

ГЕОЭКОЛОГИЯ

УДК 628.2+556.5

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГОРОДСКИХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ СТОЧНЫХ ВОД НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Ю. И. Ахмадиева¹, Е. Н. Басалай²

¹ Начальник отдела нормирования воздействия на окружающую среду, РУП «ЦНИИКИВР», Минск, Беларусь, e-mail: 7069760@gmail.com

² К. г. н., докторант, Институт природопользования НАН Беларуси, Минск, Беларусь, e-mail: basalaiekaterina@yandex.ru

Реферат

В соответствии с действующим в Беларуси законодательством, очистные сооружения сточных вод населенных пунктов представляют собой комплекс водохозяйственных сооружений и устройств, предназначенный для очистки сточных вод и обработки осадка [1]. Согласно СТБ 17.06.02-03-2015, к группе очистных сооружений городских сточных вод относят сооружения, предназначенные для очистки хозяйственно-бытовых сточных вод либо их смеси с производственными и поверхностными [2]. В условиях совместного отведения и очистки производственных и хозяйственно-бытовых сточных вод населенных пунктов Беларуси городские очистные сооружения являются основными «поставщиками» загрязняющих веществ в окружающую среду [3, 4].

В статье приведен анализ городских очистных сооружений сточных вод населенных пунктов Беларуси как наиболее значимых с точки зрения воздействия на окружающую среду объектов по очистке сточных вод. Рассмотрены городские очистные сооружения 115 городов Беларуси, выполнена их дифференциация по приуроченности к типам городов согласно СН 3.01.03.2020 [5], типизация по протяженности (согласно Водному кодексу [6]) и приуроченности к бассейнам рек (по рекам-приемникам очищенных сточных вод).

Представлены результаты ранжирования городских очистных сооружений сточных вод населенных пунктов Беларуси по периодам их ввода в эксплуатацию и последней реконструкции в разрезе 7 периодов с шагом в 10 лет. Охарактеризованы основные наиболее распространенные технические решения, реализуемые в рамках реконструкции городских очистных сооружений сточных вод населенных пунктов. Представлены результаты анализа особенностей эксплуатации городских очистных сооружений сточных вод населенных пунктов в условиях Беларуси.

Ключевые слова: очистные сооружения сточных вод населенных пунктов, сточные воды, бассейны рек, численность населения.

GEOECOLOGICAL AND TECHNICAL FEATURES OF OPERATION OF URBAN WASTEWATER TREATMENT PLANTS OF THE REPUBLIC OF BELARUS

Y. I. Akhmadziyeva, K. M. Basalai

Abstract

According to the legislation in force in Belarus, wastewater treatment plants of populated areas represent a complex of water management facilities and equipment designed for wastewater treatment and sludge processing [1]. According to STB 17.06.02-03-2015, the group of urban wastewater treatment plants includes facilities intended for the treatment of domestic wastewater or its mixture with industrial and surface wastewater [2]. Under conditions of combined discharge and treatment of industrial and domestic wastewater from settlements in Belarus, urban wastewater treatment plants are the main sources of pollutants entering the environment [3, 4].

The article provides an overview of urban wastewater treatment plants in Belarus as the most environmentally significant wastewater treatment facilities. Wastewater treatment plants in 115 cities of Belarus were analyzed and classified according to city types in accordance with SN 3.01.03.2020 [5]. They were also categorized by river length (in accordance with the Water Code [6]) and by river basin (based on the receiving rivers of treated wastewater).

The results of ranking urban wastewater treatment plants in settlements of Belarus by the period of their commissioning and the period of their most recent reconstruction are presented for seven time intervals with a 10-year step. The most common technical solutions implemented during the reconstruction of urban wastewater treatment plants in settlements are described. The results of the analysis of features of the operation of urban wastewater treatment plants in Belarus are also presented.

Keywords: urban wastewater treatment plants, wastewater, river basins, population size.

Введение

Городские очистные сооружения являются неотъемлемой частью инфраструктуры современного города, функционирование позволяет снизить техногенные химические нагрузки городов на поверхностные воды и окружающую среду в целом [7]. Вместе с тем, в силу несовершенства применяемых технологий очистки, очищенные сточные воды городов являются источниками загрязнения природной среды и ее компонентов [8, 9]. Недостаточная очистка городских сточных вод – одна из экологических проблем современности, актуальная как для Республики Беларусь, так и для зарубежных стран [7, 10]. Учитывая актуальность и важность проблем, обусловленных сбросом недостаточно очищенных сточных вод в окружающую среду, в том числе в поверхностные водные объекты, вопросам эффективной работы очистных сооружений и очистки сточных вод в Республике Беларусь на национальном и международном уровнях уделяется особое внимание.

Беларусь является участником международных конвенций, в том числе Конвенции Европейской экономической комиссии Организации Объединенных Наций по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер 1992 г. [11]. В рамках указанной Конвенции действует Протокол по проблемам воды и здоровья, направленный на содействие на всех соответствующих уровнях, т. е. в общегосударственном масштабе, а также в трансграничном и международном контексте, охране здоровья и благополучия человека как на индивидуальной, так и на коллективной основе, в рамках устойчивого развития путем совершенствования управления водохозяйственной деятельностью, включая охрану водных экосистем, и предотвращения, ограничения и сокращения степени распространения заболеваний, связанных с водой [12].

На национальном уровне вопросы эффективной очистки сточных вод и рационального (устойчивого) использования водных ресурсов

нашли отражение в нормативных и технических нормативных правовых актах, таких как Указы Президента Республики Беларусь, Законы Республики Беларусь, постановления Совета Министров Республики Беларусь, постановления и приказы уполномоченных государственных органов в пределах их компетенции.

В настоящее время взамен действующего Закона Республики Беларусь от 24 июня 1999 г. № 271-3 «О питьевом водоснабжении» подготовлен проект Закона Республики Беларусь «О питьевом водоснабжении и водоотведении (канализации)», который принят депутатами Палаты представителей во втором чтении и одобрен на заседании четвертой сессии Совета Республики. Таким образом, действующий Закон, устанавливающий правовые основы питьевого водоснабжения, дополнен новой сферой регулирования, посвященной вопросам водоотведения (канализации), в том числе очистки сточных вод.

Цель работы – проанализировать геоэкологические и технические особенности эксплуатации городских очистных сооружений сточных вод населенных пунктов Беларуси.

Задачи:

- 1) распределить городские очистные сооружения сточных вод по группам (типам) городов с различной численностью населения;
- 2) распределить городские очистные сооружения сточных вод населенных пунктов со сбросом сточных вод в поверхностные вод-

ные объекты (далее – городские ОССВНП) по бассейнам рек с учетом типов (групп) городов;

3) установить приуроченность городских ОССВНП к рекам-приемникам различной величины в разрезе Республики Беларусь в целом и в разрезе административно-территориальных единиц (областей);

4) ранжировать городские ОССВНП Беларуси по периодам их ввода в эксплуатацию и по срокам их последней реконструкции;

5) обозначить основные технические решения, реализуемые в рамках реконструкции городских ОССВНП.

Материалами для выполнения работы послужили данные государственного водного кадастра Республики Беларусь, картографические, энциклопедические и литературные источники [13–16].

