

Оригинальная статья

УДК 556.18: 628.3

<https://doi.org/10.26897/1997-6011-2023-5-73-80>



## ВОЗМОЖНОСТИ ПОВТОРНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДОЖДЕВЫХ СТОЧНЫХ ВОД

**Янцен Ольга Викторовна**<sup>1,2✉</sup>, старший преподаватель, руководитель научно-технического центра;

AuthorID: 727972; <https://orcid.org/0000-0002-1634-95604>; [ovyua@wtexpert.ru](mailto:ovyua@wtexpert.ru)

**Гогина Елена Сергеевна**<sup>2,3</sup>, канд. техн. наук, доцент, заведующий лабораторией;

AuthorID: 298730; <https://orcid.org/0000-0003-4893-8922>; [gogina-es@yandex.ru](mailto:gogina-es@yandex.ru)

**Колосова Камилла Геннадьевна**<sup>1</sup>, ведущий инженер-технолог;

<https://orcid.org/0009-0003-9658-7706>; [kgk@wtexpert.ru](mailto:kgk@wtexpert.ru)

**Спасибо Елена Васильевна**<sup>3</sup>, инженер;

AuthorID: 24357248; <https://orcid.org/0000-0003-4809-5910>; [spasibo.elena@mail.ru](mailto:spasibo.elena@mail.ru)

<sup>1</sup>ООО «ВТ Эксперт»; 117198, г. Москва, ул. Саморы Машела, 2а, Россия

<sup>2</sup>Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ); 117997, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 23, Россия

<sup>3</sup>Национальный исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук; 127238, г. Москва, Локомотивный проезд, 21, Россия

**Аннотация.** Проблемы эффективности реализации программ устойчивого развития в части сохранения водных ресурсов в урбанизированных территориях направлены на поиск альтернативных решений с включением инновационных технологий и поиском оптимальных критериев контроля условий водопользования. Следует отметить недостаточную изученность и проработанность технологий использования дождевых водных ресурсов. Цель исследований – развитие и дополнение нормированных требований, регламентирующих возможность повторного использования дождевых сточных вод с обоснованием критериев выбора систем их сбора и очистки. Установлены разночтения и методически недостаточная проработанность проблемы обоснования критериев выбора систем сбора и очистки дождевых сточных вод. С учетом современных тенденций развития технологий требуется дополнение нормированных требований, регламентирующих механизм повторного их использования. Для решения проблемы предложено провести исследования, уточняющие качественный состав поверхностных сточных вод, для чего проведен лабораторный отбор проб дождевых сточных вод с различных поверхностей водосбора. Результаты химических анализов показали разницу характеристик дождевых вод, собранных с кровель, дорог и дворовых территорий. На основании качественного состава дождевых сточных вод установлено, что наименьшие загрязнения имеют поверхностные сточные воды, собранные с крыши. Отмечены технологические особенности сбора и очистки сточных вод для их дальнейшего повторного использования. Предложено создать аккумулирующий объем, пополнение которого можно будет проводить по мере его использования с учетом расчетных значений базовых методик. Разработана технологическая схема для очистки дождевых сточных вод, собранных с кровель. Отмечаются простота и дешевизна предложенной технологии.

**Ключевые слова:** урбанизированная среда, дождевые сточные воды, повторное использование дождевых вод, качественные и количественные показатели

**Формат цитирования:** Янцен О.В., Гогина Е.С., Колосова К.Г., Спасибо Е.В. Возможности повторного использования дождевых сточных вод // Природообустройство. 2023. № 5. С. 73-80. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2023-5-73-80>

© Янцен О.В., Гогина Е.С., Колосова К.Г., Спасибо Е.В., 2023

Original article

## RAINWATER REUSE OPPORTUNITIES

**Yantsen Olga Viktorovna**<sup>1,2✉</sup>, head of the scientific and technical center, senior lecturer;

AuthorID: 727972; <https://orcid.org/0000-0002-1634-95604>; [ovyua@wtexpert.ru](mailto:ovyua@wtexpert.ru)

**Gogina Elena Sergeevna**<sup>2,3</sup>, candidate of technical sciences, associate professor, head of the laboratory “Technologies of natural and wastewater treatment”;

