

На правах рукописи



ТУШИНА АЛЕКСАНДРА СЕРГЕЕВНА

**ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА МАЛЫХ ВОДОЕМОВ ГОРОДА
НОВОСИБИРСКА**

Специальность 1.6.21– Геоэкология (географические науки)

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Барнаул – 2021

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Сибирский государственный университет водного транспорта» (ФГБОУ ВО «СГУВТ»).

Научный руководитель: **Бик Юрий Игоревич**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой строительного производства, конструкций и охраны водных ресурсов

Официальные оппоненты: **Сысо Александр Иванович**, доктор биологических наук, заместитель директора, заведующий лабораторией биогеохимии почв Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института почвоведения и агрохимии СО РАН, г. Новосибирск;

Тусупбеков Жанболат Ашикович, кандидат географических наук, доцент кафедры природообустройства, водопользования и охраны водных ресурсов Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина», г. Омск.

Ведущая организация: Институт озераедения Российской академии наук – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук», г. Санкт-Петербург.

Защита диссертации состоится «23» декабря 2021 г. в 10–00 час. на заседании диссертационного совета 24.1.039.01 по защите докторских и кандидатских диссертаций при Институте водных и экологических проблем СО РАН по адресу: 656038, г. Барнаул, ул. Молодёжная, 1.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке Института водных и экологических проблем СО РАН и на сайте www.iwep.ru.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, подписанные и заверенные печатью организации, просим высылать по адресу: 656038, г. Барнаул, ул. Молодёжная, 1, Диссертационный совет, факс: (385-2) 24-03-96, e-mail: iwep@iwep.ru.

Автореферат разослан «___» _____ 2021 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета 24.1.039.01,

доктор географических наук, доцент



Рыбкина И.Д.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Воды являются важнейшим компонентом природной среды, обеспечивающим экономическое, экологическое и социальное благополучие населения, существование растительного и животного мира. В настоящее время на территории РФ практически не осталось водных объектов, не затронутых антропогенной деятельностью, под влиянием которой качество воды в них перестает соответствовать нормативным требованиям.

Малые водоемы на урбанизированных территориях нуждаются в систематизации и классификации, так как могут иметь самое разнообразное происхождение: естественное, искусственное, а также смешанное, при котором природный водоем в результате деятельности человека кардинально изменяет свои морфометрические параметры, приобретает совсем иной, отличный от первоначального, режим (Allen, 1964; Blackmar, 1992; Совольев, 2006). К сожалению, находясь на балансе различных коммунальных служб (а зачастую, являясь бесхозными), городские водоемы представляют собой наиболее уязвимый с точки зрения антропогенного воздействия элемент городского ландшафта. Отсутствие проточности водоемов в условиях крупного города вызывает их обмеление, увеличение массы донных отложений, мусора и интенсивное зарастание. На экологическое состояние городских водоемов оказывают влияние такие техногенные факторы, как: сбросы неочищенных или недостаточно очищенных сточных вод; поступление загрязненных талых и дождевых вод; бытовые и производственные свалки в пределах водосборной площади; выбросы от промышленных предприятий и автомобильного транспорта; рекреационная нагрузка. Современное состояние большинства городских водных объектов и их прибрежных зон не соответствует действующим экологическим и градостроительным требованиям. Состояние малых водоемов урбанизированной территории может являться индикатором многофакторного антропогенного воздействия, в связи с чем, разработка и апробация комплекса методик оценки состояния малых водоемов имеют весомое значение для изучения геоэкологического состояния территорий больших и малых городов.

Большинство водоемов города Новосибирска располагаются в местах жилой застройки и могут быть включены в городской ландшафт в качестве рекреационных, эстетических и инфраструктурных объектов, а также служить местом отдыха горожан и развития бизнеса. Улучшение санитарного, экологического, гигиенического и эстетического состояния городской среды, в целом, возможно только через создание и реализацию программ благоустройства отдельных компонентов городских территорий, составление которых требует комплексных систематических исследований. Таким образом, всестороннее изучение геоэкологического состояния малых водоемов города Новосибирска и разработка на основе полученных данных программы по их обустройству, рациональному использованию и охране является весьма актуальным.

Степень разработанности темы исследования. В настоящее время все большую популярность приобретают работы отечественных и зарубежных

исследователей, посвященные оценке состояния городских водоемов. Однако анализ существующей информации показал, что данные о водоемах, находящихся в черте г. Новосибирска фрагментарны. Общее количество водных объектов, их виды, размеры, объемы содержащейся воды, как правило, неизвестны, а экологические характеристики, за редким исключением, не даны. Комплексных систематических исследований по данной тематике не проводилось, отчеты и фондовые материалы отсутствуют. Исходя из вышесказанного, вопрос о состоянии малых водоемов г. Новосибирска можно считать практически неизученным.

Цель работы – комплексная оценка геоэкологического состояния малых водоемов города Новосибирска, функционирующих в условиях урбанизированной территории; систематизация и классификация исследуемых водоемов для разработки на этой основе программы их благоустройства, рационального использования и охраны.

Задачи исследования:

1. Определить морфометрические параметры малых водоемов, выполнить анализ распределения водоемов по виду и размеру, составить их общее описание и характеристику антропогенного воздействия на водоем и его прибрежную зону;
2. Разработать единую форму паспорта водных объектов, составить картосхемы водоемов и профили их глубин;
3. Выполнить комплексную оценку территориального и временного изменения качества воды малых водоемов на основании исследований компонентного состава загрязняющих веществ;
4. Оценить состояние снежного покрова и его влияние на качество воды водоемов;
5. Разработать рекомендации по благоустройству и охране водных объектов.

Объектами исследования явились 55 малых водоемов, расположенных в черте города Новосибирска.

Хронологический период исследования с 2011 по 2018 г.

Научная новизна:

– впервые проведена систематизация исследуемых водных объектов, основанная на специально разработанной форме паспорта, включающего: наименование, местоположение, наличие и состояние путей подъезда, морфометрические характеристики, характеристику береговой линии, сведения о типах донных грунтов и мощности илистых отложений, информацию о наличии притоков, истоков, прилегающих болот, ключей, характеристику антропогенного воздействия на прибрежную зону, рекомендации по охране и рациональному хозяйственному использованию;

– впервые выполнен анализ распределения малых водоемов г. Новосибирска по виду и размеру с последующей классификацией на основе морфометрических характеристик и интенсивности антропогенного воздействия, составлены картосхемы водоемов с изобатами и профили глубин;

– впервые представлены результаты исследований состояния малых водоемов г. Новосибирска с количественной и качественной оценкой современного уровня загрязнения вод и снежного покрова изучаемых

объектов и выполнен анализ его территориального и временного изменения с определением перечня приоритетных поллютантов.

