

БЕЗОПАСНОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА И ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ / RESEARCH PAPER

УДК 628.29:629.3.016

DOI: 10.22227/1997-0935.2026.7.1168-1180

Совершенствование конструкций сооружений локальной очистки поверхностных сточных вод

Дарья Дмитриевна Худякова¹, Олег Григорьевич Примин²,
Григорий Николаевич Громов²

¹ АО «Мосводоканал»; г. Москва, Россия;

² Национальный исследовательский Московский государственный
строительный университет (НИУ МГСУ); г. Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. В большинстве городов и поселений России отмечается износ, а зачастую и отсутствие централизованной системы отвода и очистки поверхностных сточных вод (ПСВ). Это определяет актуальность рассмотренной проблемы повышения технологической надежности конструкций локальных очистных сооружений ПСВ.

Материалы и методы. Проведены анализ проектных и паспортных данных и практики эксплуатации ряда локальных очистных сооружений ПСВ в г. Москве, исследование и моделирование процесса очистки ПСВ фильтрационно-сорбционным методом на лабораторной и опытно-промышленной установке (ОПУ) при загрузке различными фильтрующими материалами в различных режимах и динамических условиях на реальных ПСВ, формирующихся на селитебных территориях, автомагистралях и промзонах г. Москвы.

Результаты. Натурные и экспериментальные исследования показали, что технологические решения и конструкции подобных установок имеют ряд существенных недостатков. Заявляемая степень очистки ПСВ по остаточному содержанию только трех показателей загрязнения является недостаточной для получения разрешения природоохранных органов на сброс очищенных сточных вод в водные объекты. Разработана усовершенствованная технологическая схема очистки ПСВ, в которой применена новая установка предварительной механической очистки ПСВ проточного типа из стеклокомпозитных материалов, на которую получен патент на полезную модель RU № 207418U1 «Устройство для очистки поверхностных сточных вод».

Выводы. Принимаемые в настоящее время к проектированию локальные проточные системы очистки ПСВ не соответствуют нормам проектирования, действующим в РФ, и не обеспечивают нормативные требования к степени очистки ПСВ, установленные природоохранным и водным законодательствами. Выполненные исследования на ОПУ подтвердили работоспособность лабораторной установки и выбор загрузок и реагентов, и продемонстрировали, что концентрация ПСВ после доочистки на фильтрах с различными фильтрующими загрузками соответствует предельно допустимым концентрациям загрязнений водного объекта рыбохозяйственного значения, а также СанПин 1.2.3685–21.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: сточные воды, сооружения, анализ, эксплуатация, конструкции, методы, установки, исследования, эксперимент, совершенствование

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Худякова Д.Д., Примин О.Г., Громов Г.Н. Совершенствование конструкций сооружений локальной очистки поверхностных сточных вод // Вестник МГСУ. 2026. Т. 21. Вып. 7. С. 1168–1180. DOI: 10.22227/1997-0935.2026.7.1168-1180

Автор, ответственный за переписку: Олег Григорьевич Примин, tepper2007@yandex.ru.

Improvement of structural designs of local surface wastewater treatment facilities

Darya D. Khudyakova¹, Oleg G. Primin², Grigoriy N. Gromov²

¹ JSC “Mosvodokanal”; Moscow, Russian Federation;

² Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU);
Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. In most Russian cities and settlements, there is a lack of centralized surface wastewater (SWW) treatment systems, which makes it necessary to improve the technological reliability of local SWW treatment facilities.

Materials and methods. The analysis of design and passport data and the practice of operation of a number of local wastewater treatment facilities in the city of Moscow, the study and modeling of the process of wastewater treatment by the fil-

tration-sorption method on a laboratory installation and a pilot plant (PP) with loading of various filter materials in different modes and dynamic conditions on real wastewater formed in residential areas, highways, and industrial zones in Moscow.

Results. Full-scale and experimental studies have shown that the technological solutions and designs of such installations have a number of significant drawbacks. The declared degree of purification of the SWW by the residual content of only three pollution indicators is insufficient to obtain permission from environmental authorities to discharge treated wastewater into water bodies. An improved technological scheme for the purification of the SWW has been developed, which uses a new flow-type pre-treatment unit for the SWW made of glass composite materials, for which a utility model patent RU 207418U1 "Device for Purification of Surface Wastewater" has been obtained.

Conclusions. The local flow-through SWW purification systems currently being designed do not comply with the design standards in force in the Russian Federation and do not meet the regulatory requirements for the degree of SWW purification established by environmental and water legislation. The studies conducted at the PP confirmed the functionality of the laboratory setup and the selection of media and reagents, and showed that the concentration of SWW after post-treatment on filters with various media corresponds to the maximum permissible concentrations of pollutants in a water body of fishery importance, as well as to Sanitary rules and regulations 1.2.3685–21.

KEYWORDS: wastewater, facilities, analysis, operation, designs, methods, installations, research, experiment, improvement

FOR CITATION: Khudyakova D.D., Primin O.G., Gromov G.N. Improvement of structural designs of local surface wastewater treatment facilities. *Vestnik MGSU* [Monthly Journal on Construction and Architecture]. 2026; 21(7):1168-1180. DOI: 10.22227/1997-0935.2026.7.1168-1180 (rus.).

Corresponding author: Oleg G. Primin, tepper2007@yandex.ru.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность изучения методов повышения технологической надежности и совершенствования конструкций локальных установок очистки поверхностных сточных вод (ПСВ) небольшой производительности отмечена в работах [1–6] и определена:

- требованиями охраны водных объектов и состояния селитебных территорий [7–11];
- изменением нормативов допустимых сбросов (НДС), рассчитанных на основе предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ в воде водных объектов рыбохозяйственного значения [12–15];
- интеграцией нормирования сбросов очистных сооружений ПСВ по уровням их воздействия на окружающую среду [16–18];
- изменением климата и соответственно интенсивности осадков [19–21].

Это требует проведения экспериментальных исследований в части обоснования применения в системах очистки ПСВ различных конструкций очистных сооружений (установок) при сбросе ливневых вод в системы водоотведения и в водные объекты, обеспечивающих нормативные требования к качеству очистки ПСВ на уровне:

- максимально допустимых показателей концентраций ПСВ для предотвращения негативного воздействия на функционирование систем водоотведения городов и поселений России;
- технологических нормативов наилучших доступных технологий очистки ПСВ;
- норм допустимых санитарных показателей сбросов загрязняющих веществ в водные объекты, соответствующих предельно допустимым концентрациям ПСВ для нормативов водоемов рыбохозяйственного значения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В практике проектирования и эксплуатации локальных систем очистки ПСВ в большинстве городов России используются очистные сооружения проточного типа без аккумулирующего резервуара в условиях крайне неравномерной гидравлической нагрузки. Это приводит к сбросу диффузионного стока и неочищенных ливневых вод в водные объекты, приносит ощутимый вред окружающей среде и требует их реконструкции и развития.

