

НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ПРОЕКТОВ ВОДООХРАННЫХ ЗОН ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ КРУПНЫХ ГОРОДОВ В КОНТЕКСТЕ УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ (НА ПРИМЕРЕ г. МИНСКА)

Л. Н. Гертман¹, Н. Н. Шешко², С. И. Кузьмин³

¹Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь;

²Брестский государственный технический университет, Брест, Беларусь;

³Берлинский университет имени Александра Гумбольдта, Берлин, Германия

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы научного обоснования организации водоохраных зон и прибрежных полос водных объектов в условиях городских систем. Отражены методические подходы научного обоснования проектов водоохраных зон и на примере г. Минска представлены результаты разработки проекта водоохраных зон водных объектов. По результатам анализа геологического строения, почвенно-геоморфологических и гидрогеологических условий, характера озеленения территории, особенностей городской застройки, функционального использования территории, а также инженерно-технической инфраструктуры и оценки антропогенной нагрузки на водные системы рассчитаны основные параметры водоохраных зон и прибрежных полос водных объектов. Выявлены потенциальные источники загрязнения водных объектов в границах водоохраных зон и прибрежных полос и предложены профилактические мероприятия по благоустройству территории, прилегающей к водному объекту, направленные на регулирование качества водных ресурсов и предотвращение загрязнения поверхностных вод.

Ключевые слова: ресурсы; управление водными ресурсами; менеджмент; водные объекты; экологическое состояние; источники воздействия; водоохранные зоны; прибрежные полосы; природоохранные мероприятия.

Для цитирования. Гертман Л. Н., Шешко Н. Н., Кузьмин С. И. Научное обоснование и разработка проектов водоохраных зон водных объектов крупных городов в контексте управления водными ресурсами (на примере г. Минска) // Природопользование. – 2025. – № 2. – С. 88–99.

SCIENTIFIC SUBSTANTIATION AND DEVELOPMENT OF WATER PROTECTION ZONES PROJECTS FOR WATER BODIES OF CITIES IN THE CONTEXT OF WATER RESOURCES MANAGEMENT (ON THE EXAMPLE OF MINSK)

L. N. Gertman¹, N. N. Sheshko², S. I. Kuz'min³

¹Belarusian State University, Minsk, Belarus;

²Brest State Technical University, Brest, Belarus;

³Alexander-Lucent-Universität von Humboldt-Universität Berlin, Berlin, Germany

Abstract. The article considers questions of scientific substantiation of organization of water protection zones of water bodies of urban systems. Methodical approaches of scientific substantiation of water protection zones projects are reflected and the results of development of water protection zones of water objects are presented on the example of Minsk. Based on the results of analysis of geological structure, soil-geomorphological and hydrogeological conditions, nature of landscaping of the territory, features of urban development, functional use of the territory, as well as engineering infrastructure and assessment of anthropogenic stress on water systems are calculated the main parameters of water protection zones of water bodies. Potential sources of pollution of water bodies within the boundaries of water protection zones have been identified, and preventive measures to improve the area adjacent to the water body have been proposed, aimed at managing water quality and preventing pollution of surface waters.

Keywords: resources, water resources, management, management, water bodies, ecological status, sources of impact, water protection zones, environmental protection measures.

For citation. Gertman L. N., Sheshko N. N., Kuz'min S. I. Scientific substantiation and development of water protection zones projects for water bodies of cities in the context of water resources management (on the example of Minsk). *Nature Management*, 2025, no. 2, pp. 88–99.

Введение. На протяжении длительного развития человеческого общества вода является основополагающей составляющей существования человеческой жизни. Достаточность водных ресурсов на определенной территории определяет возможность функционирования в ее пределах природных систем и является одним из факторов освоения и экономического развития. Особенно актуальной проблема обеспеченности водными ресурсами и их рационального использования является для городских территорий, в пределах которых сконцентрирована большая часть промышленного производства, а также проживает более половины населения мира [1]. С большей вероятностью можно предположить, что для городов эта проблема будет оставаться одной из важных и в будущем, так как в их пределах, по прогнозам ООН, к 2050 г. ожидается дальнейший рост населения (до 70 %) [2].

Проблема организации эффективного управления водными ресурсами особенно практически востребована для г. Минска, в котором производится более 30 % ВВП страны, расположен ряд крупнейших предприятий, зарегистрировано более 4000 предприятий, занятых в сфере промышленности) и по состоянию на 1 января 2024 г. проживало 1 992 862 человека (21,76 % населения страны) [3, 4]. При этом основная проблема менеджмента сводится к выработке оптимальной системы управления водными ресурсами, которая не только позволила бы учитывать экономические потребности в отношении использования поверхностных и подземных вод, но и обеспечивала в городе и на прилегающей территории развитие ценных экосистем, а также гарантировала сохранение ландшафтного и биологического разнообразия.

Необходимо отметить, что несмотря на то, что г. Минск расположен в умеренной климатической зоне с характерным гумидным климатом, при котором количество выпадающих атмосферных осадков больше, чем может испариться и просочиться в почву, водные ресурсы в Минске и в формирующейся городской агломерации распределены неравномерно и потенциально уязвимы к антропогенному воздействию, что усугубляется современными процессами изменения климата. Историческое расположение большей части г. Минска на возвышенности (преобладают холмистые, хорошо дренированные участки с абсолютными отметками 200–220 м, колебание высот в черте города достигает 100 м), являющейся водоразделом бассейнов Балтийского и Черного морей, было связано с наличием на этой территории рек с относительно бедными ресурсами речного стока, но выгодным транспортным положением («из варяг в греки»). По мере расширения города гидрографическая сеть на территории Минска становилась все более неравномерной. Юго-западная часть города практически лишена водотоков, но имеет много сухих ложбин, в верховьях которых расположены небольшие пруды. Северо-восточная часть Минска представлена пятью водотоками. Основным водотоком города являются р. Свислочь с ее притоками – реками Качинкой, Цной, Лошицей (с Мышкой), Сенницей, Тростянской, каналом Слепянской водной системы. Питание всех рек на территории города осуществляется, прежде всего, за счет грунтовых вод и атмосферных осадков. На р. Свислочи и ее притоках создан ряд водохранилищ: Чижовское, Цнянское, Лошицкое, Курасовщина, Заславское и Комсомольское озеро. Общая площадь водохранилищ в черте г. Минска и его ближайших окрестностей составляет более 40 км², оказывая влияние на климат тех территорий, которые расположены вблизи водоемов. К основным (систематизирующим) водоемам относятся семь: водохранилища Дрозды, Чижовское (водоем ТЭЦ-3), Цнянское, Комсомольское озеро, пруд Лебяжий, водоемы Курасовщина и ТЭЦ-2.

