УДК 628.2:006.3
doi: 10.33622/0869-7019.2023.02.81-86

Технологические схемы очистки поверхностных сточных вод с территории городов и поселений

Олег Григорьевич ПРИМИН[1,2], доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник, tepper2007@yandex.ru

Лидия Михайловна ВЕРЕЩАГИНА[3], кандидат технических наук, главный научный сотрудник, verlm@mail.ru

Дарья Дмитриевна ХУДЯКОВА[4], ведущий инженер, darya.khudyakova.94@mail.ru

[1] Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ), 129337 Москва, Ярославское ш., 26

[2] НИИСФ РААСН, 127238 Москва, Локомотивный пр., 21

[3] НИИ ВОДГЕО, 115516 Москва, Севанская ул., 62

[4] Мосводоканал, 105005 Москва, Плетешковский пер., 2

Аннотация. *Поверхностные сточные воды, образующиеся на территории городов и поселений России во время выпадения атмосферных осадков, являются интенсивным источником техногенного загрязнения окружающей среды, в первую очередь, водных объектов. Это требует разработки инновационных технологий, материалов и очистного оборудования, применяемых для предохранения окружающей природной среды от загрязнений техногенного происхождения. Кроме того, необходимы изменения в нормативной базе регулирования поступления загрязняющих веществ в водные объекты и оптимизации технологических схем очистки и сброса поверхностных сточных вод в водные объекты. В статье приведены критерии выбора систем очистки поверхностных сточных вод городов и поселений России, возникшие в связи с реализацией федерального закона «О внесении изменений в федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации» при переходе государственного нормирования воздействия хозяйственной деятельности от существующих принципов, основанных на нормативах качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, к нормированию на основе технологических показателей наилучших доступных технологий.*

Ключевые слова: *поверхностные сточные воды, системы отведения и очистки, критерии выбора, показатели загрязнения, нормативные требования*

Для цитирования: *Примин О. Г., Верещагина Л. М., Худякова Д. Д.* Технологические схемы очистки поверхностных сточных вод с территории городов и поселений // Промышленное и гражданское строительство. 2023. № 2. С. 81–86. doi: 10.33622/0869-7019.2023.02.81-86

TECHNOLOGICAL SCHEMES OF SURFACE SEWAGE TREATMENT FROM THE TERRITORY OF CITIES AND SETTLEMENTS

Oleg G. PRIMIN[1,2], tepper2007@yandex.ru, **Lidiya M. VERESHCHAGINA**[3], verlm@mail.ru

Darya D. KHUDYAKOVA[4], darya.khudyakova.94@mail.ru

[1] Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), Yaroslavskoe shosse, 26, Moscow 129337, Russian Federation

[2] NIISF RAASN, Lokomotivnyy proezd, 21, Moscow 127238, Russian Federation

[3] VODGEO Research Institute, Sevanskaya ul., 62, Moscow 115516, Russian Federation

[4] Mosvodokanal, Pleteshkovsky pereulok, 2, Moscow 105005, Russian Federation

Abstract. *Surface sewage formed on the territory of cities and settlements of Russia during precipitation is an intensive source of technogenic pollution of the envi ronment, primarily of water bodies. This requires the development of innovative technologies, materials and treatment equipment used to protect the environment from pollution of man-made origin. In addition, changes are needed in the regulatory framework for regulating the flow of pollutants into water bodies and to optimize technological schemes for the treatment and discharge of surface wastewater into water bodies. The article presents the criteria for the selection of surface sewage treatment systems in cities and settlements of Russia that arose in connection with the implementation of Federal Law "On Amendments to the Federal Law "On Environmental Protection" and certain Legislative Acts of the Russian Federation" during the transition of state regulation of the impact of economic activity from existing principles based on water quality standards of water bodies of fishery importance to rationing based on technological indicators of the best available technologies.*

Keywords: *surface wastewater, disposal and treatment systems, selection criteria, pollution indicators, regulatory requirements*