AuthorID: 298730; <https://orcid.org/0000-0003-4893-8922>; [gogina-es@yandex.ru](mailto:gogina-es@yandex.ru)

**Kolosova Kamilla Gennadievna**<sup>1</sup>, leading process engineer;

<https://orcid.org/0009-0003-9658-7706>; kgk@wtexpert.ru

**Spasibo Elena Vasilyevna**<sup>3</sup>, engineer;

AuthorID: 24357248; <https://orcid.org/0000-0003-4809-5910>; spasibo.elena@mail.ru

<sup>1</sup>ООО "VT Expert", 117198, Moscow, Zamora Mashela str., 2a, Russia

<sup>2</sup>Sergo Ordzhonikidze Russian State Geological Exploration University (MGRI – RGGRU), 23 Miklukho-Maklaya str., Moscow, 117997, Russia

<sup>3</sup>National Research Institute of Construction Physics of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, Moscow, 127238, Locomotive Passage, 21, Russia

**Abstract.** *The problems of the efficiency of the implementation of sustainable development Programs in terms of the conservation of water resources in urbanized areas are aimed at finding alternative solutions with the inclusion of innovative technologies and the search for optimal criteria for controlling water use conditions. It should be noted that there is insufficient knowledge and elaboration of technologies for the use of rain water resources. The purpose of the research is to develop and supplement the standardized requirements governing the possibility of reusing rainwater with the justification of the criteria for choosing systems for their collection and treatment. There are discrepancies and methodically insufficient elaboration of the problem of substantiating the criteria for choosing rain water collection and treatment systems, taking into account current trends in technology development, it is necessary to add standardized requirements regulating the mechanism of their reuse. To solve the problem, it is proposed to conduct studies clarifying the qualitative composition of surface wastewater, for which laboratory sampling of rainwater from various catchment surfaces was carried out. The results of chemical analyses showed a difference in the characteristics of rainwater collected from roofs, roads and courtyards. Based on the qualitative composition of rainwater, it was found that rainwater collected from roofs has the least pollution. Technological features of rainwater collection and treatment for their further reuse are described. It is proposed to create an accumulating reservoir, the replenishment of which will be carried out as it is used, taking into account the calculated values of the basic techniques. A technological scheme for the treatment of rainwater collected from roofs has been developed, the simplicity and cheapness of the proposed technology is noted.*

**Key words:** *urbanized environment, rainwater, rainwater reuse, qualitative and quantitative indicators*

**Format of citation:** *Yantsen O.V., Gogina E.S., Kolosova K.G., Spasibo E.V. Rainwater reuse opportunities // Prirodoobustroystvo. 2023. № .5. P. 73-80. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2023-5-73-80>*

**Введение.** В современном мире наиболее актуальным является решение задачи сохранения ресурсов, а один из особо значимых ресурсов в жизни человека – это вода. Несмотря на кажущуюся простоту этого явления, доступ к чистой и безопасной воде не имеют 26% населения Земли [1]. Отсутствие доступа к воде характерно в первую очередь для беднейших развивающихся стран, а население в развитых странах сталкивается с проблемой высокой стоимости чистой воды, ввиду чего вода становится дорогим ресурсом, который необходимо экономить и по возможности использовать повторно. С другой стороны, в России существует ряд таких абонентов, осуществляющих плату за отведение дождевых сточных вод, как:

- прочие абоненты (не население – объекты делового и финансового управления, объекты торговли, бизнес-центры и др.);
- предприятия (промышленность, учреждения и пр.).

Перечисленные абоненты осуществляют оплату не только за объем дождевой воды, но и за ее качество. Система оборотного

водоснабжения и локальные очистные сооружения для поверхностных сточных вод являются наиболее приемлемыми технологиями, позволяющими использовать часть воды в повторном водоснабжении для различных целей и часть воды очищать до требуемых показателей в целях минимизации (вплоть до отсутствия) платы за негативное воздействие на работу централизованной системы водоотведения, со сбросом загрязняющих веществ в составе сточных вод сверх его установленных нормативов.

Стоит отметить, что количественные и качественные характеристики сточных (включая дождевые сточные воды) вод сильно зависят от множества факторов – таких, как качество водопроводной воды, менталитет водопользователей, климатические характеристики района, социальная обеспеченность района и др. По этой причине исследования, проведенные в разных странах, по некоторым параметрам разнятся.