Проведенный анализ проектирования и эксплуатации очистных установок проточного типа (на примере локальных сооружений по очистке ПСВ на территории г. Москвы) показал, что конструкции подобных установок имеют значительные недостатки:

1. Заявляемая степень очистки ПСВ по остаточному содержанию на уровне ПДК нормативов водоемов рыбохозяйственного значения только трех показателей загрязнения (нефтепродуктов, взвешенных веществ и БПК₅) является недостаточной для получения разрешения природоохранных органов на сброс очищенных ПСВ в водные объекты.

2. Применяемый метод разделения поверхностного стока в очистных сооружениях проточного типа (по расходу) вызывает существенное повышение негативного воздействия сбросов ПСВ на водные объекты. В отличие от метода разделения стока по объему и применяемого в очистных системах накопительного типа (с аккумулирующими резервуарами) это приводит к сбросу в водные объекты сильно загрязненных поверхностных сточных вод и свидетельствует о низкой барьерной функции сооружений.

3. Реальный эффект задержания взвешенных веществ в секциях отстаивания обследованных локальных систем очистки ПСВ в связи с временем пребывания загрязненных ПСВ от 1,5 до 20 мин, и так как в дождевом стоке содержатся в основном

мелкодисперсные взвешенные вещества, составляет не более 15–20 %.

4. Материалы, применяемые в качестве фильтрующих загрузок в сооружениях проточного типа, не могут обеспечить заявленную степень очистки.

5. Производительность очистных сооружений проточного типа быстро снижается вследствие кольматации фильтрующей загрузки из-за отсутствия системы промывки фильтров. Данная проблема также приводит к превышению нормативных требований на сброс в водные объекты культурно-бытового водопользования в 2,5–60 раз, а при сбросе в водные объекты рыбохозяйственного значения — в 14–350 раз.

Проведены экспериментальные исследования на лабораторной и опытно-промышленных установках (ОПУ) очистки ПСВ. Лабораторная установка была смонтирована в здании действующих очистных сооружений «Кожухово» ГУП «Мосводосток» в составе шести фильтровальных колонок и является универсальной в экспериментальных исследованиях по разработке технологии очистки ПСВ и конструкций очистных сооружений с использованием стеклокомпозитных материалов, а также позволяет моделировать работу как безнапорных, так и напорных фильтров.

Принципиальная технологическая схема лабораторной фильтрационно-сорбционной установки для проведения экспериментальных исследований по глубокой очистке ПСВ и спецификация оборудования приведены на рис. 1.

Проектная производительность экспериментальной лабораторной установки составляет 160–380 л/ч или 0,04–0,1 л/с, высота фильтровальных колонок, изготовленных из акрилового стекла диаметром 200 мм, — 1800 мм.

В ее состав входят:

- сборная емкость поверхностного стока объемом 220 л (1 шт.);
- насос для подачи сточных вод на очистку в фильтровальные колонны (1 шт.);
- фильтровальные колонны диаметром 200 мм, высотой 1800 мм, изготовленные из акрилового стекла (6 шт.);
- сборная емкость для приема промывных вод объемом 200 л (1 шт.);
- реагентное хозяйство, в том числе расходные емкости с насосами-дозаторами (2 шт.).

Фильтровальная колонна (8в на рис. 1), загруженная кварцевым песком и гравием (поддерживающий слой), моделирует работу механического фильтра, задачей которого в разрабатываемой технологии очистки является снижение содержания взвешенных веществ в сточных водах перед сорбционными и ионообменными фильтрами до 2–5 мг/л.

Фильтровальные колонны (8г и 8е на рис. 1), загруженные соответственно мезопористым ископаемым углем МИУ-сорб и активированным углем АГ-3, моделируют работу сорбционных фильтров,

задача которых заключается в снижении содержания растворенных нефтепродуктов в стоках до нормативных требований СанПиН 2.1.5.980–00 и ПДК загрязняющих веществ в воде водных объектов рыбохозяйственного значения.

Фильтровальная колонна (8д на рис. 1), загруженная природным цеолитом, моделирует работу ионообменного фильтра, в задачу которого входит снижение в ПСВ металлов — железа, цинка, никеля, меди, свинца и марганца.

При наличии в поверхностном стоке кинетически устойчивой мелкодисперсной взвеси применяется реагентная обработка стоков (коагулянтами и флокулянтами). Для этого в лабораторной установке предусмотрено реагентное хозяйство (9 на рис. 1), включающее расходные емкости и насосы-дозаторы (9а на рис. 1).

Поверхностные сточные воды после отстаивания из сборной емкости (2 на рис. 1) насосом (1 на рис. 1) подаются в одну из фильтровальных колонок (8 на рис. 1). Фильтрация осуществляется сверху вниз при скорости потока для всех видов загрузок в пределах 5–10 м/ч. Очищенные сточные воды через нижний штуцер колонны отводятся в сеть хозяйственно-бытовой канализации. При моделировании безнапорного режима работы фильтра над загрузкой в колонне поддерживается постоянный уровень воды — 0,2 м. При повышении указанного уровня фильтры останавливаются на водовоздушную промывку. Подача воздуха в колонну производится от компрессора (на схеме не показан), промывной воды — из системы хозяйственно-питьевого водоснабжения снизу вверх. Сброс промывной воды предусмотрен в систему хозяйственно-бытовой канализации или в аккумулирующий резервуар. Интенсивность промывки загрузки составляет 14–18 л/с·м², продолжительность — 5–6 мин.

На лабораторной установке выполнены экспериментальные исследования моделирования процессов механического фильтрования реальных ПСВ (с использованием реагентов или без них), сорбции и ионного обмена в динамических условиях на реальных поверхностных сточных водах, формирующихся на сельтерских территориях, автомагистралях и промзонах. С целью подтверждения эффективности фильтрационно-сорбционной технологии очистки ПСВ, разработанной в лабораторных условиях, а также для подтверждения работоспособности нового очистного оборудования — фильтров и смесителей, изготовленных из стеклопластиковых труб, была разработана и смонтирована ОПУ. Установка предназначена для проведения опытно-промышленных испытаний по очистке ПСВ в натурных условиях на реальных сточных водах.

Габаритные размеры установки: 4560 × 1370 × 2468 мм (длина, ширина, высота).

Номинальная производительность установки — 1–2 м³/ч.

