

Тестовая эксплуатация двухкаскадной установки глубокой очистки поверхностного стока на основе фильтров ФОПС®

М. А. Греков¹, С. В. Елагин², Г. Л. Козинец³, В. Н. Чечевичкин⁴, Л. В. Леонов⁵,
А. И. Клоков⁶, А. В. Чечевичкин⁷, Л. А. Якунин⁸

¹ Греков Михаил Александрович, проректор по хозяйственной работе, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

195251, Россия, Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29, тел.: +7 (812) 552-75-57, e-mail: vicerektor.fm@spbstu.ru

² Елагин Сергей Вениаминович, главный инженер, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

195251, Россия, Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29, тел.: +7 (812) 297-20-45, e-mail: dgigpu@spbstu.ru

³ Козинец Галина Леонидовна, доктор технических наук, директор Инженерно-строительного института,

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

195251, Россия, Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29, тел.: +7 (812) 535-25-09, e-mail: kozinets_gl@spbstu.ru

⁴ Чечевичкин Виктор Николаевич, кандидат химических наук, заведующий научно-исследовательской лабораторией «Технологии очистки промышленных и поверхностных сточных вод» Высшей школы гидротехнического и энергетического строительства, Инженерно-строительный институт, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

195251, Россия, Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29, тел.: +7 (962) 727-52-46, e-mail: chechevichkin_VN@spbstu.ru

⁵ Леонов Леонид Владимирович, главный специалист по технологическому развитию Департамента анализа

и технологического развития систем водоснабжения и водоотведения, ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга»

191015, Россия, Санкт-Петербург, Кавалергардская ул., 42, тел.: +7 (812) 326-52-42, e-mail: Leonov_LV@vodokanal.spb.ru

⁶ Клоков Александр Иванович, начальник Службы главного технолога филиала «Водоотведение Санкт-Петербурга»,

ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга»

198184, Россия, Санкт-Петербург, остров Белый, 1, тел.: +7 (812) 438-44-47, e-mail: Klovov_AI@vodokanal.spb.ru

⁷ Чечевичкин Алексей Викторович, генеральный директор, ООО «Аква-Венчур»

195220, Россия, Санкт-Петербург, Гражданский проспект, 22, тел.: +7 (812) 640-08-40, e-mail: 01@6400840.ru

⁸ Якунин Леонид Александрович, начальник конструкторского отдела, ООО «Аква-Венчур»

195220, Россия, Санкт-Петербург, Гражданский проспект, 22, тел.: +7 (812) 640-08-40, e-mail: 77@6400840.ru

Основным источником загрязнения поверхностного стока в крупных городах является автотранспорт, поэтому стоки с автомобильных дорог и автопарковок необходимо подвергать глубокой очистке, включающей несколько ступеней. В рамках решения данной проблемы была проведена работа по оценке эксплуатации двухкаскадной установки (на основе последовательно работающих фильтров ФОПС®-С и ФОПС®-МУ) при очистке поверхностного стока, поступающего с территории автопарковки при различных сезонных изменениях. В результате тестовых испытаний доказано, что на протяжении 21 месяца установка обеспечивала

эффективность очистки поверхностного стока от взвешенных веществ 98–99% и от нефтепродуктов 94–97%. После эксплуатации в течение трех лет, включая зимние периоды с отрицательными температурами до менее –20 °С, установка обеспечивала требуемую эффективность очистки по контролируемым параметрам. Периодически производилась очистка фильтра ФОПС®-С – выгрузка взвешенных веществ и нефтепродуктов.

Ключевые слова: поверхностный сток, очистка, фильтр ФОПС®, взвешенные вещества, нефтепродукты, автопарковка.

Test operation of a two-stage plant based on FOPS® filters for the enhanced treatment of surface runoff

M. A. Grekov¹, S. V. Elagin², G. L. Kozinets³, V. N. Chechevichkin⁴, L. V. Leonov⁵,
A. I. Klokov⁶, A. V. Chechevichkin⁷, L. A. Yakunin⁸

¹ Grekov Mikhail, Vice-Rector for General Labor Activities, Peter the Great St. Petersburg Politechnic University

29 Politekhnicheskaja St., Saint-Petersburg, 195251, Russian Federation, tel.: +7 (812) 552-75-57, e-mail: vicerektor.fm@spbstu.ru