For citation: Primin O. G., Vereshchagina L. M., Khudyakova D. D. Technological Schemes of Surface Sewage Treatment From the Territory of Cities and Settlements. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Industrial and Civil Engineering], 2023, no. 2, pp. 81–86. (In Russ.). doi: 10.33622/0869-7019.2023.02.81-86

© ПРИМИН О. Г., ВЕРЕЩАГИНА Л. М., ХУДЯКОВА Д. Д., 2023

Введение

В настоящее время в связи с большими масштабами в городах России строительства транспортной инфраструктуры, а также потребностью ряда объектов строительства, имеющих небольшую площадь водосбора, наметилась тенденция расширения области применения очистных сооружений поверхностных сточных вод (ПСВ) проточного и накопительного типа небольшой производительности с разными технологическими схемами. Такие системы позволяют обеспечивать нормативные требования к составу сточных воду при сбросе их в централизованные системы водоотведения и в водные объекты на уровне технологических показателей наилучших доступных технологий (НДТ), санитарно-гигиенических нормативов или нормативов допустимых сбросов (НДС), рассчитанных на основе предельно допустимых концентраций рыбохозяйственного значения (ПДК рыб.хоз).

В соответствии с СП 32.13330.2018 «СНиП 2.04.03-85 Канализация. Наружные сети и сооружения» и СП 42.13330.2016 «СНиП 2.07.01-89* Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений», а также в зависимости от принятого регулирования поверхностного стока в практике проектирования и эксплуатации сооружений очистки ПСВ на территории городов и поселений России применяются два типа сооружений:

- накопительные, с регулированием поверхностного стока по объему;
- проточные, с регулированием поверхностного стока по расходу.

Методика и материалы исследования

При проектировании сооружений отведения и очистки ПСВ за основу принимают оценку среднегодовых и суточных объемов стока, расходов в коллекторах ливневой канализации, а также данные по качественной характеристике ПСВ с территории зон жилой застройки, транспортной инфраструктуры, площадок предприятий и условиям отведения их в централизованные системы водоотведения поселений, городских округов и в водные объекты [1—7].

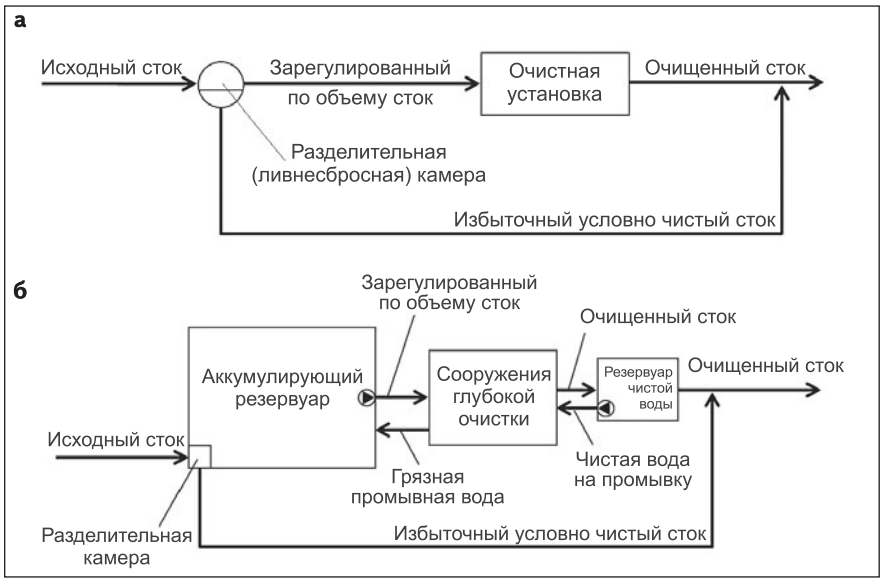

Рис. 1. ***Принципиальные схемы организации отведения и очистки поверхностных сточных вод проточного (а) и накопительного (б) типа***

При проектировании инженерные расчеты очистных сооружений ПСВ выполняют в соответствии с СП 32.13330 и Рекомендациями по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока с селитебных территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты [1]. На очистных сооружениях накопительного типа для регулирования расхода и/или усреднения поверхностного стока, подаваемого на очистку, используются аккумулирующие (регулирующие) резервуары, для проточного типа — разделительные камеры (ливнесбросы), устанавливаемые на подводящих коллекторах.