Вплоть до окончания Второй мировой войны жители города пользовались речной и колодезной водой, водопровод обеспечивал только центральную часть Минска. С резким ростом численности населения города в период с середины 1940-х до 1970-х годов (фактически пятикратное увеличение численности: с довоенных 237,5 тыс. в 1939 г. до 1124,4 тыс. в 1975 г. [5]) и строительством новых крупных промышленных предприятий г. Минск стал испытывать нехватку водных ресурсов как для питьевых, так и для хозяйственных целей. Для решения этой проблемы в 1968 г. было начато строительство канала Вилейско-Минской водной системы протяженностью более 60 км, который официально был введен в эксплуатацию в январе 1976 г. Искусственно созданный гидротехнический комплекс водных объектов, включающий 14 водохранилищ, перебрасывает с помощью ряда насосных станций (высота подъема – 64 м), речной сток из р. Вилии (северо-западная часть страны, бассейн Балтийского моря) в р. Свислочь (соответственно в центральную и южную часть Беларуси, бассейн Черного моря). Часть поверхностных вод из Вилейского водохранилища после прохождения их полного цикла очистки до сих пор используется для хозяйственно-питьевого водоснабжения, а также для производственных целей и обеспечения обводнения главной реки г. Минска – Свислочи. С вводом в эксплуатацию искусственного гидротехнического комплекса доля поверхностных источников воды в системе хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Минска стала составлять значительную часть (к примеру, еще в 2013 г. она равнялась 40 % [6]).

В то же время итоги оценки данных наблюдений за состоянием поверхностных и подземных вод в составе Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь [7, 8], результатов отдельных исследований безопасности и безвредности воды поверхностных водных объектов для культурно-бытового (рекреационного) использования [9, 10], данных из материалов, характеризующих водные ресурсы и антропогенную нагрузку на поверхностные объекты и подземные источники Республики Беларусь (по количеству сточных вод и загрязняющим веществам) [11],

указывают на то, что охрана вод от их загрязнения (по санитарно-эпидемиологическим гидрохимическим и гидробиологическим показателям) [12] и обеспечение «равноправного доступа населения к качественной питьевой воде и надлежащим услугам в области водоснабжения и водоотведения», а также «улучшения экологического состояния (статуса) поверхностных водных объектов с предупреждением их загрязнения, засорения и истощения» [13] и далее будут оставаться одними из приоритетных задач для органов управления, принимающих решения в области менеджмента водными ресурсами (на их решение, к примеру, направлены мероприятия, реализуемые в рамках подпрограммы «Чистая вода» Государственной программы по стопроцентному переводу в г. Минске до конца 2025 г. всех источников хозяйственно-питьевого водоснабжения на подземные артезианские источники [14]).

В соответствии с требованиями Водного кодекса Республики Беларусь от 30 апреля 2014 г. № 149-З для охраны поверхностных вод от загрязнения и для рационального их использования должны быть разработаны и утверждены проекты водоохраных зон (далее – ВЗ) и прибрежных полос (далее – ПП) водных объектов, в пределах которых должен соблюдаться специальный режим ведения хозяйственной деятельности [15]. Требования по разработке границ ВЗ водных объектов предусматривают проведение большого объема наукоемких работ, в результате которых устанавливается прилегающая к поверхностному водному объекту территория, где необходимо поддерживать специальный режим хозяйственной деятельности, предотвращающий их загрязнение и засорение. В свою очередь, ПП является частью водоохранной зоны, непосредственно примыкающей к поверхностному водному объекту, на которой устанавливаются более строгие требования к деятельности, чем на всей территории ВЗ. Разработанные таким образом ВЗ и ПП для поверхностных водных объектов служат достаточно эффективным организационным мероприятием, направленным на предотвращение загрязнения и истощения водных объектов.

Представленные в данной статье результаты, выводы и предложения основываются на многолетнем практическом опыте участия ее авторов в обосновании ВЗ и ПП водных объектов в Республике Беларусь и непосредственно на результатах научно-исследовательских работ по разработке (2017 г.) и последующей корректировке (2021–2022 гг.) разработанных проектов ВЗ водных объектов г. Минска (заказчик научных проектов – Минский городской исполнительный комитет).

Цель работы – выполнить научное обоснование размещения границ ВЗ и ПП водных объектов в условиях г. Минска и разработать мероприятия в границах предлагаемых ВЗ и ПП, направленных на предотвращение загрязнения поверхностных вод и охрану водных объектов.

Объектом исследований выступали водные объекты, расположенные в пределах черты г. Минска.

Для достижения поставленной цели решались следующие основные задачи:

- анализ уровня антропогенного воздействия и характера землепользования исследуемой территории;
- сбор и систематизация данных о поверхностных водных объектах и гидрологических характеристиках водных объектов, а также сведений и материалов, характеризующих существующие природные условия (в том числе рельеф местности и почвы), характер землепользования в границах территории исследований;
- анализ функционального использования и уровня инженерно-технической инфраструктуры исследуемой территории;
- обследование объектов, оказывающих вредное воздействие на поверхностные водные объекты, и разработка перечня точечных и диффузных источников загрязнения поверхностных водных объектов;
- анализ уровня антропогенного воздействия и характера землепользования исследуемой территории;
- научное обоснование устанавливаемых границ ВЗ и ПП для каждого объекта в пределах исследуемой территории;
- разработка предложений по ведению режимов хозяйственной и иной деятельности в границах предлагаемых ВЗ и ПП отдельно для каждого исследуемого водного объекта;
- разработка перечня основных природоохранных мероприятий, направленных на регулирование качества водных ресурсов, предотвращения загрязнения и засорения, а также охрану водного объекта;
- разработка комплексного научно обоснованного проекта ВЗ водных объектов г. Минска.

Научные исследования включали подготовительный, полевой и камеральный этапы.

На подготовительном этапе производились подбор и приобретение необходимых планово-картографических материалов; выполнялись сбор и систематизация данных о гидрологических характеристиках поверхностных водных объектов (в том числе водосборной площади водных объектов), об их целевом использовании, экологическом состоянии исследуемых водных объектов и источниках загрязнения поверхностных вод, а также сведений и материалов, характеризующих существующие природные условия, в том числе рельеф местности, характер функционального использования и сведений об уровне инженерно-технической инфраструктуры исследуемой территории.

При проведении полевого этапа на местности уточнялись некоторые морфометрические характеристики самих водных объектов, а также обследовались объекты, которые оказывают или потенциально могли бы оказывать вредное воздействие на поверхностные водные объекты.