Результаты исследования и их обсуждение

По данным государственного водного кадастра Республики Беларусь [13] за период с 2020 по 2024 гг. в поверхностные водные объекты сброшено 5,56 млн м³ сточных вод, из них 12,5 тыс. м³ или 0,22 % представлено недостаточно очищенными сточными водами. Данные о ежегодном объеме сброса сточных вод в поверхностные водные объекты Беларуси, в том числе количестве недостаточно очищенных сточных вод за период 2020–2024 гг., представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Объемы сброса сточных вод в 2020–2024 гг.

Показатель	Период				
	2020	2021	2022	2023	2024
Сброшено сточных вод в поверхностные водные объекты, тыс. м ³	1037,83	1133,949	1119,438	1130,476	1136,372
из них с превышением нормативов допустимых сбросов химических и иных веществ*	<u>2,67</u> 0,26	<u>2,342</u> 0,21	<u>2,811</u> 0,25	<u>1,515</u> 0,13	<u>3,118</u> 0,27

*В числителе указаны значения в тыс. м³, в знаменателе – в %.

Из таблицы 1 следует, что за период 2020–2024 гг. доля недостаточно очищенных сточных вод в общем объеме сточных вод, сброшенных в поверхностные водные объекты Беларуси, изменялась от минимального значения – 0,13 % в 2023 г. до максимально – 0,27 % в 2024 г. и в среднем составила 0,22 %.

Следует отметить, что в структуре сброса сточных вод в разрезе видов экономической деятельности основная доля сточных вод, сбрасываемых в поверхностные водные объекты, традиционно приходится на секцию Е «Водоснабжение; сбор, обработка

и удаление отходов, деятельность по ликвидации загрязнений» – организации водопроводно-канализационного хозяйства (далее – ВКХ) и жилищно-коммунального хозяйства (далее – ЖКХ), в эксплуатационном ведении которых находятся очистные сооружения сточных вод населенных пунктов [17–20]. Например, за 2024 г. организациями ВКХ и ЖКХ в поверхностные водные объекты сброшено 553,6 млн м³ сточных вод или 48,72 % от общего объема сброшенных в поверхностные водные объекты Беларуси сточных вод (таблица 2).

Таблица 2 – Объемы сброса сточных вод в поверхностные водные объекты на территории Беларуси за 2024 год в разрезе видов экономической деятельности в соответствии с ОКРБ 005-2011 [21]

Название вида экономической деятельности	Сброшено сточных вод в поверхностные водные объекты, тыс. м ³	Доля от общего объема сброса сточных вод в поверхностные водные объекты, %
А – Сельское, лесное и рыбное хозяйство	188557,975	16,59
В – Горнодобывающая промышленность	3945,049	0,35
С – Обрабатывающая промышленность	105977,859	9,33
Д – Снабжение электроэнергией, газом, паром, горячей водой и кондиционированным воздухом	145214,889	12,78
Е – Водоснабжение; сбор, обработка и удаление отходов, деятельность по ликвидации загрязнений	553609,158	48,72
Ф – Строительство	56315,117	4,96
Г – Оптовая и розничная торговля; ремонт автомобилей и мотоциклов	445,405	0,04
Н – Транспортная деятельность, складирование, почтовая и курьерская деятельность	12779,004	1,12
І – Услуги по временному проживанию и питанию	152,975	0,01
Ј – Информация и связь	157,7	0,01
К – Финансовая и страховая деятельность	1	0,00
Л – Операции с недвижимым имуществом	189,777	0,02
М – Профессиональная, научная и техническая деятельность	1332,689	0,12
Н – Деятельность в сфере административных и вспомогательных услуг	65141,294	5,73
О – Государственное управление	44,694	0,00
Р – Образование	60,816	0,01
Q – Здравоохранение и социальные услуги	251,881	0,02
R – Творчество, спорт, развлечения и отдых	2192,75	0,19
S – Предоставление прочих видов услуг	0	0,00

Из представленных в таблице 2 данных следует, что наибольший объем сточных вод, сброшенных в поверхностные водные объекты за 2024 г., приходится на секцию Е «Водоснабжение; сбор, обработка и удаление отходов, деятельность по ликвидации загрязнений» – 48,72 %, за ней следует секция А «Сельское, лесное и рыбное хозяйство», доля сброса которой составляет 16,59 %, что в 2,9 раз меньше, чем доля секции Е. Далее следуют секция D «Снабжение электроэнергией, газом, паром, горячей водой и кондиционированным воздухом» – 12,78 % и секция С «Обрабатывающая промышленность», доля которой составляет 9,33 %.

Сброс сточных вод в поверхностные водные объекты от организаций, относящихся к остальным видам деятельности значительно ниже и в общем объеме составляет от 0 % (секции К «Финансовая и страховая деятельность», О «Государственное управление», S «Предоставление прочих видов услуг») до 5,73 % (секция N «Деятельность в сфере административных и вспомогательных услуг»).

Таким образом, учитывая значительные объемы сточных вод, ежегодно сбрасываемых организациями ВКХ и ЖКХ, относящимися в соответствии с Общегосударственным классификатором ОКРБ 005-2011 «Виды экономической деятельности» [21] к секции Е «Водоснабжение; сбор, обработка и удаление отходов, деятельность по ликвидации загрязнений», в качестве объекта исследования приняты городские ОССВНП биологической очистки в искусственных условиях со сбросом сточных вод в поверхностные водные объекты.

Согласно статистическому бюллетеню «Численность населения на 1 января 2025 г. и среднегодовая численность населения за 2024 г. по Республике Беларусь в разрезе областей, районов, городов, поселков городского типа», на 1 января 2025 г. в Беларуси насчитывается 115 городов [22]. Результаты ранжирования городов по численности населения в соответствии со строительными нормами Республики Беларусь СН 3.01.03-2020 «Планировка и застройка населенных пунктов» (далее – СН 3.01.03-2020) [5] и соответствующее им количество городских очистных сооружений сточных вод в городах разного типа представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Распределение городских очистных сооружений сточных вод по группам (типам) городов с различной численностью населения

Тип города в зависимости от численности населения	Численность населения в соответствии с СН 3.01.03-2020 [5]	Количество городских очистных сооружений сточных вод в городах разного типа
Крупнейший	более 700 000	1
Крупный	250 000–700 000	5
Большой	75 000–250 000	12
Средний	20 000–75 000	20
Малый	менее 20 000	77

Анализ таблицы 3 свидетельствует о том, что наибольшее количество городских очистных сооружений сточных вод эксплуатируется в малых (66,9 %) и средних (17,4 %) городах республики.

Следует отметить, что не во всех городах Беларуси очистка сточных вод централизованных систем водоотведения (канализации) осуществляется на городских ОССВНП. Например, городские сточные воды трех из двенадцати больших городов (гг. Новополоцк, Полоцк, Мозырь), двух из двадцати средних городов (гг. Светлогорск, Калинковичи), и двух из семидесяти семи малых городов (гг. Туров, Березовка), проходят очистку на очистных сооружениях сточных вод промышленных (как правило, градообразующих), предприятий. Городские

сточные воды одного из семидесяти семи малых городов (Барань) направляются на городские ОССВНП г. Орши.

Помимо вышеизложенного, широкое распространение в Беларуси получили очистные сооружения сточных вод населенных пунктов биологической очистки в естественных условиях, подавляющее большинство которых представлено полями фильтрации [23]. Сброс очищенных сточных вод с таких городских очистных сооружений осуществляется в окружающую среду.

На рисунке 1 представлена дифференциация 115-ти городов Беларуси в зависимости от устройства централизованной системы водоотведения (канализации) в отношении очистки сточных вод и типа очистных сооружений.