Таким образом, актуальной задачей является проведение собственных исследований количественного и качественного состава поверхностных

сточных вод для последующего определения возможности их повторного применения. Несмотря на значительный объем запаса пресной воды в Российской Федерации, в некоторых регионах имеются серьезные проблемы, связанные с водоснабжением, в силу недостаточности водных ресурсов. Кроме того, в современной жилой застройке с преобладанием непроницаемой для воды поверхности водосбора отсутствуют условия для восполнения запасов подземных вод. Следовательно, поиск альтернативных решений водосберегающих технологий приобретает чрезвычайно важное значение [1-3].

**Цель исследований:** развитие и дополнение нормированных требований, регламентирующих возможность повторного использования дождевых сточных вод с обоснованием критериев выбора систем их сбора и очистки.

**Материалы и методы исследований.** Качество дождевых сточных вод напрямую зависит от загрязнений воздуха в районе выпадения дождей. В урбанизированных территориях значительное влияние на качество воздушной среды оказывает интенсивность движения автотранспорта, характеристики с точки зрения экологичности, а также наличие промышленных предприятий в непосредственной близости от мест сбора дождевых вод.

Исследование конструктивных характеристик строительных объектов показывает, что характеристики поверхности крыши также могут оказывать существенное влияние на качественный состав собираемой дождевой воды. Например, кровельные материалы могут быть источником загрязняющих веществ – таких, как тяжелые металлы (например, свинец, кадмий, мышьяк, никель, цинк) [2-8]. Эти вещества вымываются дождевыми струями, а степень вымывания из кровельных материалов зависит от pH дождя. Кроме того, взаимодействие дождевой воды и кровли может повлиять на pH стока с крыши.

Как показывают исследования, крыши из металлической и деревянной черепицы имеют тенденцию подкисления стоков, в то время как бетонная черепица, битумная черепица и подобные материалы повышают pH [9, 10].

Большей концентрацией загрязняющих веществ характеризуются дождевые сточные воды с дорог. На качество образующихся дождевых сточных вод с дорог влияет прежде всего транспортная нагрузка. Высокая нагрузка создает дополнительные выбросы токсичных веществ, которые смываются дождем в общий объем поверхностных стоков.

Повышенная загруженность дорог в России объясняется тем, что темпы роста автомобильного

парка значительно превышают темпы строительства сети автомобильных дорог. По данным Государственного доклада «О состоянии окружающей природной среды Российской Федерации» [11], в 1999 г. около 50% общей протяженности федеральных автомобильных дорог нашей страны работали в режиме, превышающем оптимальный уровень загрузки, а 25% от общей протяженности – в режиме перегрузки. С учетом того, что зонами тяготения являются урбанизированные территории, закономерным является увеличение нагрузки автотранспорта на дорогах внутри крупных городов.

Оценка данных контроля качества среды вблизи автомобильных дорог показывает, что, помимо атмосферных выбросов (оксидов углерода, оксидов азота, летучих органических соединений, SO<sub>2</sub>, дисперсных частиц, и прежде всего сажи), в сточные дождевые воды поступают продукты истирания дорожных покрытий и рабочих элементов автотранспортных средств (шин, тормозных колодок, дисков сцепления и пр.) [12].

В зависимости от уровня благоустройства местности и интенсивности автомобильного движения концентрации поверхностных сточных вод с дорог могут значительно отличаться. Установлены существенные отличия состава дождевых сточных вод в пробах, взятых с дорог с интенсивным движением из дворовой территории. Данные отличия отражены в рекомендациях нормативных актов при контроле качества сточных дождевых вод применять поправочные коэффициенты, учитывающие показатели загрязненности в зависимости от уровня благоустройства территорий.

Как показано выше, наблюдаются различия и методически недостаточная проработанность проблемы обоснования критериев выбора систем сбора и очистки дождевых сточных вод. С учетом современных тенденций развития технологий требуется дополнение нормированных требований, регламентирующих механизм повторного их использования.

**Результаты и их обсуждение.** С целью уточнения качественного состава поверхностных сточных вод были проведены лабораторные исследования проб с различных поверхностей водосбора. Пробы отбирались в различных районах г. Москвы в течение одного сезона 2022 г.