Принципиальные схемы организации отведения и очистки ПСВ поселений проточного и накопительного типа приведены на *рис. 1*.

В СП 32.13330 и СП 42.13330 рекомендованы к проектированию очистные сооружения накопительного типа и к ограниченному применению — очистные сооружения проточного типа. Так, в СП 32.13330 указано, что при проектировании систем отведения и очистки ПСВ следует применять очистные сооружения накопительного типа с регулированием по объему и расходу.

Очистные сооружения проточного типа (с регулированием по расходу) допускается использовать для очистки ПСВ линейных объектов транспортной инфраструктуры, в том числе мостовые сооружения автомобильных и железных дорог. Кроме того, сооружения проточного типа без ограничения производительности допускается применять для очистки ПСВ в ситуациях, когда сформировавшаяся система водоотведения поверхностного стока поселения представляет собой коллекторно-речную сеть, включающую в себя водные объекты природного, природно-ан-

тропогенного или антропогенного происхождения, которые способны аккумулировать (регулировать) поверхностный сток и снижать его расход в створе перед очистными сооружениями. При этом согласно СП 32.13330 на площади водосбора действуют природные или техногенные факторы, обусловливающие значительное постоянное (круглогодичное) фоновое загрязнение сточных вод. Однако в пособии НИИ ВОДГЕО [1] отмечается, что проточные сооружения допускается проектировать при отведении очищенных ливневых стоков в городскую сеть ливневой канализации при использовании централизованных очистных сооружений или в систему хозяйственно-бытовой канализации при полураздельной системе.

Таким образом очевидно, что при переходе государственного регулирования сбросов с нормативов, рассчитанных на основе ПДК рыб.хоз., на технологическое нормирование на основе НДТ (в пилотном режиме начиная с 2022 г.), а также в связи с изменением ряда статей федерального закона от 07.12.2011 г. № 416-ФЗ «О водоснабжении и водоотведении» и постановления правительства РФ от 29.07.2013 г. № 644 (в ред. от 22.05.2020 г.) допускается применение проточных очистных сооружений, но при обеспечении нормативных требований к качеству очищенных сточных вод, принимаемых в централизованные системы (*см. таблицу*).

Значения нормативов состава сточных вод в отношении технологически нормируемых веществ при сбросе сточных вод в централизованные системы водоотведения поселений или городских округов

Технологически нормируемые вещества, мг/дм^3	Значение норматива состава сточных вод (постановление № 644, прил. 7)	
	для общесплавных и бытовых вод	для ливневых вод
Взвешенные вещества	300	300
БПК5	300 (500*)	30
ХПК	500 (700*)	100
Фосфор фосфатов	12	1,5
Аммоний-ион	25	–
Нефтепродукты	–	8

* Значение норматива состава сточных вод при их сбросе в централизованные общесплавные системы водоотведения поселений или городских округов.

Анализ результатов

Исследования показали, что при выборе технологии и состава очистных сооружений ПСВ следует учитывать, что область применения сооружений проточного типа будет ограничена их невысоким эффектом очистки стоков по основным загрязняющим компонентам (взвешенным веществам и нефтепродуктам). В первую очередь они предназначены для предварительной механической очистки поверхностных сточных вод [2, 7, 8].

При выборе систем отведения и очистки ПСВ поселений необходимо принимать во внимание следующие особенности:

- вероятностный характер выпадения атмосферных осадков, их количество и интенсивность для конкретных объектов проектирования;
- неравномерность состава и расходов ПСВ, поступающих на очистку от одного дождя;
- небольшое в течение года время работы локальных очистных сооружений ПСВ, что объясняется их естественной периодичностью;
- возможность образования значительного количества ПСВ во время зимних оттепелей и в период межсезонья, что требует необходимости круглогодичной готовности очистных сооружений к работе.