Рисунок 1 – Распределение городов Беларуси в зависимости от способа очистки сточных вод и типа очистных сооружений

Из представленных на рисунке 1 данных следует, что в большинстве (75,7 %) городов очистные сооружения представлены городскими ОССВНП (биологической очистки в искусственных условиях со сбросом сточных вод в поверхностные водные объекты); в 17,4 % – полями фильтрации (городскими очистными сооружениями биологической очистки в естественных условиях со сбросом сточных вод в окружающую среду); в 6,1 % городов городские сточные воды проходят очистку на очистных сооружениях промышленных предприятий и в 0,9 % городов – на городских ОССВНП другого населенного пункта.

Сброс очищенных сточных вод с городских ОССВНП с биологической очисткой в искусственных условиях, как было сказано выше, осуществляется в поверхностные водные объекты. Поверхностные

водные объекты – приемники сточных вод (далее – реки-приемники сточных вод) на территории Беларуси относятся к бассейнам пяти рек: Западной Двины, Западного Буга, Днепра, Немана и Припяти. В свою очередь рр. Неман, Западная Двина и Западный Буг относятся к бассейну Балтийского моря, а реки Днепр и Припять – к бассейну Черного моря.

В таблице 4 представлена дифференциация всех городских ОССВНП (88 шт.) по их принадлежности к бассейнам крупнейших рек Беларуси (по реке-приемнику очищенных сточных вод) с учетом типа города (по численности населения). Дифференциация выполнена с учетом данных реестра ОССВНП [14], Национального атласа Республики Беларусь [15] и гидрологической карты Республики Беларусь (1 : 500 000) [16].

Таблица 4 – Приуроченность городских ОССВНП (без учета городских очистных сооружений с биологической очисткой на полях фильтрации) к бассейнам рек с учетом типа города

№ п/п	Бассейн реки	Тип города	Название города, очистка сточных вод централизованных систем водоотведения (канализации) в котором осуществляется на городских ОССВНП
1	Западная Двина	крупный	Витебск
		малый	Браслав, Верхнедвинск, Городок, Дисна, Лепель, Новолукомль, Поставы, Сенно, Чашники
2	Западный Буг	крупный	Брест
		средний	Кобрин
		малый	Высокое, Жабинка, Каменец, Малорита, Пружаны
3	Днепр	крупнейший	Минск
		крупный	Гомель, Могилев
		большой	Бобруйск, Борисов, Жлобин, Орша
		средний	Горки, Жодино, Кричев, Осиповичи, Речица, Рогачев, Смолевичи
		малый	Березино, Быхов, Буда-Косшелево, Докшицы, Дубровно, Кировск, Костюковичи, Крупки, Логойск, Мстиславль, Толочин, Чаусы, Червень, Чериков, Чечерск, Шклов
4	Неман	крупный	Гродно
		большой	Лида, Барановичи, Молодечно
		средний	Вилейка, Волковыск, Дзержинск, Ивацевичи, Новогрудок, Слоним, Сморгонь
		малый	Воложин, Дятлово, Ивье, Ляховичи, Мосты, Мядель, Несвиж, Островец, Ошмяны, Свислочь, Скидель, Столбцы, Фаниполь, Щучин
5	Припять	большой	Пинск, Солигорск
		средний	Береза, Лунинец, Слуцк
		малый	Белоозерск, Ганцевичи, Дрогичин, Житковичи, Иваново, Копыль, Любань, Микашевичи, Петриков, Старые Дороги, Хойники



Рисунок 2 – Распределение городских ОССВНП Беларуси по бассейнам рек

Анализ таблицы 4 и рисунка 2 свидетельствуют о том, что распределение городских ОССВНП Беларуси по принадлежности к бассейнам рек неравномерно.

Из представленных на рисунке 2 данных следует, что основная доля рек-приемников сточных вод городских ОССВНП (34,1 %) относится к бассейну р. Днепр; 28,4 % – к бассейну реки р. Неман; 18,2 % – к бассейну р. Припять, 11,4 % – к бассейну р. Западная Двина и наименьшая доля, 8,0 % – к бассейну р. Западный Буг.

Реки-приемники сточных вод в соответствии с Водным кодексом Республики Беларусь [6] подразделяются на малые (протяженность от 5 до 200 км), средние (200–500 км) и большие (более 500 км). Так, к малым рекам-приемникам сточных вод городских ОССВНП относятся рр. Бася, Бобр, Ведьма, Верхняя Брагинка, Вихра, Воложинка, Вязьнка, Гайна, Голбица, Гривда, Дитва, Дисна, Добысна, Довжица, Дорогобуж, Друйка, Дятловка, Жадунька, Ивенка, Лань, Лесная, Липа, Лоша, Мажа, Млынка, Мухавец, Мышанка, Мяделка, Науть, Негримовка, Оресса, Ошмянка, Проня, Пульва, Рдица, Рита, Россь, Рудавка, Слуць, Спушанка, Струга, Удога, Уза, Улла, Уса, Уша, Цна, Черница и Югна; к средним – рр. Беседь, Виляя, Друть, Западная Березина, Ипуть, Остер, Птичь, Свислочь, Уборть, Щара, Ясельда; к большим – рр. Березина, Горынь, Днепр, Западная Двина, Западный Буг, Неман, Припять, Сож [6].

Распределение рек-приемников очищенных сточных вод с 88-ю городскими ОССВНП в соответствии с их протяженностью показано в разрезе областей и в целом по Беларуси на рисунке 3.

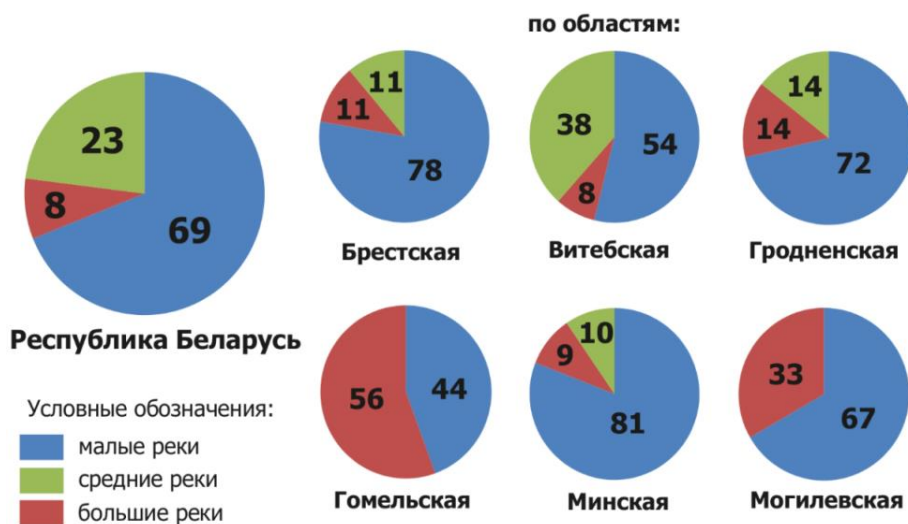


Рисунок 3 – Приуроченность городских ОССВНП к рекам-приемникам различной величины в разрезе Республики Беларусь в целом и административно-территориальных единиц (областей)

Анализ рисунка 3 свидетельствует о том, что для большинства городских ОССВНП Беларуси (69 %) приемниками очищенных сточных вод являются малые реки, что не характерно только для Гомельской области, где для 56 % городских ОССВНП реками-приемниками очищенных сточных вод являются большие реки (Березина, Днепр, Припять, Сож). Среди областей сброс сточных вод с городских ОССВНП в малые реки чаще всего осуществляется на территории Минской (81 %) и Брестской (78 %); наименьшая доля городских ОССВНП, расположенных на малых реках-приемниках сточных вод, характерна для Гомельской области (44 %). Необходимо отметить при этом, что малые реки характеризуются низкими значениями расходов вод и значительной протяженностью зоны достаточ-

ного (80 %) перемешивания речных и сточных вод, что затрудняет обеспечение необходимого уровня разбавления поступающих в них сточных вод и может способствовать ухудшению экологического состояния участков поверхностных водных объектов в зонах влияния очистных сооружений. В этой связи сброс недостаточно очищенных сточных вод, сточных вод без очистки либо аварийный сброс могут повлечь за собой негативные экологические последствия.