Согласно нормативным рекомендациям составлена схема отбора проб при различной наполняемости территорий. На рисунке 1 представлен пример точек отбора проб. Исследования показывают, что наиболее предпочтительными для сбора дождевой воды являются кровля зданий

и сооружений (1), отдельные участки дворовой территории (2), дорога с интенсивным движением транспорта (3).

Для чистоты экспериментов объекты выбирались в различных частях г. Москвы. Отбор проб сточных вод с крыш производился на выпуске из водосточной трубы, отбор проб сточных вод с дорог (дворовая территория, дорога с интенсивным движением транспорта) – из точек скопления жидкости на территории.

В результате проведенных исследований были определены концентрации загрязняющих веществ с конкретных площадей водосбора. После обобщения результатов выделены средние показатели, представленные в таблице 1, а также в графическом формате для сопоставления загрязнения с различных точек отбора на рисунке 2.

Как и предполагалось, поверхностные сточные воды с кровли зданий и сооружений характеризуются низкими концентрациями загрязнений и являются наиболее пригодными для повторного использования, поскольку не требуют значительных затрат на очистку в отличие от сточных вод с дорог, характеризующихся высоким содержанием взвешенных веществ, нефтепродуктов, ХПК и ПАВ. Отмеченная разница характеристик дождевых вод, собранных с кровель, дорог и дворовых территорий, дает основание предположить, что такое разделение для нужд абонентов,



Рис. 1. Пример точек отбора проб:

1 – кровля зданий; 2 – дворовая территория; 3 – дорога с интенсивным движением транспорта

Fig. 1. Example of sampling points:

1 - roof of buildings, 2 – yard area, 3 – road with heavy traffic

осуществляющих плату за сброс дождевых сточных вод, является рациональным.

Исходя из зарубежного опыта применения дождевых сточных вод основным направлением повторного использования является применение стоков для смыва унитазов и для полива придомовой территории. Применение очищенных дождевых вод для нужд промышленности является достаточно разнообразным и зависит от особенностей производства.

Для объектов капитального строительства с большой площадью поверхности крыш и значительной территорией озеленения эффективно использовать дождевую воду на полив. Вторая большая категория, которую можно выделить, – это объекты, в которых образуется большой потенциал для безопасного использования очищенной дождевой воды: для подвода воды к писсуарам и смывным бачкам унитазов, для мойки полов в паркингах. К такой категории можно отнести прежде всего офисные и торговые центры (объекты делового и финансового управления, объекты торговли и бизнес-центры).

*Технологические особенности сбора и очистки сточных вод для их дальнейшего повторного использования.* Выпадение осадков характеризуется высокой изменчивостью, причем изменения касаются их количества, интенсивности и частоты. На большей части территории Российской Федерации теплый период, в течение которого выпадают жидкие атмосферные осадки, длится 7 месяцев (апрель-октябрь). Максимум осадков выпадает в июне-июле. Летние осадки носят преимущественно ливневый характер, что обуславливает еще большую неравномерность расхода. В связи с этим для повторного использования воды необходимо создать

Таблица 1. Средние химические показатели дождевых вод

Table 1. Average chemical indicators of rainwater

Химические показатели, мг/л <i>Chemical indicators, mg / l</i>	Кровля зданий <i>Roof of buildings</i>	Дорога <i>Road</i>	Дворовая территория <i>Yard area</i>
Взвешенные вещества <i>Suspended materials</i>	8,67	176,3	355
ХПК / COD	25,9	553,67	289,3
ПАВ / <i>Surfactants</i>	0,5	0,94	1,63
PO <sub>4</sub>	0,36	0,87	0,7
NH <sub>4</sub>	0,39	0,32	0,61
NO <sub>2</sub>	0,05	0,06	0,19
NO <sub>3</sub>	1,92	0,94	1,33
Нефтепродукты <i>Petroleum products</i>	-	17	23,3

аккумулирующий объем, пополнение которого можно будет производить по мере его использования. Аккумулирующий объем должен быть рассчитан исходя из потребностей конкретного объекта. Так, в случае использования воды для полива необходимый объем рассчитывается исходя из данных о площади озелененной территории, определенной генеральным планом объекта капитального строительства.