Практическая значимость. Разработанный комплекс методик оценки состояния малых водоемов может быть использован при изучении геоэкологического состояния территории города Новосибирска. Результаты исследования в настоящее время используются при составлении планов социально-экономического развития районов города, и в будущем могут послужить основой для реализации программы благоустройства, охраны и рационального использования малых водоемов, а также в учебном процессе при подготовке бакалавров, магистров, аспирантов и научных работников. В настоящее время полученные данные используются при чтении курсов лекций по дисциплинам «Экология», «Природопользование», «Методы очистки промышленных сточных вод», «Экологические проблемы региона», «Мониторинг среды обитания» и при подготовке выпускных квалификационных работ в ФГБОУ ВО «СГУВТ». Результаты работы частично использованы департаментом энергетики, жилищного и коммунального хозяйства города Новосибирска по муниципальному контракту № 26 от 12.05.2011 и договорам №38–12 от 24.05.2012 и №79 от 31.07.2015 муниципальных грантов мэрии города Новосибирска.

Методология и методы исследований. Теоретической основой проведенных исследований послужили научные труды, посвященные вопросам мониторинга, восстановления, рационального использования и охраны водных объектов, а также нормативно-правовые и научно-технические документы. В ходе работы использовались как общенаучные (наблюдение и описание, анализ, сравнение), так и специальные методы (мониторинг, картографирование, инженерные изыскания). Для анализа проб применялись флуориметрический, гравиметрический, атомно-эмиссионный и потенциометрический методы. Для обработки массива данных за период с 2011 по 2018 гг. использованы статистические методы обработки данных. Для оценки состояния водных объектов и его изменения во времени и по территории применялись методы статистического анализа состава поллютантов в воде и снежном покрове с использованием абсолютных и относительных статистических величин, статистических индексов, рядов динамики и кластеризации данных. Для представления результатов измерений использовались программные пакеты MapInfo 7.8 SCP, AutoCAD – 2005, Microsoft Excel, Trimble DTM Link, Statistica.

Положения, выносимые на защиту:

1. Малые водоемы на урбанизированной территории являются индикаторами многофакторного антропогенного воздействия и должны учитываться при всесторонней оценке геоэкологического состояния городской территории.

2. Предложенная методическая основа исследований и разработанные в ее рамках паспорта позволят комплексно оценить состояние водоемов.

3. В условиях крупного промышленного центра г. Новосибирска на протяжении рассмотренного временного периода происходит увеличение степени деградации исследуемых водных объектов.

4. Малые городские водоемы подвержены загрязнению широким спектром компонентов, концентрации которых значительно варьируют в

достаточно большом диапазоне от водоема к водоему. При этом точечные источники загрязнения не были идентифицированы, что указывает на наличие диффузного загрязнения.

Достоверность защищаемых положений подтверждается большим массивом полученного фактического материала, а также глубокой его проработанностью с применением методов математической статистики, анализа и картографирования, использованием современных поверенных приборов и гостированных методов анализа и обработки данных.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы были представлены на: XI международной научно-практической конференции «Природно-ресурсный потенциал, экология и устойчивое развитие регионов России»; на ежегодных научных конференциях «Студенческая наука – морскому образованию» ФГБОУ ВО СГУВТ (Пенза, 2013г.); I Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы безопасности жизнедеятельности и экологии» (Тверь, 2015 г.); XVII Международной научно-практической конференции «Города России: проблемы строительства, инженерного обеспечения, благоустройства и экологии» (Пенза, 2015г.); Всероссийском конкурсе молодежных авторских проектов и проектов в сфере образования, направленных на социально-экономическое развитие российских территорий «Моя страна – моя Россия» (Новосибирск, 2016 г.); Межвузовской научной конференции «Интеллектуальный потенциал Сибири – 2016» (Новосибирск, 2016 г.); XXI Международной Экологической конференции «Экология России и сопредельных территорий» (Новосибирск, 2016 г.); V Международном конкурсе коммуникационных проектов «Eventiada Awards» (Москва, 2016 г.); Областном конкурсе молодёжных авторских проектов и проектов в сфере образования, направленных на социально – экономическое развитие российских территорий, «Моя страна – моя Россия» (Новосибирск, 2016 г.); Научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава Университета «АРКТИКА – ЭКОЛОГИЯ – ТРАНСПОРТ» (Новосибирск, 2017 г.); III Всероссийской научной конференции с международным участием «Водные и экологические проблемы Сибири и центральной Азии» (Барнаул, 2017 г.); IV Международной научно-практической конференции студентов, магистров, аспирантов, ученых и сотрудников ИТ – компаний «Трансграничное сотрудничество в области экологической безопасности и охраны окружающей среды» (Гомель, 2018 г.).

Публикации. Основные результаты диссертации опубликованы в различных изданиях в общем объеме 136 страниц (8,5 п.л.). По теме диссертационной работы опубликовано 13 работ, в том числе 1 монография и 4 работы в ведущих рецензируемых изданиях, включенных в перечень ВАК РФ.

Фактический материал и личный вклад автора. Диссертационное исследование основано на материалах, полученных лично автором, а также совместно с сотрудниками ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта». Личный вклад автора в проведение полевых и лабораторных исследований составляет ~75%, вклад в обработку, анализ и обобщение полученных данных – 100%.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа объемом 173 страницы состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы, включающего 180 наименований. В работе содержится 12 таблиц, 51 рисунок и 2 приложения.

Особая благодарность. Особую благодарность автор выражает доктору технических наук, профессору Виталию Алексеевичу Сedyх, безвременно ушедшему из жизни, за всестороннюю помощь и поддержку при проведении исследования.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность работы, ее цель, основные задачи, представлены научная и практическая значимость исследований.

Глава 1. Анализ физико-географических, климатических и экологических особенностей района расположения исследуемых водных объектов

В главе приведена краткая экологическая, климатическая и физико-географическая характеристика города Новосибирска с указанием основных природных и антропогенных факторов, влияющих на состояние исследуемых водных объектов.