Объемы сточных вод, сброшенных в поверхностные водные объекты Беларуси с городских ОССВНП, по данным государственного водного кадастра [13] в разрезе речных бассейнов за 2024 г. представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Объемы сброса сточных вод с городских ОССВНП в поверхностные водные объекты Беларуси в разрезе речных бассейнов в 2024 году

Сброшено сточных вод	Бассейны рек				
	Днепр	Западная Двина	Западный Буг	Неман	Припять
Всего	528,174*	145,842	63,497	204,392	194,465
	46,5	12,8	5,6	18,0	17,1
из них:					
без превышения нормативов допустимых сбросов химических и иных веществ	526,004	145,756	63,443	204,142	193,906
	99,6	99,9	99,9	99,9	99,7
с превышением нормативов допустимых сбросов химических и иных веществ	2,17	0,086	0,054	0,25	0,559
	0,4	0,1	0,1	0,1	0,3

*В числителе указаны значения в тыс. м³, в знаменателе – в %.

Анализ таблицы 5 свидетельствует о том, что наибольший объем сброса сточных вод (46,5 %) приходится на бассейн р. Днепр, далее сопоставимые доли объемов сброса приходятся на бассейны рр. Неман (18,0 %) и Припять (17,1 %), еще 12,8 % сброса сточных вод приходится на бассейн р. Западная Двина и наименьшая доля (5,6 %) – на бассейн р. Западный Буг.

Следует отметить, что процентное распределение объемов сброса сточных вод в разрезе речных бассейнов, рассчитанное по данным государственного водного кадастра [13] коррелирует с данными, полученными в ходе дифференциации городских ОССВНП по их принадлежности к бассейнам крупнейших рек Беларуси (таблица 4, рисунок 2).

Из представленных в таблице 5 данных также следует, что для трех из пяти речных бассейнов (бассейны рр. Западная Двина, Западный Буг и Неман) доля недостаточно очищенных сточных вод в общем объеме сброса по бассейну составляет 0,1 %, а для бассейнов рр. Припять и Днепр доля таких вод несколько выше и составляет 0,3 % и 0,4 %, соответственно.

Причины сброса недостаточно очищенных сточных вод с городских ОССВНП в поверхностные водные объекты зачастую обусловлены техническими особенностями их эксплуатации, основными из которых являются применение устаревших технологий, а также высокий физический износ сооружений и оборудования.

Большинство действующих городских ОССВНП были построены в соответствии со строительными нормами и правилами, введенными в действие несколько десятилетий назад, когда при проектировании учитывались только два показателя: биохимическое потребление кислорода (БПК) и взвешенные вещества. При этом не предусматривалась очистка от биогенных элементов. Согласно современным требованиям, необходима очистка от этих и других соединений [18].

Результаты ранжирования городских ОССВНП Беларуси по периоду их ввода в эксплуатацию с шагом в 10 лет представлены в виде картосхемы (рисунок 5) и круговой диаграммы (рисунок 4).

Анализ рисунков 4 и 5 свидетельствует о том, что большинство городских ОССВНП (62 %) введены в эксплуатацию за 20-летний период, с 1970 по 1989 г.

В целях недопущения сброса недостаточно очищенных сточных вод в поверхностные водные объекты и обеспечения эффективного функционирования городских ОССВНП, организации ВКХ и ЖКХ, эксплуатирующие такие объекты, на постоянной основе проводят технические осмотры и обслуживание сооружений и оборудования,

замену отдельных деталей и узлов. Однако при применении устаревших технологий очистки сточных вод выполнения планово-предупредительных мероприятий недостаточно: в таких случаях требуется проведение реконструкций (модернизаций), а иногда и строительства полного комплекса новых очистных сооружений взамен устаревших. Реализация вышеназванных мероприятий осуществляется за счет собственных средств организаций ВКХ и ЖКХ, средств местных и республиканского бюджетов.

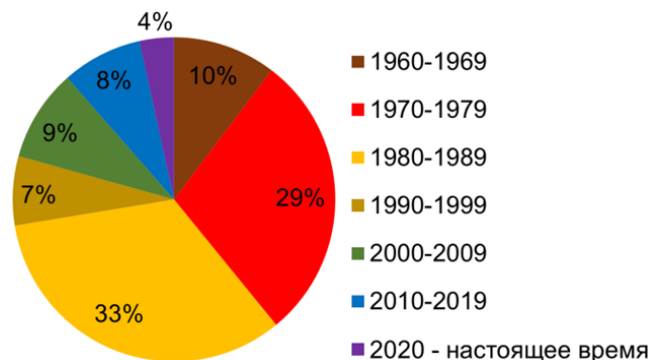


Рисунок 4 – Распределение городских ОССВНП Беларуси по периодам их ввода в эксплуатацию

Интенсификацией работ по строительству, реконструкции ОССВНП послужило внесение в государственную программу «Комфортное жилье и благоприятная среда» (далее – госпрограмма) на период 2021–2025 г. целевого показателя «строительство, реконструкция 70 очистных сооружений сточных вод» [24]. В настоящее время в Беларуси реализуется госпрограмма на период 2026–2030 г., которой предусмотрено возведение, реконструкция 39 очистных сооружений сточных вод до 2030 г. [25]. Таким образом, масштабные работы по реконструкции очистных сооружений сточных вод, в том числе городских ОССВНП, продолжатся и в текущей пятилетке.

Следующим этапом работы стало проведение ранжирования городских ОССВНП по периоду их реконструкции с шагом 10 лет, результаты которой представлены на рисунках 6 и 7. Если на городских ОССВНП не проводилась реконструкция, на картосхеме и диаграмме показан год их ввода в эксплуатацию.