Расчет суточного объема сточных вод, образующихся от отдельных санитарных приборов, в нормативной документации не представлен. Оценить суточный расход воды на унитазы можно, исходя из данных о среднем суточном количестве использования туалета и объема туалетного бачка. Так, среднее количество смываний унитазов на одного жителя составляет 5 раз [13]. Наиболее популярный объем смыв-

ного бака на рынке сантехнических товаров составляет 6 л. Принимая в расчет эти данные, получаем значение: 30 л/сут., что совпадает с данными [15]. Таким образом, усредненный суточный расход воды на унитазы составляет 20-30 л/сут.

Для выбора схемы очистки необходимо определить требуемое качество воды. Поскольку данные требования не представлены в нормативной документации, были предложены значения (табл. 2) концентраций загрязняющих

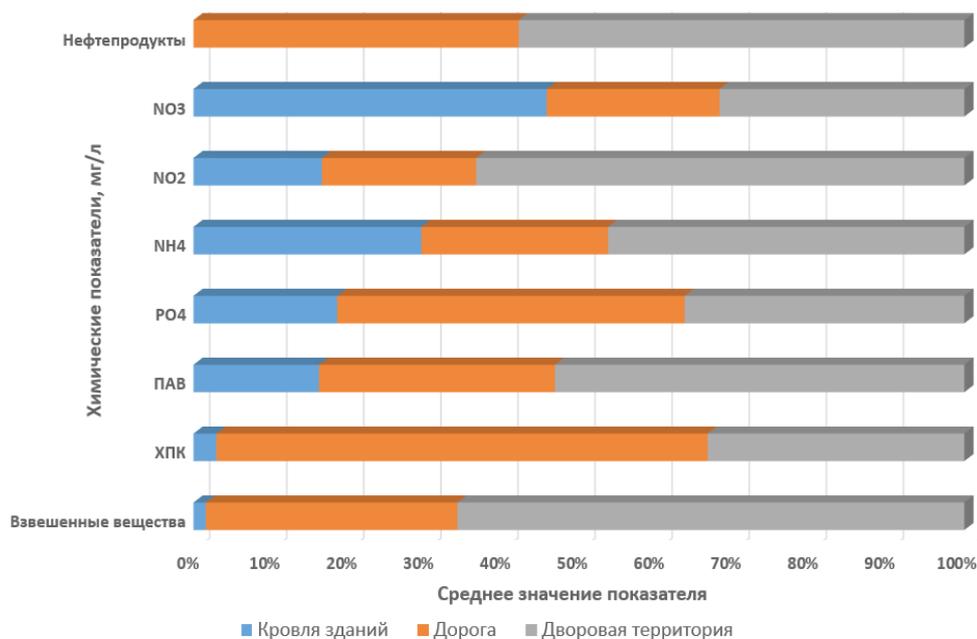


Рис. 2. Сводный график результатов лабораторных анализов отбора проб дождевых стоков воды

Fig. 2. Summary graph of the results of laboratory analyses of rainwater sampling

Таблица 2. Предлагаемые показатели качества серой воды, применяемой для различных целей

Table 2. Proposed quality indicators for grey water used for different purposes

Показатель Indicators	Единицы измерения Unit of measurement	Значение для полива газонов, зеленых насаждений Value for watering lawns, green spaces	Значение для подачи воды на вторичное использование для не питьевого водоснабжения Value for secondary water supply for non-potable water supply
рН	-	6,5-8,5	6,5-8,5
Запах / Smell	Балл / Point	Неболее 3 Not more than 3	Неболее 2 Not more than 2
Цветность / Chromaticity	Град / degree	30	20
БПКполн / BOD full	мг/л / mg/l	10	8
Взвешенные вещества Suspended matters	мг/л / mg/l	15	10
ХПК / COD	мг/л / mg/l	40	30
Азот аммонийный Ammoniumnitrogen	мг/л / mg/l	1	1
Нитраты / Nitrates	мг/л / mg/l	9	9
Фосфаты / Phosphates	мг/л / mg/l	2	2
Нефтепродукты / Petroleumproducts	мг/л / mg/l	1	1
Коли-титр / Coli-titer		1	1
Микробное число / Microbe number		3	3

веществ в возвращаемой для вторичного использования воде.