К природным факторам можно отнести: климатические особенности территории, обуславливающие устойчивую вертикальную стратификацию температуры воздуха, которая приводит к большому накоплению примесей в приземном слое за счет образования приземных температурных инверсий (Моргунов, 2005; Лучицкая, 2014 и др.); расположение города на высоких террасах на месте вырубленных лесов отражается на локальной экологической обстановке и приводит к накоплению тяжелых металлов в почвенном покрове и водных объектах; характерными поллютантами в воде поверхностных водоемов города являются соединения меди, железа, марганца (Обзор состояния окружающей среды Новосибирской области, 2015).

К антропогенным факторам, в первую очередь, относится загрязнение атмосферы г. Новосибирска стационарными и передвижными источниками. Уровень загрязнения атмосферы по комплексному индексу характеризуется как высокий (Сысо, Сидорова 2005).

Особенности состояния компонентов окружающей среды г. Новосибирска и Новосибирской области отражены в работах: А.Г. Поползина (1968); С.Д. Кошинского (1979); М.В. Кравцова (1996); В.Б. Ильина (2001); Р.С. Чалова (2001); М.И. Герасимовой (2003); А.И. Сысо и др. (2005); В.А. Павленко (2006); А.Л. Мугаго (2008); В.М. Савкина (2005); Л.П. Чернобай (2013). Однако, исследования малых замкнутых водоемов, расположенных в черте г. Новосибирска, ранее не проводилось и сведения о них практически отсутствуют.

Водоемы на урбанизированных территориях представляют большой научный интерес, при этом исследователей волнуют вопросы функционирования водных экосистем в условиях постоянно возрастающего антропогенного воздействия, а также особенности их трансформации и реставрации, что подтверждается большим количеством публикаций по

изучению водоемов и водотоков крупных городов Российской Федерации и других государств таких исследователей, как: С. Herdendorf (1982); Д.В. Севастьянов (1993); L. Hakanson (2001); И.Н. Демидов (2006); Ю.В. Голунков (2007); В.А. Власов (2008); Д.А. Субетто (2009); М. А. Каширо (2010); Е.В. Лебедева (2010); М.С. Потахин (2011); Н.Л. Ряполова (2014, 2015) и др. Результаты исследований водоемов на территории Новосибирской области отражены в работах: научного коллектива ИВЭП СО РАН (2004–2007); И.В. Морузи, Е.В. Пищенко, П.В. Белоусова, С.В. Севастеева (2008); В.А.Румянцева, В.Г. Драбковой (2017); С.А. Рылова (2018); Л.Н. Калужиной, П.В. Гагуевой (2019).

Глава 2. Объекты и методы исследования

Диссертационное исследование проводилось в 2011-2018 гг., его объектами явились малые водоемы (Рисунок 3), расположенные на территории города Новосибирска. Для каждого водоема были определены наименование, местоположение, наличие и состояние путей подъезда, морфометрические характеристики, характеристика береговой линии, типы донных грунтов и мощность илистых отложений, наличие притоков, истоков, прилегающих болот, ключей, описание характера антропогенного воздействия на прибрежную зону на расстоянии 100 м от береговой линии. Для определения степени антропогенного воздействия проведен анализ компонентного состава воды и разработан ряд критериев визуальной оценки, что позволило выделить четыре группы водоемов по данному признаку. По результатам исследований для водных объектов была разработана единая форма паспорта (Таблица 1), составлены профили глубин (Рисунок 1) и картосхемы с изобатами (Рисунок 2), согласно Водному кодексу РФ определена водоохранная зона (50 м).

В период с 2011 по 2018 гг. проводились гидрохимические исследования 16 водоемов, имеющих высокую социальную значимость для города, по следующим 27 показателям качества воды: рН, сухой остаток, БПК₅, ХПК, растворенный кислород, нефтепродукты, фосфат-ион, аммоний-ион, нитрит-ион, нитрат-ион, хлорид-ион, сульфат-ион, фторид-ион, фенольный индекс, СПАВ, взвешенные вещества, свинец, кадмий, хром, никель, медь, железо, марганец, цинк, алюминий, олово и мышьяк. В 2015-2018 г. дополнительно проводился отбор проб снежного покрова на водосборной площади семи малых водоемов. В пробах талой снеговой воды определялись 12 показателей: рН, нефтепродукты, взвешенные вещества, металлы (медь, алюминий, хром, цинк, свинец, кадмий, никель, марганец, железо). В общей сложности за весь хронологический период исследований (2011–2018 гг.) было отобрано 765 проб воды и 28 проб снега с последующим определением в них соответственно 27 и 12 гидрохимических показателей.

Для определения морфометрических параметров объекта использовали: прибор спутниковой навигации GPS «Trimble R3»; эхолот однолучевой «Garmin»; лот ручной гидрографический; дальномер лазерный «Leica Disto Special» с отражателем; лодка надувная весельная «Корсар»; лодка надувная «Фрегат» с подвесным мотором «Ветерок-8».

На каждом водоеме гидрохимические исследования проводили в трех створах, по возможности равномерно распределенных по акватории. Пробы снега на водосборной площади водоемов отбирали из шурфов, вскрывающих

всю толщу снегового покрова. Пробы воды и талого снега анализировали в аккредитованной лаборатории Новосибирской государственной специализированной инспекции аналитического контроля Новосибирского комитета охраны окружающей среды.

Таблица 1 – Паспорт водного объекта на примере водоема № 58

1	Наименование
	Карьер обводненный (озеро «Верховое»)
2	Местоположение
	Центральный район. Пересечение улиц Селезнева и Романова. Координаты объекта: 82,947801 55,036339. Высота – 128 м, БС
3	Наличие и состояние путей подъезда
	Подъезд по грунтовой дороге, состояние удовлетворительное.
4	Морфометрические характеристики
	Длина, м – 214; Максимальная ширина, м – 138; Площадь зеркала, тыс. м ² – 23,69; Объем воды, тыс. м ³ – 143,97; Средняя глубина, м – 6,08; Максимальная глубина, м – 11,5; Длина береговой линии, м – 592; Площадь береговой полосы, м ² – 12467
5	Характеристика береговой линии
	Южный и восточный склоны пологие, северный и западный крутые, обрывистые. С северной, северо-западной и восточной стороны заросли ивняка.
6	Типы донных грунтов и мощность илистых отложений
	Глинистый с примесью песка, илистые отложения средней мощности, имеются гниющие растительные остатки
7	Наличие притоков, истоков, прилегающих болот, ключей
	Притоки и истоки отсутствуют, прилегающих болот и ключей нет.
8	Характер антропогенного воздействия на прибрежную зону (на расстоянии 100 м от береговой линии)
	Антропогенное воздействие на прибрежную зону высокой интенсивности. На расстоянии 50 м начинается застройка частными одноэтажными домами. В 100 м пролегает автомагистраль (ул. Ипподромская). По берегам водоема отвалы грунта, бытового и строительного мусора. В 30 м – строительной техники, грузовых автомобилей.
9	Рекомендации по охране и рациональному хозяйственному использованию
	Рекомендуется периодическая очистка береговой линии от бытового и строительного мусора. В дальнейшем возможно использование в качестве рекреационного объекта.
10	Сведения о гидрологическом режиме (источники питания)
	Грунтовые воды, снеговое и дождевое питание
11	Картосхема объекта
	Прилагается