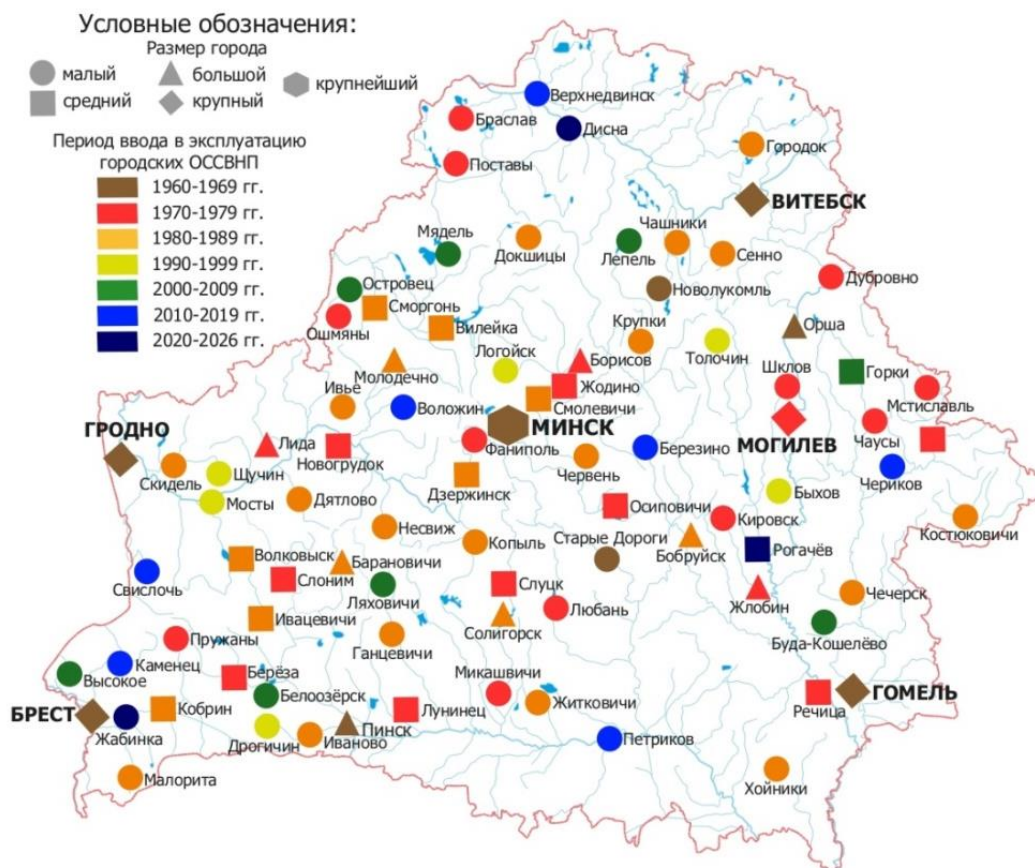


Рисунок 5 – Ранжирование городских ОССВНП Беларуси в зависимости от периода их ввода в эксплуатацию

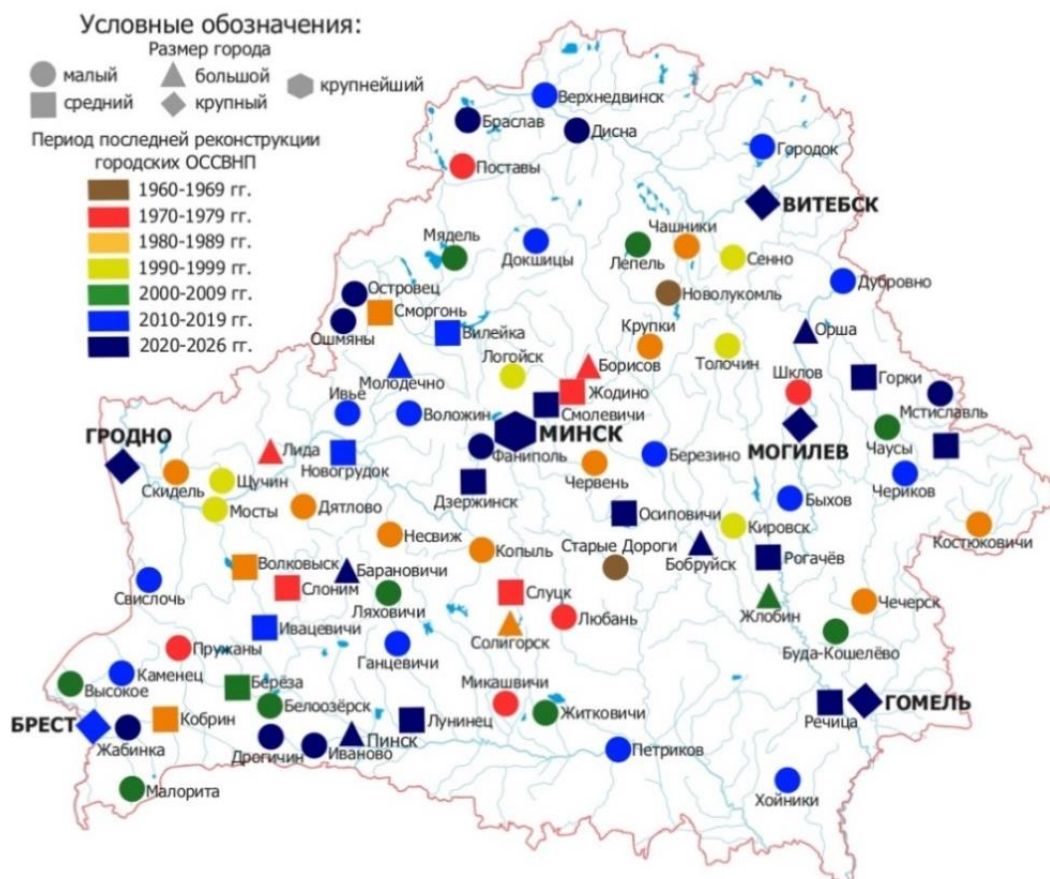


Рисунок 6 – Ранжирование городских ОССВНП Беларуси в зависимости от периода проведения последней реконструкции

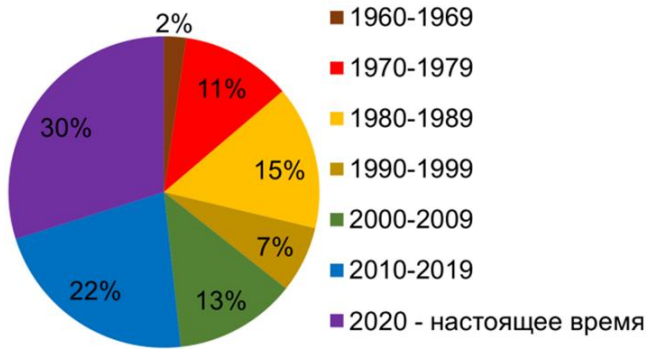


Рисунок 7 – Распределение городских ОССВНП Беларуси по срокам их последней реконструкции

Анализ рисунков 6 и 7 свидетельствует о том, что большинство (52 %) городских ОССВНП реконструированы в течение последних 15 лет.

Среди 10 % городских ОССВНП, построенных и введенных в эксплуатацию в 1960–1969 гг. (рисунок 6–7), реконструкция не проводилась на 2 % объектов; из 29 %, построенных и введенных в эксплуатацию в 1970–1979 гг. – на 11 %; из 33 %, построенных и введенных в эксплуатацию в 1980–1989 гг. – на 15 %. Основными техническими решениями, реализуемыми в рамках реконструкции городских ОССВНП, являются:

- переоборудование аэротенков в биологические реакторы с организацией анаэробной, анаэробной и аэробной зон для глубокого удаления азота и фосфора;
- модернизация систем аэрации, замена компрессорного и насосного оборудования, установка погружных мешалок в зонах дефосфотации и денитрификации;
- внедрение современных технологий обработки и утилизации осадков сточных вод;
- внедрение автоматизированных систем управления технологическими процессами.

