		Индекс сапробности (I)	Зоны и уровень загрязнённости	Индекс сапробности (I)	Зоны и уровень загрязнённости
1с	приплотинная часть пруда, рядом с Верхней аллеей	2,56	Загрязнённая α- Мезосапробная	2,69	Загрязнённая α- Мезосапробная
2с	нижняя часть пруда, вблизи Лиственничной аллеи (пешеходное движение)	2,65	Загрязнённая α- Мезосапробная	2,62	Загрязнённая α- Мезосапробная
3с	нижняя часть пруда	2,78	Загрязнённая α- Мезосапробная	2,74	Загрязнённая α- Мезосапробная
4с	вблизи рекреационной зоны и учебными корпусами	2,42	Умеренно (слабо) Загрязнённая β- Мезосапробная	2,52	Загрязнённая α- Мезосапробная

Можно отметить наибольшее содержание аммонийного азота (до 1,4 мг/л) в придонной части точек наблюдения в центральной части Среднего Фермского пруда и вблизи Лиственничной аллеи с интенсивным пешеходным движением в летний период 2021 г. (см. раздел 3.2).

Максимальные значения индекса сапробности (2,74 и 2,78) зафиксированы в нижней части пруда (точка №3с) (рис. 4.2.2), где вода относится к четвертому классу качества воды - «загрязненная». Это связано с его гидрохимическими показателями: здесь установлены повышенные концентрации хлоридов и меди.

В 2022 году в верхней части пруда, вблизи рекреационной зоны и учебных корпусов (точка №4с) индекс сапробности составил 2,52, вода относится к четвертому классу качества, α-Мезосапробная зона (загрязнённая). В 2021 году с повышенным количеством осадков индекс сапробности

уменьшился до 2,42, и вода была умеренно (слабо) загрязнённой ( $\beta$ -Мезо-сапробная зона).

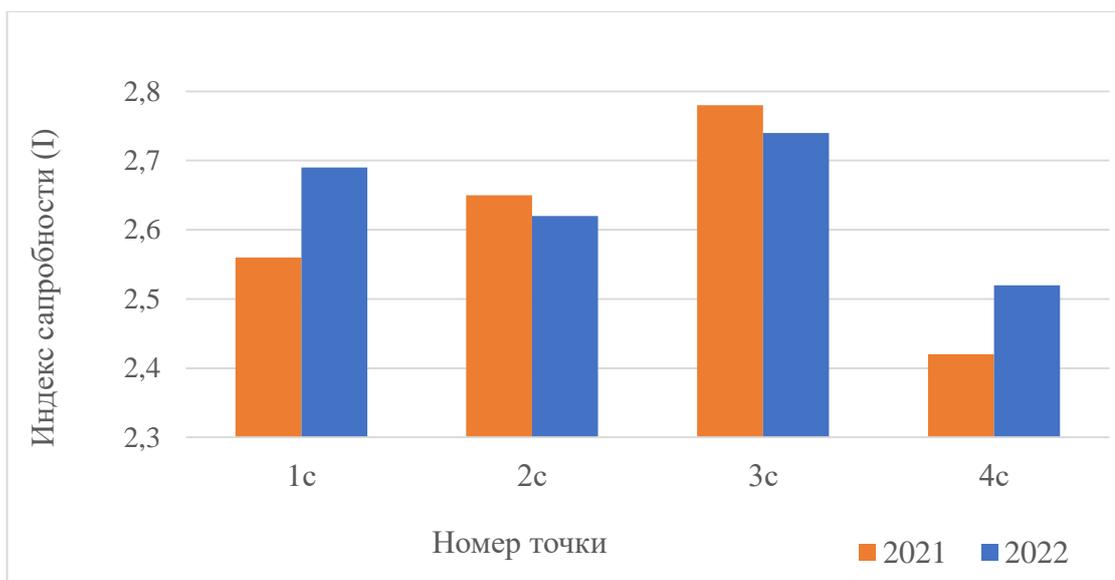


Рисунок 4.2.2 Значение индекса сапробности Среднего Фермерского прудов в точках наблюдения в 2021–2022 гг.

1с - рядом с Верхней аллей, 2с - вблизи Лиственничной аллеи, 3с - нижняя часть пруда, 4с - вблизи рекреационной зоны и учебными корпусами.

По полученным результатам в Среднем Фермском пруду в 2022 году ярко проявляется увеличение концентрации нитритов и железа (см. рис. 3.2) во всех точках наблюдения по сравнению с 2021 и 2020 годами, что могло повлиять на повышение значения индекса сапробности и степень загрязнения воды.

### 4.3 Оценка сапробности в Нижнем Фермском пруду.

Для определения сапробности Нижнего Фермского пруда летом 2021 и 2022 годов были составлены списки обнаруженных таксонов макрозообентоса (табл. 1 С, табл. 2 С, табл. 3 С, табл. 4 С, из приложения С) в четырёх точках, распределенных по периметру пруда (рис. 4.3.1).

Значения индекса сапробности в верхней части пруда вблизи плотины (точка №1с) составили 2,70 и 2,75, соответственно, в 2021 и 2022 годах, а вода относится к четвертому классу качества – «загрязненная» (табл. 4.3.1).

По гидрохимическим данным летом 2022 года (см. раздел 3.3) наблюдается повышение рН во всех точках наблюдения. Максимальное

значение превышало 10 рН вблизи береговой зоны с заметной рекреационной нагрузкой, а концентрация аммонийного азота в этой зоне (т. №1с) в 2021 и 2022 годах превышала рыбохозяйственные ПДК.

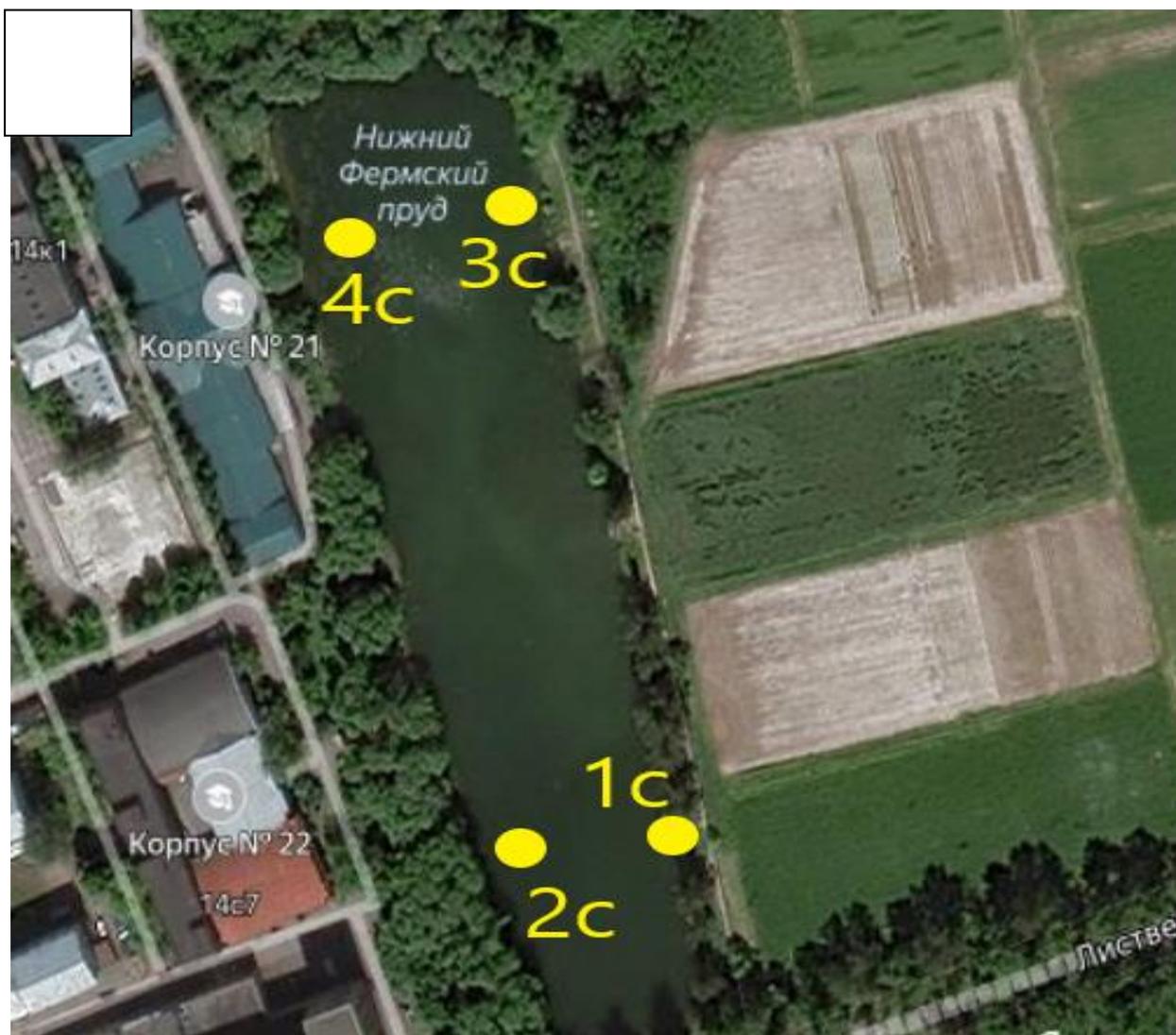


Рисунок. 4.3.1 Схема отбора проб макрозообентоса в Нижнем Фермском пруду.

В 2021 году в верхней части пруда, вблизи рекреационной зоны (точка №2с) значение индекса сапробности составило 2,57, и вода относится к четвертому классу качества:  $\alpha$ -Мезосапробная зона (загрязнённая), в 2022 году индекс сапробности составил 2,75.

Установлено, что в нижней части пруда, вблизи опытных полей (точка №3с), индекс сапробности составил 2,71 и 2,75, соответственно, в 2021 и 2022 годах (рис. 4.3.2). Уровень загрязнения в этой точке – загрязнённая вода относится к  $\alpha$ -Мезосапробной зоне.

Таблица 4.3.1. Экологическая оценка воды Нижнего Фермского пруда в 2021 и 2022 годах по индексу сапробности.

№ точки	Положение точек отбора проб макрозообентоса	2021г		2022г	
		Индекс сапробности (I)	Зоны и уровень загрязнённости	Индекс сапробности (I)	Зоны и уровень загрязнённости
1с	Верхняя часть пруда вблизи Лиственничной аллеи	2,7	Загрязнённая α-Мезосапробная	2,75	Загрязнённая α-Мезосапробная
2с	Верхняя часть пруда, вблизи рекреационной зоны	2,57	Загрязнённая α-Мезосапробная	2,75	Загрязнённая α-Мезосапробная
3с	Нижняя часть пруда вблизи опытных полей	2,71	Загрязнённая α-Мезосапробная	2,75	Загрязнённая α-Мезосапробная
4с	Нижняя часть пруда вблизи рекреационной зоны	2,29	Умеренно (слабо) Загрязнённая β-Мезосапробная	2,43	Умеренно (слабо) Загрязнённая β-Мезосапробная

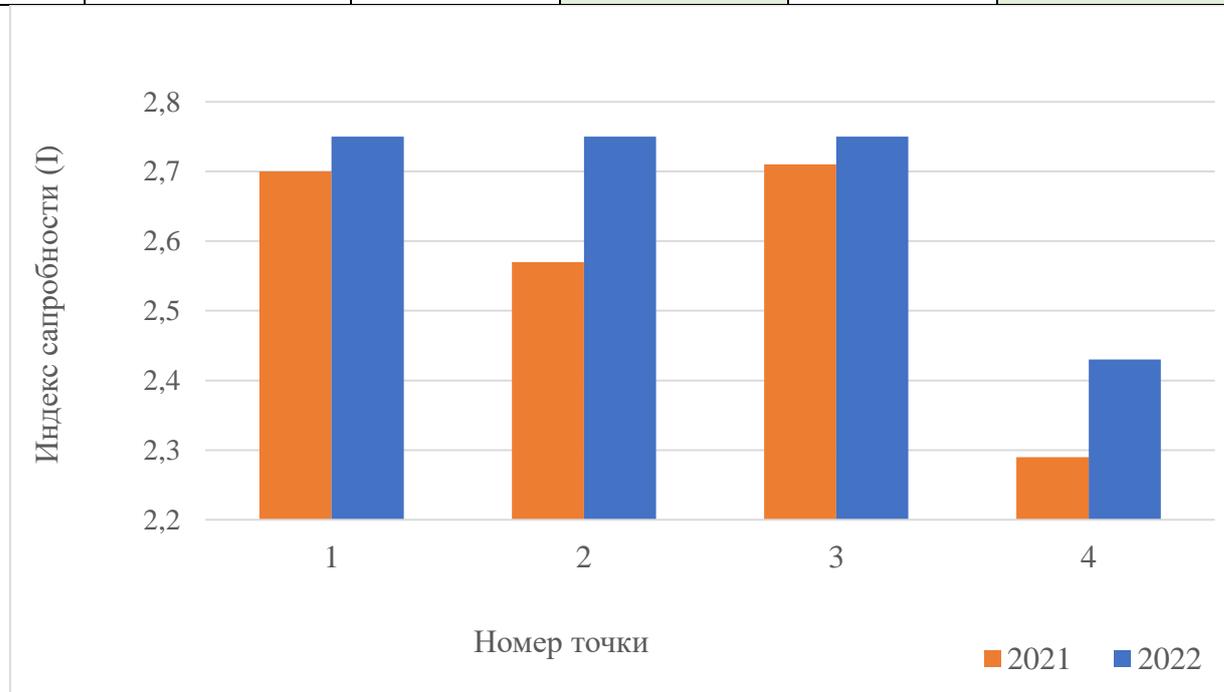


Рисунок 4.3.2 Значение индекса сапробности Нижнего Фермского пруда в точках наблюдения (2021–2022 гг).

1с- вблизи Лиственничной аллеи, 2с- вблизи рекреационной зоны, 3с- вблизи опытный полей, 4с- вблизи рекреационной зоны.

При этом отмечается максимальное значение аммонийного азота (1,4 мг/л) в данной точке, которая соседствует с опытными полями Тимирязевской академии с возможным поступлением биогенных элементов (см. раздел 3.2). Здесь было отмечено значительное превышение ПДК по содержанию меди. В 2022 году установлено, что максимальные значения содержания железа (1,3 мг/л) также наблюдаются в придонной части пруда вблизи берега с опытными полями.

#### **4.4 Оценка сапробности в Большом Головинском пруду**

Проведенные исследования показали значительную дифференциацию по показателям сапробности (с 2.55 до 2.81) акватории Большого Головинского пруда – при выраженной динамике качества макрозообентоса.

В составе донных сообществ макрозообентоса были обнаружены пиявки, брюхоногие моллюски, олигохеты, стрекозы, клопы, двустворчатые моллюски, ручейники, поденки и жуки (табл. 1 Д, табл. 2 Д, табл. 3 Д, табл. 4 Д, из приложения Д).

В северной части пруда вблизи плотины с водосбросом (т. №1с - рис. 4.4.1) индекс сапробности составил 2,59, и вода в этой точке водоёма оценивается как «загрязненная», соответствует альфа-мезасапробной зоне, IV класса чистоты. В данной точке, которая является самой нижней точкой в пруду рядом с водосбросом, собирается основная масса органических веществ и осадка, что увеличивает количество загрязняющих веществ в этой зоне и обуславливая «загрязненный» IV класс качества воды.

В верхней части пруда, вблизи берега (точка №2с) вода также относится к четвертому классу качества воды «загрязненная». Минимальное значение индекса сапробности (2,55) замечено в этой точке в 2021 году с повышенным годовым количеством осадков. В центральной части пруда у пляжа и рекреационной зоны (точка №3с) индекс сапробности составляет 2.73 и 2,71. Степень загрязнения в данной точке высокая, сказывается близость пляжа с максимальной рекреационной нагрузкой летом.

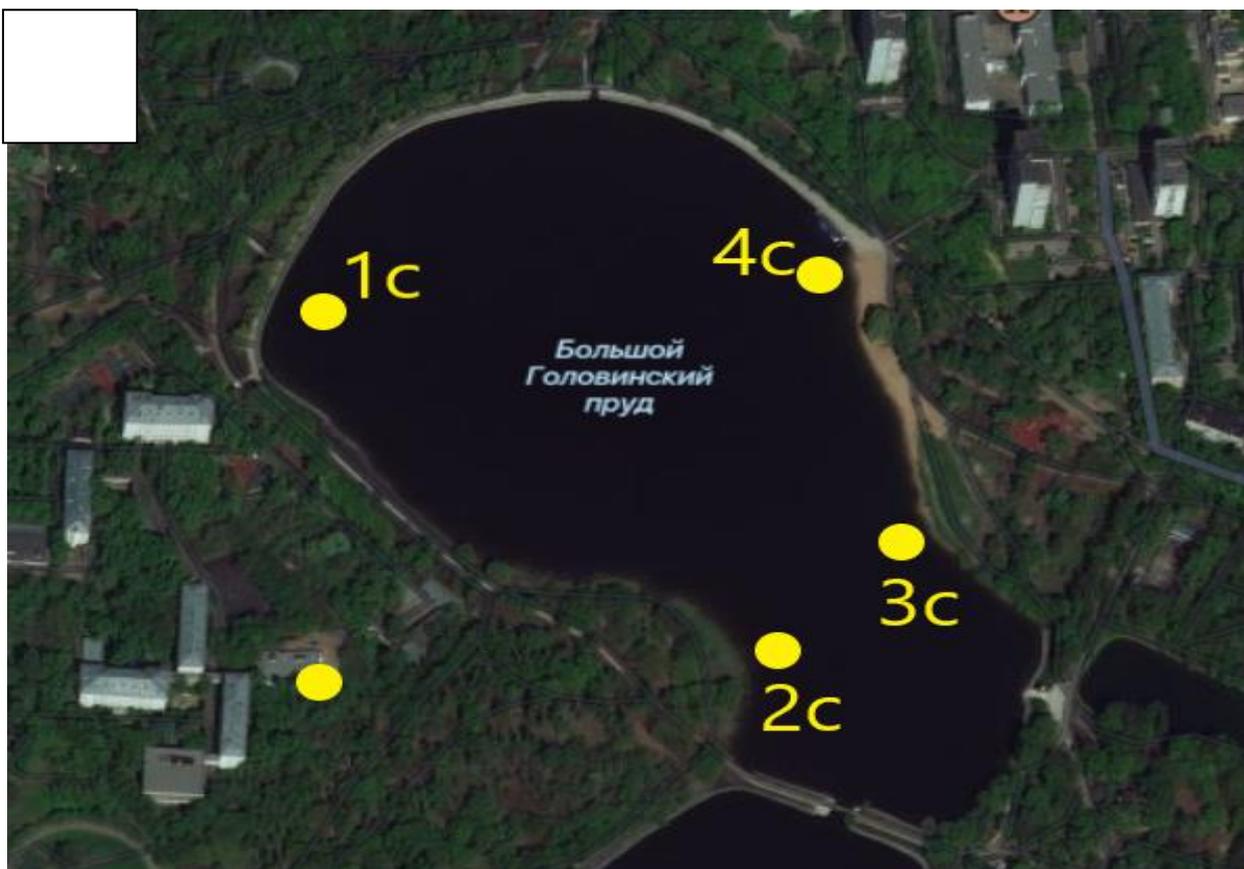


Рисунок 4.4.1 Схема отбора проб макрозообентоса в Большом Головинском пруду.