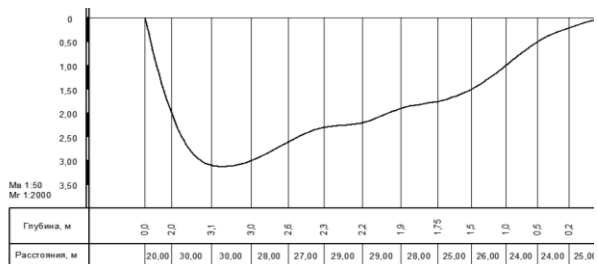
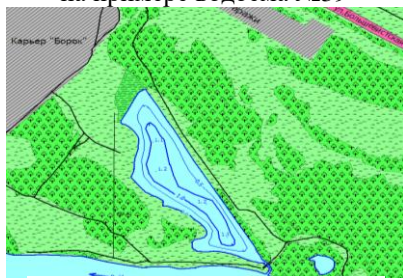


Рисунок 1 – Профиль глубин по максимальной длине на примере водоема №39



Условные знаки

Глубины водоемов в метрах

Водотоки постоянные

Водотоки временные

Стрелка направления течения воды

Болота прозоцидные и непрозоцидные

Леса естественные, саженные и кустарниковые

Растительность травяная, луговая

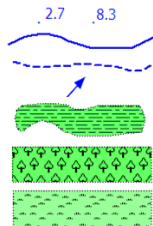


Рисунок 2 – Картограмма водоема № 40

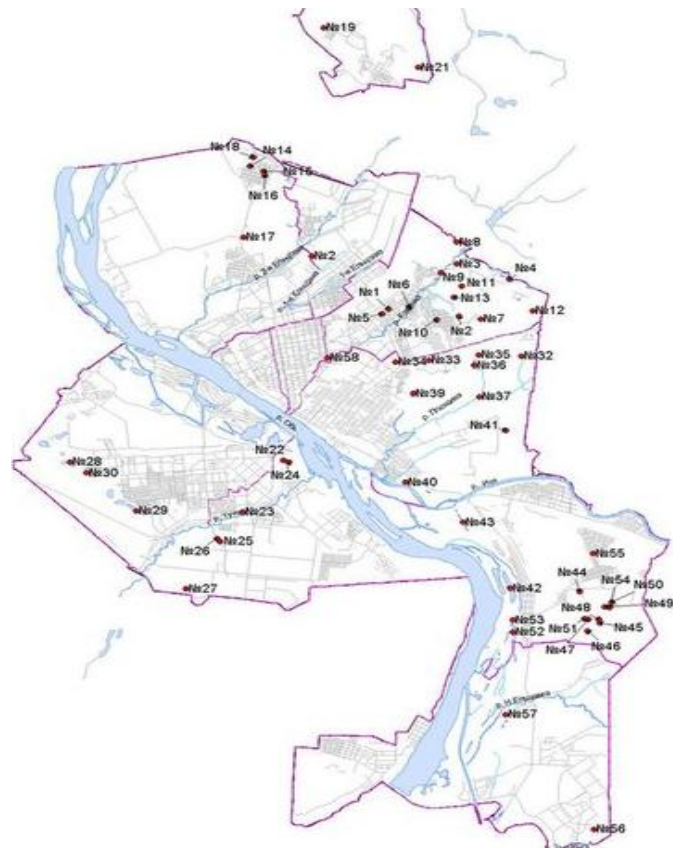


Рисунок 3 – Схема расположения водоемов

Глава 3. Результаты натуральных и лабораторных исследований

В ходе исследований были сформированы классификации, с помощью которых городские водоемы были ранжированы по расположению, видам хозяйственного использования, объему воды, средней глубине, степени антропогенной нагрузки и состоянию путей подъезда.

Малые водоемы исследуемой территории можно разделить на три группы: природного происхождения, к которым относятся естественные озера (шесть водоемов, пять из которых расположены в пойме реки Обь); искусственного происхождения (31 водоем может быть отнесен к прудам, 16 – к обводненным карьерам); смешанного происхождения (два водоема).

По видам использования: 14 водоемов могут быть использованы как эстетические и инфраструктурные городские объекты; 20 водоемов – в качестве источника воды для орошения садовых участков и в качестве пожарных водоемов; 21 водоем – зоны для рекреации и любительского рыболовства.

По объему воды: 33 водоема имеют объем до 10 тыс. м³; 13 водоемов – от 10 до 100 тыс. м³; 9 – свыше 100 тыс. м³. Средняя глубина 26 водоемов не превышает 1 м; 19 водоемов – от 1 до 2 м; 4 водоемов – от 2 до 3 м; 6 водных объектов имеют среднюю глубину более 3 м.

Антропогенное воздействие на 8 водоемов оценивается как очень интенсивное, 24 водоема испытывают среднюю антропогенную нагрузку, 19 – низкую, для 4 она практически отсутствует. Только 4 водоема имеют пути подъезда в отличном состоянии 16 – в хорошем, 9 – в неудовлетворительном.

Состояние дорог, ведущих к большинству водоемов, можно оценить как удовлетворительное.

По месту расположения (районам города) малые водоемы распределены следующим образом: Дзержинский район – 12, Заельцовский район – 4, Калининский район – 4, Кировский район – 6, Ленинский район – 3, Октябрьский район – 8, Первомайский район – 14, Советский район – 3, Центральный район – 1, в Железнодорожном районе водоемы отсутствуют.

Результаты исследований компонентного состава вод показали существенное загрязнение изучаемых водоемов широким спектром компонентов, таких как: органические соединения, определяемые по величине биохимического потребления кислорода (БПК₅) и химического потребления кислорода (ХПК), нефтепродукты, азот аммонийный, нитриты, фториды, фенольный индекс, никель, медь, железо, марганец, цинк, алюминий. Концентрации этих показателей в большинстве водных объектов многократно превышают ПДКр/х. Для комплексной оценки состояния исследуемых водных объектов были использованы: коэффициент комплексности загрязненности воды (ККЗВ), удельный комбинаторный индекс загрязненности воды (УКИЗВ), комплексный показатель загрязнения (КПЗ) (Таблица 2).

