

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ И ПОСТУПЛЕНИЯ СТОЧНЫХ ВОД В СЕТИ КАНАЛИЗАЦИИ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ БЕЛАРУСИ

С. А. Дубенок¹, А. И. Денищик²

¹Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь;

²Республиканское унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов», Минск, Беларусь

Аннотация. В работе рассмотрены условия формирования сточных вод, поступающих в систему канализации населенного пункта, в разрезе основных источников их поступления: сточные воды от населения, сточные воды от предприятий и организаций, дополнительный приток. Подробно проанализированы структура и условия формирования различных категорий сточных вод, факторы и особенности их поступления в систему канализации населенного пункта. Дополнительный приток вод в данную систему классифицирован на организованный и неорганизованный. На основании данных статистической отчетности 1-вода (Минприроды) «Отчет об использовании вод» за период 2020–2024 гг. проведена оценка объемов поступления дополнительного притока вод в сети канализации населенных пунктов и его влияние на эффективность работы коммунальных очистных сооружений. Установлено, что объем дополнительного притока вод в рассматриваемых населенных пунктах варьируется от 0,82 до 49,66 %. В то же время в разрезе населенных пунктов по эквиваленту населения среднее доленое значение годового объема дополнительного притока по группам варьируется в диапазоне от 20,97 до 24,54 %, что является достаточно большой величиной и свидетельствует о значительной доле дополнительного притока вод, поступающих в систему канализации населенного пункта и на очистные сооружения. Факторный анализ не выявил прямой функциональной зависимости между величиной дополнительного притока вод и эквивалентной мощностью очистных сооружений, а также годовыми объемами выпавших осадков, что свидетельствует о преобладании в объеме дополнительного притока вод именно организованного дополнительного притока, обусловленного несовершенством системы учета отдельных категорий сточных вод, поступающих в систему канализации населенного пункта.

Ключевые слова: система канализации; сточная вода; дополнительный приток; учет сточных вод; инфильтрация.

Для цитирования. Дубенок С. А., Денщик А. И. Особенности формирования и поступления сточных вод в сети канализации населенных пунктов Беларуси // Природопользование. – 2026. – № 1. – С. 106–119.

SPECIFIC FEATURES OF WASTEWATER FORMATION AND INFLOW INTO MUNICIPAL SEWERAGE SYSTEMS IN BELARUS

S. A. Dubianok¹, A. I. Denisichik²

¹Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus;

²Republican unitary enterprise "Central research institute for complex use of water resources", Minsk, Belarus

Abstract. The paper examines the conditions of wastewater formation entering the municipal sewerage system, categorized by main sources of inflow: domestic wastewater from the population, wastewater from enterprises and organizations, and additional inflow (infiltration). The structure and formation conditions of various wastewater categories are analyzed in detail, along with factors and specific features of their entry into sewer networks. Additional water inflow into this system is classified as organized and unorganized. Based on data from the 1-voda statistical report (Ministry of Natural Resources) "Report on Water Use" for the period 2020–2024, an assessment was made of the volume of additional water inflow into the municipal sewerage system and its impact on the efficiency of municipal wastewater treatment facilities. It was found that the volume of additional water inflow in the analyzed populated areas ranges from 0.82 to 49.66 %. At the same time, when broken down by populated area by population equivalent, the average share of the annual volume of additional inflow by group varies between 20.97 and 24.54 %, which is a fairly large value and indicates a significant share of additional water entering the sewerage system of the populated area and wastewater treatment facilities. The factor analysis did not reveal a direct functional relationship between the amount of additional water inflow and the equivalent capacity of treatment facilities, as well as the annual volume of precipitation, which indicates that the volume of additional water inflow is dominated by organized additional inflow, caused by the imperfection of the accounting system for certain categories of wastewater entering the municipal sewerage system.

Keywords: sewerage system; wastewater; additional inflow; wastewater accounting; infiltration.

For citation. Dubianok S. A., Denisichik A. I. Specific features of wastewater formation and inflow into municipal sewerage systems in Belarus. *Nature Management*, 2026, no. 1, pp. 106–119.

Введение. Изучение условий формирования сточных вод в пределах населенных пунктов является комплексной задачей, поскольку от полноты информации об их количественном и качественном составе зависят выбор технологии очистки, дальнейшая эффективная эксплуатация системы канализации населенного пункта и очистных сооружений, после которых сточные воды сбрасываются в окружающую среду.

Современная система водоотведения в населенных пунктах, как правило, проектируется по раздельной схеме, когда хозяйственно-бытовые и производственные сточные воды централизованно по системе канализации населенного пункта направляются на очистные сооружения населенного пункта (коммунальные очистные сооружения; далее – КОС), а поверхностные сточные воды (дождевые, талые и поливочные) с селитебной территории и территорий предприятий поступают в систему дождевой канализации населенного пункта и далее после очистки (или без нее) сбрасываются в окружающую среду.

Учет воды, поступающей в систему как канализации населенного пункта, так и дождевой канализации населенного пункта, осуществляется предприятием, эксплуатирующим соответствующую систему канализации. Учет сточных вод на уровне населенного пункта представляет собой совокупность данных от абонентов (предприятий и организаций) и потребителей (населения) и сопоставление полученных данных с объемом сточных вод, поступающих на очистные сооружения, зафиксированных прибором учета воды, установленным на входе или на выходе с КОС. Разница между учтенными сточными водами на очистных сооружениях и данными абонентов и потребителей относится к дополнительному притоку. Такой подход к учету дополнительного притока (в виде элементарного баланса по основным составляющим) не является методически обоснованным и позволяет очень укрупненно оценить объемы дополнительного поступления воды на КОС. Однако именно дополнительный приток часто недооценивается при проектировании и эксплуатации систем водоотведения и очистки сточных вод населенных пунктов, хотя его вклад может достигать 30–50 % от общего расхода сточных вод на приемной камере КОС [1].

Поступление дополнительного притока вод в систему канализации населенного пункта имеет ряд последствий как для эксплуатации самих сетей, так и для очистных сооружений. Основные проблемы можно свести к следующим:

- технические – увеличение гидравлической нагрузки на сети канализации и очистные сооружения, ускоренный износ оборудования, работающего в форсированном режиме;
- эксплуатационные – снижение эффективности очистки сточных вод на КОС за счет снижения времени пребывания сточных вод в отдельных сооружениях, колебания расхода и состава сточных вод (концентрации органических загрязнений (БПК₅, ХПК), соединений азота и фосфора);
- экономические – увеличение эксплуатационных затрат на перекачивание сточных вод, уплата экологического налога за сброс дополнительного объема сточных вод, поступившего сверх объемов, оплаченных абонентами и потребителями.

Таким образом, сокращение объемов дополнительного притока является одним из наиболее экономически обоснованных направлений повышения эффективности работы систем водоотведения населенных пунктов, поскольку позволяет снизить нагрузку на КОС без капитального расширения их мощности.

В странах Европейского Союза (далее – ЕС) данной проблеме в последнее десятилетие уделяется повышенное внимание. В частности, Директива ЕС 2024/3019 по очистке городских сточных вод 1991 г., пересмотренная в 2024 г., устанавливает новые требования к управлению инфильтрацией в систему канализации населенного пункта в части включения в национальные программы по развитию сетей водоотведения населенных пунктов оценки инвестиций, необходимых для предотвращения инфильтрации и неправильных подключений (врезок) в сети канализации, с использованием цифровых инструментов и оборудования [2]. В отличие от предыдущих редакций, Директива предписывает учитывать уязвимость систем водоотведения и очистных сооружений при проектировании новой и модернизации существующей инфраструктуры к изменению климата и местным климатическим условиям, включая оценку инфильтрации и ее связь с уровнем грунтовых вод, который может меняться вследствие климатических изменений (паводков, засух).