Камеральный этап являлся наиболее трудоемким и включал обработку, анализ и оценку подобранных картографических и статистических материалов, результатов выполненных полевых исследований; разработку перечня точечных и диффузных источников загрязнения поверхностных водных объектов с проведением анализа уровня антропогенного воздействия и характера землепользования исследуемой территории; научное обоснование устанавливаемых границ ВЗ и ПП; нанесение на планово-картографические материалы ВЗ и ПП; разработку мероприятий, направленных на охрану поверхностных водных объектов; разработку комплексного научно обоснованного проекта водоохранных зон водных объектов г. Минска (более детальный состав работ и некоторые особенности их проведения представлены нами в статьях [16, 17]).

В качестве основных методов исследований применялись экспедиционно-полевой, статистической обработки данных, картографический, моделирования, сравнительно-географический, экспертных оценок. При обработке данных на каждом из этапов проведения работ нами использовались современные технологии ГИС (следует отметить, что нормативными документами Республики Беларусь использование ГИС-технологий при разработке проектов водоохранных зон водных объектов является обязательным требованием [18]). Результаты практического опыта подготовки проектов ВЗ водных объектов подтверждают, что ГИС-технологии как инструмент позволяют интегрировать географические данные в единый информационный ресурс и в целом их использование значительно улучшает качество проекта ВЗ, позволяя не только экономить время и ресурсы на выполнение исследований, но и принимать более обоснованные решения (см. также [19, 20]).

Основой для научного обоснования и разработки проектов ВЗ и ПП г. Минска являлась земельно-информационная система Республики Беларусь (далее – ЗИС), которая включает информацию о земельных участках, их границах и административно-территориальной принадлежности, распределении земель по категориям и видам прав на землю, землевладельцах и землепользователях, видах земель (земельное покрытие) и их мелиоративном состоянии, ограничениях землепользования, текущих изменениях в составе и распределении земель, элементы топографического содержания.

Данные ЗИС использовались как на подготовительном этапе для сбора и анализа картографической информации, так и для анализа функционального использования исследуемой территории, определения возможных источников загрязнения, их отдельных характеристик. Применение ГИС-технологий при разработке проектов ВЗ и ПП позволило обеспечить комплексный подход к оценке состояния природной среды непосредственно на рассматриваемой территории расположения водного объекта с учетом как особенностей формирования его стока, так и потенциального воздействия источников загрязнения. Использование данных дистанционного зондирования земли для целей обоснования границ ВЗ и ПП позволило учесть существующее состояние водосборной территории и разработать необходимые мероприятия для предотвращения негативных последствий хозяйственной деятельности и снижения антропогенной нагрузки на поверхностные водные объекты.

Результаты и их обсуждение. В результате выполнения исследований на начальном этапе определен список водотоков и водоемов г. Минска, для которых установление ВЗ и ПП является необходимым условием их нормального функционирования в городских условиях и для которых ВЗ и ПП должны быть разработаны в соответствии с требованиями национального природоохранного законодательства. При обосновании перечня водных объектов учтены такие факторы, как характер современного использования рек и водоемов и прилегающих к ним территорий; экологическое и техническое значение для экосистемы и городской среды водного объекта и прилегающих к нему территорий; наличие/отсутствие в зоне размещения водных объектов источников загрязнения.

В перечень объектов, для которых разрабатывались ВЗ и ПП, было включено восемь основных водотоков (главная водная артерия города – р. Свислочь и ее притоки (сверху вниз по течению) – Цна, Лошица (с Мышкой), канал Слепянской водной системы, Тростянка, Качинка и Сенница) и десять основных водоемов (водохранилище Дрозды, пруд Лебяжий, Комсомольское озеро, водоем ТЭЦ-2, Чижовское водохранилище (водоем ТЭЦ-3), водоем Курасовщина, водоем в низовьях р. Лошицы и Цнянское водохранилище, пруд без названия в районе ул. Семашко – ул. Каролинской, пруд без названия в районе ул. Горецкого) [21].

Основным водотоком г. Минска является р. Свислочь, в водосборе которой расположены дренирующие территорию города притоки. Свое начало река берет в Минском районе и впадает в р. Березину (см. рис. 1). Общая ее длина составляет 297 км, площадь водосбора – 5160 км². Гидрографическая сеть насчитывает свыше 360 водотоков (длиной более 1 км), общей протяженностью около 1630 км. Кроме того, свыше 2120 км приходится на осушительные каналы и канавы. Густота гидрографической сети составляет 0,32 км/км², с учетом осушительной сети – 0,41 км/км² (см. рис. 1). Входящим створом в пределах современной городской черты является место пересечения Минской кольцевой автодороги (далее – МКАД) и водохранилища Дрозды, замыкающим – д. Новый Двор.

Длина реки на данном участке – 45 км, площадь водосбора – 430 км². Русло реки извилистое, неразветвленное, шириной 15–30 м, на расширениях – до 60 м. Преобладающие глубины по фарватеру составляют 1,5–2,0 м, скорость течения по стрежню – 0,2–0,5 м/с. Дно песчаное, у берегов заиленное (берега на значительном протяжении обустроены). Пойма шириной от 50 до 500 м ровная, луговая, хорошо выработана, чередующаяся по берегам, ввиду регулирования стока не затопляется. В пределах современной городской черты на р. Свислочи расположены водоемы: водохранилище Дрозды (нижний плёс), Комсомольское озеро (водоем ТЭЦ-2), Чижовское водохранилище (водоем ТЭЦ-3).

Морфометрические параметры основных водоемов представлены в табл. 1. Из всех водоемов самым большим по площади является водохранилище Дрозды, построенное на р. Свислочи для технического водоснабжения и водного благоустройства г. Минска, рекреации. МКАД, по которой проходит современная и перспективная границы города, разделяет водоем на два плёса. Площадь зеркала – 2,4 км² (в том числе в пределах города – 1,5 км²), длина – 6,0 км (в пределах города – 3,1 км), максимальная ширина – 600 м. Наибольшая глубина приурочена к городской территории – 5,5 м, средняя глубина всего водоема – 2,6 м. Ширина: максимальная – 0,6 км, средняя – 0,4 км. Длина береговой линии – 13 км. Объем воды: полный – 6,2 млн м³, полезный – 5,8 млн м³. Площадь водосбора в створе плотины – 649 км². Среднемноголетний годовой сток – 130 млн м³. Прилегающая территория используется в основном как зеленая зона, на южном берегу представлена усадебной застройкой.