Таблица 2 – Характеристика качества воды исследуемых водных объектов за 2018 год

№	Сумма оценочных баллов	Значение ККЗВ, %	Значение УКИЗВ	Класс "разряд"	Характеристика состояния загрязненности воды	Число КПЗ	Поллютанты с наибольшим оценочным баллом по КПЗ
2	23,88	15,38	5,97	4 "а"	грязная	0	-
3	41,17	23,08	6,86	4 "б"	грязная	0	-
5	64,06	34,62	7,12	4 "в"	очень грязная	2	аммоний, медь
7	18,11	7,69	9,06	4 "г"	очень грязная	1	медь
20	56,98	23,08	9,50	5	экстремально грязная	4	аммоний, медь, марганец, цинк
22	76,55	30,77	9,57	5	экстремально грязная	5	аммоний, фториды, медь, марганец, цинк
23	103,44	46,15	8,62	5	экстремально грязная	4	нефтепродукты, аммоний, фенол, медь
24	132,21	50,00	10,17	5	экстремально грязная	8	нефтепродукты, аммоний, фториды, медь, железо, марганец, цинк, алюминий
28	67,76	30,77	8,47	5	экстремально грязная	4	аммоний, фториды, медь, марганец
29	74,88	34,62	8,32	5	экстремально грязная	4	аммоний, фториды, медь, марганец
33	94,08	42,31	8,55	5	экстремально грязная	4	аммоний, медь, марганец, алюминий
39	24,46	11,54	8,15	4 "в"	очень грязная	1	цинк
44	101,23	42,31	9,20	5	экстремально грязная	6	аммоний, фториды, медь, марганец, цинк, алюминий
55	88,60	42,31	8,05	5	экстремально грязная	3	аммоний, фторид, марганец
58	84,57	38,46	8,46	5	экстремально грязная	5	аммоний, фториды, фенол, медь, цинк
Спартак	97,05	38,46	9,71	5	экстремально грязная	6	нефтепродукты, аммоний, фторид, медь, марганец, цинк

Балльная оценка загрязнения по КПЗ показала, что наибольшее распространение и оценочные баллы имеют: медь (11,67), марганец (13,9), аммоний (11,1), фториды (10,6) и цинк (10,8). Поэтому именно эти вещества определяют общий уровень загрязненности воды. Значения ККЗВ за период исследований варьировали в пределах от 3,85% до 50,00%, что указывает на поликомпонентность загрязнения, при этом максимальное значение показателя в 2011 году составляло 34,62%, тогда как в 2018 году оно возросло до 50,00%. Оценка поверхностных вод водоемов по УКИЗВ подтвердила, что на протяжении рассмотренного временного периода происходит увеличение степени деградации исследуемых водных объектов. За период с 2011 по 2018 г. отмечен переход водоемов из 4 класса загрязненности разрядов "а", "б" (грязные) в 5 класс (экстремально грязные) или разряд "г" 4 класса (очень грязные). Значительный вклад в общий уровень загрязнения, помимо указанных выше веществ, вносят нефтепродукты, фенолы, алюминий, железо и никель. В 2018 году в семи водоемах отмечено превышение ПДКр/х по 10-13 веществам, в шести – по 6-9 веществам и только три водоема имеют превышения нормативов по 2-4 веществам. Следует отметить, что во всех исследуемых водных объектах зафиксировано многократное превышение ПДК по меди и марганцу. Концентрации железа и цинка находятся в пределах нормы только в одном водном объекте.

Для оценки распространения приоритетных загрязняющих веществ в водоемах по территории города и определения возможных источников их загрязнения, в программе MapInfo 7.8 SCP по среднесезонным значениям составлены картосхемы (Рисунок 4), на которых соответствующими цветами отражено изменение диапазонов кратностей превышения ПДКр/х компонентов от водоема к водоему.

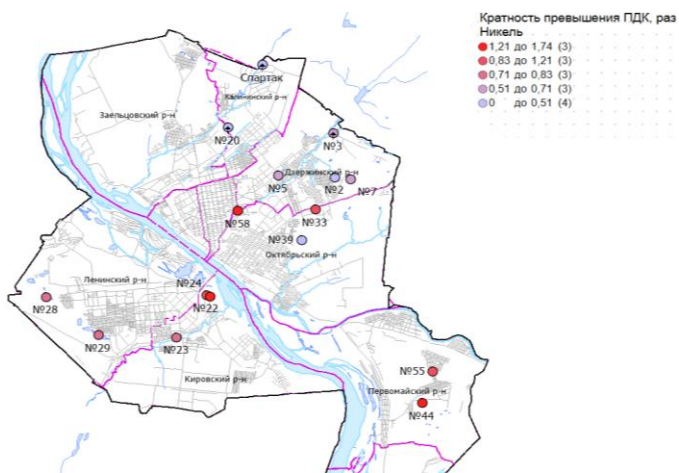


Рисунок 4 – Картосхема распространения никеля в различных точках отбора проб

Концентрация показателей качества воды от водоема к водоему варьирует в широком диапазоне значений. Было показано, что распределение загрязняющих веществ в воде водоемов по территории города отражает прямую их зависимость от антропогенных факторов, присущих урбанизированной территории, а именно – ухудшение качества воды в водоемах по направлению к центру города и к реке Обь.

Для выявления закономерностей распространения загрязняющих веществ в воде водоемов по территории города методом полной связи с построением дендрограммы выполнен кластерный анализ для определения наиболее оптимального количества групп водных объектов по морфометрическим (Рисунок 5) и гидрохимическим (Рисунок 6) показателям. В качестве меры дистанции между объектами использовано Эвклидово расстояние, а кластерный анализ проведен по наборам морфометрических и гидрохимических показателей, которые предварительно были стандартизированы в Excel путём нормализации.

На рисунке 5 представлена визуализация результатов кластерного анализа по набору морфометрических показателей, описывающих водоёмы (7 переменных): длина, ширина, длина береговой линии, максимальная и средняя глубина, площадь зеркала. В результате статистического анализа (метод кластеризации по набору выбранных морфометрических параметров) выявлено, что все исследуемые водные объекты могут быть объединены в 3 группы кластеров.