Обновленная Директива ЕС по очистке городских сточных вод предписывает государствам-членам к 31 декабря 2033 г. разработать комплексные планы управления городскими сточными водами для водосборных бассейнов агломераций численностью 100 000 ЭН (эквивалент населения) и выше, а также не позднее 22 июня 2028 г. составить список агломераций численностью от 10 000 до 100 000 ЭН, в которых с учетом исторических данных, моделирования и современных климатических

прогнозов объем дождевых вод составляет более 2 % годового объема городских сточных вод по параметрам, рассчитанным в условиях сухого периода стока, для последующей разработки для них комплексных планов управления городскими сточными водами к 31 декабря 2039 г. [2].

Исследования дополнительного притока вод в системы канализации населенных пунктов проводятся очень активно в ряде стран, включая США, Канаду, Китай, страны ЕС и другие, такими авторами, как Nejat Zeydalinejad, Akbar A. Javadi, James L. Webber, Mingkai Zhang, Yanchen Liu, Gabriel Perez, Jesus D. Gomez-Velez, Stanley B. Grant, Imran Md Azizul Islam, Hao Zhang и др. [3–7]. При описании вод, поступающих в систему канализации населенных пунктов, большинство указанных выше авторов к основным составляющим дополнительного притока вод относят «приток и инфильтрацию» («inflow and infiltration»), определяя таким образом два основных компонента, различающихся по своему происхождению и механизму поступления.

Приток трактуется как вода, которая напрямую поступает в систему канализации населенного пункта через водосточные трубы с крыш, а также из-за дефектов канализационных люков. Источником притока являются дождевые и талые воды. Так как приток непосредственно связан с выпадением осадков и активным снеготаянием, то проявляется практически одновременно с их началом и заканчивается после окончания выпадения осадков и таяния снега. Приток может привести к резкому увеличению нагрузки на сети и сооружения канализации и, как следствие, к нарушению их работоспособности [3–5].

Инфильтрация трактуется как поступление воды в систему канализации населенного пункта через дефекты стыковых соединений сети, повреждения труб и через стенки колодцев. Таким образом, основным источником инфильтрации являются грунтовые воды, а также воды, попавшие в почву после выпадения дождя и таяния снега [3–5].

В случае, когда уровень грунтовых вод поднимается выше уровня залегания сетей канализации, происходит инфильтрация грунтовых вод в сети канализации под гидростатическим напором. Поступление таких инфильтрационных вод характеризуется относительной стабильностью во времени с выраженными сезонными колебаниями, связанными с естественными изменениями уровня грунтовых вод. Исследования показывают, что в условиях высокого уровня грунтовых вод, характерного для застройки вблизи водных объектов или на равнинных территориях во влажный сезон, когда уровень грунтовых вод поднимается, приток вод в канализацию за счет инфильтрации может составлять от 60 до 70 % от общего объема сточных вод, поступающих на КОС [5].

В случае расположения уровня грунтовых вод ниже уровня залегания сетей канализации, инфильтрация вод преимущественно происходит вследствие дождя и таяния снега, когда уровень грунтовых вод временно повышается [6]. Многими авторами этот процесс определяется как дождевая инфильтрация и отмечается, что он наблюдается с некоторой задержкой после выпадения осадков [3].

В странах СНГ вопросы дополнительного притока вод в системы канализации населенных пунктов отражены в работах О. К. Шаталовой, Д. А. Данилович, Г. А. Панковой, Н. Ю. Сулимова, Ю. Г. Багаева, Г. А. Самбурского, С. В. Залетова, М. И. Алексеева, Н. П. Куранова, А. А. Бекауловой, В. П. Музыкина, Ю. В. Голод и др. [8–12].

Анализ проводимых исследований в странах СНГ по рассматриваемой тематике указывает, что в них преимущественно используется понятие «дополнительный приток», которое включает гораздо более широкий набор составляющих. При этом внимание в большей степени сосредоточено на изучении отдельных компонентов дополнительного притока вод и условиях его формирования. Таким образом, приток и инфильтрация выделяются всего лишь как один из компонентов дополнительного притока вод в систему канализации населенного пункта.

Предлагаются различные подходы к классификации компонентов дополнительного притока в систему канализации населенного пункта. Большинство авторов выделяют следующие компоненты дополнительного притока вод:

- поверхностные (дождевые и талые) и грунтовые воды, неорганизованно поступающие в системы канализации, т. е. приток и инфильтрация;
- собственные сточные воды организаций водопроводно-канализационных хозяйств (жилищно-коммунальных хозяйств) (далее – ВКХ (ЖКХ)) – при отсутствии учета данных сточных вод предприятиями ВКХ (ЖКХ);
- сточные воды, доставляемые ассенизационным транспортом на КОС – при отсутствии учета данных сточных вод предприятиями ВКХ (ЖКХ);
- сточные воды, отводимые абонентами в систему канализации сверх оплаченных объемов;
- хозяйственно-бытовые и производственные сточные воды, отводимые абонентами и потребителями в систему канализации и не учтенные приборами учета из-за их нечувствительности и из-за ухудшения метрологических характеристик в процессе их эксплуатации;
- сточные воды, образующиеся вследствие самовольного подключения к системе водоснабжения, несогласованного разбора воды через обводные трубопроводы вокруг приборов учета, из гидрантов

и водоразборных колонок, установленных на наружных водопроводных сетях, а также вода, не оплаченная абонентами, не имеющими водосчетчиков, при превышении фактического потребления воды над нормативным [8–11].

Кроме того, в зависимости от способов формирования авторы [12] выделяют и разделяют дополнительный приток на организованный и неорганизованный.

Под *дополнительным организованным притоком* понимаются сточные воды, отведение которых предусмотрено в систему канализации населенного пункта, однако по каким-либо причинам их объем поступления в нее не учитывается. Так, он может формироваться за счет собственных сточных вод, образующихся на объектах организаций ВКХ (ЖКХ), а также сточных вод, привозимых на КОС ассенизационным транспортом. При этом дополнительный организованный приток может включать значительное количество составляющих, доля которых в его составе может варьироваться в разных диапазонах.

Дополнительный неорганизованный приток формируется в первую очередь за счет притока и инфильтрации поверхностных (дождевых и талых) и грунтовых вод в систему канализации, что обусловлено ее инженерными особенностями. Кроме того, к неорганизованному притоку можно отнести объем сточных вод, возникший из-за погрешностей приборов учета у абонентов и потребителей (недоучет), отведения сточных вод сверх оплаченных объемов, коммерческих потерь воды на сетях водоснабжения, самовольного подключения к системе канализации.

Цель работы – оценить основные составляющие дополнительного притока вод в системы канализации населенных пунктов Республики Беларусь, источники его формирования и долю от общего объема сточных вод, поступающих на КОС.

Объекты и методы исследования. Объектом исследования являются воды, поступающие в системы канализации населенных пунктов и на КОС в Республике Беларусь.

Методы исследований включают анализ данных статистической отчетности 1-вода (Минприроды) «Отчет об использовании вод» за 2020–2024 гг. в части объемов образования сточных вод и их сброса в окружающую среду, данных организаций ВКХ (ЖКХ), математическую и статистическую обработку полученных данных, факторный анализ формирования величины дополнительного притока вод.

Результаты и их обсуждение. В системы канализации населенных пунктов, как правило, поступают хозяйственно-бытовые сточные воды потребителей и абонентов, производственные сточные воды и (или) их смесь с хозяйственно-бытовыми сточными водами абонентов, поверхностные сточные воды и дополнительный приток. Каждая из перечисленных категорий сточных вод может поступать в систему канализации населенного пункта как организованно, так и неорганизованно.