Таблица 1. Морфометрические параметры основных водоемов г. Минска

Table 1. Morphometric parameters of the main water bodies of Minsk

Номер на карте	Название и местоположение	Тип	Площадь зеркала, га	Длина, м	Ширина, м	
					средняя	максимальная
1	Водоохранилище Дрозды, всего В том числе в пределах городской черты (ниже МКАД)	Русловой	240	6000	400	600
			150	3100	480	600
2	Пруд «Лебяжий»	Пойменный	15,3	650	235	350
3	Комсомольское озеро	Русловой	42	2200	190	350
4	Водоем ТЭЦ-2	Русловой	30	5000	60	300
5	Водоохранилище Чижовское	Русловой	160	3500	460	900
6	Водоем Курасовщина, дамба на ул. Брестской, всего В том числе: верхний плёс нижний плёс	Русловой	20,6	1390	145	240
			4,3	320	130	190
			16,3	1100	150	190
7	Пруд, дамба на пер. Чижевских	Русловой	4,0	410	100	110
8	Водоохранилище Цнянское	Наливной	90	1500	600	1400
9	Пруд без названия в районе ул. Семашко – ул. Каролинской	Русловой	5,2	600	84,3	90
10	Пруд без названия в районе ул. Горецкого	Пойменный	5,2	350	109	150

Результаты анализа геоморфологических условий района исследований (приуроченность к Минской краевой ледниковой возвышенности; сильная расчлененность рельефа на отдельные грядово-холмистые массивы; колебания относительных высот территории до 100 м (максимальная абсолютная отметка поверхности – 280,4 м, самые низкие абсолютные отметки поверхности приурочены к пойме р. Свислочи и составляют 180–185 м); наличие техногенных форм рельефа и связанных с ними процессов плоскостной и линейной эрозии; «выработанность» долины р. Свислочи; корытообразный поперечный профиль р. Свислочи; особенности морфометрических характеристик долины р. Свислочи (колебание по бровке от 200 м (ул. Шейпичи) до 1200 м (Чижовское водохранилище); четко выраженная асимметричность долины; относительные превышения бортов долины – 5–25 м; изрезанность долины густой сетью ложбин стока; представленность долины надпойменными террасами, располагающимися на высоте 10–20 м над меженным уровнем воды в реке; изменчивость ширины поймы р. Свислочи от 50 м (на севере участка ниже ул. Аранская и напротив ул. Шейпичи) до 500 м (район Чижовского водохранилища), характер высоты поймы над среднемеженным уровнем – от 0,5 до 1,2 м) позволили выделить отдельные геоморфологические элементы р. Свислочи и ее притоков, наиболее крупных водоемов (бровки долины, поймы, тальвеги), которые впоследствии послужили определяющими природными (геоморфологическими) факторами при установлении границ ВЗ и ПП. Характер антропогенной преобразованности рельефа учтен также при разработке основных предложений по организации водоохранных мероприятий.

Для обоснования границ ВЗ и ПП и разработки соответствующих природоохранных мероприятий выполнен анализ геологического строения и гидрогеологических условий исследуемой территории. С поверхности она перекрыта мощным чехлом осадочных отложений (до 360 м, ниже которых залегает кровля кристаллических пород фундамента). Сверху вниз осадочные породы представлены отложениями четвертичного возраста, испытывающими наибольшее техногенное воздействие (мощность четвертичных отложений изменяется от 100 м на северо-западе до 160 м на юго-востоке г. Минска). В осадочных отложениях представлены голоценовые техногенные образования, голоценовые болотные и аллювиальные отложения, верхнеплейстоценовые-голоценовые, делювиально-пролювиальные, поозерские аллювиальные отложения, флювиогляциальные и моренные отложения сожского ледника. Необходимость проведения анализа геологического строения исследуемой территории объяснялось тем, что именно геологическое строение территории определяет особенности гидрогеологических условий, которые, в свою очередь, повлияли на характер морфологического строения, прежде всего долинных комплексов, а также на строение и водный режим зоны аэрации. В рамках анализа гидрогеологических условий территории г. Минска выделено четыре водоносных горизонта, наиболее взаимосвязанных с поверхностными водами (водоносный голоценовый горизонт болотных и аллювиальных отложений, водоносный сожский надморенный флювиогляциальный горизонт, слабоводоносный локально водоносный сожский моренный горизонт, водоносный локально слабоводоносный краевой сожский горизонт).

Анализ функционального использования территории г. Минска, прилегающей к водным объектам на удалении, как правило, размером не менее 1000 м (для справки: 600 м – базовая минимальная ширина ВЗ для средних рек согласно требованиям Водного кодекса Республики Беларусь) и результаты оценки уровня антропогенной преобразованности исследуемой территории позволили подразделить все земли в этой зоне на две основные группы:

- территории, формирующие загрязнение (площадки промышленных предприятий, строительных организаций, баз, складов, объекты транспорта и связи, территории сельскохозяйственных производственных объектов, многоэтажной и усадебной жилой застройки, объекты непродуцированной сферы, пашни, а также земельные участки без растительности (пески) и другие нарушенные территории);
- территории, выполняющие определенные санирующие и водозащитные функции (леса, кустарники, луга, пастбищные земли, земли под болотами и заболоченные земли, коллективные садово-водческие товарищества).

На этом этапе исследований была составлена предварительная экспликация земель по функциональному использованию водоохраных территорий в пределах проекта ВЗ согласно требованиям [15, 18], пример которой представлен в табл. 2.

Таблица 2. Функциональное использование водоохраных зон и прибрежных полос водных объектов г. Минска

Table 2. Functional use of water bodies and coastal strips of the water bodies of Minsk

Функциональная зона	Площадь, га	
	в границах водоохранной зоны	в границах прибрежной полосы
1. Многоквартирная жилая застройка	569,64	16,115
2. Многоквартирная высокоплотная жилая застройка	599,31	14,328
3. Смешанная жилая застройка	238,131	4,547
4. Усадебная жилая застройка, дачи	203,44	9,608
5. Общественные территории (застройка общественных центров, учебных, лечебно-оздоровительных объектов и др.)	594,394	2,879
6. Производственная территория (промышленная и коммунально-складская застройка)	399,006	5,123
7. Территории инженерно-транспортной инфраструктуры (улицы, железные дороги, объекты внутреннего водного транспорта, гаражи, автостоянки, объекты и коммуникации различных инженерно-технических систем)	471,724	38,952
8. Ландшафтно-рекреационные территории. В том числе: озелененные территории общего пользования (парки, скверы, бульвары, набережные, лесопарки и др.); озелененные территории ограниченного пользования и специального назначения (кладбища, питомники, берегоукрепительные полосы и др.); природные озелененные территории (луга, сенокосы, пастбища, сады, болота и др.)	3909,64	1685,01
9. Территории под поверхностными водными объектами	–	–

Влияние инженерно-технической инфраструктуры (обустроенности территории, прилегающей к рассматриваемым водным объектам) на параметры ВЗ и ПП рассматривалось в комплексе

с функциональным зонированием и уровнем антропогенной нагрузки на долинный комплекс рек и водосборную площадь других водных объектов.

При оценке влияния инженерно-технической инфраструктуры рассмотрены такие инженерные системы, как водоснабжение, бытовая канализация, дождевая канализация. Установлено, что наличие и функционирование сетей городской канализации (хозяйственно-бытовой и дождевой) позволяет в значительной степени уменьшить перечень объектов, которые непосредственно могут негативно воздействовать на состояние водных ресурсов города.