Таблица 4.4.1 Экологическая оценка воды Большого Головинского пруда в 2021 и 2022 годах по индексу сапробности.

№ точки	Положение точек отбора проб макрозообентоса	2021 г.		2022 г.	
		Индекс сапробности (I)	Зоны и уровень загрязнённости	Индекс сапробности (I)	Зоны и уровень загрязнённости
1с	приплотинная часть пруда вблизи водосбора	2,57	Загрязнённая α- Мезосапробная	2,59	Загрязнённая α- Мезосапробная
2с	верхняя часть пруда вблизи берега	2,56	Загрязнённая α- Мезосапробная	2,55	Загрязнённая α- Мезосапробная
3с	центральная часть пруда у пляжа и рекреационная зона	2,73	Загрязнённая α- Мезосапробная	2,71	Загрязнённая α- Мезосапробная
4с	северная часть пруда между плотину и пляж	2,67	Загрязнённая α- Мезосапробная	2,81	Загрязнённая α- Мезосапробная

Это хорошо согласуется с результатами исследования (см. раздел 3.4) гидрохимических показателей качества воды в центральной части (точка №4) поблизости точки №3с, где было самое низкое содержание растворенного кислорода (5,1 мг/л), вода сильнощелочная, водородный показатель достигал 9,92 рН, наблюдалась высокая концентрация аммонийного азота (1,2 мг/л).

Отмеченные данные подтверждают присутствие процессов аэробного окисления органических веществ и активное потребление кислорода, в результате формируется качество воды, характерное для альфа-мезосапробной зоны. Максимальное значение индекса сапробности (2,81) наблюдалось в северной части пруда между плотиной и пляжем (точка №4), с максимальным уровнем рекреационной нагрузки, вода в данной точке оценивается как загрязнённая в период двух лет наблюдения (рис. 4.4.2).

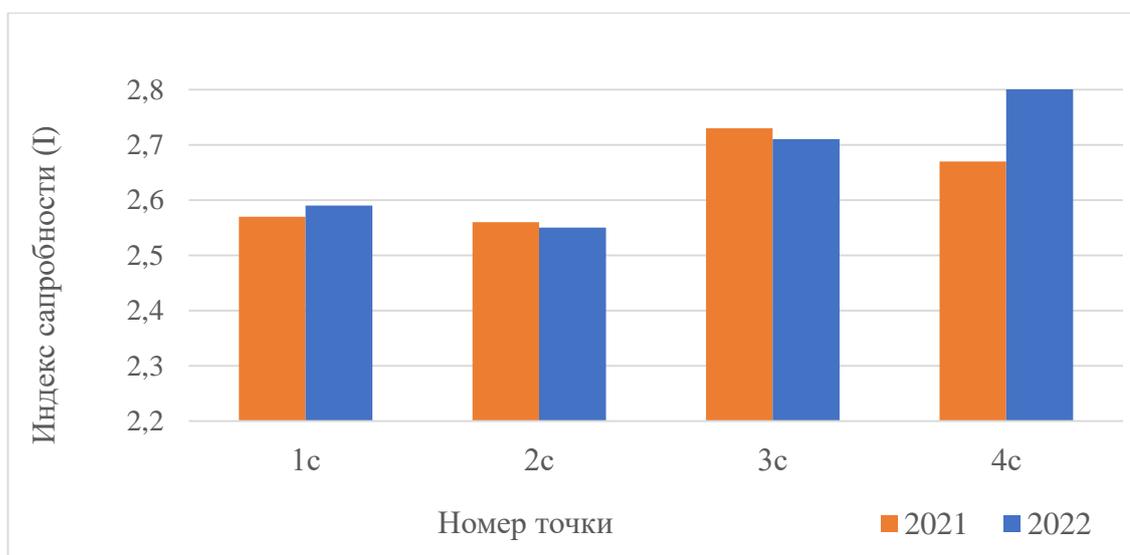


Рисунок.4.4.2 Значение индекса сапробности Большого Головинского пруда в точках наблюдения (2021–2022 гг).

1с- приплотинная часть пруда вблизи водосброса, 2с- вблизи берега, 3с- у пляжа и рекреационной зоны, 4с- между плотиной и пляжем.

#### 4.5 Оценка сапробности в Малом Головинском пруду

Сапробность Малого Головинского пруда определялась летом 2021 и 2022 годов по спискам обнаруженных таксонов макрозообентоса (табл. 1 Е, табл. 2 Е, табл. 3 Е, табл. 4 Е, из приложения Е) в 4 точках, распределенных по периметру пруда (рис. 4.5.1).

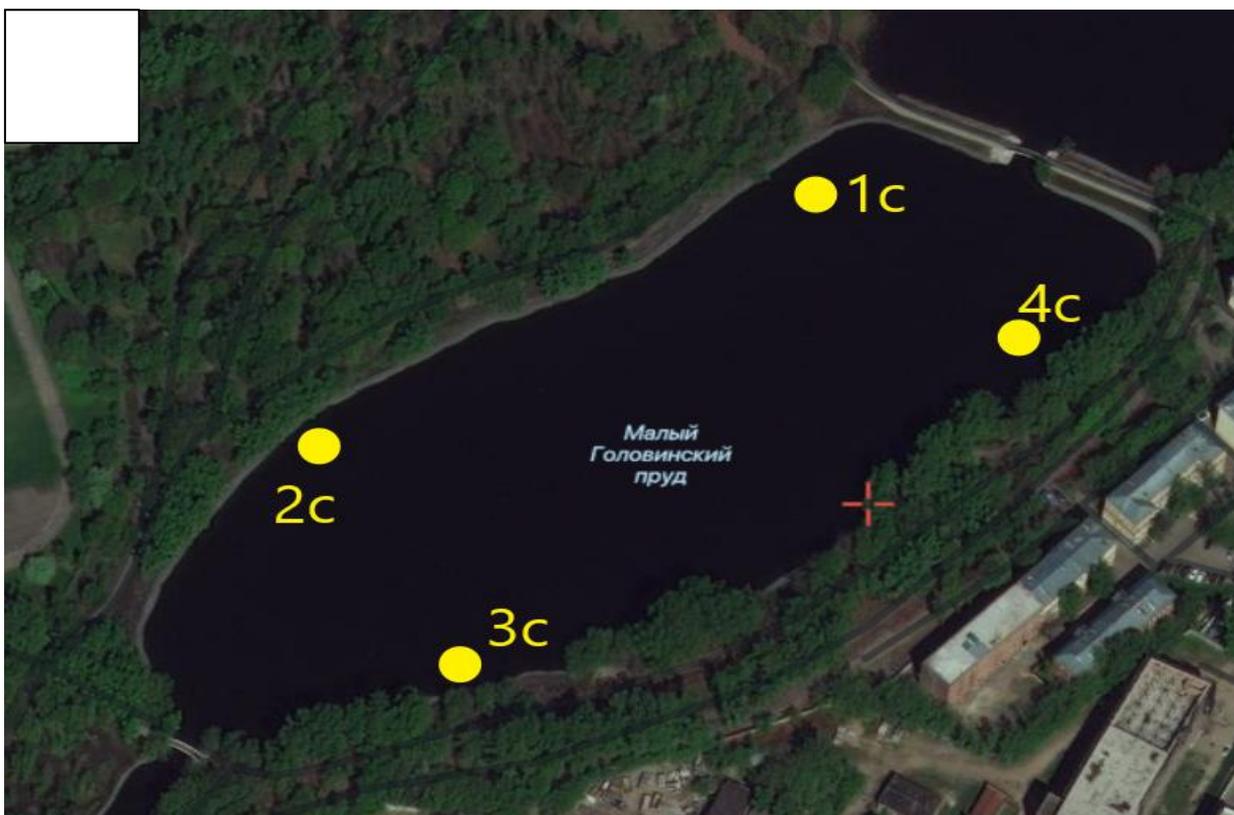


Рисунок 4.5.1 Схема отбора проб макрозообентоса в Малом Головинском пруду.

Малый Головинский пруд характеризуется меньшей дифференциацией сапробности между различными зонами акватории. Минимальное значение индекса сапробности зафиксировано в центральной части пруда, вблизи пешеходной дороги, проходящей по берегу водоема (2.50), а максимальные значения в нижней части пруда, вблизи пешеходного моста, а также вблизи берега с зелёными насаждениями (2.65).

В соответствии с индексом сапробности вода в нижней части пруда у берега с зелёными насаждениями (точка №1с) оценивается как загрязнённая и соответствует альфа-мезасапробной зоне, IV класса чистоты. Индекс сапробности составил 2,62 в 2021 г. и 2,65 в 2022 г. Следует отметить, что гидрохимические показатели в этой точке показывают максимальные значения содержания хлоридов и, в 2022 году, высокое – железа (1,2 мг/л).

Установлено, что в верхней части пруда (точка № 2с) рядом с берегом с зелёными насаждениями индекс сапробности равен 2.63 и 2,60 (рис. 4.5.2), что позволяет воду водоема в этой точке отнести к альфа-мезасапробной

зоне, IV класса чистоты – вода «загрязненная». Следует отметить, что в точке №4с из-за близости береговой зоны пруда к зелёным насаждениям наблюдается максимальное поступление органического вещества с опадом древесных насаждений. Увеличение массы органического вещества и последующее его разложение приводит к формированию условий, соответствующих альфа-мезосапробной зоне, а вода характеризуется как «загрязненная».

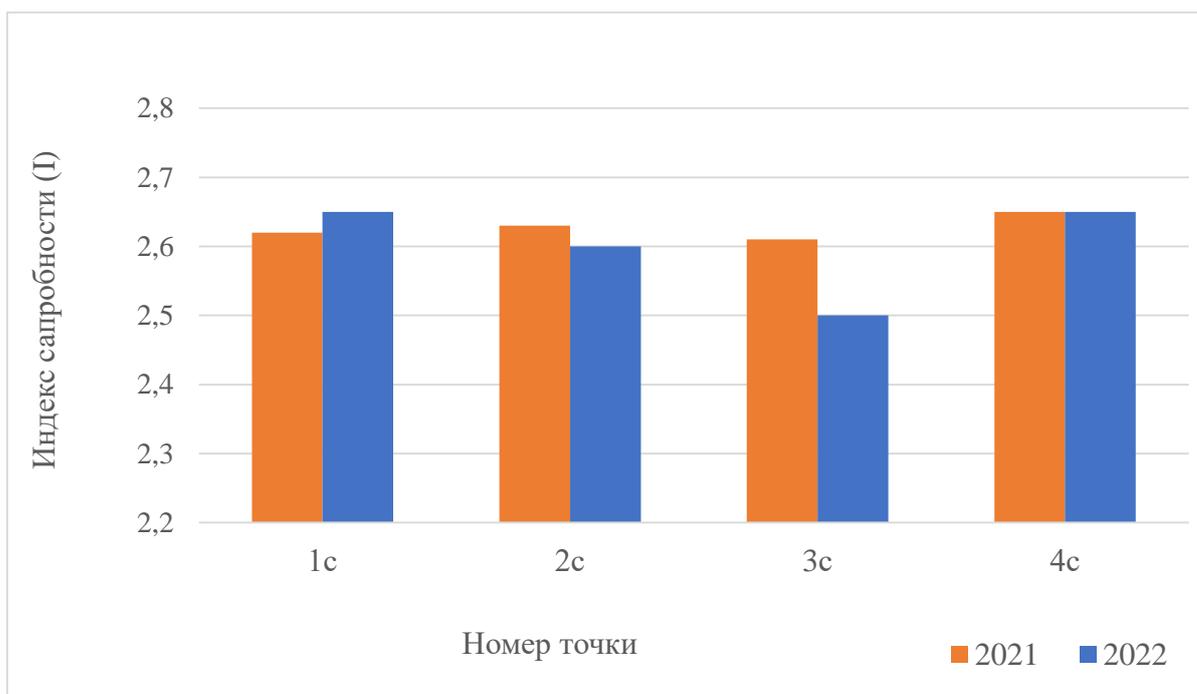


Рисунок 4.5.2 Значение индекса сапробности воды в точках наблюдения Малого Головинского пруда (2021–2022 гг.).

Для прибрежной части вблизи пешеходной дороги на берегу (точка №3с) индекс сапробности в 2022 году составил 2.50 (табл. 4.5.1), что характеризует воду в этой точке как слабо (умеренно) загрязненную, соответствующую бета-мезосапробной зоне (III класс чистоты), однако в 2021 году вода в данной точке оценивалась, как более грязная, с индексом сапробности 2,61 и отнесена к альфа-мезосапробной зоне (загрязненная).

По гидрохимическим показателям в этой зоне отмечено повышение содержания биогенных элементов – нитратов (0,06 мг/л) и аммонийного азота (1,3 мг/л). При этом уже отмечалось (см. раздел 3.5), что вода здесь становится более щелочной со значением рН до 9,94. Помимо этого здесь было зафиксировано максимальное содержание хлоридов (26,9 мг/л). Таким

образом, полученные результаты гидрохимических и гидробиологических показателей в этой зоне подтверждают высокие уровни загрязнения.

Таблица 4.5.1 Экологическая оценка воды Малого Головинского пруда в 2021 и 2022 годах по индексу сапробности.

Номер точки	Положение точек отбора проб макрозообентоса	2021 г.		2022 г.	
		Индекс сапробности (I)	Зоны и уровень загрязнённости	Индекс сапробности (I)	Зоны и уровень загрязнённости
1с	нижняя часть пруда на берегу с зелёными насаждениями	2,62	Загрязнённая α- Мезосапробная	2,65	Загрязнённая α- Мезосапробная
2с	верхняя часть пруда на берегу с зелёными насаждениями	2,63	Загрязнённая α- Мезосапробная	2,60	Загрязнённая α- Мезосапробная
3с	центральная часть пруда, вблизи пешеходной дороги на берегу.	2,61	Загрязнённая α- Мезосапробная	2,50	слабо (умеренно) загрязнённая β- мезосапробная
4с	нижняя часть пруда вблизи пешеходного моста.	2,65	Загрязнённая α- Мезосапробная	2,65	Загрязнённая α- Мезосапробная

В нижней части пруда вблизи пешеходного моста и дороги в парке с интенсивной рекреационной нагрузкой (точка №4с), в соответствии с установленным индексом сапробности (2.65) вода относится к альфа-мезосапробной зоне, IV класса чистоты – вода «загрязнённая» (рис. 4.5.2).

Проведенное исследование показало наличие взаимосвязи биологических и гидрохимических показателей качества воды во всех пяти исследуемых прудах.



В целом, на фоне пространственной дифференциации и временной динамики прослеживаются ярко выраженные зависимости экологического качества макрозообентоса от размера пруда и характера функционального использования соседних наземных элементов ландшафта. Максимальные

уровни загрязнения характерны для пляжных рекреационных зон, как в Большом Головинском пруду, и зоны впадения реки Жабенки в Большой Садовый пруд. Для Фермских прудов с меньшей площадью поверхности и меньшей рекреационной нагрузкой наиболее загрязненными оказались зоны вблизи опытных полей в Нижнем Фермском пруду и у дороги с интенсивным движением транспорта в Среднем Фермском пруду.

Следует отметить минимальной, в целом, уровень загрязнения воды, характерный для рекреационных зон Фермских прудов по сравнению с Большим Садовым и Головинским прудами. Вероятно, это связано с запретом здесь интенсивной развлекательной деятельности (купание, катание на лодках). В целом, можно сделать вывод, что вода в пяти исследованных прудах соответствует уровню слабо загрязнённая и загрязнённая, с выраженной дифференциацией качества по разным функциональным зонам водоемов.

## **ГЛАВА 5. Сравнительная экологическая оценка качества водоёмов с анализом лимитирующих экологических факторов.**

Согласно проведённым исследованиям пяти прудов, расположенных в северной части города Москвы, они показали значительную пространственную дифференциацию биологических и гидрохимических показателей по акватории пруда – в силу проявления различной антропогенной нагрузки.

### *Сравнительная экологическая оценка качества воды разных функциональных зон исследуемых водоёмов*

Местоположение и размер пруда, характер функционального использования соседних наземных элементов ландшафта, вертикальные слои воды, сезонная динамика и погодные условия являются наиболее важными экологическими факторами, влияющими на качество воды исследуемых прудовых экосистем (табл. 5.1).

Самые высокие уровни загрязнения обнаружены в Нижнем Фермском пруду в двух зонах: в зоне вблизи опытных полей и в приплотинной зоне пруда, рядом с дорогой (Лиственничная аллея). Удобрения, пестициды и другие материалы, используемые на соседних полях, являются основными источниками загрязнения, так как эти материалы частично вымываются из почвы и накапливаются в Нижнем Фермском пруду.

Вместе с этими агрохимикатами в воду поступают органические вещества, разложение которых приводит к загрязнению и снижению качества воды, образованию соединений и отложений, оседающих на дно пруда. Поступление биогенных элементов (прежде всего – фосфора и азота) увеличивает риски проявления процесса эвтрофикации.

На качество воды Большого Головинского пруда влияет рекреационная зона с песчаным пляжем, лодочной станцией на берегу: вблизи этой зоны вода наиболее загрязненная по сравнению с другими прудами.