Хозяйственно-бытовые сточные воды представляют собой одну из основных категорий сточных вод, поступающих в систему канализации населенного пункта и на КОС. Данная категория сточных вод образуется в жилых, общественных, социальных и производственных объектах в результате обеспечения физиологических и санитарно-гигиенических нужд, а также при приготовлении пищи, мытье посуды и уборке помещений. На КОС поступают хозяйственно-бытовые сточные воды потребителей и абонентов, подключенных к системе канализации населенного пункта; потребителей и абонентов, не подключенных к системе канализации населенного пункта и осуществляющих их отведение на очистные сооружения посредством ассенизационного транспорта; хозяйственно-бытовые сточные воды непосредственно от объектов ВКХ (ЖКХ), на балансе которых находится система канализации населенного пункта [13].

Объемы образования данной категории сточных вод в зависимости от типа объекта имеют суточную неравномерность, напрямую коррелирующую с режимом работы и отдыха населения. Для жилой застройки характерен выраженный двухпиковый суточный расход: пик образования сточных вод приходится на утро и вечер, днем и ночью наблюдается значительное снижение. Образование сточных вод в общественных, социальных и производственных объектах зависит от режима работы данного объекта, но в целом пик расхода приходится на утреннее и дневное время.

Проведенные исследования [13] показывают, что содержание загрязняющих веществ в составе хозяйственно-бытовых сточных вод в малых, средних и больших населенных пунктах варьирует в довольно широких диапазонах. При этом по основным загрязняющим веществам, характерным для хозяйственно-бытовых сточных вод, максимальные фактические концентрации в больших населенных пунктах с численностью населения свыше 300 000 человек ниже, чем в малых и средних, что хорошо коррелирует с величиной удельного водоотведения хозяйственно-бытовых сточных вод. Таким образом, чем ниже удельный объем водоотведения, тем более концентрированные хозяйственно-бытовые сточные воды поступают в систему канализации населенного пункта.

Учет хозяйственно-бытовых сточных вод, поступающих от потребителей и абонентов, подключенных к системе канализации населенного пункта, осуществляется неинструментальным методом.

При этом объем хозяйственно-бытовых сточных вод приравнивается к объему водопотребления, что не всегда соответствует действительности. Источником дополнительного притока за счет хозяйственно-бытовых сточных вод могут служить несанкционированные врезки в систему водоснабжения населенного пункта, что приводит к недоучету водопотребления и, как следствие, недоучету хозяйственно-бытовых сточных вод от потребителей. В то же время может наблюдаться обратная ситуация, когда объем водопотребления больше, чем объем водоотведения хозяйственно-бытовых сточных вод, что особенно характерно для частного сектора, где зачастую используют воду из системы водоснабжения населенного пункта для полива садово-огородных культур на приусадебных участках. Влияние этих двух разнонаправленных факторов можно рассматривать как системную погрешность при неинструментальном методе учета сточных вод.

Учет хозяйственно-бытовых сточных вод, доставляемых на очистные сооружения ассенизационным транспортом, как правило, ведется расчетным методом, за исключением случаев, когда на предприятиях ВКХ (ЖКХ) на сети водоотведения предусмотрены станции слива сточных вод с организацией приборного учета. Расчетный метод основывается на данных об объемах резервуаров ассенизационных машин и количестве выполненных рейсов. Такой метод, несмотря на свою простоту, дает приближенную оценку и может приводить к систематическим ошибкам как в сторону занижения объемов сточных вод, поступающих на КОС, так и в сторону их завышения. Занижение объемов происходит в том случае, если по ряду причин осуществляется неполная выкачка сточных вод из резервуаров, присутствуют осадок и воздушные пробки. Завышение объема сточных вод может происходить в случае учета сточных вод по «номинальному» объему резервуара ассенизационной машины, а не по фактическому объему сточных вод, привозимых на сливную станцию. Влияние этих двух разнонаправленных факторов недоучета также можно рассматривать как системную погрешность при неинструментальном методе учета хозяйственно-бытовых сточных вод, доставляемых на очистные сооружения ассенизационным транспортом. Для повышения точности учета поступления на КОС данной категории сточных вод целесообразно оборудовать приборным учетом станции слива сточных вод в системы канализации населенных пунктов.

Производственные сточные воды также занимают значительную долю в общем объеме сточных вод, поступающих на КОС. Данные сточные воды образуются в процессе производственной деятельности предприятия (основное и вспомогательное производство). При этом объем водоотведения и качественный состав производственных сточных вод, в отличие от хозяйственно-бытовых сточных вод, напрямую зависит от вида хозяйственной деятельности предприятия. Например, на объектах металлургии образуются сточные воды, имеющие в своем составе соединения тяжелых металлов, на предприятиях пищевой промышленности образуются сточные воды с преобладанием легкоокисляемых органических веществ белково-жировой природы, на предприятиях по производству алкогольных напитков и пива в составе сточных вод будут преобладать в высоких концентрациях органические загрязнения, соединения азота и фосфора, взвешенные вещества, продукты брожения.

Законодательно закреплено, что учет сточных вод, сбрасываемых в систему канализации населенного пункта, ведется предприятиями инструментальным методом в том случае, если объем сточных вод предприятия превышает $100 \text{ м}^3/\text{сут}$ [14]. В иных случаях учет может проводиться неинструментальным (расчетным) методом и, как правило, приравнивается к объему водопотребления. В ряде случаев фактический объем сточных вод предприятий превышает объем водопотребления предприятия, что связано с образованием дополнительного объема вод в результате технологических процессов предприятия, как, например, при отведении сточных вод вместе с осадком после мойки оборудования, а также в результате работы выпарных установок за счет влаги, выпаренной из сырья. Такая ситуация характерна в большей степени для предприятий пищевой промышленности, однако может иметь место и на других производствах: при процессах переработки аккумуляторных блоков происходит выпаривание влаги из сырья. В то же время при осуществлении технологических процессов на предприятиях могут происходить потери воды (испарение и капельный унос с градирен и иных систем охлаждения, производство и использование пара без возврата конденсата), а также часть воды может использоваться при производстве продукции в качестве сырья и прочего, что относится к безвозвратному водопотреблению на производственные нужды, и также приводит к дисбалансу при учете водоотведения неинструментальными (расчетными) методами. Кроме дополнительных объемов вод, затрачиваемых на технологические процессы, в систему канализации предприятия также могут поступать поверхностные сточные воды, как за счет несанкционированных врезок в систему канализации, так и в результате имеющихся дефектов канализационных люков, при проведении поливочных работ. Кроме того, в систему канализации предприятия могут поступать и грунтовые воды.

Таким образом, объем дополнительного притока вод с территории предприятия может быть достаточно большим, но при этом он также может нивелироваться за счет сокращения объемов отведения производственных сточных вод при большой величине безвозвратного водопотребления.

Для данной категории сточных вод, поступающих в систему канализации населенного пункта, разброс значений может быть очень существенным как в ту, так и в другую сторону, поэтому оценить его в составе баланса водоотведения в виде системной погрешности для всей совокупности предприятий не представляется возможным. Для данной категории сточных вод требуется повышение точности их учета при отведении предприятиями в систему канализации населенного пункта путем закрепления требований по их обязательному инструментальному учету.

Собственные сточные воды предприятий ВКХ (ЖКХ) – это сточные воды, образующиеся в результате деятельности организаций, входящих в сферу водоснабжения и канализации, в результате обеспечения нужд данных объектов.