С учетом национальных природоохранных требований к характеру организации хозяйственной деятельности в пределах ВЗ нами был выполнен анализ всех объектов вредного воздействия, расположенных в потенциальных границах ВЗ и ПП водных объектов, на поверхностные водные объекты. Всего определено 143 объекта, которые в той или иной степени могли оказывать негативное воздействие на водные объекты. При оценке негативного воздействия во внимание принимались следующие основные факторы: функциональное назначение объекта, показатели его деятельности и влияние на водный объект, соответствие реализуемой деятельности установленным (разрешенным) режимам осуществления хозяйственной и иной деятельности в границах ВЗ и ПП согласно национальным природоохранным требованиям, а также реализация/отсутствие природоохранных мероприятий, предотвращающих загрязнения, засорение и истощение вод. В результате экспертного анализа установлено, что подавляющая часть объектов – потенциальных источников загрязнения поверхностных вод, подключены к системе хозяйственно-бытовой канализации г. Минска и существенный вклад в загрязнение поверхностных вод в городе оказывается через поступление загрязняющих веществ через выпуски дождевой канализации (прежде всего, это объекты автомобильного транспорта, включая стоянки и парковки).

Практическая разработка проектов ВЗ водных объектов была осуществлена с применением ГИС-технологий. На основе цифровых моделей рельефа, соответствующих масштабам 1 : 10 000 и 1 : 2000, были определены водосборы водных объектов и территории, с которых потенциально возможно поступление загрязнения с поверхностным стоком в исследуемые водные объекты. Определенные первоначально границы водосборов совместили с закрепленными законодательно требованиями к размерам ВЗ и ПП для средних/малых рек и водоемов: ВЗ – 600/500 м, ПП – 100/50 м и соответственно 500 и 50 м. Далее границы ВЗ и ПП были уточнены на основе функционального, ландшафтно-гидрологического зонирования территории. В них включаются участки, с которых осуществляется поверхностный сток (в том числе загрязняющих веществ), а также территория, затапливаемая в период паводков и паводков (в том числе участки высокой, притеррасной поймы). Необходимо отметить, что границы ВЗ и ПП, как правило, совмещаются с естественными и искусственными рубежами или препятствиями, перехватывающими частично поверхностный сток вышележащих территорий (бровки речных долин, балки, дорожно-транспортная сеть, квартальная застройка, границы землепользователей). Непосредственно ширина ВЗ определялась длиной пути, на котором происходила инфильтрация воды, поступающей в водный объект, и площадью поверхностного стока. Учитывались особенности почвенного покрова, в частности тип почвы и гранулометрический состав, определяющие сорбционную способность почв, и, соответственно, способность фильтровать сток. Во внимание также принимался эрозионный потенциал исследуемой территории. При обратном либо нулевом уклоне ширина ВЗ и ПП корректировалась с минимальной шириной, определенной в законодательстве, или меньшей (в случае наличия соответствующего научного обоснования для конкретного участка). При определении границ ПП также учитывался гранулометрический (механический) состав почв: на песчаных и супесчаных породах ширина ПП имеет минимальные значения, при наличии суглинистых и глинистых пород она может быть увеличена.

При разработке проектов ВЗ водных объектов г. Минска предлагаемая ВЗ дифференцировалась на участки, в разной степени выполняющие стокорегулирующую, водоохранную и средозащитную функции. Стокорегулирующая функция природных комплексов проявлялась в перераспределении суммарного стока по гидрологическим периодам (увеличение в межень, сокращение в половодье и паводки). Водоохранная функция заключалась в улучшении качества вод (их химических и физических свойств) за счет осаждения, накопления и фильтрации загрязняющих веществ в ландшафтах. Средозащитная значимость прибрежных комплексов проявлялась, прежде всего, в их противозерозионных свойствах.

Для участков с преобладанием естественной растительности характер растительного покрова учитывался исходя из способности растительности фильтровать поверхностный сток, противостоять развитию эрозионных форм. На луговых землях ширина ВЗ устанавливалась исходя из особенностей рельефа, но не менее установленных законодательством пределов; участки под древесно-кустарниковой растительностью в меньшей степени подвергались эрозионным процессам, являлись барьерами для поверхностного стока, что позволяло корректировать границы ВЗ и ПП в сторону уменьшения. На заболоченных участках границы водоохранных территорий, как правило, совпадали с ландшафтными границами данных биотопов.

Примеры разработанных таким образом проектов ВЗ и ПП водных объектов г. Минска представлены на рис. 1 и 2.



Рис. 1. Водоохранная зона р. Свислочь

Fig. 1. Water protection zone of the Svisloch River

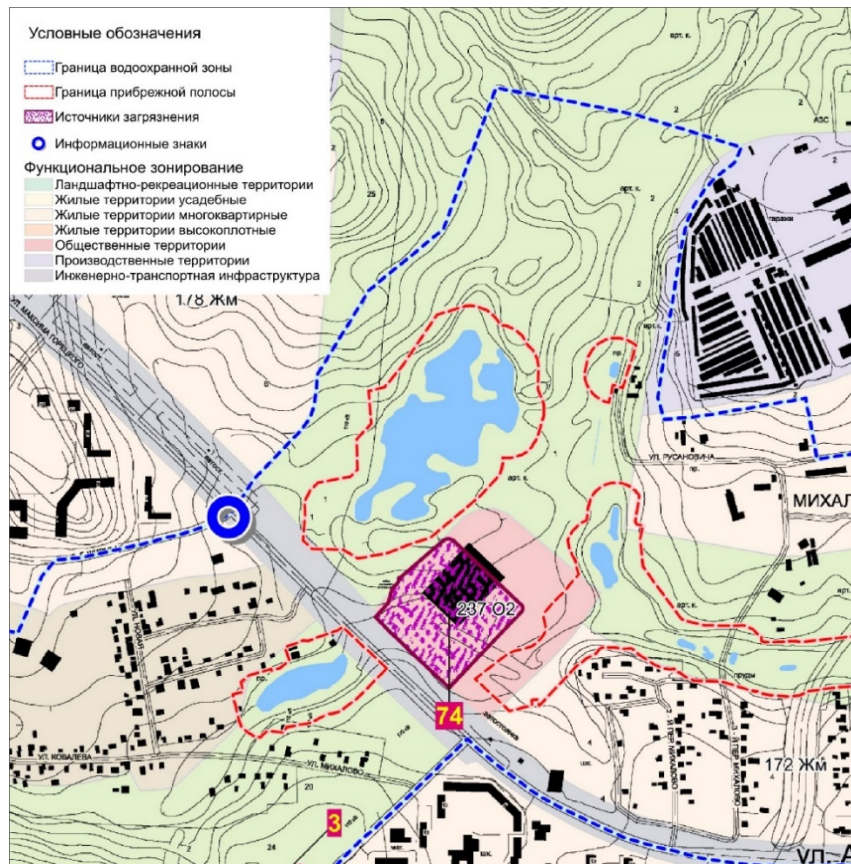


Рис. 2. Водоохранная зона пруда без названия в районе ул. Горецкого – ул. Русановича

Fig. 2. Water protection zone of pond in the area of Goretzkiy Str. and Rusanovicha Str.