Что касается сброса очищенных ПСВ, то современное водное и природоохранное законодательство, а также разработанные на их основе нормативно-правовые акты и нормативно-методические документы, регламентирующие проектирование систем отведения и очистки ПСВ, допускают разные требования к степени их очистки при отведении в централизованные системы водоотведения поселений и водные объекты, в том числе на уровне:

- максимально допустимых значений нормативных показателей в сточных водах, которые установлены в целях предотвращения негативного воздействия на работу централизованных систем водоотведения поселений[1];
- предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в воде водных объектов рыбохозяйственного значения[2];
- технологических показателей НДТ [9][3];
- санитарно-гигиенических тре-

[1] Постановление правительства РФ от 29 июля 2013 г. № 644 «Об утверждении Правил холодного водоснабжения и водоотведения и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации».

[2] Приказ Минсельхоза России от 13.12.2016 г. № 552 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения».

[3] Постановление правительства РФ от 15.09.2020 г. № 1430 «Об утверждении технологических показателей наилучших доступных технологий в сфере очистки сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений или городских округов».

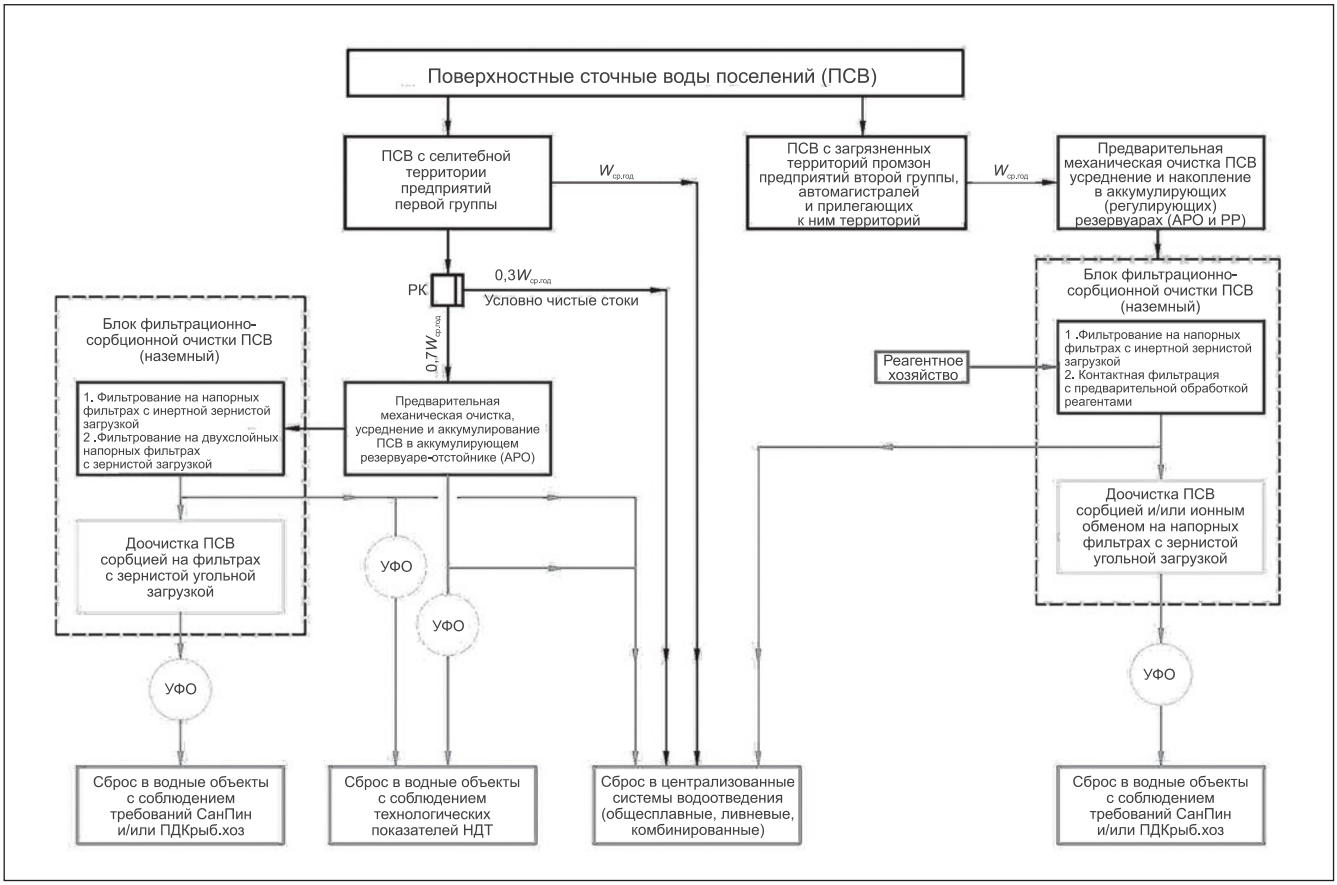

Рис. 2. ***Технологическая схема очистки поверхностных сточных вод с территории поселений городских округов***

бований и нормативов СанПиН 1.2.3685-21 [4].

В этой связи, исходя из комплекса перечисленных особенностей формирования поверхностного стока, опыта эксплуатации очистных сооружений (установок) [6, 10], исходного состава и нормативных требований к качеству его очистки по загрязняющим компонентам (в том числе на уровне ПДКрыб.хоз), основными критериями выбора установок очистки ПСВ служат наличие в их составе набора последовательных технологических стадий:

• предварительной очистки поверхностных стоков от мусора и крупных механических включений;

• разделения потока сточных вод на загрязненную и условно чистую части (регулирование стока);

• очистки стоков от грубодисперсных примесей и тяжелых минеральных загрязнений;