Собственные сточные воды предприятий ВКХ (ЖКХ) могут включать:

- производственные сточные воды от промывки и дезинфекции водоводов 1-го подъема;
- производственные сточные воды от промывки сетчатых барабанных фильтров и микрофильтров;
- производственные сточные воды от промывки баков реагентов;
- производственные сточные воды от промывки фильтровальных сооружений;
- производственные сточные воды от профилактической очистки и дезинфекции отстойников, осветлителей, резервуаров чистой воды, водонапорных башен;
- производственные сточные воды из сооружений повторного использования воды;
- производственные сточные воды от промывки бактерицидных установок;
- производственные сточные воды от производственных нужд лабораторий организаций ВКХ (ЖКХ);
- производственные сточные воды от профилактической промывки водопроводных сетей;
- производственные сточные воды от промывки и очистки коллекторов, сетей, оборудования и сооружений систем водоотведения;
- хозяйственно-бытовые сточные воды [15].

Кроме того, собственные сточные воды образуются на КОС в результате обеспечения питьевых нужд сотрудников, работы лаборатории, обслуживания объектов очистных сооружений (от промывки сооружений механической очистки, сооружений обработки осадков и др.). Учитывая условия формирования сточных вод, образующихся в результате обеспечения технологических нужд объектов ВКХ (ЖКХ), данные сточные воды могут содержать высокие концентрации целого ряда загрязняющих веществ, например взвешенных веществ и железа общего. Учет собственных производственных сточных вод предприятий ВКХ (ЖКХ) по большинству статей расхода ведется неинструментальным методом или отсутствует.

Поверхностные (дождевые, талые и поливочные) сточные воды могут поступать в систему канализации населенного пункта организованно, т. е. через сеть дождевой канализации предприятия, подключенную к системе канализации населенного пункта, на основании договора между предприятием ВКХ (ЖКХ) и абонентом. Учет данных сточных вод ведется, как правило, неинструментальным (расчетным) методом. Однако при наличии в населенном пункте отдельной системы дождевой канализации отведение поверхностных сточных вод как с объектов производства, так и с территории населенного пункта должно осуществляться именно в систему дождевой канализации населенного пункта. В большинстве случаев поступление поверхностных сточных вод в систему канализации населенного пункта осуществляется неорганизованно при проникновении поверхностных сточных вод через дефекты канализационных люков, а также при поступлении талых вод через дренажные системы подвалов зданий, связанные с внутренней канализацией здания. При расположении колодцев системы канализации на дорожном покрытии, парковках и стоянках в черте населенных пунктов помимо дождевых и талых вод в систему канализации будут попадать и поливочные воды. Дополнительный приток за счет поступления поверхностных сточных вод будет характеризоваться большим объемом поступления за относительно короткий период времени. Кроме того, качественный состав может значительно отличаться в зависимости от места образования поверхностных сточных вод. Также важную роль играет температура поверхностных сточных вод, которая как правило ниже температуры сточных вод, поступающих в систему канализации и на КОС, что может привести к общему снижению температуры сточных вод и их влиянию на работу КОС.

Грунтовые воды в систему канализации населенного пункта могут поступать вследствие инфильтрации за счет трещин, разрывов и коррозионных повреждений в трубах (особенно в изношенных чугунных, керамических, асбестоцементных и бетонных), через неплотные соединения между трубами (муфты, раструбы), где герметичность нарушена из-за осадки грунта, вибраций или некачественной укладки сети; дефектов канализационных колодцев и шахтных частей (трещины в бетонных кольцах, отсутствие гидроизоляции), прорывов в дренажных и дождевых системах канализации; вследствие неправильного проектирования канализационной сети. Также важную роль играют гидролого-геологические характеристики территории и уровень залегания сетей канализации. За счет просачивания через пористые грунты, а также в условиях высокого уровня грунтовых вод (например, в болотистых, пойменных

или прибрежных зонах) даже незначительные микротрещины в сетях становятся причиной инфильтрации грунтовых вод в систему канализации.

В условиях высокого уровня грунтовых вод (например, в поймах рек, зонах с глинистыми и суглинистыми почвами) инфильтрация в системы канализации может происходить круглогодично. Это приводит к постоянной дополнительной нагрузке на КОС. Инфильтрация может усиливаться на небольшой промежуток времени при резком повышении уровня грунтовых вод – после длительных дождей и таяния снега. Сводные данные о видах сточных и иных вод, поступающих в сети канализации населенного пункта, и организации учета объемов их поступления представлены в табл. 1.

Таблица 1. Виды сточных и иных вод, поступающих в систему канализации населенного пункта

Table 1. Types of wastewater and other waters entering sewage systems of settlements

Виды сточных и иных вод	Источник поступления	Вид поступления (организованно/неорганизованно)	Организация учета объема вод и способ учета
Хозяйственно-бытовые сточные	Сточные воды от населения, социальных объектов, подключенных к системе канализации	Организованно	Расчетный/отсутствует
	Сточные воды, доставляемые ассенизационным транспортом	Организованно	Расчетный / инструментальный
	Сточные воды от жизнедеятельности людей на производственных объектах	Организованно	Отсутствует
	Собственные сточные воды организаций ВКХ (ЖКХ)	Организованно	Отсутствует
Производственные сточные	От производственных объектов, подключенных к системе канализации	Организованно	Расчетный / инструментальный
	Собственные сточные воды от объектов организаций ВКХ (ЖКХ)	Организованно	Расчетный/отсутствует
Поверхностные сточные (дождевые, талые, поливочные)	Дождевые, талые и поливочные воды от производственных объектов при подключении их дождевой канализации к системе канализации населенного пункта	Организованно	Расчетный
	Неплотности канализационных люков, несанкционированные подключения дождевой канализации к системе канализации населенного пункта	Неорганизованно	Отсутствует
Грунтовые	Инфильтрация через дефекты трубопроводов сети водоотведения	Неорганизованно	Отсутствует

Учитывая вышеизложенное, дополнительным притоком вод в системы канализации населенных пунктов Республики Беларусь можно считать:

- поверхностные (дождевые, талые и поливочные) сточные воды, неорганизованно поступающие в систему канализации;
- грунтовые воды, неорганизованно поступающие в систему канализации за счет инфильтрации;
- собственные сточные воды предприятий ВКХ (ЖКХ), в состав которых входят хозяйственно-бытовые сточные воды, а также производственные сточные воды, образующиеся в результате работы сооружений водоподготовки, эксплуатации сетей водоснабжения и канализации, включая очистные сооружения сточных вод и иных объектов ВКХ (ЖКХ) – при отсутствии учета данных сточных вод предприятиями ВКХ (ЖКХ);
- сточные воды, доставляемые ассенизационным транспортом – при отсутствии учета данных сточных вод предприятиями ВКХ (ЖКХ);
- сточные воды, отводимые абонентами и потребителями в систему канализации сверх оплаченных объемов, что обусловлено отсутствием у большей части абонентов ВКХ (ЖКХ) инструментального учета сточных вод;
- часть хозяйственно-бытовых и производственных сточных вод, отводимых в системы канализации, и не учтенных приборами учета из-за их нечувствительности и из-за ухудшения метрологических характеристик в процессе их эксплуатации;

– сточные воды, образующиеся в результате коммерческих потерь воды за счет несанкционированного отбора воды потребителями из системы водоснабжения (самовольное подключение к системе водоснабжения, несогласованный разбор воды через обводные трубопроводы вокруг приборов учета, из гидрантов и водоразборных колонок, установленных на наружных водопроводных сетях), а также вода, не оплаченная абонентами, не имеющими водосчетчиков, при превышении фактического потребления воды над нормативным.