Развитие и разнообразие технологий очистки сточных вод на современном этапе позволяет учитывать особенности эксплуатации и находить решения для любых ОССВНП независимо от территориального расположения, климатических условий, специфики формирования качественного и количественного состава поступающих сточных вод [20]. При этом главной задачей для всех ОССВНП является снижение содержания загрязняющих веществ и показателей в процессе их очистки до нормативов сбросов сточных вод в поверхностные водные объекты [20].

Заключение

В Беларуси в 88 городах (из 115 имеющих в настоящее время [22]) очистка сточных вод централизованных систем водоотведения (канализации) осуществляется на городских ОССВНП биологической очистки в искусственных условиях со сбросом сточных вод в поверхностные водные объекты.

Установлено, что распределение городских ОССВНП Беларуси по принадлежности к бассейнам рек неравномерно: основная доля рек-приемников сточных вод городских ОССВНП (34,1 %) относится к бассейну р. Днепр, 28,4 % – к бассейну реки р. Неман; 18,2 % – к бассейну р. Припять, 11,4 % – к бассейну р. Западная Двина и наименьшая доля, 8,0 %, к бассейну р. Западный Буг. Следует отметить, что процентное распределение объемов сброса сточных вод в разрезе речных бассейнов, рассчитанное по данным государственного водного кадастра [13] коррелирует с данными, полученными в ходе дифференциации городских ОССВНП по их принадлежности к бассейнам крупнейших рек Беларуси.

Анализ распределения рек-приемников очищенных сточных вод с 88-ми городскими ОССВНП в соответствии с их протяженностью в разрезе областей и в целом по Беларуси свидетельствует о том, что для большинства городских ОССВНП Беларуси (69 %) приемниками очищенных сточных вод являются малые реки, что не характерно только для Гомельской области, где для 56 % городских ОССВНП

реками-приемниками очищенных сточных вод являются большие реки (Бережина, Днепр, Припять, Сож). Среди областей сброс сточных вод с городских ОССВНП в малые реки чаще всего осуществляется на территории Минской (81 %) и Брестской (78 %); наименьшая доля городских ОССВНП, расположенных на малых реках-приемниках сточных вод, характерна для Гомельской области (44 %). В связи с особенностями малых рек (низкие расходы вод, большая по протяженности зона достаточного перемешивания речных и сточных вод, недостаточный уровень разбавления поступающих сточных вод и т. п.) сброс в них недостаточно очищенных сточных вод (либо аварийные сбросы) может привести к ухудшению экологического состояния участков поверхностных водных объектов в зонах влияния очистных сооружений.

Ранжирование городских ОССВНП Беларуси по периодам их ввода в эксплуатацию и последней реконструкции с шагом в 10 лет позволяет сделать следующие выводы:

- большинство городских ОССВНП (62 %) введены в эксплуатацию за 20-летний период, с 1970 по 1989 г.;
- большинство (52 %) городских ОССВНП реконструированы в течение последних 15 лет.

Внедрение в процессе реконструкций/модернизаций новых технологий очистки сточных вод с учетом особенностей эксплуатации ОССВНП позволит снизить содержание загрязняющих веществ до нормативов допустимых сбросов сточных вод в поверхностные водные объекты, и, соответственно, уменьшить негативное воздействие на компоненты природной среды.

Список цитированных источников

1. Об утверждении Правил пользования централизованными системами водоснабжения, водоотведения (канализации) в населенных пунктах : постановление Совета Министров Респ. Беларусь от 30 сент. 2016 г. № 788 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – URL: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=C21600788> (дата обращения: 27.02.2026).
2. Охрана окружающей среды и природопользование. Гидросфера. Классификация очистных сооружений сточных вод : СТБ 17.06.02-03-2015. – Введ. 01.12.2015. – Минск : Государственный комитет по стандартизации Республики Беларусь. – 32 с.
3. Ахмадиева, Ю. И. Сравнительный анализ подходов к классификации очистных сооружений сточных вод населенных пунктов в Республике Беларусь и Российской Федерации / Ю. И. Ахмадиева, С. А. Дубенок // Инновационные технологии в водном, коммунальном хозяйстве и водном транспорте : материалы Междунар. науч.-технич. конф., Минск, 17–18 окт. 2024 г. / БНТУ ; редкол. : С. В. Харитончик [и др.]. – Минск, 2024. – С. 139–146.
4. Басалай, Е. Н. Оценка вклада городских очистных сооружений в загрязнение поверхностных вод (на примере Брестской области) / Е. Н. Басалай // Природопользование. – 2019. – № 2. – С. 86–95.
5. Планировка и застройка населенных пунктов. Строительные нормы Республики Беларусь : СН 3.01.03.2020. – Введ. 27.11.20. – Минск. : Минстройархитектуры, 2023. – 63 с.
6. Водный кодекс Республики Беларусь : 30 апр. 2014 г. № 149-3 : принят Палатой представителей 2 апреля 2014 г. : одобр. Советом Респ. 11 апр. 2014 г. : в ред. Закона Респ. Беларусь от 17 июля 2023 г. № 296-3 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – URL: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=hk1400149> (дата обращения: 10.02.2026).
7. Басалай, Е. Н. Влияние городских очистных сооружений на природные воды и почвы / Е. Н. Басалай, В. С. Хомич ; Национальная академия наук Беларуси, Институт природопользования. – Минск : Беларуская навука, 2025. – 201 с.
8. Ясельда / И. В. Абрамова, Е. А. Антипова, М. А. Асадчая [и др.] ; под общ. ред. А. А. Волчека [и др.]. – Минск : Беларус. навука, 2017. – 416 с.
9. Ландшафтные воды в условиях техногенеза / О. В. Кадацкая, В. С. Хомич, Е. В. Санец [и др.]. – Минск : Беларус. навука, 2005. – 346 с.