• усреднения и аккумулирования стоков, при этом допускается для очистных систем небольшой мощности с относительно малозагрязненных территорий совмещение стадий аккумулирования стока и его предварительной очистки от тяжелых грубодисперсных и минеральных загрязнений и примесей методом отстаивания;

• выделения взвешенных веществ и нефтепродуктов (основной массы загрязнений) методами, флотации, отстаивания или контактной фильтрации с предварительной реагентной обработкой ПСВ;

• извлечения тонко- и среднедиспергированных загрязняющих веществ методом механического фильтрования на зернистых загрузках с обеспечением промывки фильтрующей загрузки от задержанных загрязнений;

• одно- и двухступенчатой адсорбционной доочистки стоков от остаточных растворенных и эмульгированных нефтепродуктов и органических веществ.

Использование перечисленного набора стадий вызывает необходимость применения многостадийных технологических схем очистки ПСВ [7—11].

При повторном использовании и при отведении стоков непосредственно в водные объекты на завершающей очистке в технологическую схему включается стадия обеззараживания. На очистных сооружениях большой производительности следует предусмат-

[4] СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и(или) безвредности для человека факторов среды обитания».

ривать устройство систем обезвоживания и удаления образующихся осадков.

Принципиальные технологические схемы очистки ПСВ с территории поселений различного функционального назначения (жилых и производственных зон, автомагистралей и территорий, граничащих с ними), различающиеся составом и степенью загрязнения, приведены на *рис. 2*. Они разработаны исходя из характерного качественного состава ПСВ, образующегося на территориях поселений различного назначения, и направлены на достижение эффекта очистки стоков до нормативных требований природоохранного и водного законодательства, введенных в действие для реализации федерального закона от 21.07.2014 г. № 219-ФЗ «О внесении изменений в федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации».

Технологические схемы очистки ПСВ с территории поселений, городских округов *(см. рис. 2)* разработаны с целью достижения требуемого эффекта очистки в соответствии с их реальным качественным составом и перечисленными условиями отведения и прошла проверку на экспериментальной лабораторной и опытно-промышленной установке АО «МосводоканалНИИпроект» [8].