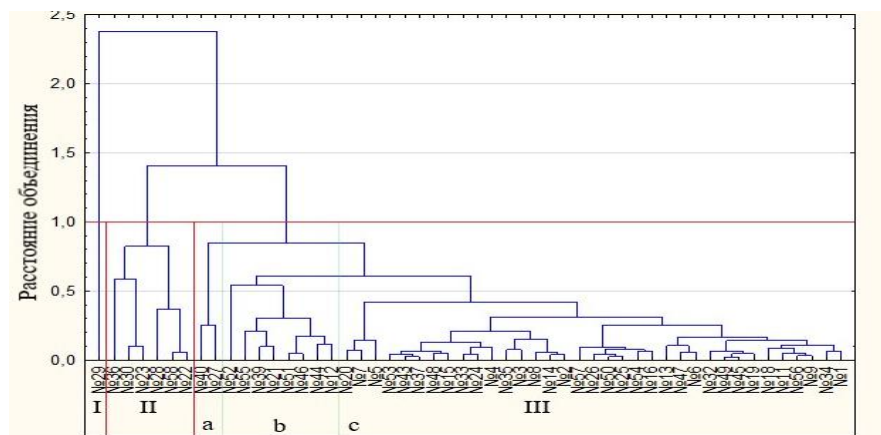


Рисунок 5 – Дендрограмма распределения малых водоемов г. Новосибирска по морфометрическим показателям

По набору 26 гидрохимических показателей (рН, сухой остаток, БПК₅, ХПК, растворенный кислород, нефтепродукты, фосфат-ион, аммоний-ион, нитрит-ион, нитрат-ион, хлорид-ион, сульфат-ион, фторид-ион, фенольный индекс, СПАВ, свинец, кадмий, хром, никель, медь, железо, марганец, цинк, алюминий, мышьяк и олово) выделено 3 кластера малых водоёмов (Рисунок 6), которые указывают на типологическую дифференциацию водоёмов по их происхождению. В первую группу (I кластер) попали два объекта,

относящихся согласно представленной классификации к обводненным карьерам, как и водные объекты, попавшие в кластер II (за исключением оз. Спартак), однако в водоемах первого кластера отмечено экстремально высокое содержание нефтепродуктов, что объясняет подобное объединение. В кластер III (за исключением водоема № 20) объединились водные объекты, представляющие собой пруды. Объекты кластера III выделяются значительно меньшим содержанием большинства поллютантов, в том числе железа и марганца, что с большой вероятностью указывает на разные типы питания водных объектов.

В целом, кластерный анализ, проведенный по гидрохимическим параметрам, указывает на зависимость состава воды от происхождения водоема, что позволяет выявить некоторые особенности качества вод, при этом результаты анализа указывают на отсутствие территориальной дифференциации водоемов. Водоемы кластера I расположены в левобережной части города на территории Кировского района, водоемы кластера II разбросаны по шести районам города, как и объекты, вошедшие в кластер III. Такая тенденция свидетельствует об отсутствии крупных точечных стационарных источников загрязнения и подтверждает наличие диффузного загрязнения.

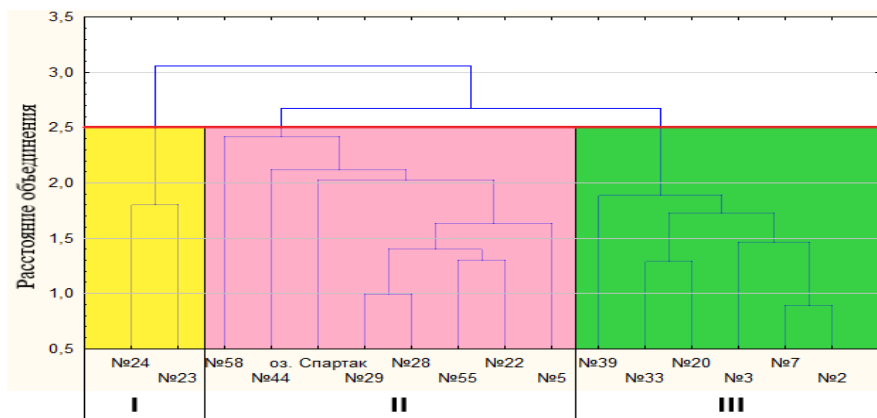


Рисунок 6 – Дендрограмма распределения малых водоемов г. Новосибирска по гидрохимическим показателям

По результатам анализа снежного покрова водосборных площадей водоемов определены величины суммарного показателя загрязнения снега тяжелыми металлами (Z_c), значения которого по результатам расчета колеблются от 16,9 до 38, при этом в пяти водоемах не превышают 32, что соответствует уровню «незагрязненный». Загрязнение снежного покрова двух водоемов по показателю Z_c соответствует среднему уровню. В изменении значений Z_c наблюдается повышение показателей к центральной части города и реке Обь – в Октябрьском, Центральном, Кировском и Дзержинском районах города, причем в последних двух достигает наибольших значений (Рисунок 7).

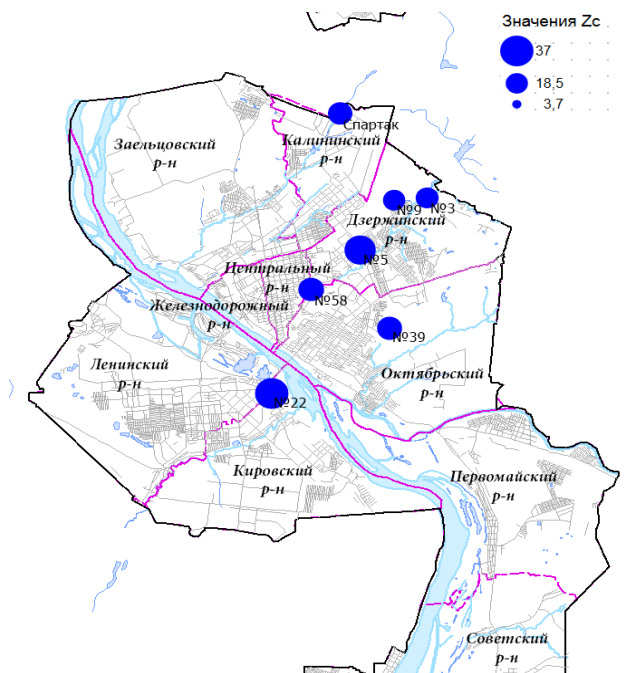


Рисунок 7 – Картограмма изменения значений Z_c в снежном покрове малых водоемов г. Новосибирска