Таблица 5.1 Экологическая оценка уровня загрязнения различных функциональных зон прудов

Пруды	Зоны	Индекс сапробности	уровень загрязнённости
Нижний Фермский пруд	зона вблизи опытными полями	2,73	Загрязнённая
	приплотинная зона пруда, рядом с дорогой	2,73	Загрязнённая
	рекреационная зона	2,44	Умеренно (слабо) Загрязнённая
Большой Головинский пруд	рекреационная зона	2,72	Загрязнённая
	приплотинная зона	2,58	Загрязнённая
Большой Садовый пруд	зона впадения реки Жабенки	2.65	Загрязнённая
	зона вблизи Исторического парка	2,63	Загрязнённая
	рекреационная зона	2.49	Умеренно (слабо) Загрязнённая
	приплотинная зона пруда, рядом с дорогой	2,35	Умеренно (слабо) Загрязнённая
Средний Фермский пруд	приплотинная зона пруда, рядом с дорогой	2,63	Загрязнённая
	рекреационная зона	2,62	Загрязнённая
Малый Головинский пруд	рекреационная зона	2,63	Загрязнённая

*Сравнительная экологическая оценка качества воды разных вертикальных слоев водоема*

Содержание растворенного кислорода, аммонийного азота, железа и меди имеют значительное варьирование по трем исследованным слоям воды водоемов.

Характерной особенностью всех придонных слоев воды изучаемых прудов является более низкое содержание растворённого кислорода – по сравнению с вышележащими слоями воды во все периоды наблюдения (табл.

5.2). Концентрация растворённого кислорода в пруду, в значительной мере, определяется температурой воды и процессами перемешивания водной толщи.

Таблица 5.2 Содержание растворенного кислорода в трёх исследуемых слоях воду пруда

Пруды (n-число повторностей измерений в рамках прудапруда)	Содержание растворенного кислорода (мг/л)					
	Поверхностная часть (a)		Средняя часть (b)		Придонная часть (c)	
	лето	зима	лето	зима	лето	зима
Большой Садовый (21)	8,7±0,6	13,5±1,2	8,1±1,0	12,1±0,9	7,1±1,7	11,6±1,3
Нижний Фермский (15)	10,7±0,5	11±1,9	10,0±0,6	10,7±1,3	8,1±1,4	10,2±1,5
Средний Фермский (15)	9,8±1,4	11±2,0	9,0±1,2	10,7±1,3	7,7±1,3	10,3±0,8
Большой Головинский (15)	9,3±1,1	10,9±1,9	8,0±0,9	10,9±1,3	6,2±1,2	10,3±1,2
Малый Головинский (12)	7.6±0,4	11.5±1,6	6,6±0,4	10,9±0,6	5,9±1,3	10,6±0,9

Зимой, когда поверхность сковывает лед, а перемешивание отсутствует самая холодная вода находится непосредственно подо льдом, 1–2°C, а ниже она теплее – 4–5°C, и с повышением температуры в придонной части воды содержание растворенного кислорода уменьшается. Высокие концентрации биогенных элементов (прежде всего, азота в форме аммония), а также микро-элементов (железо и медь) фиксируются в придонной части пруда (табл. 5.3).

Различия между разными вертикальными слоями воды наиболее ясно проявляются в концентрациях аммонийного азота и железа, с меньшими различиями в случае меди. Аммоний образуется в результате процессов разложения органических веществ в воде, которые происходят в нижних слоях, близких к дну, поэтому концентраций его в придонной части пруда больше, чем содержание в верхних слоях водоёма.

Железо и медь часто выделяются в результате окислительных процессов в толще воды в виде соединений, которые постоянно оседают на дно водоема. При этом, средние слои воды характеризуются наиболее низкими значениями концентрации железа – по сравнению с поверхностным и придонным слоями.

Таблица 5.3 Экологическая оценка качества воды на различных глубинах пруда по гидрохимическим показателям.

Пруды (n- количество повторностей отбора образцов в рамках пруда)	Поверхностная часть (a)			Средняя часть (b)			Придонная часть (c)		
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> мг/л	Fe <sup>+2</sup> мг/л	Cu <sup>+</sup> мг/л	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> мг/л	Fe <sup>+2</sup> мг/л	Cu <sup>+</sup> мг/л	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> мг/л	Fe <sup>+2</sup> мг/л	Cu <sup>+</sup> мг/л
Большой Садовый (21)	0,36 ±0,20	0,21 ±0,13	3,8 ±0,40	0,42 ±0,24	0,21±0,11	3,8 ±0,67	0,58 ±0,37	0,65 ±0,37	3,9 ±0,76
Нижний Фермский (15)	0,48 ±0,38	0,27 ±0,15	3,6 ±0,35	0,51 ±0,36	0,23 ±0,14	3,5 ±0,27	0,70 ±0,49	0,38 ±0,30	3,6 ±0,26
Средний Фермский (15)	0,47 ±0,35	0,18 ±0,07	3,6 ±0,31	0,50 ±0,36	0,21 ±0,11	3,6 ±0,28	0,62 ±0,40	0,41 ±0,37	3,5 ±0,30
Большой Головинский (15)	0,52 ±0,35	0,15 ±0,06	3,7 ±0,37	0,55 ±0,42	0,12 ±0,05	3,7 ±0,36	0,66 ±0,48	0,39 ±0,12	3,8 ±0,49
Малый Головинский (12)	0,53 ±0,41	0,19 ±0,08	3,8 ±0,43	0,58 ±0,43	0,18 ±0,09	3,7 ±0,36	0,62 ±0,42	0,54 ±0,38	3,9 ±0,48

*Сравнительная оценка качества воды прудов по сезонам наблюдения (лето-зима).*

Результаты исследования водоемов за три года показывают, что сезоны наблюдения являются важным экологическим фактором, влияющим на качество воды во всех исследуемых прудах. С сезонной динамикой температуры воды и погодных условий тесно связано содержание растворённого кислорода. Оно устойчиво уменьшается с повышением температуры летом во всех исследованных водоёмах – по сравнению с его содержанием зимой. Это связано с повышением интенсивности процессов окисления и

разложения органических веществ летом и, соответственно, увеличением потребления растворенного кислорода (табл. 5.4).

В Малом Головинском пруду зафиксировано минимальное значение растворенного кислорода в периоды наблюдения. Вероятно, это связано с тем, что в силу его меньшей площади и глубины, здесь происходит более быстрое и большее нагревание воды, чем в пруду большего объёма, а с повышением температуры количество растворённого кислорода в воде уменьшается.

Таблица 5.4 Экологическая сезонная оценка качества воды прудов по содержанию растворенного кислорода и водородного показателя

Годы	Пруды (n-количество повторностей отбора образцов в рамках каждого пруда)	Водородный показатель (рН)		Растворенный кислород (мг/л)	
		лето	зима	лето	зима
2020	Большой Садовый (21)	8,0±0,15	7,7±0,31	7,1±0,64	12,2±1,05
	Нижний Фермский (15)	7,2±0,49	7,7±0,38	9,6±1,78	10,5±0,63
	Средний Фермский (15)	8,6±0,60	7,7±0,26	7,8±0,91	10,0±0,70
	Большой Головинский (15)	8,3±0,30	7,4±0,26	7,1±0,97	9,8±0,55
	Малый Головинский (12)	8,1±0,13	7,6±0,12	6,7±0,81	10,6±0,64
2021	Большой Садовый (21)	8,6±0,25	7,3±0,72	8,6±0,91	12,3±1,16
	Нижний Фермский (15)	8,2±0,37	7,7±0,35	9,3±0,97	9,1±0,85
	Средний Фермский (15)	8,2±0,37	8,3±0,19	8,5±0,95	9,7±0,72
	Большой Головинский (15)	8,5±0,33	7,4±0,24	8,3±1,28	9,7±0,54
	Малый Головинский (12)	8,3±0,39	7,6±0,05	6,8±0,96	10,2±0,47
2022	Большой Садовый (21)	7,3±0,29	7,9±0,12	8,2±2,34	12,5±1,90
	Нижний Фермский (15)	10,4±0,33	7,6±0,32	10,0±1,41	12,3±1,12
	Средний Фермский (15)	10,6±0,30	7,7±0,24	10,2±1,48	12,3±1,21
	Большой Головинский (15)	9,4±0,35	7,3±0,62	8,0±2,28	12,6±1,03
	Малый Головинский (12)	9,0±0,28	8,1±0,29	6,6±1,34	12,2±1,10
Среднее значение		8,2±0,92	7,7±0,27	8,1±1,16	10,5±1,24

Значение рН во всех водоемах в летний сезон почти на единицу выше его значений зимой. Вода во всех прудах зимой нейтральная или слабо-

щелочная, а летом с повышением температуры щелочность воды заметно увеличивается. Максимальное среднее значение pH воды в период наблюдения зафиксировано в Среднем Фермском пруду, который находится рядом с Верхней аллей с интенсивным движением автотранспорта и максимальной техногенной нагрузкой.

Серьезной экологической проблемой водоёмов в зимний период является значительно повышение концентрации хлоридов – по сравнению с летним периодом. Использование антигололёдных реагентов, которые в основном состоят из хлоридных солей (хлористый натрий (галит), хлористый магний (бишофит)) можно считать основным фактором увеличения содержания хлоридов в водоёме зимой.

Концентрация нитритов во всех водоемах находилась на допустимом уровне, так как была в несколько раз меньше ПДК. Различия в концентрации нитритов летом и зимой были очень малы, но зимой содержание нитритов незначительно повышается (табл. 5.5).

Таблица 5.5 Экологическая сезонная оценка качества воды прудов по гидрохимическим показателям (2020-2021-2022 гг.).

Пруды (n-число повторностей отбора образцов в рамках каждого пруда)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (мг/л)		NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (мг/л)		Cl <sup>-</sup> (мг/л)	
	лето	зима	лето	зима	лето	зима
Большой Садовый (21)	0,30±0,33	0,42±0,23	0,02±0,01	0,03±0,02	18,8±6,36	20,3±3,06
Нижний Фермский (15)	0,63±0,50	0,49±0,31	0,01±0,01	0,02±0,02	17,9±6,93	18,4±3,67
Средний Фермский (15)	0,64±0,45	0,42±0,25	0,01±0	0,02±0,02	17,0±7,59	17,5±3,42
Большой Головинский (15)	0,66±0,46	0,47±0,37	0,01±0	0,02±0,02	18,1±5,63	18,8±3,94
Малый Головинский (12)	0,71±0,45	0,44±0,35	0,02±0,01	0,02±0,02	18,3±5,64	20,9±3,32

Вероятно, увлечение содержания нитритов зимой может быть объяснено неблагоприятными кислородными условиями в период ледостава и активностью анаэробных бактерий, превращающих нитраты и соединения азота в нитриты.

Содержание аммонийного азота, который является основным продуктом процессов окисления и разложения органического вещества, летом, при высоких температурах и усилении процессов разложения, была больше, чем его содержание зимой во всех прудах.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования экологического качества воды в представительных водоемах северной части Москвы показали значительное пространственное варьирование большинства исследованных показателей как по акватории пруда, так и по глубине водоема, достигающее кратных перепадов в случае содержания аммония и ярко выраженное по содержанию хлоридов, железа, меди и сапробности.

1. Содержание растворенного кислорода тесно связано с глубиной и температурой воды в исследуемых прудах. Зимой оно значительно больше, чем летом. В летний период его содержание, как правило, выше в приповерхностном слое воды и заметно снижается в придонной части водоема.

2. Характерное для Москвы антропогенное подщелачивание реакции среды в меньшей степени проявляется в центральной части прудов с максимальной глубиной. Отмечается заметная дифференциация рН по разным функциональным зонам. Наиболее высокие значения рН наблюдаются в Фермских прудах, которые испытывают влияние опытных полей или дороги с интенсивным движением, и в рекреационных зонах крупных водоёмов (Большой Садовый и Головинские пруды). Года с повышенным количеством осадков характеризуются смещением реакции среды в сторону нейтральной.

3. Максимальная концентрация аммонийного азота и нитритов значительно увеличивается в зоне воздействия пляжа с повышенной рекреационной нагрузкой и в зоне влияния опытных сельскохозяйственных полей с максимальной биогенной нагрузкой. При этом их содержание четко дифференцировано по сезону: с наибольшим содержанием биогенных элементов летом при повышении интенсивности процессов разложения органических веществ с увеличением температуры.

4. Лимитирующим экологическим фактором загрязнения воды прудов является устойчивое превышение ПДК по содержанию железа и, особенно, меди. Они характеризуются высокой пространственно-временной изменчи-

востью (при наибольшей концентрации в придонных слоях водоемов), что обычно является признаком актуальных процессов загрязнения и требует дальнейшего исследования с разработкой рекомендаций по применению наилучших доступных технологий очистки воды и предупреждению новых поступлений катионов железа и меди.

5. Пространственная дифференциация сезонной динамики основных гидрохимических показателей влияет на состояние макрозообентоса прудов. Все изучаемые пруды являются  $\alpha$ -мезосапробными и  $\beta$ -мезосапробными, по шкале классификации загрязненности водоёмов соответствуют третьему и четвёртому классу, вода умеренно (слабо) загрязнённая и загрязнённая. Класс  $\alpha$ -мезосапробного загрязнения зафиксирован в функциональных зонах парка, впадения реки Жабенки в Большой Садовый пруд, воздействия опытных полей на Нижний Фермский пруд и зоне влияния дороги с интенсивным движением на Средний Фермский пруд, а также в рекреационных зонах Головинских прудов.

6. Полученные результаты показывают важное значение местоположения, глубины и площади зеркала прудов для сохранения качества их воды в условиях Москвы. Не достигающее предельно допустимых концентраций по большинству показателей, но ярко выраженное даже в условиях одного из самых экологичных районов города антропогенное загрязнение воды актуализирует задачи по дальнейшему снижению и регулированию уровня техногенной нагрузки на прилегающих к городским водоемам территориях.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдукадирова, Ф.Б. Экологический мониторинг и его задачи / Абдукадирова, Ф.Б., Турапова, Н. // Булатовские чтения. – 2018. – № 5. – С. 25–27.
2. Азарова, С.В. Обзор методов биоиндикации и биотестирования для оценки состояния окружающей среды. / Азарова, С.В. // Молодой учёный. – 2015. – № 11. – С. 537.
3. Аминжонова, Ч.А. Биоэкологическая характеристика водорослей биологических прудов г. Бухары. / Аминжонова, Ч.А., Мустафаева, М.И. // Экологические проблемы промышленных городов. – 2017. – С. 387–389.
4. Андреев, Д.В. Проверка качества воды в Москва-реке, Истре и Липке. / Андреев, Д.В. // Актуальные проблемы экологии и природопользования. – 2020. – С. 24–28.
5. Андриенко, С.В. Оценка биоразнообразия макрозообентоса и качества воды рек Вёкса и Нерль Волжская методами биоиндикации в Переславском районе Ярославской области. / Андриенко, С.В. // Современная наука и молодые учёные. – 2020. – С. 21–27.
6. Антонович, О.В. Оценка содержания меди в воде реки Припять. / Антонович, О.В., Жолох, А.А. // Экологические проблемы промышленных городов. – 2017. – С. 238–242.
7. Анциферова, Г.А. Долгосрочные последствия влияния аномально высоких летних температур воздуха 2010–2012 годов на водные экосистемы лесостепной зоны. / Анциферова, Г.А., Русова, Н.И. // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. – 2017. – №.2. – С. 5–12.
8. Апкин, Р.Н. Экологический мониторинг. / Апкин, Р.Н., Минакова, Е.А. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т. – 2015. – 129 с.
9. Баженова, О.П. Современное состояние экосистемы реки Иртыш по данным биомониторинга. / Баженова, О.П., Барсукова, Н.Н., Янчевская, А.М. // Человек и Север: Антропология, археология, экология. – 2018. – С. 476–482.

10. Беляева, Е.Л. Методология, методика, опыт работ по сохранению для современного использования парка усадьбы Михалково. Часть 1. Academia. / Беляева, Е.Л., Маркина, И.А., Могнинов, Б.Г. // Архитектура и строительство. – 2020. – №.1. – С 78–84.
11. Беспалова, С.В. Биомониторинг поверхностных вод в условиях антропогенной нагрузки на примере реки Кальмиус. / Беспалова, С.В., Чуфицкий, С.В., Перебейнос, В.В. // Донецкие чтения, образование, наука. – 2018. – Т. 2. – С. 140.
12. Бобков, Н.Е. Практические рекомендации по развитию спортивного туризма в парках Москвы на примере Головинских прудов. / Бобков, Н.Е., Бутырина, С.А. // Индустрия туризма: возможности, приоритеты, проблемы и перспективы. – 2019. – №.3. – С.40-45.
13. Богомоллов, А.В. К вопросу оценки качества воды Аргазинского водохранилища. / Богомоллов, А.В., Лепихин, А.П., Ляхин, Ю.С., Белобородов, А.В., Тиунов, А.А. // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. – 2021. – №.1. – С. 6–23.
14. Борисов, Р.Р. Оценка качества воды водохранилищ: сравнительный анализ систем биоиндикации по показателям макробентоса. / Борисов, Р.Р., Чертопруд, Е.С., Ковачева, Н.П. // Водные ресурсы. – 2016. – №. 5.– С. 544–554.
15. Бубунец С.О. Биологическая оценка малых водоемов расположения в парковых зонах города Москвы. / Бубунец С.О., Жигин А.В., Бубунец Э.В. // Вестник АГТУ. Сер. Рыбное хозяйство. – 2018. – № 1.
16. Бубунец, С.О. Содержание тяжелых металлов в ихтиофауне парковых прудов (г. Москва). / Бубунец, С.О., Бубунец, Э.В., Жигин, А.В. // Рыбное хозяйство. – 2019. – № 2. – С. 7–11.
17. Валле, А.А. Гидрохимические и гидрологические характеристики в северо-западной части Черного моря и в Приустьевой зоне Дуная. / Валле, А.А., Полонский, А.Б. // Моря России: исследования береговой и шельфовой зон. – 2020. – С. 376–378.