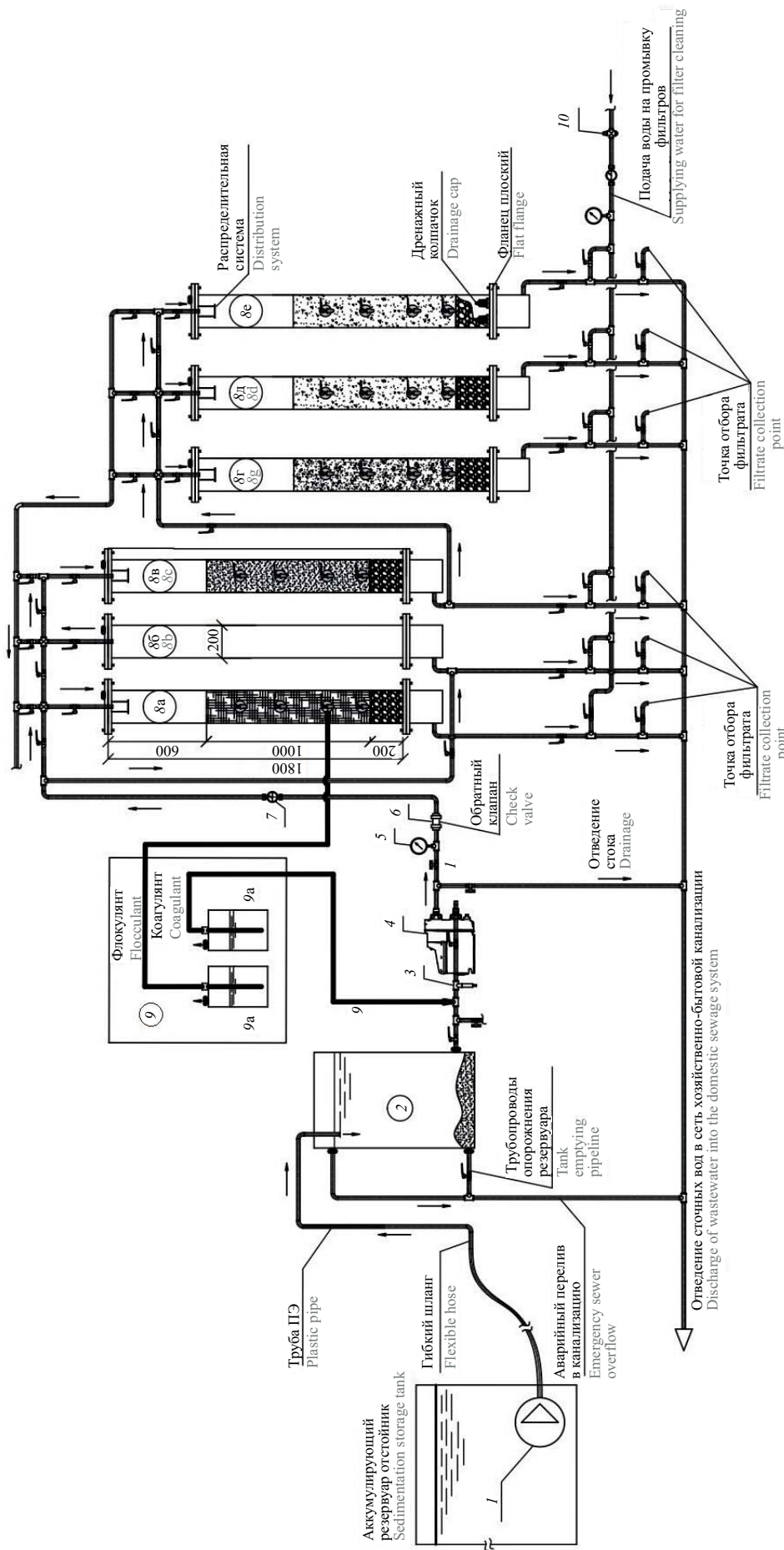


Рис. 1. Принципиальная технологическая схема работы лабораторной установки по очистке ПСВ: 1 — насос погружной; 2 — пластиковый бак; 3 — магистральный фильтр; 4 — насос подачи сточных вод на фильтрацию; 5 — манометр; 6 — обратный клапан; 7 — счетчик для воды; 8 — фильтровальные колонны; 8а — фильтр с торфом; 8б — камера хлопьеобразования; 8в — фильтр с кварцевым песком; 8г — фильтр с цеолитом; 8д — фильтр с активированным углем; 9 — реагентное хозяйство; 10 — насос-дозатор; 10 — регулятор давления

Fig. 1. Basic flow diagram of the laboratory installation for conducting studies on SWW purification: 1 — submersible pump; 2 — plastic tank; 3 — main filter; 4 — pump for feeding wastewater to filtration; 5 — pressure gauge; 6 — check valve; 7 — water meter; 8 — filter columns; 8a — filter with quartz sand; 8b — filter with zeolite; 8c — filter with MIU-sorb; 8d — filter with activated carbon; 9 — reagent system; 10 — dosing pump; 10 — pressure regulator