Главные параметры ВЗ и ПП основных поверхностных водных объектов г. Минска представлены в табл. 3.

Таблица 3. Главные параметры водоохранных зон и прибрежных полос основных поверхностных водных объектов г. Минска

Table 3. Main parameters of water protection zones and coastal strips of the basic surface water bodies of Minsk

Водный объект	Ширина водоохранной зоны, м		Ширина прибрежной полосы, м	
	максимальная	минимальная	максимальная	минимальная
1. Река Свислочь	850	110	200	0
2. Река Лошица	740	50	100	15
3. Река Мышка	550	120	90	20
4. Река Цна	500	100	50	5
5. Река Тростянка	450	190	100	15
6. Река Сенница	420	100	50	50
7. Река Качинка	730	320	110	10
8. Канал Слепянской водной системы	310	0	50	0
9. Цнянское водохранилище	620	40	80	30
10. Пруд без названия в районе ул. Горецкого – ул. Русановича	630	150	110	30

В качестве основных природоохранных мероприятий (в границах ВЗ и ПП, особенно в условиях интенсивно застроенной территории), позволяющих регулировать качество водных ресурсов, предотвращать загрязнение и засорение, было рекомендовано реализовывать следующие мероприятия по благоустройству прилегающей к водному объекту территории: в обязательном порядке должно иметься твердое дорожное покрытие, предотвращающее загрязнение почв и объектов растительного мира; прилегающая территория должна быть окошена; должны быть предусмотрены площадки сбора твердых коммунальных отходов; проезжие дороги должны быть заасфальтированы; должно быть произведено ограждение земельных участков на расстоянии не менее 5 м по горизонтали от береговой линии; должно быть предусмотрено устройство дождевой канализации с устройством локальных очистных сооружений с недопущением сброса всех видов сточных вод на рельеф местности (овраги, карьеры, балки), а также на избыточно увлажненные территории (болота); для всех объектов должны соблюдаться нормативы озелененности территорий.

При размещении новых и реконструкции существующих автомобильных стоянок и автомобильных парковок при общей вместимости 25 машиномест и более рекомендовано предусмотреть строительство очистных сооружений дождевой канализации.

При наличии внеплощадочных сетей дождевой канализации, оборудованных очистными сооружениями, допускается отведение поверхностных сточных вод от парковок без устройства очистных сооружений дождевой канализации при выполнении условий приема сточных вод и согласования с владельцем внеплощадочных сетей дождевой канализации.

Промышленные и сельскохозяйственные объекты, расположенные в ВЗ, в обязательном порядке должны быть оснащены централизованной системой канализации или водонепроницаемыми выгребными, другими устройствами, обеспечивающими предотвращение загрязнения и засорения вод, с организованным подъездом для вывоза содержимого этих устройств.

Заключение. Таким образом, результаты исследования позволили выполнить научное обоснование размещения границ водоохранных зон и прибрежных полос водных объектов в условиях городских территорий (на примере г. Минска). Данные результаты направлены на охрану водных ресурсов в условиях интенсивной антропогенной нагрузки на природную среду и ее предотвращение от трансформации в результате развития городских систем. Полученные результаты внедрены в практику городского планирования г. Минска при организации деятельности на территориях, прилегающих к водным объектам города, для обоснования принятых в Генеральном плане решений по перспективному развитию города, а также используются городскими экологическими службами в качестве информационного обеспечения принятия ими решений по управлению водными ресурсами.

Список использованных источников

1. World Urban Population. – URL: <https://www.worldometers.info/demographics/world-demographics/#urb/> (date of access: 28.02.2025).
2. Urban kaleidoscopes. Cities are mirrors of global resilience. – URL: <https://www.undp.org/urban-kaleidoscopes/> (date of access: 28.02.2025).