Классификация дождевых сточных вод в зависимости от водосборной территории нормирована в ГОСТ Р 70319-2022. «Зеленые» стандарты. Система сбора дождевой воды: очистка, хранение, использование.

**Классификация содержит следующие типы сточных вод:**

*тип А* – дождевая вода, собранная с условно чистых поверхностей (крыш, огороженных спортивных площадок, детских площадок);

*тип В* – дождевая вода, собранная с дворовых территорий;

*тип В* – (вода, нецелесообразная для повторного применения) дождевая вода, собранная с дорог, трасс, железнодорожных и других коммуникационных сооружений, мест выгула собак, территорий гаражей.

Как следует из классификатора, для повторного использования целесообразно очищать сточные воды типов *А* и *В*.

Таким образом, предлагаются две схемы очистки поверхностных сточных вод для дальнейшего повторного применения: схема для сточных вод типа *А* и схема для сточных вод типа *В*.

*Схема очистки дождевых сточных вод (тип А)*. Для повторного использования подобных сточных вод достаточно предусмотреть насосную станцию для подачи сточных вод на очистку, механическую очистку, обеззараживание и аккумулирующий резервуар с насосным оборудованием для подачи очищенной воды потребителям. При использовании очищенной воды для полива территории можно исключить обеззараживание из технологической цепочки, если предусмотреть технологию «первой промывки» для улавливания и сброса первой части стока. Наибольшая концентрация загрязняющих веществ содержится в первых 4-5 мм дождевого стока, соответственно объем дождевого стока, соответствующий слою осадков в 4-5 мм, необходимо направлять на сброс.

*Схема очистки дождевых сточных вод (тип В)*. Концентрации загрязнений в дождевых сточных водах, образующихся на дворовой территории, могут существенно отличаться на разных объектах капитального строительства. С учетом фактора «непредсказуемости попадания загрязняющих веществ в сточные воды» необходимо предусматривать схему очистки, включающей в себя следующие основные процессы:

- грубая механическая очистка, процеживание с помощью мусороулавливающей корзины;

- удаление минеральных оседающих примесей в песколовке;

- удаление взвешенных веществ и плавающих (пленочных) загрязнений в аккумулярующем резервуаре;

- удаление растворенных минеральных примесей с помощью реагентной обработки;

- доочистка с помощью блока фильтрации;

- обеззараживание;

- подача очищенных сточных вод на повторное использование.

Учитывая то, что технология очистки дождевых сточных вод с дорог и дворовой территории сложнее технологии очистки дождевых сточных вод с условно-чистых территорий, а также учитывая высокую неравномерность поступления исходных сточных вод, целесообразно предусматривать накопительный резервуар перед очисткой, который позволит сгладить пиковые расходы дождевых сточных вод и уменьшить размер очистных сооружений.

Исходя из качественного состава дождевых сточных вод наибольшую ценность представляют поверхностные сточные воды с крыш, поскольку являются наиболее чистыми, а значит, не требуют значительных вложений в их очистку. Несомненно, для широкого повторного использования дождевой воды следует провести более подробные исследования как по составу загрязнений, так и по территориальному признаку. Однако отмеченная разница в качестве дождевой воды позволит рассмотреть возможности снижения платы за отвод поверхностных вод для ряда абонентов.

Применение поверхностных сточных вод в целях полива, а также использование их для писсуаров и смывных бачков позволят сократить затраты за счет следующих факторов:

- уменьшение диаметров трубопроводов, поскольку пиковый расход будет направляться в аккумулярующий резервуар;

- снижение объемов водопроводных очистных сооружений, в том числе снижение пиковых нагрузок (характерно для санитарных приборов в торговых центрах);

- снижение платы за подключение и сброс загрязняющих веществ в составе сточных вод для некоторых категорий абонентов.

### Выводы

С учетом различных природно-климатических условий возможность создания полной картины факторов влияния на параметры состава сточных вод является сложной задачей по критерию точности результата.

Аналитические исследования показывают, что для различных стран значения некоторых параметров существенно разнятся. В связи с этим проведение дополнительных исследований по установлению критериев количественного и качественного состава дождевых сточных вод для последующей оценки возможности их повторного использования является актуальным.