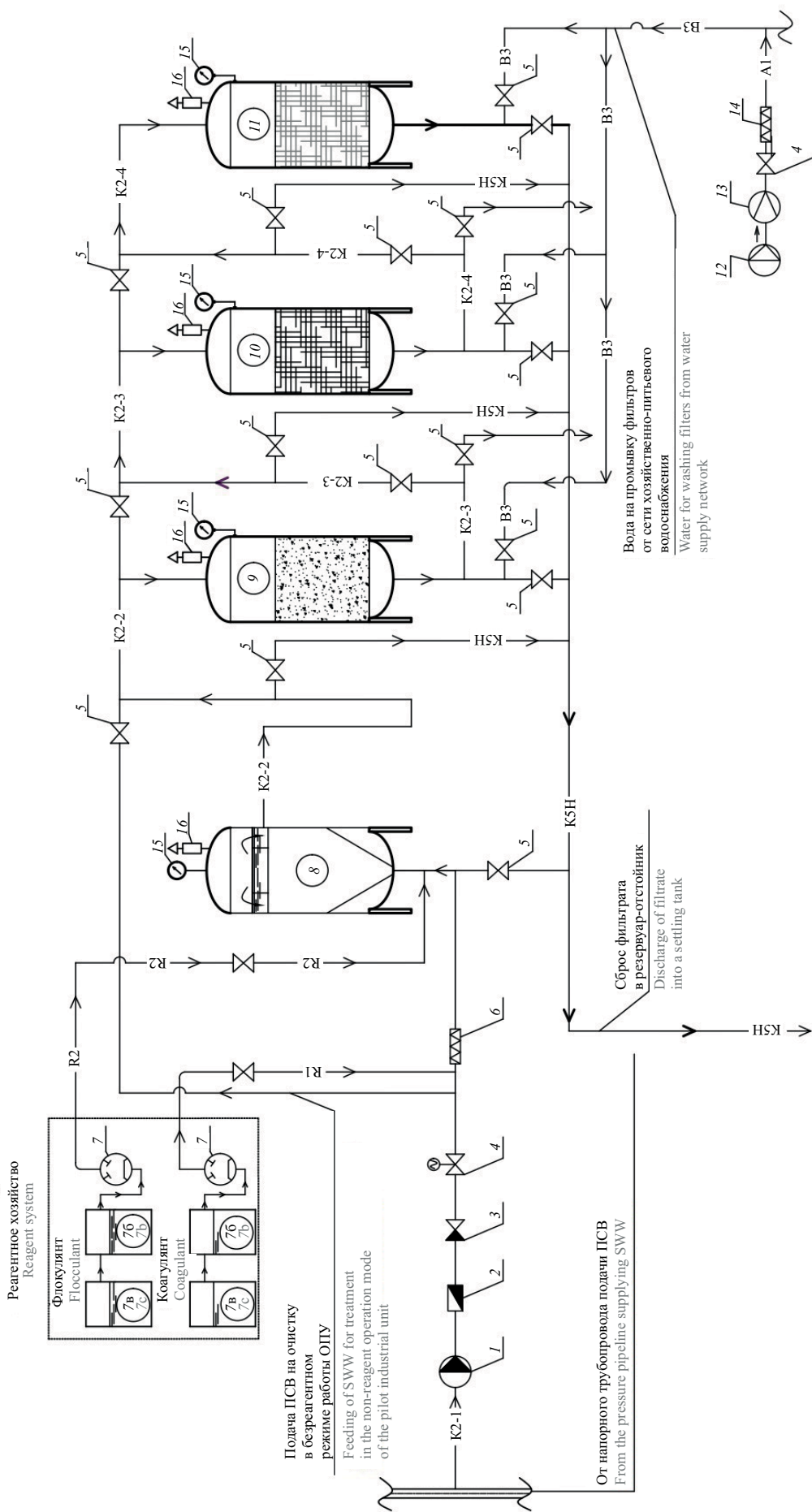


Рис. 2. Технологическая схема работы опытно-промышленной установки в рабочем режиме очистки ПСВ: 1 — насосный агрегат; 2 — расходомер; 3 — обратный клапан; 4 — кран вентильный; 5 — кран; 6 — смеситель статический; 7 — насос-дозатор; 7б, 7в — емкости для реагентов; 8 — камера хлопьеобразования — смеситель; 9 — механический фильтр; 10 — ионообменный фильтр; 11 — сорбционный фильтр; 12 — компрессор; 13 — эжектор; 14 — расходомер-счетчик сжатого воздуха; 15 — манометр; 16 — воздушный вводчик

Fig. 2. Process flow diagram of the pilot-scale plant in the operational mode of SWW purification: 1 — pump unit; 2 — flow meter; 3 — check valve; 4 — static mixer; 5 — gate valve; 6 — ejector; 7 — dosage pump; 7b, 7c — reagent tanks; 8 — flocculator/mixing chamber; 9 — mechanical filter; 10 — ion exchange filter; 11 — sorption filter; 12 — compressor; 13 — ejector; 14 — compressed air flow meter; 15 — manometer; 16 — air arrester



Рис. 3. Внешний вид ОПУ очистки поверхностных сточных вод, размещенной в здании действующих очистных сооружений ливневой канализации «Кожуховский пруд» (ГУП «Мосводосток»)

Fig. 3. General view of the Pilot Plant (PP) for surface wastewater (SWW) treatment installed at the operating “Kozhukhovskiy Pond” stormwater treatment facility (“Mosvodostok” State Unitary Enterprise, Moscow)

В состав ОПУ входит технологическое оборудование, выполненное из напорных стеклопластиковых труб марки FLOWTECH™ номинальным диаметром DN500, давлением PN 6 и жесткостью SN 5000, в том числе:

- 1) скорые напорные фильтры — механические (9 рис. 1), ионообменные (10 на рис. 1) и сорбционные;
- 2) камера хлопьеобразования (КХО) со встроенным вихревым смесителем, предназначенным для эффективного смешения применяемых при очистке сточных вод реагентов (коагулянтов и флокулянтов), необходимость введения которых была подтверждена экспериментальными исследованиями на лабораторной установке при очистке ПСВ, содержащих кинетически устойчивые мелкодисперсные примеси.

Исследования на ОПУ позволили моделировать процессы:

- механической и/или физико-химической очистки ПСВ от взвешенных веществ и нефтепродуктов фильтрованием через инертные загрузки с предварительной обработкой стоков реагентами или без них;
- адсорбции органических загрязнений (нефтепродуктов и других растворенных органических ве-

ществ природного и техногенного происхождения) в динамических условиях путем фильтрования сточных вод через слой адсорбента;

- ионного обмена в динамических условиях путем фильтрования ПСВ через зернистые материалы, обладающие ионообменными свойствами по отношению к ионам тяжелых металлов и азоту аммонийному.

Технологическая схема и спецификация оборудования ОПУ приведены на рис. 2. Внешний вид опытно-промышленной установки очистки ПСВ, размещенной в здании действующих очистных сооружений дождевой канализации ТТК «Кожуховский пруд» (ГУП «Мосводосток»), показан на рис. 3.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Исследования на лабораторной установке показали, что наибольший эффект очистки ПСВ достигается при использовании таких загрузок, как гидроантрацит фр. 0,8–2,0 мм, кварцевый песок фр. 2–5,0 мм на гравии, сорбенты МИУ-С1 и МИУ-С2 и активированный уголь АГ-3 фр. 1,5–2,8. Реагенты: полиоксихлорид алюминия, Аква-аурат 10, АА 10, флокулянт праестол 852. Эффект очистки ПСВ на содержание

Табл. 1. Значения показателей загрязнения поверхностных сточных вод, подаваемых на лабораторную установку, до и после фильтрования стоков

Table 1. Values of surface wastewater pollution indicators supplied to the laboratory unit before and after wastewater filtration