Таким образом, загрязнение снежного покрова по всем рассматриваемым показателям можно оценить как невысокое. Однако на водосборной площади исследуемых водных объектов наблюдаются превышения по сравнению с фоновыми значениями таких показателей, как: взвешенные вещества, медь, алюминий, цинк, марганец и железо. Например, содержание железа во всех пробах превышает фон более чем в 7 раз, алюминия – в 8 раз. Известно, что аккумулятивные в снеге поллютанты способны мигрировать с талыми водами в водоемы. Сравнение снеговых и озерных вод показало, что концентрации многих загрязняющих веществ в снежном покрове в несколько раз превышают их концентрации в воде. Так концентрация меди и хрома в снежном покрове в среднем в 2 раза, свинца – в 6 раз, железа – в 9 раз, кадмия – в 14 раз, а алюминия – в 18 раз выше, чем в воде. Такая тенденция говорит о загрязнении водных объектов данными металлами при поступлении их с водосборных площадей с талыми водами. Поступившие в водоем металлы в дальнейшем накапливаются в донных отложениях вследствие их соосаждения в составе взвешенных веществ, а также – в живых организмах в результате биоаккумуляции. Концентрации никеля, марганца и нефтепродуктов в снежном покрове, напротив, оказались значительно ниже, чем в водах водоемов. В случае марганца такая закономерность, вероятно, обусловлена его повышенным содержанием в грунтовых водах.

Глава. 4 Рекомендации по улучшению состояния малых водоемов города Новосибирска

Исследования и анализ загрязнения малых водоемов г. Новосибирска подтверждают, что важным условием поддержания их состояния является грамотная эксплуатация, при осуществлении которой необходима программа рационального использования и охраны малых водоемов. Полученные в ходе проведенных исследований результаты дают возможность оценить состояние исследуемых водных объектов и его динамику за период с 2011 по 2018 гг. Однако для контроля и разработки мер по поддержанию состояния городских водоемов необходимы долгосрочные и систематические наблюдения.

Первым пунктом программы рационального использования и охраны малых водоемов является включение их в перечень объектов режимных наблюдений и разработка схемы их мониторинга, которая обеспечит получение как отдельной, так и усредненной во времени и по территории информации о состоянии данных водных объектов. Для выполнения этой задачи на каждом водоеме необходимо организовать пункт наблюдения. Учитывая небольшие размеры данных водных объектов и отсутствие организованного сброса сточных вод, наблюдения можно проводить по водоему в целом с установкой трех створов, по возможности, равномерно распределенных по акватории, при этом в каждом створе может быть установлена одна вертикаль. Количество горизонтов на вертикали должно определяться в зависимости от глубины водоема в месте измерения (РД 52.24.309–2016). Время отбора проб: летом до начала дождей; зимой при наиболее низких уровнях во время ледостава. На водоемах должна осуществляться программа контроля, которая включает в себя наблюдения за гидрологическими, гидрохимическими и гидробиологическими показателями. При планировании режимных наблюдений необходимо определить приоритетные для каждого водоема загрязняющие вещества. Важно выявлять наиболее значимые проблемы (засоление, загрязнение, эвтрофирование) водоемов путем анализа происходящих изменений и отклонений от естественных процессов.

Вторым пунктом программы рационального использования и охраны малых водоемов является разработка комплекса технологических и конструктивных мероприятий по индивидуальной очистке и благоустройству:

- по очистке акватории, удалению мусора и загрязненных донных отложений, выявлению источников загрязнения и их исключению, созданию схемы снегоудаления и ликвидации снегоотвалов;
- по реконструкции водных объектов на территориях жилой застройки, которая зависит от градостроительной ситуации, функционального назначения водоема, от его происхождения и способов питания и включает при необходимости планирование ложа водоема, выполаживание береговых надводных откосов, берегоукрепление, организацию водосбросной системы и подпиточного водопровода, и т.д. После проведения работ по восстановлению водоемов необходимо также периодически осуществлять мелиоративные мероприятия, препятствующие испарению, высыханию, фильтрации и заиливанию;

- по благоустройству прибрежных зон, необходимых для улучшения инфраструктуры городской среды, создание эстетически привлекательных городских ландшафтов, комфортных и экологически безопасных условий проживания.

Третьим пунктом программы рационального использования и охраны малых водоемов является осуществление контроля над поддержанием санитарного состояния прибрежной зоны водных объектов и недопущение несанкционированного проезда автотранспорта и строительной техники, загрязнения и захламления водоохраных зон и водных объектов.

Реализация данной программы будет способствовать улучшению санитарного, экологического, гигиенического и эстетического состояния городской среды. Однако не следует забывать тот факт, что в настоящее время полностью исключить антропогенное воздействие на водные объекты в пределах урбанизированной территории не представляется возможным, так как город является единым искусственным образованием (системой) и одной только регуляции воздействия на отдельные его элементы недостаточно для улучшения всей системы в целом. В данном случае необходим комплексный подход к улучшению состояния городской среды, в реализации которого необходимо использовать механизмы государственного регулирования. В настоящее время такой подход (государственное регулирование в сочетании с реализацией мероприятий и рекомендаций, обоснованных нами в ходе выполнения данного научного исследования) используется при составлении планов социально-экономического развития районов города Новосибирска.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Систематизация изучаемых объектов, основанная на специально разработанной форме паспорта, позволила выполнить ранжирование малых водоемов г. Новосибирска по морфометрическим параметрам и географической привязке:

- Средняя плотность составляет 11 водоемов на 100 км², при этом 87 % водных объектов имеют искусственное происхождение.

• Выявлено, что основная масса водоемов расположена в правобережной части города (83 %). Из них: 20 % расположено в Дзержинском, 7 % в Заельцовском, 7 % в Калининском, 15 % в Октябрьском, 26 % в Первомайском, 6 % в Советском, 2 % в Центральном районах. В левобережной части города 11 % водоемов расположены в Кировском, 6 % – в Ленинском районах.

• Определено, что средний объем водоемов 112 тыс. м³, средняя глубина 1,6 м. Основную массу составляют водоемы с объемом менее 10 тыс. м³ (61 %); наиболее крупные водоемы расположены в Ленинском и Советском районах, совокупный объем воды которых составляет 82 % от общего.

2. Разработанные критерии оценки степени антропогенного воздействия позволили установить, что 59 % водных объектов, подвержены антропогенной нагрузке высокой и средней интенсивности.