10. Ахмадиева, Ю. И. Возможность применения наилучших доступных технологий для повышения эффективности очистки сточных вод населённого пункта Республики Беларусь / Ю. И. Ахмадиева, С. А. Дубенок // Актуальные проблемы экологии : сб. науч. ст. / М-во образования Респ. Беларусь, ГРГУ им. Янки Купалы, Гродн. обл. ком. природ. ресурсов и охраны окр. среды ; редкол.: Н. З. Башун (гл. ред.) [и др.]. – Гродно, 2023. – С. 20–22.
11. О присоединении Республики Беларусь к Конвенции по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер : Указ Президента Респ. Беларусь от 21 апр. 2003 г. № 161 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – URL: [https://pravo.by/pdf/2003-49/2003-49\(007-021\).pdf](https://pravo.by/pdf/2003-49/2003-49(007-021).pdf) (дата обращения: 23.01.2026)
12. О присоединении Республики Беларусь к Протоколу по проблемам воды и здоровья к Конвенции по охране и использованию трансграничных водотоков и между народных озер 1992 года : Указ Президента Респ. Беларусь от 31 марта 2009 г. № 159 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – URL: [https://pravo.by/pdf/2009-136/2009-136\(050-062\).pdf](https://pravo.by/pdf/2009-136/2009-136(050-062).pdf) (дата обращения: 20.01.2026)
13. Государственный водный кадастр Республики Беларусь : [сайт]. – URL: <http://195.50.7.216:8081/watstat/data> (дата обращения: 14.01.2025).
14. Ахмадиева, Ю. И. Реестр коммунальных очистных сооружений сточных вод, как основа для формирования наилучших доступных технических методов очистки сточных вод населенных пунктов / Ю. И. Ахмадиева, С. А. Дубенок // Актуальные вопросы эффективного и комплексного использования водных ресурсов : сб. материалов III Междунар. науч.-практ. конф., приуроч. к Всемирному дню водных ресурсов, Минск, 22–24 марта 2023 г. / Мин-во прир. рес. и охраны окр. среды, РУП «ЦНИИКИВР» ; отв. ред. О. В. Ковзунова. – Минск, 2023. – С. 127–130.
15. Национальный атлас Республики Беларусь. – Минск : Белкартография, 2024. – 317 с.
16. Республика Беларусь : [гидрологическая карта] / Респ. унитар. предприятие «Белкартография» ; разработ.: А. А. Волчек, Б. П. Власов, О. И. Грядунова; ред.: А. С. Малышева. – 1 : 500 000, 5 км в 1 см. – Минск : Белкартография, 2014. – 1 к.
17. Ахмадиева, Ю. И. Концепция наилучших доступных технологий и технологическое нормирование сбросов сточных вод на примере Российской Федерации / Ю. И. Ахмадиева, С. А. Дубенок // Научно-технический прогресс в жилищно-коммунальном хозяйстве: сб. тр. / НАН Беларуси, Ин-т жилищ.-комму. хоз-ва ; под общ. ред. В. О. Китикова. – Минск, 2024. – С. 9–16.
18. Ахмадиева, Ю. И. Перспективы разработки наилучших доступных технических методов очистки сточных вод населенных пунктов / Ю. И. Ахмадиева // Актуальные вопросы эффективного и комплексного использования водных ресурсов : сб. материалов III Междунар. науч.-практ. конф., приуроч. к Всемирному дню водных ресурсов, Минск, 20–21 марта 2025 г. / Мин-во прир. рес. и охраны окр. среды, РУП «ЦНИИКИВР» ; отв. ред. О. В. Ковзунова. – Минск, 2025. – С. 4–7.
19. Ахмадиева, Ю. И. Выбор технологических решений при строительстве и реконструкции очистных сооружений сточных вод населенных пунктов / Ю. И. Ахмадиева, С. А. Дубенок // Журнал Белорусского государственного университета. Экология. – 2022. – № 4. – С. 97–107.
20. Ахмадиева, Ю. И. Оценка применимости технологических показателей наилучших доступных технологий на очистных сооружениях смешанных (городских) сточных вод в условиях Беларуси / Ю. И. Ахмадиева, С. А. Дубенок // Природные ресурсы. – 2025. – № 1. – С. 69–78.
21. Об утверждении, введении в действие общегосударственного классификатора Республики Беларусь ОКРБ 005-2011 «Виды экономической деятельности» : Постановление Госуд. комитета по стандартиз. респ. Беларусь от 5 дек. 2011 г. № 85 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – URL: https://schuchin.gov.by/uploads/files/000474_27020_.pdf (дата обращения: 26.01.2026).
22. Численность населения на 1 января 2025 г. и среднегодовая численность населения за 2024 год по Республике Беларусь в разрезе областей, районов, городов, поселков городского типа : статистический бюллетень – 2025 // Национальный статистический комитет Республики Беларусь. – Минск, 2025. – URL: <https://www.belstat.gov.by/upload/iblock/1fd/m8rjdl8603e7e52sufglw21em8gdks.pdf> (дата обращения: 15.02.2026).
23. Ахмадиева, Ю. И. Формирование национальных подходов к оценке технологий очистки сточных вод населенных пунктов на соответствие их наилучшим доступным техническим методам / Ю. И. Ахмадиева, С. А. Дубенок // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2025. – № 2 (137). – С. 86–93. – DOI: 10.36773/1818-1112-2025-137-2-86-93.
24. О Государственной программе «Комфортное жилье и благоприятная среда» на 2021–2025 гг. : 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: 28.02.2026).
25. О Государственной программе «Комфортное жилье и благоприятная среда» на 2026–2030 гг. : постановление Совета Министров Респ. Беларусь от 31 дек. 2025 г. № 818 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – URL: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=C22500818> (дата обращения: 28.02.2026).

References

1. Ob utverzhdenii Pravil pol'zovaniya centralizovannymi sistemami vodosnabzheniya, vodootvedeniya (kanalizacii) v naseleennykh punktah : postanovlenie Soveta Ministrov Resp. Belarus' ot 30 sent. 2016 g. № 788 // Nacional'nyj pravovoj Internet-portal Respubliki Belarus'. – URL: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=C21600788> (data obrashcheniya: 27.02.2026).
2. Ohrana okruzhayushchej sredy i prirodopol'zovanie. Gidrosfera. Klassifikaciya ochistnyh sooruzhenij stochnyh vod : STB 17.06.02-03-2015. – Vved. 01.12.2015. – Minsk : Gosudarstvennyj komitet po standartizacii Respubliki Belarus'. – 32 s.
3. Ahmadijeva, YU. I. Srvnitel'nyj analiz podhodov k klassifikacii ochistnyh sooruzhenij stochnyh vod naseleennyh punktov v Respublike Belarus' i Rossijskoj Federacii / YU. I. Ahmadijeva, S. A. Dubenok // Innovacionnye tekhnologii v vodnom, kommunal'nom hozyajstve i vodnom transporte : materialy Mezhdunar. nauch.-tekhnich. konf., Minsk, 17–18 okt. 2024 g. / BNTU ; redkol. : S. V. Haritonchik [i dr.]. – Minsk, 2024. – S. 139–146.
4. Basalaj, E. N. Ocenka vklada gorodskih ochistnyh sooruzhenij v zagryaznenie poverhnostnyh vod (na primere Brestskoj oblasti) / E. N. Basalaj // Prirodopol'zovanie. – 2019. – № 2. – S. 86–95.
5. Planirovka i zastrojka naseleennyh punktov. Stroitel'nye normy Respubliki Belarus' : SN 3.01.03.2020. – Vved. 27.11.20. – Minsk : Ministrojarkhitektury, 2023. – 63 s.
6. Vodnyj kodeks Respubliki Belarus' : 30 apr. 2014 g. № 149-Z : prinyat Palatoj predstavitelej 2 aprelya 2014 g. : odobr. Sovetom Resp. 11 apr. 2014 g. : v red. Zakona Resp. Belarus' ot 17 iyulya 2023 g. № 296-Z // Nacional'nyj pravovoj Internet-portal Respubliki Belarus'. – URL: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=hk1400149> (data obrashcheniya: 10.02.2026).
7. Basalaj, E. N. Vliyanie gorodskih ochistnyh sooruzhenij na prirodnye vody i pochvy / E. N. Basalaj, V. S. Homich ; Nacional'naya akademiya nauk Belarusi, Institut prirodopol'zovaniya. – Minsk : Belaruskaya navuka, 2025. – 201 s.
8. YAsel'da / I. V. Abramova, E. A. Antipova, M. A. Asadchaya [i dr.] ; pod obshch. red. A. A. Volcheka [i dr.]. – Minsk : Belaruskaya navuka, 2017. – 416 s.
9. Landshaftnye vody v usloviyah tekhnogenezna / O. V. Kadackaya, V. S. Homich, E. V. Sanec [i dr.]. – Minsk : Belaruskaya navuka, 2005. – 346 s.
10. Ahmadijeva, YU. I. Vozmozhnost' primeneniya nailuchshih dostupnyh tekhnologij dlya povysheniya effektivnosti ochistki stochnyh vod naseleonnogo punkta Respubliki Belarus' / YU. I. Ahmadijeva, S. A. Dubenok // Aktual'nye problemy ekologii : sb. nauch. st. / M-vo obrazovaniya Resp. Belarus', GRGU im. YAnki Kupaly, Grodn. obl. kom. prirod. resursov i ohrany okr. sredy ; redkol.: N. Z. Bashun (gl. red.) [i dr.]. – Grodno, 2023. – S. 20–22.