Определяемый элемент Target element	Массовая концентрация / Mass concentration			
	Исходные ПСВ, отобранные в 9:00 Raw SWW specimens taken at 9:00 AM	Исходные ПСВ, отобранные в 18:00 Raw SWW specimens taken at 18:00 AM	ПСВ после песчаного фильтра SWW after sand filter	ПСВ после фильтра с гидроантрацитом SWW after hydroanthracite filter
рН, ед. рН pH, units	6,7	6,5	6,4	6,4
Аммоний, мг/дм³ Ammonium ion, mg/dm³	0,89	0,62	0,68	0,58
Взвешенные вещества, мг/дм³ / Suspended solids, mg/dm³	32	21	0,69	0,5
Фосфат-ион, мг/дм³ Phosphate ion, mg/dm³	0,36	0,29	0,12	0,089
БПК ₅ , мг/дм³ BOD ₅ , mg/dm³	6,12	6,1	3,7	3,2
Нефтепродукты, мг/дм³ Oil products, mg/dm³	1,29	0,9	0,44	0,3
АПАВ, мг/дм³ Anionic active surface substances, mg/dm³	0,45	0,46	<0,01	<0,01
Ni, мг/дм³ mg/dm³	0,017	0,014	0,015	<0,013
Sr, мг/дм³ mg/dm³	0,4	0,53	0,38	0,33
Cd, мг/дм³ mg/dm³	0,00079	0,00061	0,0005	0,00043
Cu, мг/дм³ mg/dm³	0,04	0,051	0,034	0,031
Pb, мг/дм³ mg/dm³	0,0024	0,0023	<0,002	<0,002
Zn, мг/дм³ mg/dm³	0,1	0,091	0,08	0,031
Mn, мг/дм³ mg/dm³	0,43	0,44	0,034	0,032
Fe общ., мг/дм³ Total Fe, mg/dm³	0,82	0,9	0,22	0,29
Cr общ., мг/дм³ Total Cr, mg/dm³	0,07	0,06	<0,02	<0,02

металлов (никель, медь, цинк, кадмий, свинец, железо и хром) по взвешенным веществам и нефтепродуктам составил 92,5 %, что отвечает нормативным требованиям на сброс очищенных ПСВ в водные объекты.

В табл. 1 приведены значения показателей загрязнения поверхностных сточных вод, подаваемых на лабораторную установку, моделирующую работу двухслойного фильтра, до и после фильтрования стоков. Загрузка двухслойного сорбционного фильтра: гидроантрацит фр. 0,8–2,0 мм, кварцевый песок

фр. 2–5,0 мм на гравии, сорбент МИУ-С1 и МИУ-С2 и активированный уголь АГ-3 фр. 1,5–2,8 мм.

Проведенные исследования на ОПУ подтвердили работоспособность лабораторной установки и выбор загрузок и реагентов, и показали, что концентрация ПСВ после очистки на фильтрах с различными фильтрующими загрузками соответствует ПДК водного объекта рыбохозяйственного значения, а также СанПин 1.2.3685–21. Значения показателей загрязнения ПСВ при работе двухслойных скорых фильтров при двухступенчатой схеме приведены в табл. 2

Табл. 2. Результаты анализа проб сточных вод на ОПУ

Table 2. Results of wastewater specimens analysis at the Pilot Plant

Определяемый элемент Target element	Массовая концентрация / Mass concentration			
	Исходные ПСВ, отобранные в 9:00 Raw SWW specimens taken at 9:00 AM	Исходные ПСВ, отобранные в 18:00 Raw SWW specimens taken at 18:00 AM	ПСВ после песчаного фильтра SWW after sand filter	ПСВ после фильтра с гидроантрацитом SWW after hydroanthracite filter
рН, ед. рН pH, units	7,4	7,5	7,3	7,3
Аммоний, мг/дм³ Ammonium ion, mg/dm³	0,89	0,62	0,68	0,49
Взвешенные вещества, мг/дм³ Suspended solids, mg/dm³	41	34	1,2	0,5
Фосфат-ион, мг/дм³ Phosphate ion, mg/dm³	0,32	0,22	0,2	0,09
БПК ₅ , мг/дм³ BOD ₅ , mg/dm³	6,23	6,13	3,76	3,12
Нефтепродукты, мг/дм³ Oil products, mg/dm³	1,09	0,9	0,3	0,22
АПАВ, мг/дм³ Anionic active surface substances, mg/dm³	0,5	0,46	<0,01	<0,01
Ni, мг/дм³ mg/dm³	0,015	0,014	0,015	<0,013
Sr, мг/дм³ mg/dm³	0,49	0,63	0,48	0,43
Cd, мг/дм³ mg/dm³	0,00072	0,00067	0,00057	0,00045
Cu, мг/дм³ mg/dm³	0,035	0,050	0,044	0,041
Pb, мг/дм³ mg/dm³	0,002	0,0024	<0,002	<0,002
Zn, мг/дм³ mg/dm³	0,17	0,20	0,014	0,12
Mn, мг/дм³ mg/dm³	0,43	0,44	0,34	0,29
Fe общ., мг/дм³ Total Fe, mg/dm³	0,589	0,201	0,18	0,12
Cr общ., мг/дм³ Total Cr, mg/dm³	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02

По результатам лабораторных и экспериментальных исследований разработана усовершенствованная технологическая схема очистки ПСВ с территории поселений, обеспечивающая нормативные требования к качеству очистки стоков при сбросе в централизо-

ванные системы водоотведения и/или в водные объекты, включающая два блока (рис. 4):

- подземный — установка предварительной механической очистки ПСВ с системами сбора и удаления нефтепродуктов, гидросмыва осадка и удаления