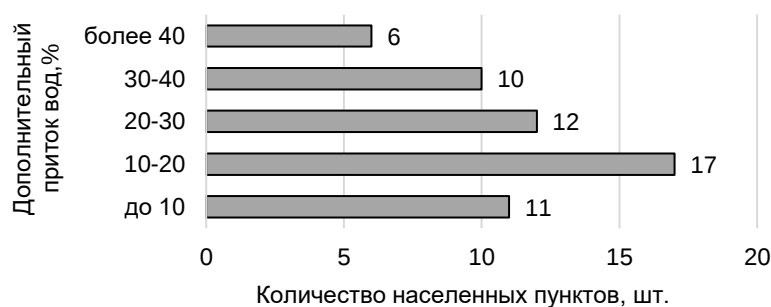
Для оценки количественных характеристик дополнительного притока, поступающего в системы канализации населенных пунктов Республики Беларусь, проведен предварительный анализ данных статистической отчетности 1-вода (Минприроды) «Отчет об использовании вод» в части объемов сброса сточных вод в окружающую среду, а также данных организаций ВХК (ЖКХ) о количественных характеристиках сточных вод, поступающих на КОС, за период 2020–2024 гг. Предварительный анализ данных статистической отчетности показал, что информация об объемах дополнительного притока вод в системы канализации населенных пунктов представлена предприятиями ВХК (ЖКХ) по 71 из 201 населенного пункта, имеющего очистные сооружения биологической очистки с последующим сбросом сточных вод в поверхностный водный объект. Необходимо отметить, что ежегодные данные по объемам дополнительного притока за пятилетний период имеются только по 22 населенным пунктам, а за четырехлетний – по 56.

В целом за рассматриваемый период произошло увеличение количества предприятий ВХК (ЖКХ), указывающих дополнительный приток в системы канализации населенных пунктов в статистической отчетности, однако доля таких предприятий составляет около 60 % от их общего количества, что свидетельствует о несовершенстве системы учета различных категорий сточных вод, а также отсутствии единого методического подхода к учету сточных вод, поступающих в системы канализации населенных пунктов из различных источников.

Оценка количественных характеристик дополнительного притока, поступающего в составе сточных вод на КОС за период 2020–2024 гг., проведена по 56 населенным пунктам, по которым имелась исходная информация за 4–5 лет.

Приведенный в статистической отчетности объем дополнительного притока определен балансовым методом в годовом разрезе как разница между годовым объемом сточных вод, поступивших на КОС, и суммой сточных вод от всех абонентов и потребителей, сбросивших сточные воды в систему канализации населенного пункта.

С целью анализа процентного распределения дополнительного притока вод в системы канализации проведена дифференциация населенных пунктов в зависимости от доли дополнительного притока вод. Всего выделено пять групп, где в группу 1 входят населенные пункты с дополнительным притоком вод менее 10 %, в группу 2 – от 10 до 20, в группу 3 – от 20 до 30, в группу 4 – от 30 до 40, в группу 5 – более 40 %. Распределение населенных пунктов по выделенным группам представлено на рисунке.



Распределение населенных пунктов в зависимости от доли дополнительного притока вод, поступающего в системы канализации населенных пунктов

Distribution of settlements based on the share of additional inflow into sewage systems of settlements

Поскольку обновленная Директива ЕС 2024/3019 предусматривает требования по работе с дополнительным притоком, поступающим на очистные сооружения населенных пунктов, в увязке с эквивалентом населения, рассматриваемые 56 населенных пунктов объединены в четыре группы по мощности их КОС по эквиваленту населения (далее – ЭН) с учетом требований [16]:

- группа 1 – ЭН более 100 001 человека (более 6000 кг/сут);
- группа 2 – ЭН от 10 001 до 100 000 человек (от 600 до 6000 кг/сут);
- группа 3 – ЭН от 2001 до 10 000 человек (от 120 до 600 кг/сут);
- группа 4 – ЭН менее 2000 человек (до 120 кг/сут).

В табл. 2 приведены сводные данные о процентном отношении годовой величины дополнительного притока вод к общему объему сточных вод, поступающих на КОС за период 2020–2024 гг.

Таблица 2. Данные о дополнительном притоке вод в системы канализации населенных пунктов за 2020–2024 гг.

Table 2. Data on additional inflow into sewage systems of settlements for 2020–2024

Номер группы	Эквивалент населения	Количество населенных пунктов в группе по эквиваленту населения	Дополнительный приток в группе, %		
			минимальный	максимальный	средний
1	Более 100 001 человека (более 6000 кг/сут)	11	9,34	40,70	24,54
2	От 10 001 до 100 000 человек (от 600 до 6000 кг/сут)	14	2,06	49,66	21,24
3	От 2001 до 10 000 человек (от 120 до 600 кг/сут)	16	0,82	44,68	20,97
4	До 2000 человек (до 120 кг/сут)	15	3,45	44,54	21,20

Среднее доленое значение годового объема дополнительного притока по группам варьируется в диапазоне от 20,97 до 24,54 %, что является достаточно большой величиной и свидетельствует о значительной доле дополнительного притока вод, поступающего на КОС. При этом в населенных пунктах с ЭН более 100 000 человек доля дополнительного притока в среднем выше, чем во всех остальных группах; для них также характерны более высокие минимальные значения доли дополнительного притока. Проведенный анализ данных дополнительного притока по рассматриваемым объектам в помесячном разрезе не выявил прямой функциональной зависимости между мощностью КОС (по величине ЭН) и долей дополнительного притока вод на КОС, хотя очевидно, что эти два показателя косвенно связаны между собой через протяженность сетей канализации.

Анализ распределения средней величины дополнительного притока вод, поступивших в системы канализации населенных пунктов и на КОС, за период 2020–2024 гг. показал, что наибольшее значение дополнительного притока вод наблюдалось в следующих населенных пунктах: г. Волковыске (Гродненская область) – 49,66 %, г. п. Россь (Гродненская область) – 48,13, г. Березино (Минская область) – 44,68, г. п. Коханово (Витебская область) – 44,54, г. Слуцке (Минская область) – 40,70 %. При этом территориальное распределение доли дополнительного притока вод от общего объема сточных вод, поступивших в системы канализации населенных пунктов и на КОС, за период 2020–2024 гг. выглядит следующим образом:

– в Брестской области доля дополнительного притока вод в системы канализации населенных пунктов варьировалась от 2,06 % (г. Кобрин) до 37,44 % (г. Малорита). При этом в отдельные годы максимальное его значение зафиксировано на уровне 45,37 % (г. Дрогичин в 2024 г.), минимальное – 0,19 % (г. Кобрин в 2021 г.);

– в Витебской области доля дополнительного притока вод в системы канализации населенных пунктов варьировалась от 7,60 % (г. п. Ореховск) до 44,54 % (г. п. Коханово). При этом в отдельные годы максимальное его значение зафиксировано на уровне 54,83 % (г. п. Коханово в 2021 г.), минимальное – 1,44 % (п. Усвиж-Бук в 2024 г.);

– в Гомельской области имеются данные о дополнительном притоке вод в систему канализации только по г. Чечерску, где дополнительный приток составляет 12,64 %. При этом имеются значительные колебания значений дополнительного притока вод в годовом разрезе (от 1,46 % в 2023 г. до 26,11 % в 2024 г.);

– в Гродненской области доля дополнительного притока вод в системы канализации населенных пунктов варьировалась от 10,49 % (г. Гродно) до 49,66 % (г. Волковыск). При этом в отдельные годы максимальное его значение зафиксировано на уровне 52,60 % (г. Волковыск в 2024 г.), минимальное – 6,37 % (г. Жодино в 2020 г.);

– в Минской области доля дополнительного притока вод в системы канализации населенных пунктов варьировалась от 0,82 % (г. Червень) до 44,68 % (г. Березино). При этом в отдельные годы максимальное его значение зафиксировано на уровне 52,05 % (г. Березино в 2023 г.), минимальное – 0,36 % (г. Червень в 2020 г.).