18. Вершинская М.Е. Эколого-водохозяйственная оценка водных систем / Вершинская М.Е., Шабанов В.В, Маркин В.Н. – М.: Издательство РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. – 2016. –148 с.
19. Вилков, В.С. Оценка качества воды в озерах Кызылжарского района Северо-Казахстанской области с использованием биоиндикационных методов исследования. / Вилков, В.С., Жадан, К.С., Романенко, Е.И., Аубакиров, А.А. – 2020. – 23 с.
20. Вишневецкий, В.Ю. Оценка влияния содержания меди в природной воде в районе водозаборов города Таганрога и Таганрогском заливе Азовского моря на здоровье человека. / Вишневецкий, В.Ю., Попружный, В.М. // Инженерный вестник Дона. – 2017. – №.4. – Т. 47. – С. 43.
21. Ворончихина, К.А. Оценка экологического состояния поверхностных вод урбанизированных территорий Московского региона по их макрокомпонентному составу. / Ворончихина, К.А., Петренко, Д.Б., Васильев, Н.В. // Географическая среда и живые системы. – 2017. – №. 4. – С. 76–86.
22. Вшивкова, Т.С. Введение в биомониторинг пресных вод. / Вшивкова, Т.С., Иваненко, Н.В., Якименко, Л.В., Дроздов, К.А. – 2019. – 214 с.
23. Галныкин, Д.А. Физико-химические показатели воды пруда комплексного назначения ООО" ТРЕВЕЛ". / Галныкин, Д.А. // В мире научных открытий. – 2018. – С. 239–241.
24. Георгиев, А.П. Антропогенное влияние на водные экосистемы республики Карелия. / Георгиев, А.П., Широков, В.А., Черепанова, Н.С., Коркин, С.В. // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. – 2021. – №.1. – С. 14–23.
25. Георгиевский, В.Ю. Водные ресурсы и гидрологический режим рек РФ в условиях изменения климата. / Георгиевский, В.Ю., Н.И. Коронкевич, Н.И. Алексеевский. // Тезисы пленарных докладов VII Всероссийского гидрологического съезда. – СПб.: Гидрометеиздат. – 2013: – С. 26–32.
26. Гильмиярова, Е.А. Анализ содержания железа и меди в воде реки Увелька. / Гильмиярова, Е.А., Калуга, И.А. // Идеи молодых ученых – агропромышлен-

- ному комплексу: естественнонаучные, гуманитарные и педагогические науки. – 2021. – С. 52–57.
27. Гиркин, Е.И. Вопросы экологического мониторинга водной среды. / Гиркин, Е.И. // Вестник Луганского национального университета имени Владимира Даля. – 2018. – Т. 12. – С. 84–87.
28. Глинова, У.А. Тяжелые металлы в водоемах города Кирова. // Eurasia Science. – 2021. – С. 41–43.
29. ГОСТ Р 51592–2000. Вода. Общие требования к отбору проб. – Режим доступа: <https://gostinform.ru/razdel-oks-13-060-01/gost-r-51592-2000-obj30004.html> (дата обращения: 16.03. 2023).
30. ГОСТ Р 58556–2019 Оценка качества воды водных объектов с экологических позиций – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200168048> (дата обращения: 16.03. 2023).
31. Данилов-Данильян, В.И. Глобальные климатические изменения и водные проблемы России и мира. / Данилов-Данильян, В.И. // Век глобализации. – 2020. – №.4. – С. 65–78.
32. Деревенская, О.Ю. Методы оценки качества вод по гидробиологическим показателям. / Деревенская, О.Ю. – Казань: КФУ. – 2015. – С. 44.
33. Джамалов, Р.Г. Влияние многолетнемерзлых пород на формирование водных ресурсов Восточной Сибири (на примере отдельных рек Восточной Сибири). / Джамалов, Р.Г., Т.И. Сафронова. // Водные ресурсы. – 2018. – № 4.– С. 341–352.
34. Донских, А.А. Оценка качества воды реки Шемша по комплексу физико-химических показателей. / Донских, А.А., Клянина, М.А. // Проблемы и перспективы развития России: молодежный взгляд в будущее. – 2021. – С. 126–130.
35. Ефимов, А.С. Оценка класса качества воды реки Осетр методом биоиндикации. Научно-исследовательская работа. / Ефимов, А.С., Романова, О.В. – 2017. – С. 2–17.
36. Ильина, Е.Г. Соединения биогенных элементов как фактор развития фито-

- планктона. / Ильина, Е.Г. // Вестник Сыктывкарского университета. Серия 2. Биология. Геология. Химия. Экология. – 2021. – №.2. – С. 35–46.
37. Исмаилов, Г.Х. Оценка динамики водных ресурсов бассейна реки Оки в современных климатических условиях / Исмаилов, Г.Х., Муращенко Н.В. // Сборник статей международной научно-практической конференции. – 2019.
38. Калашникова, Л.М. Биоиндикация экологического состояния речных вод. / Калашникова, Л.М., Слонов, Т.Л., Тапасханова, Л.М. // Экология России: на пути к инновациям. – 2020. – С. 61–68.
39. Калинкина, Н.М. Экосистема Онежского озера: реакция водных сообществ на антропогенные факторы и климатические изменения. / Калинкина, Н.М., Теканова, Е.В., Сярки, М.Т. // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. – 2017. – № 1. – С. 4–18.
40. Карманова, А.А. Загрязнение поверхностных водоемов, основные источники и загрязнители. / Карманова, А.А. // Международный журнал прикладных наук и технологий «Integral». – 2020. – № 1. – С. 48–59.
41. Козаченко, Н.В. Параметры качества воды при выращивании карповых рыб в УЗВ. / Козаченко, Н.В., Тумакова, Е.В., Гуркина, О.А. // Актуальные проблемы сельскохозяйственных наук в России и за рубежом – 2017. – С.23–26.
42. Комаров, Р.С. Природный фактор как возможная причина экстремально высоких концентраций ионов меди в воде притоков реки Кубань. / Комаров, Р.С. // Современные проблемы гидрохимии и мониторинга качества поверхностных вод. – 2020. – С. 210–214.
43. Корнилов А.Г. Азотное загрязнение прудов и водохранилищ Белгородской области в зимний период. / Корнилов А.Г., Колмыков С.Н., Сыромятникова С.Н. // Региональные геосистемы. – 2014. – № 10. – С. 150–157.
44. Коронкевич, Н.И. Гидрология антропогенного направления: становление, методы, результаты. / Коронкевич, Н.И., Барабанова, Е.А., Георгиади, А.Г., Долгов, С.В., Зайцева, И.С., Кашутина, Е.А., Мельник, К.С. // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2017. № 2. С. 8–23.

45. Корчагина К.В. Оценка загрязнения городских почв тяжелыми металлами с учетом профильного распределения их объемных концентраций. / Корчагина К.В. – Москва: МГУ им. М. В Ломоносова. – 2014. – С. 16–20.
46. Куделькин, Н.С. Арктика и глобальное потепление: адаптация к изменению климата и охрана окружающей среды. / Куделькин, Н.С. // Юридические исследования. – 2022. – № 1. – С. 1–16.
47. Леонтьева, Т.В. Климатические особенности формирования водных ресурсов Восточного Оренбуржья. / Леонтьева, Т.В. // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. – 2019. – №.4. – С. 244–247.
48. Логвинова, М.В. Экологические проблемы и охрана водных ресурсов Белгородской области. / Логвинова, М.В. // Выпускная квалификационная работа. – НИУ БелГУ. – 2016. – С. 5–18.
49. Лупанова, И.Е. Экологический мониторинг качественных показателей природной воды реки Волхов. / Лупанова, И.Е. // Научные вести. – 2020. – Т. 10. – С. 139–146.
50. Мальцев В.И. Гидробиология. – 2018. – С. 58–64.
51. Марченко, Б. Экологическая токсикология. / Марченко, Б. // Litres. – 2019. – С. 7–10.
52. Матмуратов М.А. Современное состояние макрозообентоса разнотипных водоёмов Каракалпакстана / Матмуратов М.А. // Universum: химия и биология. – 2022. – № 1 (91).
53. Мизгирев, Д.С. Современные требования к качеству очистки питьевой воды. / Мизгирев, Д.С., Гурьянов, Н.М. // Великие реки. – 2019. – С. 45–45.
54. Микова, К.Д. Гидрохимия. Практические аспекты: учебно-методическое пособие. – 2022.
55. Минакова, Е.А. Оценка окружающей среды урбосистемы г. Казань с использованием метода биоиндикации: придорожные территории. / Минакова, Е.А., Шлычков, А.П., Шайхиев, И.Г. // Вестник Казанского технологического университета. – 2015. – № 17. – С. 225–229.
56. Миркин, Б. Основы общей экологии. / Миркин, Б., Л. Наумова. // Litres. –

2017. С. 878.

57. Мирон, И.И. Особенности распространения азотных соединений в различных источниках воды прибрежных зон реки Прут. / Мирон, И.И., Фриптуляк, Г.Е. // Сборник материалов международной научно-практической конференции «Здоровье и окружающая среда». – 2019. – С. 352–354.
58. Миронова, П.С. Определение трофического статуса пруда Нижнего (Калининград) по гидролого-гидрохимическим показателям в 2017–2018 гг. / Миронова, П.С., Цупикова, Н.А. // Балтийский морской форум. – 2019. – С. 359–369.
59. Михайлов, В.Н. Гидрология. / Михайлов, В.Н., Добролюбов, С.А. – Direct-media. – 2017. – 753 с.
60. Мухин. И.А. Анализ экосистемных услуг прудов разного хозяйственного назначения. / Мухин. И.А., Лопичева О.Г. // Итоги научно-исследовательской деятельности Вологодского государственного университета. – 2017. – С. 375–377.
61. Назмиев, П.И. Гидрометрия / Назмиев, П.И., Григорьева, А.В. – 2019. – С. 15–17.
62. Оводов, М.В. Методы определения содержания хлора в различных веществах. // Наука в современном мире. – 2021. – Р. 100–104.
63. Огар, П.М. К вопросу определения индекса Майера для задач упруго-пластического внедрения сферы. / Огар, П.М., Горохов, Д.Б., Угрюмова, Е.В. // Системы. Методы. Технологии. – 2017. – № 1. – С. 29–33.
64. Опекунова, М. Биоиндикация загрязнений. // Litres. – 2022. – С.3-21.
65. Орлова Т.Н. Химия природных и промышленных вод. / Орлова Т.Н., Базлов Д.А., Орлов В.Ю. // Litres. – 2017. – С. 44–49.
66. Орлова, С.С. Социально-экономическое значение прудов и водохранилищ. / Орлова, С.С., Алигаджиев, Ш.Л. // Сборник статей Международной научно-практической конференции. – Уфа: АЭТЕРНА. – 2017. – С. 77.
67. Павелко, Т.С. Исследование качества воды города Новокузнецка. / Павелко, Т.С., Кузнецова, Е.А., Горбунова, А.Р., Павлов, Д.С. // Инновации в техно-

- логиях и образовании. – 2018. – С. 161–165.
68. Панова, М.Б. Архитектурно-ландшафтная организация Петровко-Разумовского / Панова, М.Б. // Вестник ландшафтной архитектуры. – 2013. – № 1. – С. 54–64.
69. Плотников, Г.К. Сборник классических методов гидробиологических исследований для использования в аквакультуре. / Плотников, Г.К., Пескова, Т.Ю., Шкуте П.А., Пупиньш, М. – 2017. – С. 11–44.
70. Порфирьева, А.В. Гидрохимический анализ. Учебное пособие. / Порфирьева, А.В., Зиятдинова, Г.К., Медянцева, Э.П., Евтюгин, Г.А. – 2018. – С.30–31.
71. Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 13 декабря 2016 г. № 552 "Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения", с изменениями и дополнениями от 10 марта 2020 г. – Режим доступа: <https://rg.ru/2017/01/16/minselhoz-prikaz552-site-dok.html> .
72. Пукало П.Я. Влияние антропогенных факторов на водные экосистемы / Пукало П.Я., Базаева А.В., Беспалый А.В., Панчишный М.А. // Животноводство и ветеринарная медицина. – 2020. – № 3. С. – 33–36.
73. Ракутько, Е.Н. Методы биоиндикационной оценки состояния агроэкосистем: аналитический обзор. / Ракутько, Е.Н., Ракутько, С.А., Су, Ц., Ма, Я. // АгроЭкоИнженерия. – 2022. – № 1. – С. 19–42.
74. Рамадан Рита. Растворенный кислород как важнейший биогидрохимический показатель качества воды / Рита Рамадан // Сборник статей: Международная научная конференция молодых учёных и специалистов РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева. – Т. 1. – Москва. – 2021. – С. 313–315.
75. Рамадан, Рита. Оценка качества воды в Большом Головинском пруду в летний период / Рита Рамадан // Материалы Международной научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 135-летию со дня рождения АН Костякова. – 2022. – С. 143–147.
76. Рамадан Рита. Оценка качества воды в Большом Головинском пруду по

- биологическим показателям / Рита Рамадан // Аграрная наука: материалы Всероссийской конференции молодых исследователей. – 2022.
77. Рамадан Р. Экологическая оценка состояния качества воды Большого Садового пруда / Рамадан Р., Таллер Е.Б., Васенев И.И. // АгроЭкоИнфо: Электронный научно производственный журнал. – 2022. – № 1.
78. Рамадан, Рита. Экологическая оценка качества воды Среднего и Нижнего Фермских прудов на территории РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева / Р. Рамадан, Е.Б. Таллер, И.И. Васенев // Проблемы региональной экологии. – 2022. – № 3. – С 9–20.
79. Рвачёва, А.П., Мулюкина, О.А. Мониторинг среды обитания. / Рвачёва, А.П., Мулюкина, О.А. // Методические указания к практическим занятиям. – Волгоград: ВолгГАСУ. – 2016.
80. Решетняк, О.С. Антропогенная нагрузка на водные экосистемы реки Колымы. / Решетняк, О.С. // География и природные ресурсы. – 2015. – № 2. – С. 47–52.
81. Румянцев, В.А. Водные ресурсы рек и водоемов России и антропогенные воздействия на них. / Румянцев, В.А., Коронкевич, Н.И., Измайлова, А.В., Георгиади, А.Г., Зайцева, И.С., Барабанова, Е.А., Корнеевкова, Н.Ю. // Известия Российской академии наук. Серия географическая. – 2021. – №1. – С. 120–135.
82. Семенченко, В. Экологическое качество поверхностных вод. / Семенченко, В., Разлуцкий, В. // Litres.2021 – С.10-15.
83. Серебренникова, Н.В. Роль прудов в формировании водного режима речных водосборов. / Серебренникова, Н.В. // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – Т. 91. – № 3. – С. 36–40.
84. Сиротюк, Э.А. Биологические методы контроля качества и защиты биосферы: учебно-методическое пособие. – Майкоп: Изд-во МГТУ. – 2016. –65 с.
85. Соколова, Е.А. Определение массовой концентрации иона аммония в природных водах. / Соколова, Е.А., Тихомирова, А.В. // Россия молодая. – 2019. – С. 70518.

86. Таллер Е.Б. Адвентивный вид *Pistia Stratiotes* L. (Araceae) в прудах Москвы / Е.Б. Таллер, А.В. Командирова, Рита Рамадан // Доклады ТСХА: Сборник статей. – Выпуск 293. – Часть 4. – 2021. – С. 437–439.
87. Танашева, М. Экологический мониторинг и регулирование воздействия на окружающую среду. / Танашева, М., Пономаренко, О., Бейсембаева, Л. // Litres. 2021. – С. 1–40.
88. Тимошенко, О.Д. Изучение качества воды озера Увильды по биоразнообразию фитопланктона. Диссертация. – Южно-Уральский государственный университет. – 2016.
89. Тюменцева, Е.М. Климат России: Учебно-методическое пособие. / Тюменцева, Е.М., Белоусова, Н.В. – 2022. – С. 51–55.
90. Узбеков, И.Д. Биоиндикация загрязнения реки Усолка с помощью макрозообентоса (индекс Майера) / Узбеков, И.Д., Кадыргулова, А.Ф. // Теоретические и практические аспекты формирования и развития. – 2021. – С. 220.
91. Федорова В.С. Оценка качества поверхностных вод водоёмов как объектов рекреации / Федорова В.С., Бакуменко, Ю.С. // Экологический вестник Донбасса. – 2021. – № 2. – С. 17–27.
92. Фролова, Л.Л. Программа динамической гидрохимической модели пресноводных водоёмов. / Фролова, Л.Л., Свердруп, Х.У., Свердруп, А.Э. – 2019. №2019660694; заявл. 30.08.2019; опубли. 11.09.2019, Бюл. № 9.
93. Цупикова, Н.А. Некоторые гидролого-гидрохимические особенности и проблемы малых городских прудов на примере пруда Поплавок. / Цупикова, Н.А., Севостьянова, Е.А. // Известия КГТУ. – 2021. – № 62. – С. 50–64.
94. Черных, О.Н. Русская усадьба в выпускных работах кафедры Гидротехнических сооружений ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени КА Тимирязева. / Черных, О.Н. // Вестник Научно-методического совета по природообустройству и водопользованию. – 2018. – № 11. – С. 166–174.
95. Чертопруд, М. Краткий определитель беспозвоночных пресных вод центра Европейской России. / Чертопруд, М., Чертопруд, Е. // Litres. – 2022. – С. 1–5.

96. Шабанова, А.В. Современное состояние прудов Самары. Пруд у ипподрома / Шабанова, А.В. // Региональное развитие: электронный научно-практический журнал. – 2016. – №. 2. – С. 8.
97. Шаров, А.Н. Фитопланктон холодноводных озерных экосистем под влиянием природных и антропогенных факторов. / Шаров, А.Н. Автореф. диссертации докт. биол. наук. – СПб. – 2020. – 48 с.
98. Шорникова, Е.А. Гидрохимическая характеристика прибрежных участков акватории Сургутского водохранилища. / Шорникова, Е.А., Рыбчак, Е.А. // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. – 2018. – №1. – С. 88–101.
99. Юденкова, Н.М. Гидробиология: практикум. – Минск: БГУ. – 2021. – 49 с.
100. Abdelkarim M.S. Biomonitoring and bioassessment of running water quality in developing countries: A case study from Egypt / Abdelkarim M.S. // The Egyptian Journal of Aquatic Research. – 2020. – N. 4. – P. 313–324.
101. Behmel, S. Intelligent decision-support system to plan, manage and optimize water quality monitoring programs: Design of a conceptual framework. / Behmel, S., Damour, M., Ludwig, R., Rodriguez, M.J. // Journal of Environmental Planning and Management. – 2021. – N. 4. – Vol. 64. – P. 703-733
102. Behmel, S. Water quality monitoring strategies – A review and future perspectives. / Behmel, S., Damour, M., Ludwig, R., Rodriguez, M. J. // Science of the Total Environment. – 2016. – T. 571. – P. 1312-1329.
103. Borrego-Ramos, M. Epiphytic Diatom-Based Biomonitoring in Mediterranean Ponds: Traditional Microscopy versus Metabarcoding Approaches. / Borrego-Ramos, M., Eloy Becares, P.G., Alejandro N., and Saul B. // Water. – 2021. – N. 10: 1351. – P. 2-14.
104. Brodsky, A.K. The global ecological crisis: view through the prism of biodiversity. / Brodsky, A.K., Safronova, D.V. // Biospher. – 2017. – N.1. – Vol. 9. – P. 1-20.