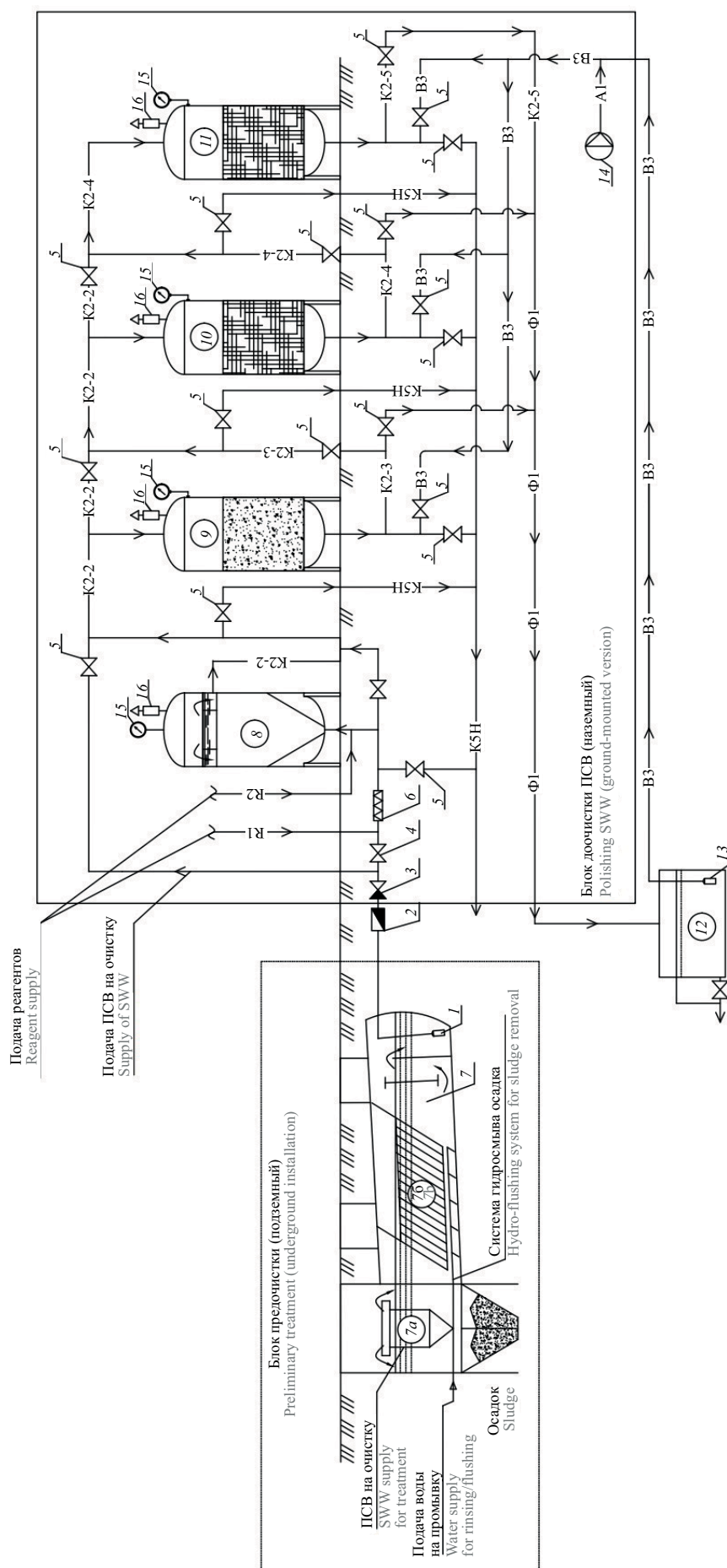


Рис. 4. Технологическая схема установки очистки ПСВ в комплексе с наземным блоком доочистки: 1 — насосный агрегат; 2 — расходомер; 3 — обратный клапан; 4 — регулирующийся кран; 5 — кран; 6 — смеситель статический; 7 — комбинированный резервуар-отстойник; 7а — гидроциклон; 7б — блок тонкофракционного отстаивания; 8 — вихревой смеситель с камерой хлопьеобразования; 9 — контактный (механический) фильтр; 10 — ионообменный фильтр; 11 — сорбционный фильтр; 12 — сборная емкость очищенных ПСВ; 13 — насос подачи воды для промывки фильтров; 14 — компрессор; 15 — манометр; 16 — воздухоотводчик

Fig. 4. Process flow diagram of the SWW purification unit with a ground-based post-treatment unit: 1 — pump unit; 2 — flow meter; 3 — check valve; 4 — control valve; 5 — valve; 6 — static mixer; 7 — combined settling tank; 7a — hydrocyclone; 7b — fine-layer settling unit; 8 — vortex mixer with flocculating chamber; 9 — contact (mechanical) filter; 10 — ion exchange filter; 11 — sorption filter; 12 — cleaned SWW collection tank; 13 — filter backwash water pump; 14 — compressor; 15 — pressure gauge; 16 — air vent

его на обезвоживание (получен патент на полезную модель RU № 207418U1 «Устройство для очистки поверхностных сточных вод» [22]);

- наземный — фильтрационно-сорбционная установка доочистки ПСВ до уровня нормативных требований на сброс в водные объекты.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для применения проточных систем очистки ПСВ на конкретном объекте необходимо проводить технологические расчеты в соответствии с новыми нормами проектирования, а также соблюдать соответствие качества очистки заявленной эффективности и нормам отведения в водные объекты. Однако достижение нормативов очистки на существующих проточных сооружениях невозможно, поэтому требуется совершенствование технологий и технологических схем, учитывающих уже имеющиеся конструкции очистных сооружений, включая емкостные, выполненные из современных композитных материалов с высокими прочностными характеристиками.

Экспериментально подтверждено, что в течение действующего природоохранного законодательства локальные сооружения очистки ПСВ из композитных материалов в случае соответствующей конструктивной доработки могут использоваться

как сооружения предварительной механической очистки ПСВ при отведении их в централизованные системы водоотведения поселений (общесплавные, ливневые и комбинированные), а при использовании фильтрационно-сорбционной установки доочистки и в водные объекты с соблюдением в черте города санитарно-гигиенических нормативов, приведенных в СанПиН 1.2.3685–21.

Моделирование процесса очистки ПСВ на фильтрах лабораторной модели и опытно-промышленной установки при загрузке различными фильтрующими материалами, подтвержденное результатами анализов проб ПСВ, показало, что перспективным направлением повышения технологической надежности локальных установок очистки ПСВ является использование двух блоков:

- подземного — установки предварительной механической очистки ПСВ с системами сбора и удаления нефтепродуктов, гидросмыва осадка и удаления его на обезвоживание;
- наземного — фильтрационно-сорбционной установки доочистки ПСВ до уровня нормативных требований на сброс в водные объекты.

Применение композитных материалов для корпусов установок проточного типа обеспечивает их высокую конструктивную прочность и долговечность.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Верецагина Л.М.* Проблемы очистки поверхностного стока с территории городов и промышленных предприятий // *Вода Magazine*. 2008. № 2 (6). С. 24–28.
2. *Melville-Shreeve P., Ward S., Butler D.* Rainwater harvesting typologies for UK houses: a multi criteria analysis of system configurations // *Water*. 2016. Vol. 8. Issue 4. P. 129. DOI: 10.3390/w8040129
3. *Gunawardena J.M.A., Liu A., Egodawatta P., Ayoko G.A., Goonetilleke A.* Influence of Traffic and Land Use on Urban Stormwater Quality // *SpringerBriefs in Water Science and Technology*. 2018. DOI: 10.1007/978-981-10-5302-3
4. *Wijesiri B., Liu A., Egodawatta P., McGree J., Goonetilleke A.* Decision Making with Uncertainty in Stormwater Pollutant Processes // *SpringerBriefs in Water Science and Technology*. 2019. DOI: 10.1007/978-981-13-3507-5
5. *Pla C., Benavente D., Valdes-Abellan J., Kovacova Z.* Effectiveness of two lightweight aggregates for the removal of heavy metals from contaminated urban stormwater // *Journal of Contaminant Hydrology*. 2021. Vol. 239. P. 103778. DOI: 10.1016/j.jconhyd.2021.103778. EDN CFYQCO.
6. *Tondera K., Blecken G.T., Chazarenc F., Tanner C.C.* Ecotechnologies for the Treatment of Variable Stormwater and Wastewater Flows // *Springer-*