11. O prisoedinenii Respubliki Belarus' k Konvencii po ohrane i ispol'zovaniyu transgranichnyh vodotokov i mezhdunarodnyh ozer : Ukaz Prezidenta Resp. Belarus' ot 21 apr. 2003 g. № 161 // Nacional'nyj pravovoj Internet-portal Respubliki Belarus'. – URL: [https://pravo.by/pdf/2003-49/2003-49\(007-021\).pdf](https://pravo.by/pdf/2003-49/2003-49(007-021).pdf) (data obrashcheniya: 23.01.2026)
12. O prisoedinenii Respubliki Belarus' k Protokolu po problemam vody i zdorov'ya k Konvencii po ohrane i ispol'zovaniyu transgranichnyh vodotokov i mezhdunarodnyh ozer 1992 goda : Ukaz Prezidenta Resp. Belarus' ot 31 marta 2009 g. № 159 // Nacional'nyj pravovoj Internet-portal Respubliki Belarus'. – URL: [https://pravo.by/pdf/2009-136/2009-136\(050-062\).pdf](https://pravo.by/pdf/2009-136/2009-136(050-062).pdf) (data obrashcheniya: 20.01.2026)
13. Gosudarstvennyj vodnyj kadastr Respubliki Belarus' : [sajt]. – URL: <http://195.50.7.216:8081/watstat/data> (data obrashcheniya: 14.01.2025).
14. Ahmadiyeva, YU. I. Reestr kommunal'nyh oчитisnyh sooruzhenij stochnyh vod, kak osnova dlya formirovaniya nailuchshih dostupnyh tekhnicheskikh metodov oчитiski stochnyh vod naselennyh punktov / YU. I. Ahmadiyeva, S. A. Dubenok // Aktual'nye voprosy effektivnogo i kompleksnogo ispol'zovaniya vodnyh resursov : sb. materialov III Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., priuroch. k Vsemirnomu dnyu vodnyh resursov, Minsk, 22–24 marta 2023 g. / Min-vo priir. res. i ohrany okr. sredey, RUP «CNIKIIVR» ; otv. red. O. V. Kovzunova. – Minsk, 2023. – S. 127–130.
15. Nacional'nyj atlas Respubliki Belarus'. – Minsk : Belkartografiya, 2024. – 317 s.
16. Respublika Belarus' : [gidrologicheskaya karta] / Resp. unitar. predpriyatie «Belkartografiya» ; razrab.: A. A. Volchek, B. P. Vlasov, O. I. Gryadunova; red.: A. S. Malysheva. – 1 : 500 000, 5 km v 1 sm. – Minsk : Belkartografiya, 2014. – 1 k.
17. Ahmadiyeva, YU. I. Konceptsiya nailuchshih dostupnyh tekhnologij i tekhnologicheskoe normirovanie sbrosov stochnyh vod na primere Rossijskoj Federacii / YU. I. Ahmadiyeva, S. A. Dubenok // Nauchno-tekhnicheskij progress v zhilishchno-kommunal'nom hozyajstve: sb. tr. / NAN Belarusi, In-t zhilishch.-kommun. hoz-va ; pod obshch. red. V. O. Kitikova. – Minsk, 2024. – S. 9–16.
18. Ahmadiyeva, YU. I. Perspektivy razrabotki nailuchshih dostupnyh tekhnicheskikh metodov oчитiski stochnyh vod naselennyh punktov / YU. I. Ahmadiyeva // Aktual'nye voprosy effektivnogo i kompleksnogo ispol'zovaniya vodnyh resursov : sb. materialov III Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., priuroch. k Vsemirnomu dnyu vodnyh resursov, Minsk, 20–21 marta 2025 g. / Min-vo priir. res. i ohrany okr. sredey, RUP «CNIKIIVR» ; otv. red. O. V. Kovzunova. – Minsk, 2025. – S. 4–7.
19. Ahmadiyeva, YU. I. Vybory tekhnologicheskikh reshenij pri stroitel'stve i rekonstrukcii oчитisnyh sooruzhenij stochnyh vod naselennyh punktov / YU. I. Ahmadiyeva, S. A. Dubenok // Zhurnal Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta. Ekologiya. – 2022. – № 4. – S. 97–107.
20. Ahmadiyeva, YU. I. Ocenka primenimosti tekhnologicheskikh pokazatelej nailuchshih dostupnyh tekhnologij na oчитisnyh sooruzheniyah smeshannyh (gorodskih) stochnyh vod v usloviyah Belarusi / YU. I. Ahmadiyeva, S. A. Dubenok // Prirodnye resursy. – 2025. – № 1. – S. 69–78.
21. Ob utverzhdenii, vvedenii v dejstvie obshchegosudarstvennogo klassifikatora Respubliki Belarus' OKRB 005-2011 «Vidy ekonomicheskoy deyatel'nosti» : Postanovlenie Gosud. komiteta po standartiz. resp. Belarus' ot 5 dek. 2011 g. № 85 // Nacional'nyj pravovoj Internet-portal Respubliki Belarus'. – URL: https://schuchin.gov.by/uploads/files/000474_27020_.pdf (data obrashcheniya: 26.01.2026).
22. CHislennost' naseleniya na 1 yanvarya 2025 g. i srednegodovaya chislennost' naseleniya za 2024 god po Respublike Belarus' v razreze oblastej, rajonov, gorodov, poselkov gorodskogo tipa : statisticheskij byulleten' – 2025 // Nacional'nyj statisticheskij komitet Respubliki Belarus'. – Minsk, 2025. – URL: <https://www.belstat.gov.by/upload/iblock/1fd/m8rjdl8603e7e7e52sufglw21em8gdks.pdf> (data obrashcheniya: 15.02.2026).
23. Ahmadiyeva, YU. I. Formirovanie nacional'nyh podhodov k oценke tekhnologij oчитiski stochnyh vod naselennyh punktov na sootvetstvie ih nailuchshim dostupnym tekhnicheskim metodam / YU. I. Ahmadiyeva, S. A. Dubenok // Vestnik Brestskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2025. – № 2 (137). – S. 86–93. – DOI: 10.36773/1818-1112-2025-137-2-86-93
24. O Gosudarstvennoj programme «Komfortnoe zhil'e i blagopriyatnaya sreda» na 2021–2025 gg. : postanovlenie Soveta Ministrov Resp. Belarus' ot 28 yanv. 2021 g. № 50 // Nacional'nyj pravovoj Internet-portal Respubliki Belarus'. – URL: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=C22100050> (data obrashcheniya: 28.02.2026).
25. O Gosudarstvennoj programme «Komfortnoe zhil'e i blagopriyatnaya sreda» na 2026–2030 gg. : postanovlenie Soveta Ministrov Resp. Belarus' ot 31 dek. 2025 g. № 818 // Nacional'nyj pravovoj Internet-portal Respubliki Belarus'. – URL: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=C22500818> (data obrashcheniya: 28.02.2026).

Материал поступил 11.03.2026, одобрен 18.03.2026, принят к публикации 18.03.2026