Выводы

1. При разработке технологических схем отведения и очистки поверхностных сточных вод с территории городов и поселений России необходимо учитывать:

- выполнение различных нормативных требований к степени очистки ПСВ при отведении их в централизованные системы и в водные объекты;
- актуальную информацию по качественной характеристике ПСВ, образующихся на территории жилых и производственных зон, а также зон транспортной инфраструктуры и прилегающих к ним территориях;
- количество, интенсивность и вероятностный характер выпадения атмосферных осадков конкретных объектов проектирования.

2. Анализ опыта проектирования очистных сооружений (установок) поверхностного стока различных конструкций показал, что одним из главных условий их последующей эффективной эксплуатации является технологический расчет очистных сооружений (установок) в целом и/или их отдельных конструктивных элементов по действующим нормативно-методическим документам. Их несоблюдение приводит к неработоспособности запроектированных сооружений после выпадения одного или двух интенсивных дождей. Если при этом сооружения выполнены в подземном исполнении, то наладить их работу на уровне нормативных требований сброса в централизованные системы водоотведения или водные объекты с выходом на заявленные проектные параметры работы практически невозможно.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Рекомендации по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока с селитебных территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты. М. : НИИ ВОДГЕО, 2015. 88 с.
2. *Ивкин П. А., Меншутин Ю. А., Соколова Е. В.* [и др.]. Эффективность очистных сооружений ливневого стока проточного типа // Водоснабжение и санитарная техника. 2012. № 1. С. 52–58.
3. *Феофанов Ю. А., Мишуков Б. Г.* Особенности формирования состава поверхностных сточных вод и выбора объектов для их очистки // Вода и экология: проблемы и решения. 2017. № 3. С. 49–66.
4. *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.
5. *Алексеев М. И., Курганов А. М.* Организация отведения поверхностного (дождевого и талого) стока с урбанизированных территорий. М. : АСВ; СПб : СПбГАСУ, 2000. 352 с.
6. *Меншутин Ю. А., Фомичева Е. В., Верещагина Л. М.* Основные критерии выбора систем очистки поверхностного стока // Экология производства. 2014. № 2. С. 73–79.
7. *Швецов В. Н., Верещагина Л. М.* Очистка поверхностного стока с территории городов и промышленных предприятий // Водоснабжение и санитарная техника. 2005. № 6. С. 8–13.
8. *Верещагина 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. 4–9.
9. ИТС 10-2019. Очистка сочных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов. М. : Бюро НТД, Росстандарт, 2019. 416 с.
10. *Primin O., Varyushina G., Ten A.* A complex of treatment facilities for the neutralization of surface run-off from urban territories [Комплекс сооружений по обезвреживанию поверхностного стока с городской территории] // MATEC Web of Conferences. 2018. Vol. 251. P. 03050.
11. *Campisano A., Butler D., Ward S.* et al. Urban rainwater harvesting systems: research, implementation and future perspectives [Городские системы сбора дождевой воды: исследования, внедрение и перспективы на будущее] // Water Research. 2017. Vol. 115. Pp. 195–209.