Briefs in Water Science and Technology. 2018. DOI: 10.1007/978-3-319-70013-7

7. *Феофанов Ю.А., Мишуков Б.Г.* Особенности формирования состава поверхностных сточных вод и выбор сооружений по их очистке // *Вода и экология: проблемы и решения*. 2017. № 3 (71). С. 49–66. DOI: 10.23968/2305-3488.2017.21.3.49-66. EDN ZUEHKX.
8. *Духонельникова Н.* Поверхностные сточные воды, система отведения и их очистка в крупных городах // *AlfaBuild*. 2018. № 1 (3). С. 7–14. EDN LBFHKL.
9. *Галкин Ю.А.* Основные решения по системе сбора, регулирования и очистки сточных вод промышленно-ливневой канализации Екатеринбурга // *Водоснабжение и канализация*. 2014. № 1–2. С. 71–75. EDN SCHGDD.
10. *Стрелков А.К., Шувалов М.В., Павлухин А.А., Черношвитов М.Д.* Реконструкция сетей дождевой канализации в исторической границе города Самары // *Градостроительство и архитектура*. 2023. Т. 13. № 1 (50). С. 45–52. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.01.06. EDN KFACPD.
11. *Чечевичкин В.Н., Ватин Н.И.* Особенности состава и очистки поверхностного стока крупных городов // *Инженерно-строительный журнал*. 2014. № 6 (50). С. 67–74. DOI: 10.5862/MCE.50.7. EDN STAFED.

12. Верецагина Л.М. Нормы проектирования систем отведения и очистки поверхностных сточных вод и неурегулированные требования водохозяйственного законодательства // Водоснабжение и санитарная техника. 2023. № 1. С. 19–25. DOI: 10.35776/VST.2023.01.03. EDN TMWTES.

13. Кузьмич В.Н., Миллер Е.Г. О необходимости внесения изменений в нормативно-правовое регулирование воздействия хозяйственной и иной деятельности на поверхностные водные объекты // Водоснабжение и санитарная техника. 2023. № 10. С. 10–21. DOI: 10.35776/VST.2023.10.02. EDN QUPFTZ.

14. Balascio C.C., Lucas W.C. A survey of stormwater management water quality regulations in four Mid-Atlantic States // Journal of Environmental Management. 2009. Vol. 90. Issue 1. Pp. 1–7. DOI: 10.1016/j.jenvman.2007.10.006

15. Палагин Е.Д., Стрелков А.К., Павлухин А.А., Быкова П.Г. О нормировании обращения с поверхностными сточными водами // Водоснабжение и санитарная техника. 2022. № 12. С. 15–20. DOI: 10.35776/VST.2022.12.03. EDN QZIXRZ.

16. Tondera K., Blecken G.T., Chazarenc F., Tanner C.C. Ecotechnologies for the Treatment of Variable Stormwater and Wastewater Flows // Springer-Briefs in Water Science and Technology. 2018. DOI: 10.1007/978-3-319-70013-7

17. Шувалов М.В., Палагин Е.Д., Павлухин А.А., Авдеев П.П. Техничко-экономическое сравнение вариантов отведения поверхностных сточных вод // Водоснабжение и санитарная техника. 2025. № 11. С. 55–60. DOI: 10.35776/VST.2025.11.08. EDN NCYAPR.

18. Верецагина Л.М., Худякова Д.Д., Громов Г.Н. Основные направления совершенствования технологических схем и конструкций установок для очистки поверхностных сточных вод // Водоснабжение и санитарная техника. 2022. № 4. С. 34–42. DOI: 10.35776/VST.2022.04.05. EDN IKNOUL.

19. Волков С.Н., Лукьянчук М.Ю., Житенев А.И., Рублевская О.Н., Ерофеев В.В., Игнатчик В.С. и др. Системы отведения поверхностного стока: проблемы и решения (в порядке обсуждения) // Водоснабжение и санитарная техника. 2022. № 7. С. 53–60. DOI: 10.35776/VST.2022.07.07. EDN TVTAOO.

20. Волков С.Н., Лукьянчук М.Ю., Жукова А.Г., Солохин А.А., Кузьмин В.А., Житенев А.И. и др. Обоснование оптимального варианта адаптации системы водоотведения Санкт-Петербурга к условиям совокупного влияния урбанизации и изменения климата. Часть 4. Обоснование вида модели для управления системой водоотведения // Водоснабжение и санитарная техника. 2025. № 6. С. 9–18. DOI: 10.35776/VST.2025.06.02. EDN ROZMUY.

21. Волков С.Н., Лукьянчук М.Ю., Жукова А.Г., Солохин А.А., Кузьмин В.А., Житенев А.И. и др. Обоснование оптимального варианта адаптации системы водоотведения Санкт-Петербурга к условиям совокупного влияния урбанизации и изменения климата. Часть 2. Результаты обоснования оптимального варианта // Водоснабжение и санитарная техника. 2025. № 4. С. 28–35. DOI: 10.35776/VST.2025.04.04. EDN KWIMCR.

22. Патент RU № 207418U1. Устройство для очистки поверхностных сточных вод / Байбородин А.П., Верецагина Л.М., Громов Г.Н., Данилов И.А., Сухомлинов В.П., Худякова Д.Д.; опубл. 27.10.2021. Бюл. № 30.

Поступила в редакцию 1 декабря 2025 г.

Принята в доработанном виде 3 апреля 2026 г.

Одобрена для публикации 18 апреля 2026 г.

ОБ АВТОРАХ: Дарья Дмитриевна Худякова — главный специалист; АО «Мосводоканал»; 105005, г. Москва, Плетешковский пер., д. 2; Scopus: 57205221327, ORCID: 0000-0002-4174-9937; darya.khudyakova.94@mail.ru;

Олег Григорьевич Примин — доктор технических наук, профессор; Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ); 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26; SPIN-код: 1918-0125, Scopus: 570860800, ResearcherID: AAI-3527-2020, ORCID: 0000-0002-9641-8545; tepper2007@yandex.ru;

Григорий Николаевич Громов — кандидат технических наук, доцент; Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ); 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26; Scopus: 56991330600, ResearcherID: AAI-3833-2020, ORCID: 0000-0002-3655-4000; gromov_grigorii@mail.ru.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