Анализ данных величин дополнительного притока в разрезе 56 населенных пунктов в сопоставлении с фактическими годовыми величинами выпавших осадков за период 2020–2024 гг. не выявил прямой функциональной зависимости между рассматриваемыми показателями. При этом проводимые научные исследования в разных странах указывают, что величина дополнительного притока (в виде дождевых вод и инфильтрации грунтовых вод) имеет четкую сезонную динамику и корреляцию с величиной выпавших осадков. Отсутствие выраженной корреляции в годовом разрезе может указывать на то, что в величине дополнительного притока в большинстве населенных пунктов преобладает именно дополнительный организованный приток, т. е. сточные воды, отведение которых предусмотрено в систему канализации, однако по каким-либо причинам их объем поступления в нее не учитывается. Очевидно, что в первую очередь требуется повышение достоверности учета поступления в систему канализации населенного пункта таких составляющих дополнительного организованного притока, как собственные сточные воды предприятий ВКХ (ЖКХ) и сточные воды, доставляемые ассенизационным транспортом, организация и систематизация учета которых позволит вычленивать их при составлении баланса из дополнительного притока и отражать в балансе отдельными категориями по аналогии с производственными и хозяйственно-бытовыми сточными водами от абонентов и потребителей.

Таким образом, основная задача по оценке дополнительного притока вод в системы канализации и на КОС сведется к расчету основных составляющих дополнительного неорганизованного притока (притока и инфильтрации поверхностных и грунтовых вод), который, в свою очередь, напрямую зависит от природных факторов (климатических, гидрогеологических) и инженерных особенностей канализации (длины, материала и возраста сети, глубины заложения сети по отношению к уровню залегания грунтовых вод).

В настоящее время РУП «ЦНИИКИВР» выполняются такие исследования в части моделирования и оценки поступления дополнительного неорганизованного притока вод в системы канализации населенных пунктов. Результаты изучения источников и механизмов его поступления станут основой для последующей разработки методики расчета дополнительного притока вод в системы канализации населенных пунктов Республики Беларусь, а также мероприятий по минимизации его поступления в системы канализации населенных пунктов.

Выводы.

1. Исследования дополнительного притока вод в системы канализации населенных пунктов в разных странах указывают, что он включает две основные составляющие: дополнительный организованный приток и дополнительный неорганизованный приток.

Дополнительный организованный приток может включать широкий спектр составляющих, количество которых напрямую зависит от уровня организации системы учета вод, поступающих организованно в систему канализации населенного пункта от абонентов, потребителей и самой эксплуатирующей организации. Соответственно, чем более точно и достоверно ведется такой учет организацией ВКХ (ЖКХ), тем ниже доля дополнительного организованного притока.

Дополнительный неорганизованный приток включает два основных компонента: поверхностные (дождевые и талые) и грунтовые воды, которые неорганизованно поступают в систему канализации. Его объем напрямую зависит от сезонных климатических характеристик и инженерных особенностей системы канализации. Кроме того, к дополнительному неорганизованному притоку можно отнести объем сточных вод, возникший из-за погрешностей приборов учета у абонентов и потребителей (недоучет) и коммерческих потерь воды на сетях водоснабжения. Эти составляющие можно рассматривать и учитывать как системную погрешность при расчете объема дополнительного притока в систему канализации исходя из объема воды, поданной в систему водоснабжения населенного пункта.

2. Поступление дополнительного притока вод в системы канализации населенных пунктов рассматривается как одна из существенных проблем, нарушающих работу канализационной сети и очистных сооружений сточных вод в населенном пункте. Обновленная Директива ЕС 2024/3019 [2] предписывает интеграцию оценки инфильтрации как одного из основных компонентов дополнительного притока в национальные программы по развитию сетей водоотведения населенных пунктов, что требует совершенствования подходов к учету сточных вод и разработке мероприятий по минимизации инфильтрации в системы канализации.

3. Проведенный анализ учета дополнительного притока вод, поступающего в системы канализации и на КОС населенных пунктов Республики Беларусь по данным статистической отчетности 1-вода (Минприроды) «Отчет об использовании вод» за 2020–2024 гг. показал, что информация об объемах дополнительного притока вод представлена предприятиями ВКХ (ЖКХ) по 71 из 201 населенного пункта, имеющего очистные сооружения биологической очистки со сбросом сточных вод в поверхностный водный объект. При этом ежегодные данные по объемам дополнительного притока за пятилетний период имеются только по 22 населенным пунктам, а за четырехлетний – по 56. Сложившаяся ситуация

свидетельствует о несовершенстве системы учета различных категорий сточных вод и отсутствии единого методического подхода к учету сточных вод, поступающих в системы канализации населенных пунктов из различных источников.

4. Зафиксированный в статистической отчетности 1-вода (Минприроды) «Отчет об использовании вод» объем дополнительного притока определяется балансовым методом в годовом разрезе как разница между годовым объемом сточных вод, поступивших на КОС, и суммой отведенных сточных вод от всех абонентов и потребителей в систему канализации населенного пункта.

Анализ данных за период 2020–2024 гг. по 56 населенным пунктам Республики Беларусь показал, что больше половины рассматриваемых населенных пунктов имеют дополнительный приток вод в системы канализации до 30 % от всего объема сточных вод, поступивших на КОС. Данный факт указывает на системные проблемы в части учета сточных вод, поступающих в систему канализации, предприятиями ВКХ (ЖКХ).

Высокая доля дополнительного притока в годовом разрезе обусловлена тем, что предприятия ВКХ (ЖКХ) при организации учета вод относят к нему всю разницу между учтенными сточными водами от абонентов и потребителей и общим объемом сточных вод, сбрасываемых после очистных сооружений в окружающую среду. Соответственно, чем менее точно ведется учет сточных вод от абонентов и потребителей (при отсутствии инструментального учета такой учет проводится расчетными методами) и не организован на должном уровне учет собственных сточных вод предприятий ВКХ (ЖКХ), тем больший объем вод будет относиться к дополнительному притоку.

5. Сопоставительный анализ доли дополнительного притока вод, поступающего на КОС, с эквивалентной мощностью очистных сооружений в годовом и помесечном разрезе по 56 населенным пунктам за период 2020–2024 гг. не выявил прямой функциональной зависимости. При этом установлено, что в населенных пунктах с ЭН более 100 000 человек доля дополнительного притока в среднем выше, чем во всех остальных группах; для них также характерны более высокие минимальные значения доли дополнительного притока.

Сопоставительный анализ доли дополнительного притока вод, поступающих в систему канализации и на КОС населенного пункта, с фактическими годовыми величинами выпавших осадков по рассматриваемым населенным пунктам за 2020–2024 гг. не выявил прямой функциональной зависимости между рассматриваемыми показателями, что может указывать на существенное преобладание в величине дополнительного притока именно дополнительного организованного притока (сточные воды, отведение которых предусмотрено в систему канализации, однако по каким-либо причинам их объем поступления в нее не учитывается).

6. Таким образом, величина дополнительного притока вод в систему канализации населенного пункта и на КОС зависит от совокупности факторов, которые по-разному влияют на природу формирования величины дополнительного организованного и неорганизованного притока вод.

Во-первых, необходимо законодательно закрепить понятие «дополнительный неорганизованный приток вод» с указанием категорий сточных вод, которые могут в него включаться.

Во-вторых, требуются повышение достоверности учета и отражение в статистической отчетности поступления в систему канализации населенного пункта таких видов сточных вод, как собственные сточные воды предприятий ВКХ (ЖКХ) и сточные воды, доставляемые ассенизационным транспортом, что позволит при составлении баланса водоотведения вычленивать их из дополнительного притока и отражать в балансе отдельными категориями по аналогии с производственными и хозяйственно-бытовыми сточными водами от абонентов и потребителей.