Предложено создать аккумулирующий объем, пополнение которого будет производиться по мере его использования с учетом расчетных значений базовых методик. Выполнено обоснование выбора схемы очистки с учетом требуемого качества воды.

Использование дождевых сточных вод, собранных с кровли здания, является возможным

#### Список использованных источников

1. UNICEF et al. State of the World's Drinking Water. 2022. 144 с.
2. Magyar M.I., Ladson A.R., Diaper C., Mitchell V.G. Influence of roofing materials and lead flashing on tank contamination by metals // Aust J Water Resour. 2014.18(1):71-83.
3. Chang M.M., McBroom M.W., Scott B.R. Roofing as a source of nonpoint water pollution // J Environ Manage. 2004.73(4):307-315.
4. John E. Knepp, Francesco Dorigo, Robert J. Knepp Grey water processing and distribution system: Patent US20120199220A1. Publ. 09.08.2012.
5. Moilleron R., Gonzalez A., Chebb G. The venot DR Determination of aliphatic hydrocarbons in urban runoff samples from the «Le Marais» experimental catchment in Paris centre // Water Res. 2002.36:1275-1285. DOI: 10.1016/S0043-1354(01)00322-0
6. O'Hogain S., McCarton L., McIntyre N., Pender J., Reid A. Physicochemical and microbiological quality of harvested rainwater from an agricultural installation in Ireland // Water Environ J. 2012.26(1): 1-6.
7. Clarke S.E., Steele K.A., Spicher J., Siu C.Y.S., Lalor M.M., Pitt R., Kirby J.T. Roofing materials' contributions to storm-water runoff pollution // J Irrig Drain Eng-ASCE. 2008.134(5): 638-645.
8. Adeniyi I.F., Olabanji I.O. The physico-chemical and bacteriological quality of rainwater collected over different roofing materials in Ile-Ife, southwestern Nigeria // Chem Ecol. 2005.21(3):149-166.
9. Bucheli T.D., Müller S.R., Heberle S., Schwarzenbach R.B. Occurrence and behavior of pesticides in rainwater, roof runoff, and artificial stormwater infiltration // Environ Sci Technol. 1998.32(22):3457-3464.
10. Янцен О.В., Гогина Е.С. Перспективные методы очистки сточных вод в туристических зонах // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2022. № 2(38). С. 72-80. DOI: 10.21869/2311-1518-2022-38-2-72-80.
11. Гогина Е.С., Макиша Н.А., Янцен О.В. и др. Исследование возможности применений цеолитсодержащего трепела для очистки сточных вод // Естественные и технические науки. 2014. № 9-10(77). С. 401-403.
12. Евстигнеева Ю.В., Евстигнеева Н.А. Актуальность задачи очистки поверхностного стока с дорожного

после ряда несложных технологических процессов механической очистки.

Перспективной представляется возможность использования дождевых сточных вод в общественных зданиях – таких, как офисные и торговые центры, где высока нагрузка на общественные санитарные приборы. Кроме того, целесообразным является использование дождевой воды для полива зеленых насаждений, содержание которых относится к зоне ответственности управляющей организации здания.

Помимо очевидного экологического эффекта повторного использования дождевой воды, ожидаются экономический эффект и снижение платы за подключение и сброс загрязняющих веществ в составе сточных вод для некоторых категорий абонентов.