105. Bukola, D. Consequences of anthropogenic activities on fish and the aquatic environment. / Bukola, D., Zaid, A., Olalekan, E. I., Falilu, A. // Poultry, Fisheries & Wildlife Sciences. – 2015. – N. 2(3). – P. 138.
106. Capon, S.J. Future of freshwater ecosystems in a 1.5 C warmer world. / Capon, S.J., Ben S.-K., Stuart E.B. // Frontiers in Environmental Science. – 2021. – N. 9. – P. 596.
107. de Lira Azevedo. The use of Risk Incidence and Diversity Indices to evaluate water quality of semi-arid reservoirs. / de Lira Azevedo. // Ecological Indicators. – 2018. – Vol. 90. – P. 90-100.
108. Dubois, N. First human impacts and responses of aquatic systems: A review of palaeolimnological records from around the world. / Dubois, N., Saulnier-Talbot, E., Mills, K., Gell, P., Battarbee, R., Bennion, H., Valero-Garces, B. // The Anthropocene Review. – 2018. – N.1. – P. 28-68.
109. Garcia-Chicote, J. Zooplankton abundance: a neglected key element in the evaluation of reservoir water quality. / Garcia-Chicote, J., Armengol, X., Rojo, C. // Limnologica. – 2018. – Vol. 69. – P. 46-54.
110. Green, P.A. Freshwater ecosystem services supporting humans: Pivoting from water crisis to water solutions. / Green, P.A., Vorosmarty, C.J., Harrison, I., Farrell, T., Saenz, L., Fekete, B.M. // Global Environmental Change. – 2015. – Vol. 34. – P. 108-118.
111. Hua-Peng Q. Water exchange effect on eutrophication in landscape water body supplemented by treated wastewater / Hua-Peng Q., Soon-Thiam K., Chang L. // Urban Water Journal. – 2014. – Vol. 11. – N. 2. – P. 108–115.
112. Janse, J.H. GLOBIO-Aquatic, a global model of human impact on the biodiversity of inland aquatic ecosystems. / Janse, J.H., Kuiper, J.J., Weijters, M.J., Westerbeek, E.P., Jeuken, M.H.J.L., Bakkenes, M., Verhoeven, J.T.A. // Environmental Science & Policy. – 2015. – N. 48 – P. 99-114.
113. Joniak, T. Effect of agricultural landscape characteristics on the hydrobiota structure in small water bodies. / Joniak, T., Kuczynska-Kippen, N., Gąbka, M. // Hydrobiologia. – 2017. – N.1. – Vol. 793. – P. 121-133.

114. Kashulin, N.A. Selected aspects of the current state of freshwater resources in the Murmansk region Russia. / Kashulin, N.A., Dauvalter, V.A., Denisov, D.B., Valikova, S.A., Vandysh, O.I., Terentjev, P.M., Kashulin, A.N. // *Journal of Environmental Science and Health*. – 2017. – N. 9. – Vol. 52. – P. 921-929.
115. Katsiapi, M. Assessing ecological water quality of freshwaters: PhyCoI—a new phytoplankton community Index. / Katsiapi, M., Moustaka-Gouni, M., Sommer, U. // *Ecological Informatics*. – 2016. – Vol. 31. – C. 22-29.
116. Kramer, D. Water contamination of Moscow’s small rivers with different anthropogenic impacts. / Kramer, D., Tikhonova, I. // *Water Resour. Manag. VIII Trans. Ser.: WIT Trans. Ecol. Environ.* – 2015. – Vol. 196. – P. 447-457.
117. Kurnaz, A. Determination of water quality parameters and heavy metal content in surface water of Cigdem Pond (Kastamonu/Turkey). / Kurnaz, A., Mutlu, E., Uncumusaoğlu, A.A. // *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*. – 2016. – N. 4. – Vol. 10. – P. 907-913.
118. Lezier, V. Water supply of the population as a problem of energy efficiency on the example of the Tyumen region of Russia. / Lezier, V., Gusarova, M., Kopytova, A. // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. – 2017. – N. 1. – Vol. 90.
119. Manoj, K. Environmental perspectives of pond ecosystems: global issues services and Indian scenarios. / Manoj, K., Padhy, P.K. // *Current World Environment*. – 2015. – N. 3. – Vol. 10. – P. 848-867.
120. Mitchell, B. Resource and environmental management. / Mitchell, B. – Oxford University Press. – 2018. – P. 398.
121. Mitryasova, O., Pohrebennyk, V. Hydrochemical indicators of water system analysis as factors of the environmental quality state. / Mitryasova, O., Pohrebennyk, V. // *Sustainable Production: Novel Trends in Energy, Environment and Material Systems*. – 2020. – P. 91-104.
122. Mitryasova, O. Hydrochemical Indicators Dynamic in Surface Water. / Mitryasova, O. // *Journal of Ecological Engineering*. – 2021. – N. 8. – Vol. 22. – P. 111-122.

123. Navarro O.A. Managing the effects of multiple stressors on aquatic ecosystems under water scarcity. / Navarro O.A., Acuna V., Bellin A., Burek P., Cassiani G., Choukr-Allah, R., Grathwohl P. // The GLOBAQUA project. Science of the total environment. – 2015. – Vol. 503. – P. 3-9
124. Nguyen, G.T. Evaluating current water quality monitoring system on Hau River, Mekong Delta, Vietnam using multivariate statistical techniques. / Nguyen, G.T. // Applied Environmental Research. – 2020. – N.1. – Vol. 42. – P. 14-25.
125. Nitasha, K. Influences of natural and anthropogenic factors on surface and groundwater quality in rural and urban areas. / Nitasha K., Sanjiv T. // Frontiers in Life Science. – 2015. – N. 1. – P. 23-39.
126. Osadchyy V. Characteristics of Surface Water Quality. / Osadchyy V., Nabyvanets B., Linnik P., Osadcha N., Nabyvanets Y. // Processes Determining Surface Water Chemistry. – Springer, Cham. – 2016. – P. 1-9.
127. Osadchyy, V. Biological processes. Effects of hydrobionts on surface water quality. / Osadchyy, V., Nabyvanets, B., Linnik, P., Osadcha, N., Nabyvanets, Y. // Processes Determining Surface Water Chemistry. – 2016. – P. 165-221.
128. Qing L. Macrozoobenthos variations in shallow connected lakes under the influence of intense hydrologic pulse changes. / Qing L., Guoqiang W., Hongqi W., Sangam S., Baolin X., Wenchao S., Jingshan Y. // Journal of Hydrology. – 2020. – Vol. 584. – P. 2-10.
129. Ramadan Rita. Seasonal dynamics of the functional quality of different vertical levels of small water ecosystems in Moscow / Rita Ramadan // Сборник статей: Международная научная конференция молодых учёных и специалистов РГАУ - МСХА имени К. А. Тимирязева. – Т. 1. – Москва. – 2020. – С.437-440.
130. Ramadan, R. Environmental monitoring of water ponds / R. Ramadan // Сборник статей: Международная научная конференция молодых учёных и специалистов РГАУ - МСХА имени К. А. Тимирязева. – Т. 1. – Москва. – 2021. – С. 278-279.
131. Ricksen, K. Winters are changing: the impact of snow on the ecosystems of the arctic and Alpine tundra. / Ricksen, K., Ное, Т.Т., Macek, P., Aerts, R., Alatalo,

- J.M., Anderson, J.T., Zong, S. // *Arctic Science*. – 2022. – N. 3. – P. 572-608.
132. Riley, W.D. Small Water Bodies in Great Britain and Ireland: Ecosystem function, human-generated degradation, and options for restorative action. / Riley, W. D., Potter, E.C., Biggs, J., Collins, A.L., Jarvie, H.P., Jones, J.I., Siriwardena, G.M. // *Science of the Total Environment*. – 2018. – Vol. 645. – P. 1598-1616.
133. Rodrigues, S. Can biochemical endpoints improve the sensitivity of the biomonitoring strategy using bioassays with standard species, for water quality evaluation. / Rodrigues, S., Pinto, I., Martins, F., Formigo, N., Antunes, S. C. // *Ecotoxicology and Environmental Safety*. – 2021. – Vol. 215. – P. 112151.
134. Sahidin, A. Macrozoobenthos as bioindicator of ecological status in Tanjung Pasir Coastal, Tangerang District, Banten Province, Indonesia. / Sahidin, A., Zahidah, Z., Herawati, H., Wardiatno, Y., Setyobudiandi, I., Partasasmita, R. // *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*. – 2018. – N. 3. – P. 1123-1129.
135. Salikova, N.S. Analysis of the Water Quality of the Ishim River within the Akmola Region (Kazakhstan) Using Hydrochemical Indicators. / Salikova, N.S. // *Water*. – 2021. – N. 9. – P. 1243.
136. Sarda, P. Assessment of multi parameters of water quality in surface water bodies – A review. / Sarda, P., Parag S. // *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET)*. – 2015. – Vol. 3. – №8. – P. 31-336.
137. Saritas, O. Water resources an analysis of trends, weak signals and wild cards with implications for Russia. / Saritas, O., Proskuryakova, L.N. // *Foresight*. – 2017. – N. 2. – P.152-173.
138. Sekar, R. Water Quality and Phytoplankton as an Indicator of Pollution in a Mambazhathurayar Reservoir, Kanyakumari District, Tamil nadu, S. India. / Sekar, R., Raja Jeya, X. Mary Jacintha, and D. Deleep Packia Raj. // *European Journal of Molecular & Clinical Medicine*. – 2021. – N. 7. – P. 2614-2622.
139. Verma A.K. Hydrobiological studies of Muntjibpur pond of Allahabad (UP). / Verma A.K. // *International Journal on Agricultural Sciences*. – 2016. – T. 7. – N. 2. – P. 164–166.

140. Wu, B., Wang, G., Wu, J., Fu, Q., Liu, C. Sources of heavy metals in surface sediments and an ecological risk assessment from two adjacent plateau reservoirs. / Wu. B., Wang. G., Wu. J., Fu. Q., Liu. C. // Plos One. – 2014. – N. 7. – C. 1–5.

## Приложения

### Приложения А

Таблица 1.А Таксономическая структура макрозообентоса в зоне впадения реки Жабенки (точка №1с) Большого Садового пруда (2021-2022 гг.)

2021 г.				2022 г.			
Таксон	S	J	SxJ	Таксон	S	J	SxJ
<b>СТРЕКОЗЫ</b>				<b>СТРЕКОЗЫ</b>			
Coenagrionidae	3,5	1,0	3,5	Coenagrionidae	3,5	1,0	3,5
				Libellulidae	3,0	3,0	9,0
<b>Поденки</b>				<b>Поденки</b>			
Caenidae	2,5	3,0	7,5	Caenidae	2,5	3,0	7,5
				Baetidae	2,0	1,0	2,0
<b>Клопы</b>				<b>Клопы</b>			
Notonectidae	3,0	2,0	6,0	Notonectidae	3,0	2,0	6,0
<b>ЖУКИ</b>				<b>ЖУКИ</b>			
Gyrinidae	2,5	1,0	2,5	Gyrinidae	2,5	1,0	2,5
				Halplidae	2,5	1,0	2,5
<b>Двукрылые</b>				<b>Двукрылые</b>			
Simuliidae	2,0	1,0	2,0	Simuliidae	2,0	1,0	2,0
<b>РАКООБРАЗНЫЕ</b>				<b>РАКООБРАЗНЫЕ</b>			
Asellidae	3,0	2,0	6,0	Asellidae	3,0	2,0	6,0
<b>БРЮХОНОГИЕ</b>				<b>БРЮХОНОГИЕ</b>			
Planorbidae	3,0	1,0	3,0	Planorbidae	3,0	1,0	3,0
				Viviparidae	2,5	1,0	2,5
<b>ДВУСТВОРЧАТЫЕ</b>				<b>ДВУСТВОРЧАТЫЕ</b>			
Valvatidae	3,0	1,0	3,0	Valvatidae	3,0	1,0	3,0
				Sphaeriidae	2,5	1,0	2,5
<b>ПИЯВКИ</b>				<b>ПИЯВКИ</b>			
Piscicolidae	2,5	2,0	5,0	Piscicolidae			
<b>ОЛИГОХЕТЫ</b>				<b>ОЛИГОХЕТЫ</b>			
Naididae	2,5	2,0	5,0	Naididae			
<b>Σ</b>		<b>16</b>	<b>43,5</b>	<b>Σ</b>		<b>19</b>	<b>49,21</b>
<b>I = 2,72</b>				<b>I = 2,59</b>			

S – сапробность каждого найденного в пробе индикаторного таксона (от 0 до 4), J – его индикаторный вес (от 1 до 4).

Таблица 2.А Таксономическая структура макрозообентоса в зоне вблизи парка (точка №2с) Большого Садового пруда (2021-2022 гг.)

2021 г.				2022 г.			
Таксон	S	J	SxJ	Таксон	S	J	SxJ
<b>СТРЕКОЗЫ</b>				<b>СТРЕКОЗЫ</b>			
Coenagrionidae	3,5	1,0	3,5	Coenagrionidae	3,5	1,0	3,5
Plathycnemididae	3,0	2,0	6,0	Plathycnemididae	3,0	2,0	6,0
Lestidae	3,0	3,0	9,0				
<b>Поденки</b>				<b>Поденки</b>			
Caenidae	2,5	3,0	7,5	Caenidae	2,5	3,0	7,5
Vaetidae	2,0	1,0	2,0	Vaetidae	2,0	1,0	2,0
<b>Клопы</b>				<b>Клопы</b>			
Notonectidae	3,0	2,0	6,0	Notonectidae	3,0	2,0	6,0
Corixidae	2,5	1,0	2,5	Corixidae	2,5	1,0	2,5
<b>РУЧЕЙНИКИ</b>				<b>РУЧЕЙНИКИ</b>			
Phryganeidae	2,5	2,0	5,0	Phryganeidae	2,5	2,0	5,0
				Psychomyidae	2,0	3,0	6,0
<b>ЖУКИ</b>				<b>ЖУКИ</b>			
Gyrinidae	2,5	1,0	2,5	Gyrinidae	2,5	1,0	2,5
Hydrophilidae	3,0	1,0	3,0	Hydrophilidae	3,0	1,0	3,0
Chrysomelidae	3,0	1,0	3,0	Chrysomelidae	3,0	1,0	3,0
<b>Двукрылые</b>				<b>Двукрылые</b>			
Simuliidae	2,0	1,0	2,0	Simuliidae	2,0	1,0	2,0
<b>ВИСЛОКРЫЛКИ</b>				<b>ВИСЛОКРЫЛКИ</b>			
Sialidae	2,0	1,0	2,0	Sialidae	2,0	1,0	2,0
<b>РАКООБРАЗНЫЕ</b>				<b>РАКООБРАЗНЫЕ</b>			
Asellidae	3,0	2,0	6,0	Asellidae	3,0	2,0	6,0
<b>БРЮХОНОГИЕ</b>				<b>БРЮХОНОГИЕ</b>			
Planorbidae	3,0	1,0	3,0	Planorbidae	3,0	1,0	3,0
Lymnaeidae	2,5	1,0	2,5	Lymnaeidae	2,5	1,0	2,5
Physidae	3,0	1,0	3,0	Physidae	3,0	1,0	3,0
Viviparidae	2,5	1,0	2,5	Viviparidae	2,5	1,0	2,5
<b>ДВУСТВОРЧАТЫЕ</b>				<b>ДВУСТВОРЧАТЫЕ</b>			
Valvatidae	3,0	1,0	3,0	Valvatidae	3,0	1,0	3,0
Unionidae	2,5	1,0	2,5	Unionidae	2,5	1,0	2,5
Dreissenidae	2,5	1,0	2,5	Dreissenidae	2,5	1,0	2,5
Sphaeriidae	2,5	1,0	2,5	Sphaeriidae	2,5	1,0	2,5
<b>ПИЯВКИ</b>				<b>ПИЯВКИ</b>			
Piscicolidae	2,5	2,0	5,0	Piscicolidae	2,5	2,0	5,0
Glossiphoniidae	2,5	2,0	5,0				
<b>ОЛИГОХЕТЫ</b>				<b>ОЛИГОХЕТЫ</b>			
-				Naididae	2,5	2,0	5,0
<b>Σ</b>		<b>34</b>	<b>91,5</b>	<b>Σ</b>		<b>34</b>	<b>88,5</b>
<b>I = 2,69</b>				<b>I = 2,60</b>			

S – сапробность каждого найденного в пробе индикаторного таксона (от 0 до 4), J – его индикаторный вес (от 1 до 4).

Таблица 3.А Таксономическая структура макрозообентоса в пляжной зоне (точка №3с) Большого Садового пруда (2021-2022 гг.)

2021 г.				2022 г.			
Таксон	S	J	SxJ	Таксон	S	J	SxJ
<b>СТРЕКОЗЫ</b>				<b>СТРЕКОЗЫ</b>			
Corduliidae	2.0	2.0	4.0	Coenagrionidae	3.5	1.0	3.5
Gomphidae	2.0	3.0	6.0	Calopterygidae	2.5	2.0	5.0
<b>Поденки</b>				<b>Поденки</b>			
Vaetidae	2.0	1,0	2.0	Vaetidae	2.0	1,0	2.0
<b>Клопы</b>				<b>Клопы</b>			
Nepidae	2.5	2.0	5.0	Nepidae			
Corixidae	2,5	1,0	2.5	Corixidae	2,5	1,0	2.5
<b>РУЧЕЙНИКИ</b>				<b>РУЧЕЙНИКИ</b>			
Phryganeidae	2.5	2.0	5.0	Phryganeidae	2.5	2.0	5.0
<b>ЖУКИ</b>				<b>ЖУКИ</b>			
Gyrinidae	2.5	1.0	2.5	Gyrinidae	2.5	1.0	2.5
Hydrophilidae	3.0	1.0	3.0				
<b>Двукрылые</b>				<b>Двукрылые</b>			
Simuliidae	2,0	1,0	2.0	Simuliidae	2,0	1,0	2.0
<b>РАКООБРАЗНЫЕ</b>				<b>РАКООБРАЗНЫЕ</b>			
Asellidae	3.0	2.0	6,0	-			
<b>БРЮХОНОГИЕ</b>				<b>БРЮХОНОГИЕ</b>			
Planorbidae	3.0	1,0	3.0	Planorbidae	3.0	1,0	3.0
Lymnaeidae	2.5	1.0	2.5	Lymnaeidae	2.5	1.0	2.5
Viviparidae	2.5	1.0	2.5	Viviparidae	2.5	1.0	2.5
Physidae	-	-	-	Physidae	3.0	1.0	3.0
<b>ДВУСТВОРЧАТЫЕ</b>				<b>ДВУСТВОРЧАТЫЕ</b>			
Unionidae	2.5	1.0	2.5	Unionidae	-	-	-
Dreissenidae	2.5	1.0	2.5	Dreissenidae	2.5	1.0	2.5
Sphaeriidae	2.5	1.0	2.5	Sphaeriidae	2.5	1.0	2.5
<b>ПИЯВКИ</b>				<b>ПИЯВКИ</b>			
Piscicolidae	2.5	2.0	5,0	Piscicolidae	2.5	2.0	5,0
Glossiphoniidae	2.5	2.0	5,0				
<b>ОЛИГОХЕТЫ</b>				<b>ОЛИГОХЕТЫ</b>			
-				Naididae	2.5	2.0	5,0
<b>Σ</b>		<b>26</b>	<b>80,5</b>	<b>Σ</b>		<b>19</b>	<b>48,5</b>
<b>I = 2,44</b>				<b>I = 2,55</b>			

S – сапробность каждого найденного в пробе индикаторного таксона (от 0 до 4), J – его индикаторный вес (от 1 до 4).