Соответственно, основная задача по оценке дополнительного притока вод в систему канализации и на КОС сведется к расчету основных составляющих дополнительного неорганизованного притока (поверхностных и грунтовых вод), который напрямую зависит от природных факторов (климатических, гидрогеологических) и инженерных особенностей канализации (длины, материала и возраста сети, глубины заложения сети по отношению к уровню залегания грунтовых вод).

В настоящее время РУП «ЦНИИКИВР» проводит исследования в части моделирования поступления дополнительного неорганизованного притока вод в системы канализации и разрабатывает методику расчета дополнительного притока вод в системы канализации населенных пунктов Республики Беларусь.

7. Сокращение величины дополнительного притока вод в системы канализации населенных пунктов является наиболее экономически обоснованным направлением повышения эффективности систем водоотведения, позволяющим снизить нагрузку на КОС без повышения их производительности. Для достижения этой цели необходим комплексный подход, сочетающий техническую модернизацию сетей, совершенствование учета вод и адаптацию условий эксплуатации сетей канализации населенных пунктов к климатическим изменениям.

Список использованных источников

1. Денищик, А. И. Оценка динамики поступления неорганизованного притока в составе сточных вод в системы коммунальной канализации населенных пунктов в Республике Беларусь / А. И. Денищик ; науч. рук. С. А. Дубенюк // Основные направления развития систем водоснабжения и водоотведения : материалы Респ. студ. науч.-практ. конф., приуроч. к 105-летию Бел. нац. техн. ун-та и 70-летию кафедры «Водоснабжение и водоотведение» в рамках Междунар. молодеж. форума «Креатив и инновации – 2025», г. Минск, 11 дек. 2025 г. / Бел. нац. техн. ун-т ; сост.: С. А. Дубенюк, А. А. Колобако. – Мн., 2025. – С. 57–63.
2. Directive (EU) 2024/3019 of the European Parliament and of the Council of 27 November 2024 concerning urban wastewater treatment (recast) // Official Journal of the European Union. – 12.12.2024. – URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2024/3019/oj/> (date of access: 11.12.2025).
3. Zeydaliinejad, Nejat. Global perspectives on groundwater infiltration to sewer networks: A threat to urban sustainability / Nejat Zeydaliinejad, Akbar A. Javadi, James L. Webber // Water Research. – 2024. – Vol. 262. – Art. 122098. – DOI: 10.1016/j.watres.2024.122098.
4. Quantifying rainfall-derived inflow and infiltration in sanitary sewer systems based on conductivity monitoring / Mingkai Zhang, Yanchen Liu, Xun Cheng [et al.] // Journal of Hydrology. – 2018. – Vol. 558. – P. 174–183.
5. Perez, Gabriel. The sanitary sewer unit hydrograph model: A comprehensive tool for wastewater flow modeling and inflow-infiltration simulations / Gabriel Perez, Jesus D. Gomez-Velez, Stanley B. Grant // Water Research. – 2024. – Vol. 249. – Art. 120997. – DOI: 10.1016/j.watres.2023.120997.
6. Islam, Imran Md Azizul. Variations of urban water balances considering subsurface sewer fluxes: a hydrologic modeling study / Imran Md Azizul Islam, Amit Kumar, Kun Zhang // Journal of Hydrology. – 2026. – Vol. 664. – Art. 134599.
7. Extraneous water in sewer systems: A Comprehensive review on sewer infiltration and inflow quantification, localization and mitigation / Hao Zhang, Haifeng Jia, Adriaan Mels [et al.] // Water Research X. – 2025. – Vol. 29. – Art. 100426. – DOI: 10.1016/j.wroa.2025.100426.
8. Голод, Ю. В. Совершенствование законодательства Республики Беларусь в области учета сточных вод, поступающих в централизованные системы канализации населенных пунктов / Ю. В. Голод, С. А. Дубенюк // XVI Междунар. науч.-практ. симп. и выставка «Чистая вода России – 2021», Екатеринбург, 17–20 мая 2021 г. / Федер. гос. бюдж. учр-ние Рос. науч.-исслед. ин-т комплексного использования и охраны водных ресурсов ; редкол.: М. Г. Морозов [и др.]. – Екатеринбург, 2021. – С. 22–30.
9. Шаталова, О. К. Мониторинг неучтенных расходов сточных вод в системе коммунального водоотведения / О. К. Шаталова, Н. Ю. Акименко // Новые идеи нового века. – 2019. – Т. 3. – С. 382–386.
10. Залетов, С. В. Нормативно-методологические подходы к определению расчетного расхода (залпового сброса) для индивидуальных канализационных очистных сооружений загородных домов / С. В. Залетов, А. А. Ратников // Сантехника. – 2023. – № 1. – С. 40–46.
11. Сулимов, Н. Ю. Особенности внедрения нормативов наилучших доступных технологий в сферу водоотведения / Н. Ю. Сулимов // Экономика строительства. – 2022. – № 7. – С. 13–23.
12. Данилович, Д. А. Оценка объемов неорганизованного дополнительного притока сточных вод в систему канализации / Д. А. Данилович, А. А. Максимова, Е. И. Пупырев // Водоснабжение и санитарная техника. – 2008. – № 10. – С. 31–38.
13. Голод, Ю. В. Совершенствование методических подходов к учету хозяйственно-бытовых сточных вод, поступающих на очистные сооружения населенных пунктов Республики Беларусь / Ю. В. Голод, С. А. Дубенюк // Журнал Белорусского государственного университета. Серия «Экология». – 2021. – № 4. – С. 89–102.
14. Об утверждении Правил пользования централизованными системами водоснабжения, водоотведения (канализации) в населенных пунктах : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 30 сент. 2016 г., № 788 : с изм. и доп. от 16 нояб. 2020 г. № 654 // Бизнес-Инфо / ООО «Профессиональные правовые системы». – Мн., 2026. – 19 с. – URL: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=C21600788> (дата доступа: 11.12.2025).
15. Об оценке и расчете технологических расходов воды в централизованных системах питьевого водоснабжения : постановление Министерства жилищно-коммунального хозяйства Респ. Беларусь, 29 дек. 2004 г., № 39 : с изм. и доп. от 8 июля 2019 г. № 8 // Бизнес-Инфо / ООО «Профессиональные правовые системы». – Мн., 2026. – 33 с. – URL: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=C21900594> (дата доступа: 11.12.2025).
16. О нормативах допустимых сбросов химических и иных веществ в составе сточных вод : постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь, 26 апр. 2017 г. № 16 : с изм. и доп. от 29 янв. 2024 г. № 1 // Бизнес-Инфо / ООО «Профессиональные правовые системы». – Мн., 2026. – 12 с. – URL: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=W21732141> (дата доступа: 11.12.2025).