3. Основные социально-экономические показатели по Республике Беларусь. – URL: <https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/osnovnye-pokazateli-po-respublike-belarus/> (дата обращения: 28.02.2025).
4. Демографическая и социальная статистика. – URL: <https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/socialnaya-sfera/> (дата обращения: 28.02.2025).
5. Демографический ежегодник Республики Беларусь. – Минск : Национальный статистический комитет Республики Беларусь, 2018. – 33 с.
6. Фактическое водопользование и отведение сточных вод в Республике Беларусь (за 2013 г.) : информ. отчет / РУП «ЦНИИКИВР». – Минск, 2014.
7. Национальная система мониторинга окружающей среды Республики Беларусь : результаты наблюдений, 2012 / под общ. ред. С. И. Кузьмина. – Электронные, текстовые, графические данные (173 Мб). – Минск : РУП «БелНИЦ «Экология», 2013. – URL: <http://www.nsmos.by/content/660.html> (дата обращения: 28.02.2025).
8. Национальная система мониторинга окружающей среды Республики Беларусь : результаты наблюдений, 2023 / Мин-во природных ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь. – Минск : Белгидромет, 2024. – URL: <https://www.nsmos.by/publikacii/2023/> (дата обращения: 28.02.2025).
9. Кузьмин, С. И. Геоэкологическая оценка состояния городских водных объектов для целей их рекреационного использования (на примере оз. Святое) / С. И. Кузьмин, Б. В. Адамович, Л. Н. Гертман // Социально-экономическая география в XXI веке: новые реалии и практические возможности : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 19–20 нояб. 2021 г. / Бел. гос. ун-т ; редкол.: Е. А. Антипова (гл. ред.), А. П. Безрученко, А. В. Дыдышко. – Минск : БГУ, 2022. – С. 273–278. – EDN CUMOXI.
10. Овчарова, Е. П. Малые водные объекты г. Минска: гидрохимическая трансформация и эколого-рекреационная значимость / Е. П. Овчарова, Е. В. Санец, Г. М. Бокая // Проблемы региональной геологии запада Восточно-Европейской платформы и смежных территорий : материалы II Междунар. науч. конф., Респ. Беларусь, Минск, 16 февр. 2021 г. / Бел. гос. ун-т ; редкол.: О. В. Лукашёв (гл. ред.) [и др.]. – Минск : БГУ, 2021. – С. 258–262. – URL: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/273235/> (дата обращения: 28.02.2025).
11. Государственный водный кадастр. Водные ресурсы, их использование и качество вод (за 2023 год) : изд. офиц. за 2023 г. – Минск : РУП «ЦНИИКИВР», 2024. – 145 с.
12. Стратегия устойчивого развития Беларуси: экологический аспект / Е. А. Антипова, С. И. Кузьмин [и др.]. – Минск : ФУАинформ, 2014. – 336 с.
13. О Национальной стратегии управления водными ресурсами в условиях изменения климата на период до 2030 года : постановление Совета Министров Респ. Беларусь от 22 февр. 2022 г. № 91. – URL: <https://faolex.fao.org/docs/pdf/blr212334.pdf> (дата обращения: 28.02.2025).
14. О государственной программе «Комфортное жилье и благоприятная среда» на 2021–2025 годы : постановление Совета Министров Респ. Беларусь от 28 янв. 2021 г. № 50 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – URL: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=C22100050> (дата обращения: 28.02.2025).
15. Водный кодекс Республики Беларусь от 30 апреля 2014 г. № 149-3 : принят Палатой представителей 2 апр. 2014 г. : одобр. Советом Респ. 11 апр. 2014 г. / ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Национальный центр правовой информации Республика Беларусь. – Минск, 2018.
16. Гертман, Л. Н. Из опыта разработки проектов водоохранных зон и прибрежных полос в соответствии с действующим законодательством / Л. Н. Гертман, И. Ю. Буко, А. П. Шариков // Земля Беларуси. – 2018. – № 1. – С. 45–48.
17. Гертман, Л. Н. Из опыта разработки проектов водоохранных зон и прибрежных полос в соответствии с действующим законодательством / Л. Н. Гертман, И. Ю. Буко, А. П. Шариков // Земля Беларуси. – 2018. – № 2. – С. 20–23.
18. О требованиях к разработке проектов водоохранных зон и прибрежных полос : постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь от 4 мая 2015 г. № 18 : с изм. от 17 марта 2017 г. № 9 // Право Беларуси. – URL: <http://www.lawbelarus.com/005048/> (дата обращения: 28.02.2025).
19. Гертман, Л. Н. Применение ГИС-технологий при установлении водоохранных зон водных объектов / Л. Н. Гертман, А. А. Сазонов, Ю. А. Мажайский // Современные географические исследования: теория, практика, инновация : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Самарканд, 12–13 мая 2023 г. – Самарканд, 2023. – Ч. II. – С. 44–49.
20. Совершенствование методических подходов, технических решений и обеспечение доступности информации при установлении водоохранных зон водных объектов. / Л. Н. Гертман, Е. В. Левачёв, А. Н. Глинская [и др.] // Вестник Брестского государственного технического университета. – Брест, 2021. – С. 85–89.
21. Проект водоохранных зон и прибрежных полос поверхностных водных объектов города Минска (внесение изменений) : отчет о НИР // Брест. гос. техн. ун-т. – Брест, 2022. – 29 с.

References

1. World Urban Population. Available at: <https://www.worldometers.info/demographics/world-demographics/#urb/> (accessed February 28, 2025).
2. Urban kaleidoscopes. Cities are mirrors of global resilience. Available at: <https://www.undp.org/urban-kaleidoscopes/> (accessed February 28, 2025).