#### References

1. UNICEF et al. State of the World's Drinking Water. 2022. 144 с.
2. Magyar M.I., Ladson A.R., Diaper C., Mitchell V.G. (2014) Influence of roofing materials and lead flashing on tank contamination by metals. Aust J Water Resour 18(1):71-83
3. Chang M.M., McBroom M.W., Scott B.R. (2004) Roofing as a source of nonpoint water pollution. J Environ Manage 73(4):307-315
4. John E. Knepp, Francesco Dorigo, Robert J. Knepp Grey water processing and distribution system. Patent US20120199220A1. Publ. 09.08.2012
5. Moilleron R., Gonzalez A., Chebb G. The venot DR (2002) Determination of aliphatic hydrocarbons in urban runoff samples from the “Le Marais” experimental catchment in Paris centre. Water Res 36:1275-1285. doi:10.1016/S0043-1354(01)00322-0
6. O'Hogain S., McCarton L., McIntyre N., Pender J., Reid A. (2012) Physicochemical and microbiological quality of harvested rainwater from an agricultural installation in Ireland. Water Environ J 26(1):1-6
7. Clarke S.E., Steele K.A., Spicher J., Siu C.Y.S., Lalor M.M., Pitt R., Kirby J.T. (2008) Roofing materials' contributions to rain-water runoff pollution. J Irrig Drain Eng-ASCE134(5): 638-645
8. Adeniyi I.F., Olabanji I.O. (2005) The physico-chemical and bacteriological quality of rainwater collected over different roofing materials in Ile-Ife, southwestern Nigeria. Chem Ecol 21(3):149-166
9. Bucheli T.D., Müller S.R., Heberle S., Schwarzenbach R.B. (1998) Occurrence and behavior of pesticides in rainwater, roof runoff, and artificial rainwater infiltration. Environ Sci Technol 32(22):3457-3464
10. Yanzen O.V., Gogina E.S. Promising methods of wastewater treatment in tourist zones // Biosphere compatibility: man, region, technologies. 2022. № 2(38). P. 72-80. – DOI 10.21869/2311-1518-2022-38-2-72-80. – EDN KVVJJD
11. Gogina E.S., Makisha N.A., Yanzen O.V. [et al.] Investigation of the possibility of using zeolite-containing trepel for wastewater treatment // Natural and technical sciences. 2014. № 9-10(77). P. 401-403. – EDN TKKMZD
12. Evstigneeva Yu.V., Evstigneeva N.A. Relevance of the problem of cleaning surface runoff from the roadway

полотна автомобильных дорог // Научное обозрение. Педагогические науки. 2019. № 2-3. С. 26-30.

13. **Янцен О.В., Канхва В.С., Гогина Е.С.** Управление техническими и технологическими рисками канализационных очистных сооружений на всех стадиях жизненного цикла // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2022. № 1(37). С. 97-105. DOI: 10.21869/2311-1518-2022-37-1-97-105.

14. **Янцен О.В., Севрюгина Н.С., Герасимов В.А., Сторожев А.П.** Выбор эффективной технологии утилизации осадков сточных вод // Природообустройство. 2020. № 5. С. 117-123. DOI: 10.26897/1997-6011/2020-5-117-123.

15. **Гутарова М.Ю.** Использование канализационных стоков как путь решения нерационального водопотребления // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. 2020. № 5. С. 17-22.

#### Критерии авторства / Authorship criteria

Янцен О.В., Гогина Е.С., Колосова К.Г., Спасибо Е.В. выполнили теоретические и экспериментальные исследования, на основании которых провели обобщение и написали рукопись.

Янцен О.В., Гогина Е.С., Колосова К.Г., Спасибо Е.В. имеют на статью авторское право и несут ответственность за плагиат.

**Поступила в редакцию / Received at the editorial office** 17.04.2023

**Поступила после рецензирования / Received after peer review** 08.08.2023

**Принята к публикации / Accepted for publication** 28.08.2023

of highways // Scientific review. Pedagogical sciences. 2019. No. 2-3. P. 26-30.

13. **Yantsen O.V., Kankhva V.S., Gogina E.S.** Management of technical and technological risks of sewage treatment plants at all stages of the life cycle // Biosphere compatibility: man, region, technologies. 2022. No 1(37). P. 97-105. DOI 10.21869/2311-1518-2022-37-1-97-105

14. **Yantsen O.V., Sevryugina N.S., Gerasimov V.A., Storozhev A.P.** Choosing an effective technology for the disposal of sewage sludge // Nature management. 2020. No. 5 pp. 117-123. DOI 10.26897/1997-6011/2020-5-117-123

15. **Gutarova M.Yu.** The use of sewage as a way to solve irrational water consumption // Bulletin of the Donbass national academy of construction and architecture. 2020. No. 5. P. 17-22.

Yantsen O.V., Gogina E.S., Kolosova K.G., Spasibo E.V. conducted theoretical and experimental researches, based on which they generalized the results and wrote the manuscript.

Yantsen O.V., Gogina E.S., Kolosova K.G., Spasibo E.V. have the copyright for the article and are responsible for the plagiarism.