Таблица 4.А Таксономическая структура макрозообентоса вблизи исторического парка (точка №4с) Большого Садового пруда (2021-2022 гг.)

2021 г.				2022 г.			
Таксон	S	J	SxJ	Таксон	S	J	SxJ
<b>СТРЕКОЗЫ</b>				<b>СТРЕКОЗЫ</b>			
Lestidae	3,0	3,0	9,0	Lestidae	3,0	3,0	9,0
Coenagrionidae	3,5	1,0	3,5	Coenagrionidae	-	-	-
Libellulidae	3,0	3,0	9,0	Libellulidae	3,0	3,0	9,0
<b>ПОДЕНКИ</b>				<b>ПОДЕНКИ</b>			
Baetidae	2,0	1,0	2,0	Baetidae	2,0	1,0	2,0
Caenidae	2,5	3,0	7,5	Caenidae	2,5	3,0	7,5
Ephemeridae	1,5	2,0	3,0	Ephemeridae	-	-	-
<b>КЛОПЫ</b>				<b>КЛОПЫ</b>			
Notonectidae	3,0	2,0	6,0	Notonectidae	3,0	2,0	6,0
Corixidae	2,5	1,0	2,5	Corixidae	2,5	1,0	2,5
Pleidae	-	-	-	Pleidae	2,5	3,0	7,5
<b>РУЧЕЙНИКИ</b>				<b>РУЧЕЙНИКИ</b>			
				Psychomyidae	2,0	3,0	6,0
<b>ЖУКИ</b>				<b>ЖУКИ</b>			
Hydrophilidae	3,0	1,0	3,0	Hydrophilidae	3,0	1,0	3,0
<b>ДВУКРЫЛЫЕ</b>				<b>ДВУКРЫЛЫЕ</b>			
Simuliidae	2,0	1,0	2,0	Simuliidae	2,0	1,0	2,0
<b>РАКООБРАЗНЫЕ</b>				<b>РАКООБРАЗНЫЕ</b>			
Asellidae	3,0	2,0	6,0	Asellidae	3,0	2,0	6,0
<b>БРЮХОНОГИЕ</b>				<b>БРЮХОНОГИЕ</b>			
Bithyniidae	2,5	1,0	2,5	Bithyniidae	2,5	1,0	2,5
Valvatidae	3,0	1,0	3,0	Valvatidae	3,0	1,0	3,0
Viviparidae	2,5	1,0	2,5	Viviparidae	2,5	1,0	2,5
<b>ДВУСТВОРЧАТЫЕ</b>				<b>ДВУСТВОРЧАТЫЕ</b>			
Sphaeriidae	2,5	1,0	2,5	Sphaeriidae	2,5	1,0	2,5
Dreissenidae	-	-	-	Dreissenidae	2,5	1,0	2,5
<b>ПИЯВКИ</b>				<b>ПИЯВКИ</b>			
Piscicolidae	2,5	2,0	5,0	Piscicolidae	2,5	2,0	5,0
<b>ОЛИГОХЕТЫ</b>				<b>ОЛИГОХЕТЫ</b>			
Naididae	2,5	2,0	5,0	Naididae	2,5	2,0	5,0
<b>Σ</b>		<b>25</b>	<b>65</b>	<b>Σ</b>		<b>32</b>	<b>83,5</b>
<b>I =2.60</b>				<b>I =2.61</b>			

S – сапробность каждого найденного в пробе индикаторного таксона (от 0 до 4), J – его индикаторный вес (от 1 до 4).

Таблица 5.А Таксономическая структура макрозообентоса в зоне рядом с дорогой с активным движением авто- и электротранспорта (точка № 5с) Большого Садового пруда (2021-2022 гг.)

2021 г.				2022 г.			
Таксон	S	J	SxJ	Таксон	S	J	SxJ
<b>СТРЕКОЗЫ</b>				<b>СТРЕКОЗЫ</b>			
Corduliidae	2.0	2.0	4.0	Corduliidae	2.0	2.0	4.0
Gomphidae	2.0	3.0	6.0	Gomphidae	2.0	3.0	6.0
Calopterygidae	2.5	2.0	5.0	Calopterygidae	-	-	-
<b>Поденки</b>				<b>Поденки</b>			
Baetidae	2.0	1,0	2.0	Baetidae	2.0	1,0	2.0
Caenidae	2.5	3.0	6.0	Caenidae	2.5	3.0	7,5
<b>Клопы</b>				<b>Клопы</b>			
Nepidae	2.5	2.0	5.0	Nepidae	2.5	2.0	5.0
Corixidae	2,5	1,0	2.5	-			
<b>РУЧЕЙНИКИ</b>				<b>РУЧЕЙНИКИ</b>			
Phryganeidae	-	-	-	Phryganeidae	2.5	2.0	5.0
Limnephilidae	2.0	1.0	2.0	Limnephilidae	2.0	1.0	2.0
<b>ЖУКИ</b>				<b>ЖУКИ</b>			
Gyrinidae	2.5	1.0	2.5	Gyrinidae	2.5	1.0	2.5
Chrysomelidae	3.0	1.0	3.0				
<b>Двукрылые</b>				<b>Двукрылые</b>			
Simuliidae	-	-	-	Simuliidae	2,0	1,0	2.0
<b>РАКООБРАЗНЫЕ</b>				<b>РАКООБРАЗНЫЕ</b>			
Asellidae	3.0	2.0	6,0	Asellidae	3.0	2.0	6,0
<b>БРЮХОНОГИЕ</b>				<b>БРЮХОНОГИЕ</b>			
Planorbidae	3.0	1,0	3.0	Planorbidae	3.0	1,0	3.0
Lymnaeidae	2.5	1.0	2.5	Lymnaeidae	2.5	1.0	2.5
Viviparidae	2.5	1.0	2.5	Viviparidae	2.5	1.0	2.5
<b>ДВУСТВОРЧАТЫЕ</b>				<b>ДВУСТВОРЧАТЫЕ</b>			
Unionidae	2.5	1.0	2.5	Unionidae	2.5	1.0	2.5
Dreissenidae	2.5	1.0	2.5	Dreissenidae	2.5	1.0	2.5
<b>ПИЯВКИ</b>				<b>ПИЯВКИ</b>			
Piscicolidae	2.5	2.0	5,0	Piscicolidae	2.5	2.0	5,0
Glossiphoniidae	2.5	2.0	5,0	Glossiphoniidae	2.5	2.0	5,0
<b>ОЛИГОХЕТЫ</b>				<b>ОЛИГОХЕТЫ</b>			
Naididae	-	-	-	Naididae	2,5	2,0	5,0
<b>Σ</b>		<b>28</b>	<b>64.0</b>	<b>Σ</b>		<b>29</b>	<b>70</b>
<b>I =2,29</b>				<b>I = 2,41</b>			

S – сапробность каждого найденного в пробе индикаторного таксона (от 0 до 4), J – его индикаторный вес (от 1 до 4).

Таблица 1.Б Таксономическая структура макрозообентоса в зоне рядом с Верхней аллеей (точка №1с) Среднего Фермского пруда (2021-2022 гг.)

2021 г.				2022 г.			
Таксон	S	J	SxJ	Таксон	S	J	SxJ
<b>СТРЕКОЗЫ</b>				<b>СТРЕКОЗЫ</b>			
Coenagrionidae	3,5	1,0	3,5	Coenagrionidae	3,5	1,0	3,5
Libellulidae	-	-	-	Libellulidae	3,0	3,0	9,0
<b>Поденки</b>				<b>Поденки</b>			
Caenidae	2,5	3,0	7,5	Caenidae	2,5	3,0	7,5
<b>Клопы</b>				<b>Клопы</b>			
Nepidae	-	-	-	Nepidae	2,5	2,0	5,0
<b>ЖУКИ</b>				<b>ЖУКИ</b>			
Gyrinidae	2,5	1,0	2,5	Gyrinidae	2,5	1,0	2,5
Dytiscidae	-	-	-	Dytiscidae	2,5	1,0	2,5
<b>Двукрылые</b>				<b>Двукрылые</b>			
Simuliidae	2,0	1,0	2,0	Simuliidae	2,0	1,0	2,0
Muscidae	-	-	-	Muscidae	3,0	2,0	6,0
<b>Двукрылые</b>				<b>Двукрылые</b>			
Simuliidae	2,0	1,0	2,0	Simuliidae	2,0	1,0	2,0
Muscidae	-	-	-	Muscidae	3,0	2,0	6,0
<b>ОЛИГОХЕТЫ</b>				<b>ОЛИГОХЕТЫ</b>			
Naididae	2,5	2,0	5,0	Naididae	2,5	2,0	5,0
<b>Σ</b>		<b>9</b>	<b>22,5</b>	<b>Σ</b>		<b>19</b>	<b>51</b>
<b>I = 2,56</b>				<b>I = 2.69</b>			

S – сапробность каждого найденного в пробе индикаторного таксона (от 0 до 4), J – его индикаторный вес (от 1 до 4).

Таблица 2.Б Таксономическая структура макрозообентоса в зоне вблизи Лиственничной аллеей (точка №2с) Среднего Фермского пруда (2021-2022 гг.)

2021 г.				2022 г.			
Таксон	S	J	SxJ	Таксон	S	J	SxJ
<b>СТРЕКОЗЫ</b>				<b>СТРЕКОЗЫ</b>			
Coenagrionidae	3,5	1,0	3,5	Coenagrionidae	3,5	1,0	3,5
<b>Поденки</b>				<b>Поденки</b>			
Caenidae	2,5	3,0	7,5	Caenidae	2,5	3,0	7,5
<b>Клопы</b>				<b>Клопы</b>			
Notonectidae	3,0	2,0	6,0	Notonectidae	3,0	2,0	6,0
Nepidae	-	-	-	Nepidae	2,5	2,0	5,0
<b>ЖУКИ</b>				<b>ЖУКИ</b>			
Gyrinidae	2,5	1,0	2,5	Gyrinidae	2,5	1,0	2,5
Dytiscidae	-	-	-	Dytiscidae	2,5	1,0	2,5
<b>Двукрылые</b>				<b>Двукрылые</b>			
Simuliidae	2,0	1,0	2,0	Simuliidae	2,0	1,0	2,0
<b>ДВУСТВОРЧАТЫЕ</b>				<b>ДВУСТВОРЧАТЫЕ</b>			
Naididae	2,5	2,0	5,0	Naididae	-	-	-
<b>ОЛИГОХЕТЫ</b>				<b>ОЛИГОХЕТЫ</b>			
Naididae	-	-	-	Naididae	2,5	2,0	5,0
<b>Σ</b>		<b>10</b>	<b>26,5</b>	<b>Σ</b>		<b>13</b>	<b>34</b>
<b>I = 2,65</b>				<b>I = 2,62</b>			

S – сапробность каждого найденного в пробе индикаторного таксона (от 0 до 4), J – его индикаторный вес (от 1 до 4).

Таблица 3.Б Таксономическая структура макрозообентоса в нижней части (точка №3с) Среднего Фермского пруда (2021-2022 гг.)

2021 г.				2022 г.			
Таксон	S	J	SxJ	Таксон	S	J	SxJ
<b>СТРЕКОЗЫ</b>				<b>СТРЕКОЗЫ</b>			
Lestidae	3,0	3,0	9,0	Lestidae	-	-	-
Coenagrionidae	3,5	1,0	3,5	Coenagrionidae	3,5	1,0	3,5
<b>ПОДЕНКИ</b>				<b>ПОДЕНКИ</b>			
Caenidae	2,5	3,0	7,5	Caenidae	2,5	3,0	7,5
<b>КЛОПЫ</b>				<b>КЛОПЫ</b>			
Nepidae	-	-	-	Nepidae	2,5	2,0	5,0
Notonectidae	3,0	2,0	6,0	Notonectidae	3,0	2,0	6,0
<b>ЖУКИ</b>				<b>ЖУКИ</b>			
Hydrophilidae	3,0	1,0	3,0	Hydrophilidae	3,0	1,0	3,0
<b>ДВУКРЫЛЫЕ</b>				<b>ДВУКРЫЛЫЕ</b>			
Simuliidae	2,0	1,0	2,0	Simuliidae	2,0	1,0	2,0
Muscidae	-	-	-	Muscidae	3,0	2,0	6,0
<b>РАКООБРАЗНЫЕ</b>				<b>РАКООБРАЗНЫЕ</b>			
Asellidae	3,0	2,0	6,0	Asellidae	3,0	2,0	6,0
<b>ДВУСТВОРЧАТЫЕ</b>				<b>ДВУСТВОРЧАТЫЕ</b>			
Sphaeriidae	2,5	1,0	2,5	Sphaeriidae	2,5	1,0	2,5
<b>ОЛИГОХЕТЫ</b>				<b>ОЛИГОХЕТЫ</b>			
Naididae	2,5	2,0	5,0	Naididae	2,5	2,0	5,0
<b>Σ</b>		<b>16</b>	<b>44,5</b>	<b>Σ</b>		<b>17</b>	<b>46,5</b>
<b>I = 2,78</b>				<b>I = 2,74</b>			

S – сапробность каждого найденного в пробе индикаторного таксона (от 0 до 4), J – его индикаторный вес (от 1 до 4).

Таблица 4.Б Таксономическая структура макрозообентоса вблизи рекреационной зоны и учебных корпусов (точка №4с) Среднего Фермского пруда (2021-2022 гг.)

2021 г.				2022 г.			
Таксон	S	J	SxJ	Таксон	S	J	SxJ
<b>СТРЕКОЗЫ</b>				<b>СТРЕКОЗЫ</b>			
Corduliidae	2.0	2.0	4.0	Corduliidae	2.0	2.0	4.0
Gomphidae	2.0	3.0	6.0	Gomphidae	2.0	3.0	6.0
<b>Поденки</b>				<b>Поденки</b>			
Caenidae	2,5	3,0	7,5	Caenidae	2,5	3,0	7,5
<b>Клопы</b>				<b>Клопы</b>			
Nepidae	2.5	2.0	5.0	Nepidae	2.5	2.0	5.0
Notonectidae	-	-	-	Notonectidae	3,0	2,0	6,0
<b>ЖУКИ</b>				<b>ЖУКИ</b>			
Dytiscidae	-	-	-	Dytiscidae	2.5	1.0	2.5
Hydrophilidae	3.0	1.0	3.0	Hydrophilidae	3.0	1.0	3.0
<b>Двукрылые</b>				<b>Двукрылые</b>			
Simuliidae	2,0	1,0	2,0	Simuliidae	2,0	1,0	2,0
Muscidae	-	-	-	Muscidae	3.0	2.0	6,0
<b>РАКООБРАЗНЫЕ</b>				<b>РАКООБРАЗНЫЕ</b>			
Asellidae	3.0	2.0	6,0	Asellidae	3.0	2.0	6,0
<b>ДВУСТВОРЧАТЫЕ</b>				<b>ДВУСТВОРЧАТЫЕ</b>			
Sphaeriidae	2.5	1.0	2.5	Sphaeriidae	2.5	1.0	2.5
<b>ПИЯВКИ</b>				<b>ПИЯВКИ</b>			
Piscicolidae	2.5	2.0	5,0	Piscicolidae	2.5	2.0	5,0
<b>ОЛИГОХЕТЫ</b>				<b>ОЛИГОХЕТЫ</b>			
Naididae	2.5	2.0	5,0	Naididae	2.5	2.0	5,0
<b>Σ</b>		<b>19</b>	<b>46</b>	<b>Σ</b>		<b>24</b>	<b>60</b>
<b>I = 2,42</b>				<b>I = 2.52</b>			

S – сапробность каждого найденного в пробе индикаторного таксона (от 0 до 4), J – его индикаторный вес (от 1 до 4).

Таблица 1.С Таксономическая структура макрозообентоса в зоне вблизи Лиственничной аллеей (точка № 1с) Нижнего Фермского пруда (2021-2022 гг.)

2021 г.				2022 г.			
Таксон	S	J	SxJ	Таксон	S	J	SxJ
<b>СТРЕКОЗЫ</b>				<b>СТРЕКОЗЫ</b>			
Coenagrionidae	3,5	1,0	3,5	Coenagrionidae	3,5	1,0	3,5
Lestidae	3,0	3,0	9,0	Lestidae	3,0	3,0	9,0
<b>Поденки</b>				<b>Поденки</b>			
Caenidae	2,5	3,0	7,5	Caenidae	2,5	3,0	7,5
<b>Клопы</b>				<b>Клопы</b>			
Naucoridae	3,0	3,0	9,0	Naucoridae	3,0	3,0	9,0
Nepidae	-	-	-	Nepidae	2,5	2,0	5,0
<b>ЖУКИ</b>				<b>ЖУКИ</b>			
Gyrinidae	2,5	1,0	2,5	Gyrinidae	2,5	1,0	2,5
Halplidae	-	-	-	Halplidae	2,5	1,0	2,5
<b>Двукрылые</b>				<b>Двукрылые</b>			
Simuliidae	2,0	1,0	2,0	Simuliidae	2,0	1,0	2,0
Muscidae	-	-	-	Muscidae	3,0	2,0	6,0
<b>РАКООБРАЗНЫЕ</b>				<b>РАКООБРАЗНЫЕ</b>			
Asellidae	3,0	2,0	6,0	Asellidae	3,0	2,0	6,0
<b>ДВУСТВОРЧАТЫЕ</b>				<b>ДВУСТВОРЧАТЫЕ</b>			
Sphaeriidae	2,5	1,0	2,5	Sphaeriidae	2,5	1,0	2,5
<b>ПИЯВКИ</b>				<b>ПИЯВКИ</b>			
Piscicolidae	2,5	2,0	5,0	Piscicolidae	-	-	-
<b>ОЛИГОХЕТЫ</b>				<b>ОЛИГОХЕТЫ</b>			
Naididae	2,5	2,0	5,0	Naididae	2,5	2,0	5,0
<b>Σ</b>		<b>19</b>	<b>52</b>	<b>Σ</b>		<b>22</b>	<b>60,5</b>
<b>I = 2,74</b>				<b>I = 2,75</b>			

S – сапробность каждого найденного в пробе индикаторного таксона (от 0 до 4), J – его индикаторный вес (от 1 до 4).