3. При исследовании химического состава воды водоемов было установлено повышенное содержание в ней нефтепродуктов, аммония, фторидов, алюминия, меди, марганца, железа и цинка с тенденцией роста, при этом

точечные источники загрязнения не были установлены, что указывает на наличие диффузного загрязнения. Определено, что за последние 8 лет произошло ухудшение состояния исследуемых водных объектов, по значениям УКИЗВ отмечен переход водоемов из 4-го класса загрязненности разрядов "а", "б" (грязные) в 5-й класс (экстремально грязные) или разряд "г" 4-го класса (очень грязные).

4. Исследования химического состава снеговой воды водосборов семи водоемов показали высокое содержание меди, алюминия и железа, что может указывать на загрязнение водных объектов данными металлами при их поступлении с водосборных площадей с талыми водами.

5. На основании проведенных исследований установлено, что территориальное распределение загрязняющих веществ в воде и снежном покрове водоемов по территории города отражает прямую их зависимость от антропогенных факторов, присущих урбанизированной территории, а именно – ухудшение качества воды в водоемах по направлению к центру города и к реке Обь.

6. Результаты кластерного анализа, проведенного по морфометрическим и гидрохимическим параметрам, указывают на зависимость состава воды от происхождения водоема, и в то же время – на отсутствие территориальной дифференциации водоёмов, при этом стационарные источники загрязнения не определены, что свидетельствует о наличии диффузного загрязнения.

7. По результатам исследования разработан перечень мероприятий по организации системы мониторинга изученных объектов, по их индивидуальной очистке, благоустройству и контролю их поддержания, способствующих улучшению санитарного, экологического, гигиенического и эстетического состояния малых водоемов в черте г. Новосибирска, а также городской среды в целом.

По теме диссертации опубликованы следующие работы:

а) монографии:

1. Бучельников, М.А. Гидроэкологические проблемы водоемов города Новосибирска [Текст]: монография / М. А. Бучельников, А. А. Перфильев, В. А. Седых, О.В. Спиренкова, **А.С. Тушина**. – Новосибирск: Новосиб. гос. акад. вод. трансп., 2014. – 88 с.

б) публикации в ведущих рецензируемых журналах и изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России:

2. Бучельников, М.А. Водоемы города Новосибирска [Текст] / М.А. Бучельников, А.А. Перфильев, А.В. Панов, В.А. Чирков, О.В. Спиренкова, **А.С. Тушина**, Е.В. Рощина // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока (раздел «Экология»). – 2011. – №2. – С. 332-335.

3. Бучельников, М.А. Химическое загрязнение ряда водоемов г. Новосибирска [Текст] / М.А. Бучельников, О.В. Спиренкова, **А.С. Тушина**, Е.В. Рощина // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока (раздел «Экология»). – 2012. – №2. – С. 345-348.

4. Бучельников, М.А. Исследование качества воды малых водоемов г. Новосибирска [Текст] / М.А. Бучельников, О.В. Спиренкова, **А.С. Тушина** // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока (раздел «Экология»). – 2015. – №3. – С. 217-219.

5. **Тушина А.С.** Оценка пространственно-временного распределения загрязняющих веществ в малых реках и водоемах урбанизированных территорий (на примере оз. Спартак и р. Ельцовка-2 г. Новосибирска) [Текст] / А.С. Тушина, Е.В. Рощина, О.В. Спиренкова // Научно-практический и информационно-аналитический бюллетень «Использование и охрана природных ресурсов в России» №4 (164), 2020. – С. 72-74.

б) статьи, доклады в сборниках научных трудов и журналах:

6. Бучельников, М.А. Инвентаризация водоемов г. Новосибирска [Текст] / М.А. Бучельников, А.А. Перфильев, А.В. Панов, В.А. Чирков, О.В. Спиренкова, **А.С. Тушина**, Е.В. Рощина // Сибирский научный вестник XV. – Новосибирск: Изд. НГАВТ, 2011. – С. 180-186.

7. Бучельников, М.А. Химическое загрязнение ряда водоемов г. Новосибирска [Текст] / М.А. Бучельников, О.В. Спиренкова, **А.С. Тушина**, Е.В. Рощина // Сибирский научный вестник XVI. – Новосибирск: Изд. НГАВТ, 2012. – С. 183-187.

8. Бучельников, М.А. Анализ химического загрязнения ряда водоемов г. Новосибирска [Текст] / М.А. Бучельников, О.В. Спиренкова, **А.С. Тушина**, Е.В. Рощина // Природно-ресурсный потенциал, экология и устойчивое развитие регионов России: сборник статей к XI международной научно-практической конференции. – Пенза: РИО ПГСХА, 2014. – С. 30-33.

9. Бучельников, М.А. Комплексная оценка качества воды малых водоемов г. Новосибирска [Текст] / М.А. Бучельников, О.В. Спиренкова, **А.С. Тушина** // Города России: проблемы строительства, инженерного обеспечения, благоустройства и экологии: сборник статей XVII Международной научно-практической конференции. – Пенза, 2015. – С. 30-33.

10. Бучельников, М.А., **Тушина, А.С.** Гидросооружения на малых водоемах в городе Новосибирске: оценка состояния и влияния на окружающую среду [Текст] / М.А. Бучельников, **А.С. Тушина** // Актуальные проблемы безопасности жизнедеятельности и экологии: Сборник научных трудов I Международной научно-практической конференции. – Тверь, 2015. – С. 139-141.

11. Седых, В.А. Исследование снежного покрова с водосборных площадей ряда малых водоемов г. Новосибирска [Текст] / В.А. Седых, О.В. Спиренкова, **А.С. Тушина** // Водные и экологические проблемы Сибири и центральной Азии: Труды III Всероссийской научной конференции с международным участием: в 4 т. – Барнаул, 2017. – Т. 1. – С. 196-203.

12. Бучельников, М.А. Мониторинг загрязнения водоемов г. Новосибирска [Текст] / М.А. Бучельников, О.В. Спиренкова, Е.В. Рощина, **А.С. Тушина** // АРКТИКА – ЭКОЛОГИЯ – ТРАНСПОРТ: материалы научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава Университета. – Новосибирск: СГУВТ, 2017. – С. 58-61.

13. Спиренкова О.В. Применение геоинформационных систем (ГИС) в исследовании пространственного распространения загрязняющих веществ (ЗВ) в малых водоемах и водотоках (на примере г.Новосибирск) [Текст] / М.А. О.В. Спиренкова, **А.С. Тушина**, Е.В. Рощина // Международный журнал речников «Речной транспорт» №1. – 2021. – С. 51-54.