REFERENCES

1. Vereshchagina L.M. Problems of surface runoff treatment from urban and industrial areas. *Water Magazine*. 2008; 2(6):24-28. (rus.).
2. Melville-Shreeve P., Ward S., Butler D. Rainwater harvesting typologies for UK houses: a multi criteria analysis of system configurations. *Water*. 2016; 8(4):129. DOI: 10.3390/w8040129
3. Gunawardena J.M. A., Liu A., Egodawatta P., Ayoko G.A., Goonetilleke A. Influence of Traffic and Land Use on Urban Stormwater Quality. *SpringerBriefs in Water Science and Technology*. 2018. DOI: 10.1007/978-981-10-5302-3
4. Wijesiri B., Liu A., Egodawatta P., McGree J., Goonetilleke A. Decision Making with Uncertainty in Stormwater Pollutant Processes. *SpringerBriefs in Water Science and Technology*. 2019. DOI: 10.1007/978-981-13-3507-5
5. Pla C., Benavente D., Valdes-Abellan J., Kovacova Z. Effectiveness of two lightweight aggregates for the removal of heavy metals from contaminated urban stormwater. *Journal of Contaminant Hydrology*. 2021; 239:103778. DOI: 10.1016/j.jconhyd.2021.103778. EDN CFYQCO.
6. Ewert J., O'Halloran D., Lintern A., Weber T., McCarthy D. *Ecotechnologies for the Treatment of Variable Stormwater and Wastewater Flow : review of stormwater science*. 2018; 24-33.
7. Feofanov Yu.A., Mishukov B.G. Features of formation of surface sewage composition and selection of facilities for their purification. *Water and Ecology*. 2017; 3(71):49-66. DOI: 10.23968/2305-3488.2017.21.3.49-66. EDN ZUEHKX. (rus.).
8. Dukhopelnikova N.D. Surface waste water, the water disposal system and water purifying in the big city. *AlfaBuild*. 2018; 1(3):7-14. EDN LBFHKL. (rus.).
9. Galkin Y.A. Key solutions for wastewater collection, regulation, and treatment in Yekaterinburg's industrial-storm sewer system. *Water Supply and Sewerage*. 2014; 1-2:71-75. EDN SCHGDD. (rus.).
10. Strelkov A.K., Shuvalov M.V., Pavluhin A.A., Chernosvitov M.D. Reconstruction of rain sewer networks in the historical border of the city of Samara. *Urban Construction and Architecture*. 2023; 13(1):(50):45-52. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.01.06. EDN KFACPD. (rus.).
11. Chechevichkin V.N., Vatin N.I. Specifics of surface runoff contents and treatment in large cities. *Magazine of Civil Engineering*. 2014; 6(50):67-74. DOI: 10.5862/MCE.50.7. EDN STAFED. (rus.).
12. Vereshchagina L. Standards for designing systems for the removal and treatment of surface runoff and unsettled requirements of the water protection legislation. *Water Supply and Sanitary Technique*. 2023; 1:19-25. DOI: 10.35776/VST.2023.01.03. EDN TMWTES. (rus.).
13. Kuz'mich V., Miller E. On the need for making amendments to the statutory regulation of impact of the business operations and other activities on the surface water bodies. *Water Supply and Sanitary Technique*. 2023; 10:10-21. DOI: 10.35776/VST.2023.10.02. EDN QUPFTZ. (rus.).
14. Balascio C.C., Lucas W.C. A survey of stormwater management water quality regulations in four Mid-Atlantic States. *Journal of Environmental Management*. 2009; 90(1):1-7. DOI: 10.1016/j.jenvman.2007.10.006
15. Palagin E., Strelkov A., Pavlukhin A., Bykova P. On the regulation of surface runoff handling. *Water Supply and Sanitary Technique*. 2022; 12:15-20. DOI: 10.35776/VST.2022.12.03. EDN QZIXRZ. (rus.).
16. Tondera K., Blecken G.T., Chazarenc F., Tanner C.C. Ecotechnologies for the Treatment of Variable Stormwater and Wastewater Flows. *SpringerBriefs in Water Science and Technology*. 2018. DOI: 10.1007/978-3-319-70013-7
17. Shuvalov M., Palagin E., Pavlukhin A., Avdeenkov P. Engineering and economical comparison of the surface runoff disposal options. *Water Supply and Sanitary Technique*. 2025; 11:55-60. DOI: 10.35776/VST.2025.11.08. EDN NCYAPR. (rus.).
18. Vereshchagina L., Khudiakova D., Gromov G. Principal directions for improving process flow schemes and designs of units for surface runoff treatment. *Water Supply and Sanitary Technique*. 2022; 4:34-42. DOI: 10.35776/VST.2022.04.05. EDN IKNOUL. (rus.).
19. Volkov S., Luk'ianchuk M., Zhitenev A., Rublevskaia O., Erofeev V., Ignatchik V. et al. Systems for the removal of surface runoff: problems and solutions (for discussion). *Water Supply and Sanitary Technique*. 2022; 7:53-60. DOI: 10.35776/VST.2022.07.07. EDN TVTAOO. (rus.).
20. Volkov S., Luk'ianchuk M., Zhukova A., Solokhin A., Kuz'min V., Zhitenev A. et al. Justification of the optimum alternative of the wastewater disposal system of St. Petersburg adapting to the conditions of the joint effect of urbanization and climate change. Part 4. Justification of the type of model for the management of a wastewater disposal system. *Water Supply and Sanitary Technique*. 2025; 6:9-18. DOI: 10.35776/VST.2025.06.02. EDN ROZMUY. (rus.).
21. Volkov S., Luk'ianchuk M., Zhukova A., Solokhin A., Kuz'min V., Zhitenev A. et al. Justification of the optimum alternative of the wastewater disposal system of St. Petersburg adapting to the conditions of the joint effect of urbanization and climate change. Part 2. Results of substantiation of the optimum alternative. *Water Supply and Sanitary Technique*. 2025; 4:28-35. DOI: 10.35776/VST.2025.04.04. EDN KWIMCR. (rus.).
22. Patent RU No. 207418U1. *Device for treating surface wastewater* / Baiborodin A.P., Vereshchagina L.M., Gromov G.N., Danilov I.A., Sukhomlinov V.P., Khudyakova D.D.; publ. 27.10.2021. Bull. No. 30.

Received December 1, 2025.

Adopted in revised form on April 3, 2026.

Approved for publication on April 18, 2026.

B I O N O T E S: **Darya D. Khudyakova** — Chief Specialist; **JSC “Mosvodokanal”**; 2 Pleteshkovsky pereulok, Moscow, 105005, Russian Federation; Scopus: 57205221327, ORCID: 0000-0002-4174-9937; darya.khudyakova.94@mail.ru;

Oleg G. Primin — Doctor of Technical Sciences, Professor; **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU)**; 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; SPIN-code: 1918-0125, Scopus: 570860800, ResearcherID: AAI-3527-2020, ORCID: 0000-0002-9641-8545; tepper2007@yandex.ru;

Grigoriy N. Gromov — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU)**; 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; Scopus: 56991330600, ResearcherID: AAI-3833-2020, ORCID: 0000-0002-3655-4000; gromov_grigorii@mail.ru.

Authors' contributions: all authors made an equivalent contribution to the preparation of the publication.

The authors declare no conflict of interest.