R E F E R E N C E S

1. Rekomendatsii po raschetu sistem sbora, otvedeniya i ochistki poverkhnostnogo stoka s selitebnykh territoriy, ploshchadok predpriyatiy i opredeleniyu usloviy vypuska ego v vodnye ob"ekty [Recommendations for the calculation of systems for collecting, diverting and cleaning surface runoff from residential areas, enterprise sites and determining the conditions for its release into water bodies]. Moscow, NII VODGEO Publ., 2015. 88 p. (In Russ.).
2. Ivkin P. A., Menshutin Yu. A., Sokolova E. V. et al. The efficiency of storm water treatment facilities of continuous flow type. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika*, 2012, no. 1, pp. 52–58. (In Russ.).
3. Feofanov Yu. A., Mishukov B. G. Features of formation of surface sewage composition and selection of facilities for their purification. *Voda i ekologiya: problemy i resheniya*, 2017, no. 4, pp. 13–25. (In Russ.).
4. Galkin Yu. A. The main solutions for the system of collection, regulation and treatment of industrial storm sewage in Yekaterinburg. *Vodosnabzhenie i kanalizatsiya*, 2014, no. 1-2, pp. 71–75. (In Russ.).
5. Alekseev M. I., Kurganov A. M. *Organizatsiya otvedeniya poverkhnostnogo (dozhdevogo i talogo) stoka s urbanizirovannykh territoriy* [Organization of drainage of surface (rain and snowmelt) runoff from urbanized areas]. Moscow, ASV Publ., St. Petersburg, SPbGASU Publ., 2000. 352 p. (In Russ.).
6. Menshutin Yu. A., Fomicheva E. V., Vereshchagina L. M. The main criteria for the selection of surface runoff treatment systems. *Ekologiya proizvodstva*, 2014, no. 2, pp. 73–79. (In Russ.).
7. Shvetsov V. N., Vereshchagina L. M. Treatment of surface runoff from urban and industrial enterprises areas. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika*, 2005, no. 6, pp. 8–13. (In Russ.).
8. Vereshchagina L. M., Khudyakova D. D., Gromov G. N. Principal directions for improving process flow schemes and designs of units for surface runoff treatment. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika*, 2022, no. 4, pp. 4–9. (In Russ.).
9. ITS 10-2019. *Ochistka sochnykh vod s ispol'zovaniem tsentralizovannykh sistem vodootvedeniya poseleniy, gorodskikh okrugov* [Purification of juicy waters using centralized drainage systems of settlements, urban districts]. Moscow, Byuro NTD, Rosstandart, 2019. 416 p. (In Russ.).
10. Primin O., Varyushina G., Ten A. A complex of treatment facilities for the neutralization of surface run-off from urban territories. *MATEC Web of Conferences*, 2018, vol. 251, p. 03050.
11. Campisano A., Butler D., Ward S. et al. Urban rainwater harvesting systems: research, implementation and future perspectives. *Water Research*, 2017, vol. 115, pp. 195–209.

Стартовал прием заявок на участие в конкурсной программе VI Всероссийского фестиваля «Архитектурное наследие»

Заявки на участие программе принимаются до 12 апреля на сайте **https://archnasledie.ru/**. Прием работ продлится до 19 апреля.

VI Всероссийский фестиваль «Архитектурное наследие» пройдет в Самаре с 8 по 10 июня. Тема фестиваля в 2023 г. — «Архитектурное и градостроительное наследие как стратегический ресурс социально-экономического развития территорий России». Программа направлена на аудиторию архитекторов, реставраторов, искусствоведов, строителей, экспертов, студентов профильных вузов и колледжей, представителей субъектов исполнительной власти и муниципальных образований РФ.

Конкурсная программа представлена в рамках пяти направлений:

- смотр-конкурс «Культурное наследие регионов России»;
- смотр-конкурс «Лучший объект сохранения и развития»;
- смотр-конкурс «Лучшее в отечественном историко-культурном туризме»;
- смотр-конкурс «Лучшая студенческая работа»;
- конкурс «Лучшее печатное издание об архитектурном наследии».

Кроме того, у специалистов есть возможность принять участие в выставочной и деловой программах.

Выставочная программа включает в себя:

- экспозицию конкурсных работ смотров-конкурсов;
- выставку «Материалы и технологии»;
- выставку «Творческие архитектурные мастерские и коллективы»;
- тематические выставки.

В деловой программе фестиваля традиционно примут участие как российские, так и зарубежные эксперты в сфере архитектуры и реставрации. Это будет способствовать совершенствованию качества сохранения культурного наследия страны.

Организатор фестиваля — Союз архитекторов России.

Фестиваль состоится при поддержке Министерства культуры России, правительства Москвы, Комитета по архитектуре и градостроительству г. Москвы, администрации городского округа Самара.