Таблица 2.С Таксономическая структура макрозообентоса вблизи рекреационной зоны (точка №2с) Нижнего Фермского пруда (2021-2022 гг.)

2021г				2022г			
Таксон	S	J	SxJ	Таксон	S	J	SxJ
<b>СТРЕКОЗЫ</b>				<b>СТРЕКОЗЫ</b>			
Coenagrionidae	3,5	1.0	3,5	Coenagrionidae	3,5	1.0	3,5
Lestidae	-	-	-	Lestidae	3,0	3,0	9.0
<b>Поденки</b>				<b>Поденки</b>			
Caenidae	2,5	3,0	7,5	Caenidae	2,5	3,0	7,5
<b>Клопы</b>				<b>Клопы</b>			
Notonectidae	3,0	2,0	6,0	Notonectidae	3,0	2,0	6,0
<b>РУЧЕЙНИКИ</b>				<b>РУЧЕЙНИКИ</b>			
Limnephilidae	2.0	1.0	2.0	Limnephilidae	2.0	1.0	2.0
<b>ЖУКИ</b>				<b>ЖУКИ</b>			
Gyrinidae	2.5	1.0	2.5	Gyrinidae	2.5	1.0	2.5
<b>Двукрылые</b>				<b>Двукрылые</b>			
Simuliidae	2,0	1,0	2.0	Muscidae	3.0	2.0	6,0
<b>РАКООБРАЗНЫЕ</b>				<b>РАКООБРАЗНЫЕ</b>			
Asellidae	-	-	-	Asellidae	3,0	2,0	6.0
<b>ДВУСТВОРЧАТЫЕ</b>				<b>ДВУСТВОРЧАТЫЕ</b>			
Sphaeriidae	2.5	1.0	2.5	Sphaeriidae	2.5	1.0	2.5
<b>ПИЯВКИ</b>				<b>ПИЯВКИ</b>			
Piscicolidae	2.5	2.0	5,0	Piscicolidae	2.5	2.0	5,0
<b>ОЛИГОХЕТЫ</b>				<b>ОЛИГОХЕТЫ</b>			
Naididae	2.5	2.0	5,0	Naididae	2.5	2.0	5,0
<b>Σ</b>		<b>14</b>	<b>36</b>	<b>Σ</b>		<b>20</b>	<b>55</b>
<b>I = 2,57</b>				<b>I = 2,75</b>			

S – сапробность каждого найденного в пробе индикаторного таксона (от 0 до 4), J – его индикаторный вес (от 1 до 4).

Таблица 3.С Таксономическая структура макрозообентоса в зоне вблизи опытный полей (точка №3с) Нижнего Фермского пруда (2021-2022 гг.)

2021 г.				2022 г.			
Таксон	S	J	SxJ	Таксон	S	J	SxJ
<b>СТРЕКОЗЫ</b>				<b>СТРЕКОЗЫ</b>			
Lestidae	3,0	3,0	9,0	Lestidae	-	-	-
Coenagrionidae	3,5	1,0	3,5	Coenagrionidae	3,5	1,0	3,5
<b>ПОДЕНКИ</b>				<b>ПОДЕНКИ</b>			
Baetidae	2,0	1,0	2,0	Caenidae	2,5	3,0	7,5
Caenidae	2,5	3,0	7,5				
<b>КЛОПЫ</b>				<b>КЛОПЫ</b>			
Notonectidae	3,0	2,0	6,0	Notonectidae	3,0	2,0	6,0
<b>РУЧЕЙНИКИ</b>				<b>РУЧЕЙНИКИ</b>			
Phryganeidae	2,5	2,0	5,0	Phryganeidae	2,5	2,0	5,0
<b>ЖУКИ</b>				<b>ЖУКИ</b>			
Hydrophilidae	3,0	1,0	3,0	Hydrophilidae	3,0	1,0	3,0
<b>ДВУКРЫЛЫЕ</b>				<b>ДВУКРЫЛЫЕ</b>			
Simuliidae	2,0	1,0	2,0	Simuliidae	2,0	1,0	2,0
				Muscidae	3,0	2,0	6,0
<b>РАКООБРАЗНЫЕ</b>				<b>РАКООБРАЗНЫЕ</b>			
Asellidae	3,0	2,0	6,0	Asellidae	3,0	2,0	6,0
<b>БРЮХОНОГИЕ</b>				<b>БРЮХОНОГИЕ</b>			
Lymnaeidae	2,5	1,0	2,5	Planorbidae	3,0	1,0	3,0
<b>ДВУСТВОРЧАТЫЕ</b>				<b>ДВУСТВОРЧАТЫЕ</b>			
Sphaeriidae	-	-	-	Sphaeriidae	2,5	1,0	2,5
<b>ОЛИГОХЕТЫ</b>				<b>ОЛИГОХЕТЫ</b>			
Naididae	2,5	2,0	5,0	Naididae	2,5	2,0	5,0
<b>Σ</b>		<b>19</b>	<b>51,5</b>	<b>Σ</b>		<b>18</b>	<b>49,5</b>
<b>I = 2,71</b>				<b>I = 2,75</b>			

S – сапробность каждого найденного в пробе индикаторного таксона (от 0 до 4), J – его индикаторный вес (от 1 до 4).

Таблица 4.С Таксономическая структура макрозообентоса вблизи рекреационной зоны (точка №4с) Нижнего Фермского пруда (2021-2022 гг.)

2021 г.				2022 г.			
Таксон	S	J	SxJ	Таксон	S	J	SxJ
<b>СТРЕКОЗЫ</b>				<b>СТРЕКОЗЫ</b>			
Corduliidae	2.0	2.0	4.0	Lestidae	3.0	3.0	9.0
Gomphidae	2.0	3.0	6.0	Gomphidae	2.0	3.0	6.0
<b>Поденки</b>				<b>Поденки</b>			
Caenidae	2,5	3,0	7,5	Caenidae	2,5	3,0	7,5
<b>Клопы</b>				<b>Клопы</b>			
Nepidae	2.5	2.0	5.0	Nepidae	2.5	2.0	5.0
<b>РУЧЕЙНИКИ</b>				<b>РУЧЕЙНИКИ</b>			
Phryganeidae	2.5	2.0	5.0	Phryganeidae	2.5	2.0	5.0
<b>ЖУКИ</b>				<b>ЖУКИ</b>			
Hydrophilidae	-	-	-	Hydrophilidae	3,0	1,0	3,0
<b>Двукрылые</b>				<b>Двукрылые</b>			
Simuliidae	2,0	1,0	2.0	Simuliidae	2,0	1,0	2.0
<b>ВИСЛОКРЫЛКИ</b>				<b>ВИСЛОКРЫЛКИ</b>			
Sialidae	2,0	1,0		Sialidae	2,0	1,0	
<b>РАКООБРАЗНЫЕ</b>				<b>РАКООБРАЗНЫЕ</b>			
Asellidae	3.0	2.0	6,0	Asellidae	3.0	2.0	6,0
<b>ДВУСТВОРЧАТЫЕ</b>				<b>ДВУСТВОРЧАТЫЕ</b>			
Sphaeriidae	2.5	1.0	2.5	Sphaeriidae	2.5	1.0	2.5
<b>ПИЯВКИ</b>				<b>ПИЯВКИ</b>			
Piscicolidae	2.5	2.0	5,0	Piscicolidae	2.5	2.0	5,0
<b>ОЛИГОХЕТЫ</b>				<b>ОЛИГОХЕТЫ</b>			
Naididae	2.5	2.0	5,0	Naididae	2.5	2.0	5,0
<b>Σ</b>		<b>21</b>	<b>48</b>	<b>Σ</b>		<b>23</b>	<b>56</b>
<b>I = 2,29</b>				<b>I= 2 ,43</b>			

S – сапробность каждого найденного в пробе индикаторного таксона (от 0 до 4), J – его индикаторный вес (от 1 до 4).

Таблица 1.Д Список макрозообентоса в приплотинной части пруда вблизи водосбора (точка №1с) Большого Головинского пруда (2021-2022 гг.)

2021 г.				2022 г.			
Таксон	S	J	SxJ	Таксон	S	J	SxJ
<b>СТРЕКОЗЫ</b>				<b>СТРЕКОЗЫ</b>			
Calopterygidae	2.5	2.0	5.0	Calopterygidae	2.5	2.0	5.0
Gomphidae	2.0	3.0	6.0	Gomphidae	2.0	3.0	6.0
Lestidae	-	-	-	Lestidae	3.0	3.0	9,0
<b>Поденки</b>				<b>Поденки</b>			
Baetidae	2.0	1,0	2.0	Baetidae	2.0	1,0	2.0
Caenidae	-	-	-	Caenidae	2,5	3,0	7,5
<b>Клопы</b>				<b>Клопы</b>			
Notonectidae	3,0	2,0	6,0	Notonectidae	-	-	-
Corixidae	2,5	1,0	2.5	Corixidae	2,5	1,0	2.5
Naucoridae	3.0	3.0	9.0	Naucoridae	3.0	3.0	9.0
<b>РУЧЕЙНИКИ</b>				<b>РУЧЕЙНИКИ</b>			
Phryganeidae	2.5	2.0	5.0	Phryganeidae	2.5	2.0	5.0
<b>ЖУКИ</b>				<b>ЖУКИ</b>			
Gyrinidae	2.5	1.0	2.5	Gyrinidae	2.5	1.0	2.5
Hydrophilidae	3.0	1.0	3.0	Hydrophilidae	3.0	1.0	3.0
Chrysomelidae	3.0	1.0	3.0	Chrysomelidae	-	-	-
<b>Двукрылые</b>				<b>Двукрылые</b>			
Simuliidae	2,0	1,0	2.0	Simuliidae	2,0	1,0	2.0
<b>ВИСЛОКРЫЛКИ</b>				<b>ВИСЛОКРЫЛКИ</b>			
Sialidae	2.0	1.0	2.0	Sialidae	-	-	-
<b>РАКООБРАЗНЫЕ</b>				<b>РАКООБРАЗНЫЕ</b>			
Asellidae	3.0	2.0	6,0	Asellidae	3.0	2.0	6,0
<b>БРЮХОНОГИЕ</b>				<b>БРЮХОНОГИЕ</b>			
Planorbidae	3.0	1,0	3.0	Planorbidae	3.0	1,0	3.0
Lymnaeidae	2.5	1.0	2.5	Lymnaeidae	2.5	1.0	2.5
Viviparidae	2.5	1.0	2.5	Viviparidae	2.5	1.0	2.5
Bithyniidae	2.5	1.0	2.5	Bithyniidae	2.5	1.0	2.5
Valvatidae	3.0	1.0	3.0	Valvatidae	3.0	1.0	3.0
<b>ДВУСТВОРЧАТЫЕ</b>				<b>ДВУСТВОРЧАТЫЕ</b>			
Unionidae	2.5	1.0	2.5	Unionidae	2.5	1.0	2.5
Dreissenidae	2.5	1.0	2.5	Dreissenidae	2.5	1.0	2.5
Sphaeriidae	2.5	1.0	2.5	Sphaeriidae	2.5	1.0	2.5
<b>ПИЯВКИ</b>				<b>ПИЯВКИ</b>			
Piscicolidae	2.5	2.0	5,0	Piscicolidae	2.5	2.0	5,0
Glossiphoniidae	2.5	2.0	5,0				
<b>ОЛИГОХЕТЫ</b>				<b>ОЛИГОХЕТЫ</b>			
Naididae	2.5	2.0	5.0	Naididae	2.5	2.0	5.0
<b>Σ</b>		<b>35</b>	<b>90</b>	<b>Σ</b>		<b>35</b>	<b>90,5</b>
<b>I = 2,57</b>				<b>I = 2,59</b>			

Таблица 2.Д Список макрозообентоса в верхней части пруда вблизи берега (точка №2с) Большого Головинского пруда (2021-2022 гг.)

2021 г.				2022 г.			
Таксон	S	J	SxJ	Таксон	S	J	SxJ
<b>СТРЕКОЗЫ</b>				<b>СТРЕКОЗЫ</b>			
Calopterygidae	2.5	2.0	5.0	Calopterygidae	2.5	2.0	5.0
Gomphidae	2.0	3.0	6.0	Gomphidae	2.0	3.0	6.0
<b>Поденки</b>				<b>Поденки</b>			
Caenidae	2,5	3,0	7,5	Caenidae	2,5	3,0	7,5
Baetidae	-	-	-	Baetidae	2.0	1,0	2.0
<b>Клопы</b>				<b>Клопы</b>			
Notonectidae	3,0	2,0	6,0	Notonectidae	3,0	2,0	6,0
Naucoridae 3.0	3.0	3.0	9.0	Naucoridae 3.0	3.0	3.0	9.0
<b>РУЧЕЙНИКИ</b>				<b>РУЧЕЙНИКИ</b>			
Phryganeidae	2.5	2.0	5.0	Phryganeidae	2.5	2.0	5.0
Limnephilidae	2.0	1.0	2.0	Limnephilidae	2.0	1.0	2.0
<b>ЖУКИ</b>				<b>ЖУКИ</b>			
Haliplidae	2.5	1.0	2.5	Dytiscidae	2.5	1.0	2.5
Dytiscidae	-	-	-	Haliplidae	2.5	1.0	2.5
<b>РАКООБРАЗНЫЕ</b>				<b>РАКООБРАЗНЫЕ</b>			
Asellidae	3.0	2.0	6,0	Asellidae	3.0	2.0	6,0
<b>БРЮХОНОГИЕ</b>				<b>БРЮХОНОГИЕ</b>			
Planorbidae	3.0	1,0	3.0	Planorbidae	3.0	1,0	3.0
Lymnaeidae	2.5	1.0	2.5	Lymnaeidae	-	-	-
Bithyniidae	2.5	1.0	2.5	Bithyniidae	2.5	1.0	2.5
Viviparidae	2.5	1.0	2.5	Viviparidae	2.5	1.0	2.5
<b>ДВУСТВОРЧАТЫЕ</b>				<b>ДВУСТВОРЧАТЫЕ</b>			
Unionidae	2.5	1.0	2.5	Unionidae	2.5	1.0	2.5
Sphaeriidae	2.5	1.0	2.5	Sphaeriidae	2.5	1.0	2.5
<b>ПИЯВКИ</b>				<b>ПИЯВКИ</b>			
Piscicolidae	2.5	2.0	5,0	Piscicolidae	2.5	2.0	5,0
Glossiphoniidae	2.5	2.0	5,0				
<b>ОЛИГОХЕТЫ</b>				<b>ОЛИГОХЕТЫ</b>			
Naididae	2.5	2.0	5.0	Naididae	2.5	2.0	5.0
<b>Σ</b>		<b>31</b>	<b>79,5</b>	<b>Σ</b>		<b>30</b>	<b>76,5</b>
<b>I = 2,56</b>				<b>I = 2,55</b>			

S – сапробность каждого найденного в пробе индикаторного таксона (от 0 до 4), J – его индикаторный вес (от 1 до 4).

Таблица 3.Д Таксономическая структура макрозообентоса в зоне пляжа (точка № 3с) Большого Головинского пруда (2021-2022 гг.)

2021 г.				2022 г.			
Таксон	S	J	SxJ	Таксон	S	J	SxJ
<b>СТРЕКОЗЫ</b>				<b>СТРЕКОЗЫ</b>			
Coenagrionidae	3,5	1.0	3,5	Coenagrionidae	3,5	1.0	3,5
Lestidae	3,0	3,0	9.0	Lestidae	3,0	3,0	9.0
Libellulidae	3.0	3.0	9.0	Libellulidae	3.0	3.0	9.0
Calopterygidae	2.5	2.0	5.0	Calopterygidae	-	-	-
<b>Поденки</b>				<b>Поденки</b>			
Caenidae	2,5	3,0	7,5	Caenidae	2,5	3,0	7,5
Baetidae	-	-	-	Baetidae	2.0	1,0	2.0
<b>Клопы</b>				<b>Клопы</b>			
Notonectidae	3,0	2,0	6,0	Notonectidae	-	-	-
Corixidae	2,5	1,0	2,5	Corixidae	2,5	1,0	2,5
Naucoridae	3.0	3.0	9.0	Naucoridae	3.0	3.0	9.0
<b>РУЧЕЙНИКИ</b>				<b>РУЧЕЙНИКИ</b>			
Phryganeidae	2.5	2.0	5.0	Phryganeidae	2.5	2.0	5.0
<b>ЖУКИ</b>				<b>ЖУКИ</b>			
Gyrinidae	2.5	1.0	2.5	Gyrinidae	2.5	1.0	2.5
Haliplidae	2.5	1.0	2.5	Haliplidae	2.5	1.0	2.5
<b>РАКООБРАЗНЫЕ</b>				<b>РАКООБРАЗНЫЕ</b>			
Asellidae	3.0	2.0	6,0	Asellidae	3.0	2.0	6,0
<b>БРЮХОНОГИЕ</b>				<b>БРЮХОНОГИЕ</b>			
Planorbidae	3.0	1,0	3.0	Planorbidae	3.0	1,0	3.0
Lymnaeidae	2.5	1.0	2.5	Lymnaeidae	2.5	1.0	2.5
Viviparidae	2.5	1.0	2.5	Viviparidae	2.5	1.0	2.5
Valvatidae	3.0	1.0	3.0	Valvatidae	3.0	1.0	3.0
<b>ДВУСТВОРЧАТЫЕ</b>				<b>ДВУСТВОРЧАТЫЕ</b>			
Unionidae	2.5	1.0	2.5	Unionidae	2.5	1.0	2.5
Dreissenidae	2.5	1.0	2.5	Sphaeriidae	2.5	1.0	2.5
Sphaeriidae	2.5	1.0	2.5	Sphaeriidae	-	-	-
<b>ПИЯВКИ</b>				<b>ПИЯВКИ</b>			
Piscicolidae	2.5	2.0	5,0	Piscicolidae	2.5	2.0	5,0
Glossiphoniidae	2.5	2.0	5,0	Glossiphoniidae	2.5	2.0	5,0
<b>ОЛИГОХЕТЫ</b>				<b>ОЛИГОХЕТЫ</b>			
Naididae	2.5	2.0	5,0	Naididae	2.5	2.0	5,0
<b>Σ</b>		<b>37</b>	<b>101</b>	<b>Σ</b>		<b>33</b>	<b>89,5</b>
<b>I = 2,73</b>				<b>I = 2,71</b>			

S – сапробность каждого найденного в пробе индикаторного таксона (от 0 до 4), J – его индикаторный вес (от 1 до 4).