References

1. Denishchik A. I. *Ocenka dinamiki postupleniya neorganizovannogo pritoka v sostave stochnykh vod v sistemy kommunal'noj kanalizatsii naselennykh punktov v Respublike Belarus* [Assessment of the dynamics of unorganized inflow of wastewater into municipal sewerage systems of populated areas in the Republic of Belarus]. *Materialy Respublikanskoy studencheskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Osnovnye napravleniya razvitiya sistem vodosnabzheniya i vodootvedeniya"* [Proceedings of the Republican Student Scientific and Practical Conference "Main Directions for the Development of Water Supply and Sanitation Systems"]. Minsk, 2025, pp. 57–63. (in Russian)

2. Directive (EU) 2024/3019 of the European Parliament and of the Council of 27 November 2024 concerning urban wastewater treatment (recast). *Official Journal of the European Union*, December 12, 2024. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2024/3019/oj/> (accessed December 11, 2025).
3. Zeydalinejad Nejat, Javadi Akbar A., Webber James L. Global perspectives on groundwater infiltration to sewer networks: A threat to urban sustainability. *Water Research*, 2024, vol. 262, art. 122098, DOI: 10.1016/j.watres.2024.122098.
4. Mingkai Zhang, Yanchen Liu, Xun Cheng, David Z. Zhu, Hanchang Shi, Zhiguo Yuan, Quantifying rainfall-derived inflow and infiltration in sanitary sewer systems based on conductivity monitoring. *Journal of Hydrology*, 2018, vol. 558, pp. 174–183.
5. Perez Gabriel, Gomez-Velez Jesus D., Grant Stanley B. The sanitary sewer unit hydrograph model: A comprehensive tool for wastewater flow modeling and inflow-infiltration simulations. *Water Research*, 2024, vol. 249, art. 120997, DOI: 10.1016/j.watres.2023.120997.
6. Imran Md Azizul Islam, Amit Kumar, Kun Zhang. Variations of urban water balances considering subsurface sewer fluxes: A hydrologic modeling study. *Journal of Hydrology*, 2026, vol. 664, part C, art. 134599.
7. Hao Zhang, Haifeng Jia, Adriaan Mels, Huub Rijnaarts, Wei-Shan Chen. Extraneous water in sewer systems: A Comprehensive review on sewer infiltration and inflow quantification, localization and mitigation. *Water Research X*, 2025, vol. 29, art. 100426, DOI: 10.1016/j.wroa.2025.100426.
8. Golod Yu. V., Dubenok S. A. *Sovershenstvovanie zakonodatel'stva Respubliki Belarus' v oblasti ucheta stochnykh vod, postupayushchih v centralizovannye sistemy kanalizatsii naseleennykh punktov* [Improving the legislation of the Republic of Belarus in the field of accounting for wastewater entering the centralized sewerage systems of populated areas]. XVI Mezhdunarodnyy nauchno-prakticheskij simpozium i vystavka "Chistaya voda Rossii – 2021", Ekaterinburg, 17–20 maya 2021 g. [XVI International Scientific and Practical Symposium and Exhibition "Clean Water of Russia – 2021", Yekaterinburg, May 17–20, 2021]. Yekaterinburg, 2021, pp. 22–30. (in Russian)
9. Shatalova O. K., Akimenko N. Yu. *Monitoring neuchtennykh raskhodov stochnykh vod v sisteme kommunal'nogo vodootvedeniya* [Monitoring unaccounted wastewater consumption in municipal wastewater disposal systems]. *Novye idei novogo veka = New Ideas for a New Century*, 2019, no. 3, pp. 382–386. (in Russian)
10. Zaletov S. V., Ratnikov A. A. *Normativno-metodologicheskie podhody k opredeleniyu raschetnogo raskhoda (zalpovogo sbrosa) dlya individual'nykh kanalizatsionnykh ochistnykh sooruzhenij zagorodnykh domov* [Regulatory and methodological approaches to determining the estimated flow rate (volley discharge) for individual sewage treatment plants of country houses]. *Sanetehnika = Plumbing*, 2023, no.1, pp. 40–46. (in Russian)
11. Sulimov N. Yu. *Osobennosti vnedreniya normativov nailuchshih dostupnykh tekhnologii v sferu vodootvedeniya* [Features of the implementation of standards of the best available technologies in the field of water disposal]. *Ekonomika stroitel'stva = Construction Economics*, no. 7, pp. 13–23. (in Russian)
12. Danilovich D. A., Maksimova A. A., Pupyrev E. I. *Otsenka ob'emov neorganizovannogo dopolnitelnogo pritoka stochnykh vod v sistemy kanalizatsii* [Assessment of the volume of unorganized additional wastewater inflow into the sewerage system]. *Vodosnabzheniye i sanitarnaya tekhnika = Water Supply and Sanitary Equipment*, 2008, no. 10, pp. 31–38. (in Russian)
13. Golod Yu. V., Dubenok S. A. *Sovershenstvovaniye metodicheskikh podkhodov k uchetu khozyaystvenno-bytovykh stochnykh vod, postupayushchikh na ochistnyye sooruzheniya naseleennykh punktov Respubliki Belarus'* [Improving methodological approaches to accounting for domestic wastewater entering treatment facilities in populated areas of the Republic of Belarus]. *Zhurnal Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya "Ekologiya" = Journal of the Belarusian State University. Series "Ecology"*, 2021, no. 4, pp. 89–102. (in Russian)
14. *Ob utverzhdenii Pravil pol'zovaniya centralizovannymi sistemami vodosnabzheniya, vodootvedeniya (kanalizatsii) v naseleennykh punktakh* [On approval of the Rules for the use of centralized water supply, sanitation (sewerage) systems in populated areas]. *Postanovlenie Soveta Ministrov Respubliki Belarus', 30 sentyabrya 2016 g., № 788* [Resolution of the Council of Ministers of the Republic of Belarus, September 30, 2016, no. 788]. *S izmeneniyami i dopolnleniyami ot 16 noyabrya 2020 g. № 654* [with amended and supplemented on November 16, 2020, no. 654]. *Biznes-Info = Business Info*, 2026, 19 p. URL: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=C21600788> (accessed December 11, 2025). (in Russian)
15. *Ob otsenke i raschete tekhnologicheskikh raskhodov vody v tsentralizovannykh sistemakh pit'yevogo vodosnabzheniya* [On the assessment and calculation of technological water consumption in centralized drinking water supply systems]. *Postanovlenie Ministerstva zhilishchno-kommunal'nogo khozyaystva Respubliki Belarus', 29 dekabrya 2004 g., № 39* [Resolution of the Ministry of Housing and Communal Services of the Republic of Belarus, December 29, 2004, no. 39]. *S izmeneniyami i dopolnleniyami ot 8 iyulya 2019 g. № 8* [with amended and supplemented on July 8, 2019, no. 8]. *Biznes-Info = Business Info*, 2026, 33 p. URL: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=C21900594> (accessed December 11, 2025). (in Russian)
16. *O normativakh dopustimyykh sbrosov khimicheskikh i inyykh veshchestv v sostave stochnykh vod* [On the standards for permissible discharges of chemicals and other substances in wastewater]. *Postanovlenie Ministerstva prirodnnykh resursov i okhrany okruzhayushchey sredy Respubliki Belarus', 26 aprelya 2017 g. № 16* [Resolution of the Ministry of Natural Resources and Environmental Protection of the Republic of Belarus, April 26, 2017, no. 16]. *S izmeneniyami i dopolnleniyami ot 29 yanvarya 2024 g. № 1* [with amended and supplemented on January 29, 2024, no. 1]. *Biznes-Info = Business Info*, 2026, 12 p. URL: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=W21732141> (accessed December 11, 2025). (in Russian)

Информация об авторах

Дубенок Снежана Анатольевна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Водоснабжение и водоотведение» Белорусского национального технического университета (пр. Независимости, 65, 220013, г. Минск, Беларусь). E-mail: dsnega@list.ru

Денищик Алеся Игоревна – научный сотрудник республиканского унитарного предприятия «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов» (ул. Славинского, 1/2, 220086, г. Минск, Беларусь). E-mail: alesya.d210@gmail.com

Information about the authors

Sniazhana A. Dubianok – Ph. D. (Technical), Associate Professor of the Department of Water Supply and Sanitation Belarusian National Technical University (65, Nezavisimosti Ave., 220013, Minsk, Belarus). E-mail: dsnega@list.ru

Alesya I. Denischik – Research assistant of Republican Unitary Enterprise “Central Research Institute for Complex Use of Water Resources” (1/2, Slavinskogo St., Minsk, Belarus). E-mail: alesya.d210@gmail.com