3. *Osnovnye sotsialno-ekonomicheskie pokazateli po Respublike Belarus* [Main socio-economic indicators for the Republic of Belarus]. Available at: <https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/osnovnye-pokazateli-po-respublike-belarus/> (accessed February 28, 2025). (in Russian)
4. *Demograficheskaya i socialnaya statistika* [Demographic and social statistics]. Available at: <https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/socialnaya-sfera/> (accessed February 28, 2025). (in Russian)
5. *Demografocheskiy ezhegodnik Respubliki Belarus* [Demographic Yearbook of the Republic of Belarus]. Minsk, National Statistical Committee of the Republic of Belarus Publ., 2018, 33 p. (in Russian)
6. *Informatsionnyi otchet "Fakticheskoe vodopolzovanie i otvedenie stochnykh vod (za 2013 god)* [Information report "Actual water use and wastewater disposal in the Republic of Belarus (for 2013)"]. Minsk, RUE "CRICUWR" Publ., 2014. (in Russian)
7. *Natsionalnaya sistema monitoring okruzhauschei sredy Respubliki Belarus: rezultaty nabludeniy, 2012* [National Environmental Monitoring System of the Republic of Belarus: Observation results, 2012]. [Design of turbo-generators]. Minsk, RUE "BelNICekologia" Rubl., 2013. Available at: <http://www.nsmos.by/content/660.html> (accessed February 28, 2025). (in Russian)
8. *Natsionalnaya Sistema monitoring okruzhauschei sredy Respubliki Belarus: rezultaty nabludeniy, 2023* (National Environmental Monitoring System of the Republic of Belarus: Observation results, 2023). Minprirody. Minsk, Belgidromet Publ., 2024. Available at: <https://www.nsmos.by/publikacii/2023/> (accessed February 28, 2025). (in Russian)
9. Kuz'min S. I., Adamovich B. V., Gertman L. N. *Geoekologicheskaya otsenka sostoyaniya gorodskikh vodnykh ob'ektov dlya tseyley ikh rekreatsiionnogo ispol'zovaniya (na primere oz. Svyatoye)* [Geoecological assessment of the state of urban water bodies for the purposes of their recreational use (on the example of Lake Svyatoye)]. *Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Sotsial'no-ekonomicheskaya geografiya v XXI veke: novye realii i prakticheskie vozmozhnosti"* [Proc. Int. Sci.-Pract. Conf. "Socio-economic geography in the XXI century: new realities and practical opportunities"]. Minsk, 2022, pp. 273–278. (in Russian)
10. Ovcharova E. P., Sanec E. V., Bokaja G. M. *Malye vodnye ob'ekty g. Minska: gidrohimicheskaya transformatsiya i ekologo-rekreatsiionnaya znachimost'* [Small water bodies of Minsk: hydrochemical transformation and ecological and recreational significance]. *Problemy regionalnoi geologii zapada Vostochno-Evropeiskoi platformy i smezhnykh territorij. Materialy II Mezhdunar. nauch. conf., Resp. Belarus, Minsk, 16 fevr. 2021 g.* [Problems of Regional Geology of the West of the East European Platform and Adjacent Territories: Proceedings of the II International Scientific Conference, Republic of Belarus, Minsk, February 16, 2021]. Minsk, BGU Publ., 2021, pp. 258–262. Available at: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/273235/> (accessed February 28, 2025). (in Russian)
11. Gosudarstvennyy vodnyy kadastr. Vodnye resursy, ikh ispol'zovanie i kachestvo vod (za 2023 god) [State Water Cadastre. Water resources, their use and water quality (for 2023)]. Official publication (for 2023). Minsk, RUE "CNIKIWR" Publ., 2024, 145 p. (in Russian)
12. Antipova E. A., Kuzmin S. I., et al. *Strategiya ustoychivogo razvitiya Belarusi: ekologicheskiy aspekt* [Sustainable Development Strategy of Belarus: environmental aspect]. Minsk, FUAinform Publ., 2014, 336 p. (in Russian)
13. *O Natsional'noy strategii upravleniya vodnymi resursami v usloviyakh izmeneniya klimata na period do 2030 goda* [On the National Strategy for Water Resources Management in a Changing Climate for the period up to 2030]. *Postanovlenie Soveta Ministrov Respubliki Belarus' ot 22 fevralya 2022 g. no. 91 (2022)* [Resolution of the Council of Ministers of the Republic of Belarus no. 91 dated February 22, 2022]. Available at: <https://faolex.fao.org/docs/pdf/blr212334.pdf> (accessed February 28, 2025). (in Russian)
14. *O gosudarstvennoy programme "Komfortnoe zhi'e i blagopriyatnaya sreda" na 2021–2025 gody* [On the state program "Comfortable housing and a favorable environment" for 2021–2025]. *Postanovlenie Soveta Ministrov Respubliki Belarus' ot 28 yanvarya 2021 g. no. 50 (2021)* [Resolution of the Council of Ministers of the Republic of Belarus no. 50 dated January 28, 2021]. *Natsional'nyy pravovoy Internet-portal Respubliki Belarus'* [National Legal Internet Portal of the Republic of Belarus] Available at: <https://faolex.fao.org/docs/pdf/blr212334.pdf> (accessed February 28, 2025). (in Russian)
15. *Vodny kodeks Respubliki Belarus' ot 30 aprelya 2014 goda № 149-Z* [Water Code of the Republic of Belarus of April 30, 2014 no. 149-Z]. Minsk, Natsionalnyy centr pravovoy informatsii Respublika Belarus' Publ., 2018. (in Russian)
16. Gertman L. N., Buko I. Yu., Sharikov A. P. *Iz opyta razrabotki proektov vodookhrannykh zon i pribrezhnykh polos v sootvetstviy s deystvuyushchim zakonodatel'stvom* [From the experience of developing projects for water protection zones and coastal strips in accordance with current legislation]. *Zemlya Belarusi = Land of Belarus*, 2018, no. 1, pp. 45–48. (in Russian)
17. Gertman L. N., Buko I. Yu., Sharikov A. P. *Iz opyta razrabotki proektov vodookhrannykh zon i pribrezhnykh polos v sootvetstviy s deystvuyushchim zakonodatel'stvom* [From the experience of developing projects for water protection zones and coastal strips in accordance with current legislation]. *Zemlya Belarusi = Land of Belarus*, 2018, no. 2, pp. 20–23. (in Russian)
18. *O trebovaniyakh k razrabotke proektov vodookhrannykh zon i pribrezhnykh polos* [On the requirements for the development of projects for water protection zones and coastal strips]. *Postanovlenie Ministerstva prirodnykh resursov i okhrany okruzhayushchey sredy Respubliki Belarus' ot 4 maya 2015 g., no. 18 (s izm. ot 17.03.2017 no. 9) (2015). Pravo Belarusi* [Resolution of the Ministry of Natural Resources and Environmental Protection of the Republic of Belarus Belarus no. 18 dated May 4, 2015 (as amended. dated March 17, 2017, no. 9)]. *Pravo Belarusi = The Law of Belarus*. Available at: <http://www.lawbelarus.com/005048> (accessed February 28, 2025). (in Russian)

19. Hertman L. N., Sazonov A. A., Mazhayskiy Yu. A. *Primenenie GIS-tekhnologiy pri ustanovlenii vodoohrannykh zon vodnykh obektov* [Application of GIS technologies in establishing water protection zones of water bodies]. *Sovremennyye geograficheskie issledovaniya: teoriya, praktika, innovatsiya* [Modern geographical research: theory, practice, innovation]. *Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Materials of the international scientific-practical conference]. Samarkand, 2023, part II, pp. 44–49. (in Russian)
20. Gertman L. N., Levachev E. V., Glinskaya A. N., Buko I. Yu., Bladyko V. D., Makus' A. Z. *Sovershenstvovanie metodicheskikh podkhodov, tekhnicheskikh resheniy i obespechenie dostupnosti informatsii pri ustanovlenii vodoohrannykh zon vodnykh obektov* [Improving methodological approaches, technical solutions and ensuring information availability when establishing water protection zones for water bodies]. *Vestnik Brestskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta = Bulletin of the Brest State Technical University*, Brest, 2021, pp. 85–89. (in Russian)
21. *Proekt vodoohrannykh zon i pribrezhnykh polos poverhnostnykh vodnykh ob'ektov goroda Minska (vnesenie izmenenij)* [Project of water protection zones and coastal strips of surface water bodies of the city of Minsk (amendments)]. *Otchet o NIR* [Research report]. Brest State Technical University, Brest, 2022, 29 p. (in Russian)

Информация об авторах

Гертман Любовь Николаевна – старший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории экологии ландшафтов факультета географии и геоинформатики Белорусского государственного университета (пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь). E-mail: lubov.hertman@yandex.ru

Шешко Николай Николаевич – кандидат технических наук, доцент, начальник научно-исследовательской части Брестского государственного технического университета (ул. Московская, 267, 224017, г. Брест, Беларусь). E-mail: optimum@tut.by

Кузьмин Савелий Игнатьевич – кандидат географических наук, доцент, научный сотрудник кафедры ландшафтной экологии географического института факультета математики и естественных наук Берлинского университета имени Александра Гумбольдта, (6, Унтер ден Линден, 10099, г. Берлин). E-mail: savelij.kuzmin@geo.hu-berlin.de, kuzminsaveli@gmail.com

Information about the authors

Lubov N. Hertman – Senior Researcher, Landscape Ecology Research Laboratory of the Faculty of Geography and Geoinformatics of the Belarusian State University (4, Nezavisimosti Ave., 220030, Minsk, Belarus). E-mail: lubov.hertman@yandex.ru

Nikolai N. Sheshko – Ph.D. in Engineering, Associate Professor, Head of the Research Department of the Brest State Technical University (267, Moskovskaya Str., 224017, Brest, Belarus). E-mail: optimum@tut.by

Savelij I. Kuzmin – PhD in Geography, Associate Professor, Scientist of the Department of Landscape Ecology of Geographical Institute of Faculty of Mathematics and Natural Sciences of Alexander Humboldt University of Berlin (6, Unter den Linden, 10099, Berlin). E-mail: savelij.kuzmin@geo.hu-berlin.de, kuzminsaveli@gmail.com