Таблица 4.Д Таксономическая структура макрозообентоса в зоне между плотину и пляж (точка №4с) Большого Головинского пруда (2021-2022 гг.)

2021 г.				2022 г.			
Таксон	S	J	SxJ	Таксон	S	J	SxJ
<b>СТРЕКОЗЫ</b>				<b>СТРЕКОЗЫ</b>			
Coenagrionidae	3,5	1.0	3,5	Coenagrionidae	3,5	1.0	3,5
Plathycnemididae	3.0	2.0	6.0	Plathycnemididae	3.0	2.0	6.0
Lestidae	3,0	3,0	9.0	Lestidae	3,0	3,0	9.0
Calopterygidae	2.5	2.0	5,0	Calopterygidae	2.5	2.0	5,0
Gomphidae	2.0	3.0	6,0	Gomphidae	-	-	-
<b>Поденки</b>				<b>Поденки</b>			
Caenidae	2,5	3,0	7,5	Caenidae	2,5	3,0	7,5
<b>Клопы</b>				<b>Клопы</b>			
Notonectidae	3,0	2,0	6,0	Notonectidae	3,0	2,0	6,0
Corixidae	2,5	1,0	2.5	Corixidae	2,5	1,0	2.5
Naucoridae	3.0	3.0	9.0	Naucoridae	3.0	3.0	9.0
<b>РУЧЕЙНИКИ</b>				<b>РУЧЕЙНИКИ</b>			
Phryganeidae	2.5	2.0	5.0	Phryganeidae	2.5	2.0	5.0
<b>ЖУКИ</b>				<b>ЖУКИ</b>			
Gyrinidae	2.5	1.0	2.5	Gyrinidae	2.5	1.0	2.5
Chrysomelidae	3.0	1.0	3.0	Chrysomelidae	3.0	1.0	3.0
Haliplidae	2.5	1.0	2.5	Haliplidae	-	-	-
<b>Двукрылые</b>				<b>Двукрылые</b>			
Muscidae	-	-	-	Muscidae	3.0	2.0	6.0
Simuliidae	-	-	-	Simuliidae	2,0	1,0	2.0
<b>РАКООБРАЗНЫЕ</b>				<b>РАКООБРАЗНЫЕ</b>			
Asellidae	3.0	2.0	6,0	Asellidae	3.0	2.0	6,0
<b>БРЮХОНОГИЕ</b>				<b>БРЮХОНОГИЕ</b>			
Planorbidae	3.0	1,0	3.0	Planorbidae	3.0	1,0	3.0
Lymnaeidae	2.5	1.0	2.5	Lymnaeidae	2.5	1.0	2.5
Viviparidae	2.5	1.0	2.5	Viviparidae	2.5	1.0	2.5
Bithyniidae	2.5	1.0	2,5	Bithyniidae	2.5	1.0	2,5
Valvatidae	3.0	1.0	3.0	Valvatidae	3.0	1.0	3.0
<b>ДВУСТВОРЧАТЫЕ</b>				<b>ДВУСТВОРЧАТЫЕ</b>			
Unionidae	2.5	1.0	2.5	Unionidae	2.5	1.0	2.5
Dreissenidae	2.5	1.0	2.5	Dreissenidae	2.5	1.0	2.5
Sphaeriidae	2.5	1.0	2.5	Sphaeriidae	2.5	1.0	2.5
<b>ПИЯВКИ</b>				<b>ПИЯВКИ</b>			
Piscicolidae	2.5	2.0	5,0	Piscicolidae	2.5	2.0	5,0
Glossiphoniidae	2.5	2.0	5,0				
<b>ОЛИГОХЕТЫ</b>				<b>ОЛИГОХЕТЫ</b>			
Naididae	2.5	2.0	5.0	Naididae	2.5	2.0	5.0
<b>Σ</b>		<b>41</b>	<b>109,5</b>	<b>Σ</b>		<b>37</b>	<b>104</b>
<b>I = 2,67</b>				<b>I = 2,81</b>			

S – сапробность каждого найденного в пробе индикаторного таксона (от 0 до 4), J – его индикаторный вес (от 1 до 4).

Приложение Е

Таблица 1.Е Таксономическая структура макрозообентоса в зоне на берегу с зелёными насаждениями (точка №1с) Малого Головинского пруда (2021-2022 гг.)

2021 г.				2022 г.			
Таксон	S	J	SxJ	Таксон	S	J	SxJ
<b>СТРЕКОЗЫ</b>				<b>СТРЕКОЗЫ</b>			
Gomphidae	2.0	3.0	6.0	Gomphidae	2.0	3.0	6.0
Libellulidae	3.0	3.0	9.0				
<b>Поденки</b>				<b>Поденки</b>			
Caenidae	2.5	3.0	7.5	Caenidae	2.5	3.0	7.5
<b>Клопы</b>				<b>Клопы</b>			
Notonectidae	3.0	2.0	6.0	Notonectidae	-	-	-
Corixidae	2.5	1.0	2.5	Corixidae	2.5	1.0	2.5
<b>РУЧЕЙНИКИ</b>				<b>РУЧЕЙНИКИ</b>			
Phryganeidae	2.5	2.0	5.0	Phryganeidae	2.5	2.0	5.0
<b>ЖУКИ</b>				<b>ЖУКИ</b>			
Gyrinidae	2.5	1.0	2.5	Gyrinidae	2.5	1.0	2.5
Chrysomelidae	3.0	1.0	3.0	Chrysomelidae	-	-	-
<b>Двукрылые</b>				<b>Двукрылые</b>			
Muscidae	-	--		Muscidae	3.0	2.0	6.0
<b>РАКООБРАЗНЫЕ</b>				<b>РАКООБРАЗНЫЕ</b>			
Asellidae	3.0	2.0	6.0	Asellidae	3.0	2.0	6.0
<b>БРЮХОНОГИЕ</b>				<b>БРЮХОНОГИЕ</b>			
Planorbidae	3.0	1.0	3.0	Planorbidae	3.0	1.0	3.0
Lymnaeidae	2.5	1.0	2.5	Lymnaeidae	2.5	1.0	2.5
Valvatidae	3.0	1.0	3.0	Valvatidae	3.0	1.0	3.0
Viviparidae	2.5	1.0	2.5	Viviparidae	2.5	1.0	2.5
<b>ДВУСТВОРЧАТЫЕ</b>				<b>ДВУСТВОРЧАТЫЕ</b>			
Unionidae	2.5	1.0	2.5	Unionidae	2.5	1.0	2.5
Dreissenidae	2.5	1.0	2.5	Sphaeriidae	2.5	1.0	2.5
Sphaeriidae	2.5	1.0	2.5				
<b>ПИЯВКИ</b>				<b>ПИЯВКИ</b>			
Piscicolidae	2.5	2.0	5.0	Piscicolidae	2.5	2.0	5.0
<b>ОЛИГОХЕТЫ</b>				<b>ОЛИГОХЕТЫ</b>			
Naididae	2.5	2.0	5.0	Naididae	2.5	2.0	5.0
<b>Σ</b>		<b>29</b>	<b>76</b>	<b>Σ</b>		<b>24</b>	<b>61,5</b>
<b>I = 2,62</b>				<b>I = 2,56</b>			

S – сапробность каждого найденного в пробе индикаторного таксона (от 0 до 4), J – его индикаторный вес (от 1 до 4).

Таблица 2.Е Таксономическая структура макрозообентоса в зоне верхней часть пруда с зелёными насаждениями (точка № 2с) Малого Головинского пруда (2021-2022 гг.)

2021 г.				2022 г.			
Таксон	S	J	SxJ	Таксон	S	J	SxJ
<b>СТРЕКОЗЫ</b>				<b>СТРЕКОЗЫ</b>			
Calopterygidae	2.5	2.0	5.0	Calopterygidae	2.5	2.0	5.0
Gomphidae	2.0	3.0	6.0	Gomphidae	2.0	3.0	6.0
Lestidae	3.0	3.0	9.0				
<b>Поденки</b>				<b>Поденки</b>			
Baetidae	2.0	1,0	2.0	Baetidae	2.0	1,0	2.0
Caenidae	2.5	3.0	7.5	Caenidae	2.5	3.0	7.5
<b>Клопы</b>				<b>Клопы</b>			
Notonectidae	3,0	2,0	6,0	Notonectidae	3,0	2,0	6,0
Corixidae	2,5	1,0	2,5	Corixidae	2,5	1,0	2,5
Nepidae	2.5	2.0	5.0	Nepidae	2.5	2.0	5.0
<b>РУЧЕЙНИКИ</b>				<b>РУЧЕЙНИКИ</b>			
Phryganeidae	2.5	2.0	5.0	Phryganeidae	2.5	2.0	5.0
<b>ЖУКИ</b>				<b>ЖУКИ</b>			
Gyrinidae	2.5	1.0	2.5	Hydrophilidae	3.0	1.0	3.0
Hydrophilidae	3.0	1.0	3.0	Chrysomelidae	3.0	1.0	3.0
Chrysomelidae	3.0	1.0	3.0	Gyrinidae	-	-	-
<b>Двукрылые</b>				<b>Двукрылые</b>			
Muscidae	3.0	2.0	6.0	Muscidae	3.0	2.0	6.0
<b>РАКООБРАЗНЫЕ</b>				<b>РАКООБРАЗНЫЕ</b>			
Asellidae	3.0	2.0	6,0	Asellidae	3.0	2.0	6,0
<b>БРЮХОНОГИЕ</b>				<b>БРЮХОНОГИЕ</b>			
Pisidiidae	3.0	1.0	3.0	Pisidiidae	3.0	1.0	3.0
Planorbidae	3.0	1,0	3.0	Planorbidae	3.0	1,0	3.0
Lymnaeidae	2.5	1.0	2.5	Lymnaeidae	2.5	1.0	2.5
Valvatidae	3.0	1.0	3.0	Valvatidae	3.0	1.0	3.0
Viviparidae	2.5	1.0	2.5	Viviparidae	2.5	1.0	2.5
<b>ДВУСТВОРЧАТЫЕ</b>				<b>ДВУСТВОРЧАТЫЕ</b>			
Unionidae	2.5	1.0	2.5	Unionidae	2.5	1.0	2.5
Dreissenidae	2.5	1.0	2.5	Dreissenidae	2.5	1.0	2.5
Sphaeriidae	2.5	1.0	2.5	Sphaeriidae	2.5	1.0	2.5
<b>ПИЯВКИ</b>				<b>ПИЯВКИ</b>			
Piscicolidae	2.5	2.0	5,0	Piscicolidae	2.5	2,0	5,0
Glossiphoniidae	2.5	2.0	5,0	Glossiphoniidae	-	-	-
<b>ОЛИГОХЕТЫ</b>				<b>ОЛИГОХЕТЫ</b>			
Naididae	-	-	-	Naididae	2.5	2,0	5,0
<b>Σ</b>		<b>38</b>	<b>100</b>	<b>Σ</b>		<b>34</b>	<b>88,4</b>
<b>I = 2,63</b>				<b>I = 2,60</b>			

S – сапробность каждого найденного в пробе индикаторного таксона (от 0 до 4), J – его индикаторный вес (от 1 до 4).

Таблица 3.Е Таксономическая структура макрозообентоса в зоне на берегу вблизи пешеходной дороги (точка № 3с) Малого Головинского пруда (2021-2022 гг.)

2021 г.				2022 г.			
Таксон	S	J	SxJ	Таксон	S	J	SxJ
<b>СТРЕКОЗЫ</b>				<b>СТРЕКОЗЫ</b>			
Calopterygidae	2.5	2.0	5.0	Calopterygidae	2.5	2.0	5.0
Gomphidae	2.0	3.0	6.0	Gomphidae	2.0	3.0	6.0
Libellulidae	3,0	3,0	9.0	Libellulidae	-	-	-
<b>Поденки</b>				<b>Поденки</b>			
Baetidae	2.0	1,0	2.0	Baetidae	2.0	1,0	2.0
<b>Клопы</b>				<b>Клопы</b>			
Corixidae	2,5	1,0	2.5	Corixidae	2,5	1,0	2.5
Naucoridae	3.0	3.0	9.0	Naucoridae	3.0	3.0	9.0
<b>РУЧЕЙНИКИ</b>				<b>РУЧЕЙНИКИ</b>			
Phryganeidae	2.5	2.0	5.0	Phryganeidae	2.5	2.0	5.0
<b>ЖУКИ</b>				<b>ЖУКИ</b>			
Gyrinidae	2.5	1.0	2.5	Gyrinidae	-	-	-
Hydrophilidae	3.0	1.0	3.0	Hydrophilidae	3.0	1.0	3.0
<b>ВИСЛОКРЫЛКИ</b>				<b>ВИСЛОКРЫЛКИ</b>			
Sialidae	-	-	-	Sialidae	2,0	1,0	2,0
<b>РАКООБРАЗНЫЕ</b>				<b>РАКООБРАЗНЫЕ</b>			
Asellidae	3.0	2.0	6,0	Asellidae	-	-	-
<b>БРЮХОНОГИЕ</b>				<b>БРЮХОНОГИЕ</b>			
Planorbidae	3.0	1,0	3.0	Planorbidae	3.0	1,0	3.0
Lymnaeidae	2.5	1.0	2.5	Lymnaeidae	2.5	1.0	2.5
Viviparidae	2.5	1.0	2.5	Viviparidae	2.5	1.0	2.5
Bithyniidae	2.5	1.0	2.5	Bithyniidae	2.5	1.0	2.5
Valvatidae	3.0	1.0	3.0	Valvatidae	-	-	-
<b>ДВУСТВОРЧАТЫЕ</b>				<b>ДВУСТВОРЧАТЫЕ</b>			
Dreissenidae	2.5	1.0	2.5	Dreissenidae	2.5	1.0	2.5
Sphaeriidae	2.5	1.0	2.5	Sphaeriidae	2.5	1.0	2.5
<b>ПИЯВКИ</b>				<b>ПИЯВКИ</b>			
Piscicolidae	2.5	2.0	5,0	Piscicolidae	2.5	2.0	5,0
Glossiphoniidae	2.5	2.0	5,0	Glossiphoniidae	-	-	-
<b>ОЛИГОХЕТЫ</b>				<b>ОЛИГОХЕТЫ</b>			
Naididae	2.5	2.0	5.0	Naididae	2.5	2.0	5.0
<b>Σ</b>		<b>32</b>	<b>83,5</b>	<b>Σ</b>		<b>24</b>	<b>60</b>
<b>I =2,61</b>				<b>I = 2,50</b>			

S – сапробность каждого найденного в пробе индикаторного таксона (от 0 до 4), J – его индикаторный вес (от 1 до 4).

Таблица 4.Е Таксономическая структура макрозообентоса в зоне вблизи пешеходного моста (точка №4с) Малого Головинского пруда (2021-2022 гг.)

2021 г.				2022 г.			
Таксон	S	J	SxJ	Таксон	S	J	SxJ
<b>СТРЕКОЗЫ</b>				<b>СТРЕКОЗЫ</b>			
Gomphidae	2.0	3.0	6.0	Gomphidae	2.0	3.0	6.0
Libellulidae	3,0	3,0	9.0	Libellulidae	3,0	3,0	9.0
<b>Поденки</b>				<b>Поденки</b>			
Caenidae	2.5	3.0	7.5	Caenidae	2.5	3.0	7.5
Baetidae	-	-	-	Baetidae	2,0	1,0	2,0
<b>Клопы</b>				<b>Клопы</b>			
Notonectidae	3,0	2,0	6,0	Notonectidae	3,0	2,0	6,0
Corixidae	2,5	1,0	2,5	Corixidae	-	-	-
Naucoridae	3.0	3.0	9.0	Naucoridae	3.0	3.0	9.0
<b>ЖУКИ</b>				<b>ЖУКИ</b>			
Gyrinidae	2.5	1.0	2.5	Gyrinidae	2.5	1.0	2.5
Hydrophilidae	3.0	1.0	3.0	Hydrophilidae	3.0	1.0	3.0
<b>РАКООБРАЗНЫЕ</b>				<b>РАКООБРАЗНЫЕ</b>			
Asellidae	3.0	2.0	6,0	Asellidae	3.0	2.0	6,0
<b>БРЮХОНОГИЕ</b>				<b>БРЮХОНОГИЕ</b>			
Planorbidae	3.0	1,0	3.0	Planorbidae	3.0	1,0	3.0
Lymnaeidae	2.5	1.0	2.5	Lymnaeidae	2.5	1.0	2.5
Viviparidae	2.5	1.0	2.5	Viviparidae	2.5	1.0	2.5
Bithyniidae	2.5	1.0	2.5	Bithyniidae	2.5	1.0	2.5
Valvatidae	3.0	1.0	3.0	Valvatidae	3.0	1.0	3.0
<b>ДВУСТВОРЧАТЫЕ</b>				<b>ДВУСТВОРЧАТЫЕ</b>			
Unionidae	2.5	1.0	2.5	Unionidae	2.5	1.0	2.5
Dreissenidae	2.5	1.0	2.5	Dreissenidae	2.5	1.0	2.5
Sphaeriidae	2.5	1.0	2.5	Sphaeriidae	2.5	1.0	2.5
<b>ПИЯВКИ</b>				<b>ПИЯВКИ</b>			
Piscicolidae	2.5	2.0	5,0	Piscicolidae	2.5	2.0	5,0
Glossiphoniidae	2.5	2.0	5,0	Glossiphoniidae	-	-	-
<b>ОЛИГОХЕТЫ</b>				<b>ОЛИГОХЕТЫ</b>			
Naididae	2.5	2.0	5.0	Naididae	2.5	2.0	5.0
<b>Σ</b>		<b>33</b>	<b>87,5</b>	<b>Σ</b>		<b>31</b>	<b>82</b>
<b>I =2,65</b>				<b>I = 2,65</b>			

S – сапробность каждого найденного в пробе индикаторного таксона (от 0 до 4), J – его индикаторный вес (от 1 до 4).