² Elagin Sergei, Chief Engineer, Peter the Great St. Petersburg Politechnic University

29 Politekhnicheskaja St., Saint-Petersburg, 195251, Russian Federation, tel.: +7 (812) 297-20-45, e-mail: dgigpu@spbstu.ru

³ Kozinets Galina, Doctor of Engineering, Director of the Institute of Civil Engineering, Peter the Great St. Petersburg Politechnic University

29 Politekhnicheskaja St., Saint-Petersburg, 195251, Russian Federation, tel.: +7 (812) 535-25-09, e-mail: kozinets_gl@spbstu.ru

⁴ Chechevichkin Viktor, Ph. D. (Chemistry), Head of the Research Laboratory «Technologies for Purification of Industrial Wastewater and Surface Runoff» of the Higher School of Hydraulic Engineering and Power Engineering, Civil Engineering Institute, Peter the Great St. Petersburg Politechnic University

29 Politekhnicheskaja St., Saint-Petersburg, 195251, Russian Federation, tel.: +7 (962) 727-52-46, e-mail: chechevichkin_VN@spbstu.ru

- ⁵ Leonov Leonid, Chief Specialist for Technological Development of the Department for Analysis and Technological Development of Water Supply and Wastewater Disposal Systems, SUE «Vodokanal of St. Petersburg»
42 Kavalergardskaia St., Saint-Petersburg, 191015, Russian Federation, tel.: +7 (812) 326-52-42,
e-mail: Leonov_LV@vodokanal.spb.ru
- ⁶ Klokov Aleksandr, Head of the Chief Process Engineer Service, Wastewater Disposal of St. Petersburg Branch, SUE «Vodokanal of St. Petersburg»
1 Bely Island, Saint-Petersburg, 198184, Russian Federation, tel.: +7 (812) 438-44-47, e-mail: Klokov_AI@vodokanal.spb.ru
- ⁷ Chechevichkin Aleksei, General Director, Aqua-Venture®, LLC
22 Grazhdanskii Ave., Saint-Petersburg, 195220, Russian Federation, tel.: +7 (812) 640-08-40, e-mail: 01@6400840.ru
- ⁸ Iakunin Leonid, Head of Design Department Aqua-Venture®, LLC
22 Grazhdanskii Ave., Saint-Petersburg, 195220, Russian Federation, tel.: +7 (812) 640-08-40, e-mail: 77@6400840.ru

Moto transport has been the main source of pollution of surface runoff in large cities; therefore, runoff from roads and car parking spaces must be subjected to enhanced treatment including several stages. As part of solving this problem, works were carried out to estimate the operation of a two-stage plant (based on sequentially operating FOPS®-S and FOPS®-MU filters) in the process of surface runoff treatment from the car parking spaces during various seasonal changes. As a result of test experiments, it was found that for 21 months the plant provided for 98–99% efficiency of removing suspended solids and 94–97% efficiency of removing oil products from the surface runoff. After three years operation including winter periods with below-zero temperatures to less than –20 °C, the plant provided for the required treatment level according to the monitored parameters. Occasionally, the FOPS®-S filter was cleaned – removing suspended solids and oil products.

Key words: surface runoff, treatment, FOPS® filter, suspended solids, oil products, car parking space.

Основными загрязнениями поверхностного стока в городах являются нефтепродукты и взвешенные вещества [1; 2], которые поступают в основном от автотранспорта [3–5], причем наиболее вероятным местом их максимальной эмиссии, помимо проезжей части дорог, являются автопарковки [6–9].

Взвешенные вещества заносятся на территорию автопарковок на элементах конструкции автомобилей (колесах, арках колес, деталях корпуса и подвески и т. д.) летом в виде пыли и грязи, а зимой – в виде загрязненного льда и снега, намороженного на них. Нефтепродукты образуются как во время работы или прогрева двигателя из выхлопных газов, так и на парковке с неработающим двигателем в виде протечек. При контакте с атмосферными осадками нефтепродукты переходят в пленочно-эмульгированное или растворенное состояние, а также адсорбируются на частицах взвешенных веществ.

Очистка поверхностного стока, поступающего с территории автопарковок, из-за наличия в нем значительных концентраций нефтепродуктов и взвешенных веществ, а также с учетом жестких требований на сброс в централизованные системы водоотведения или открытые (как правило, рыбохозяйственные) водоемы, должна включать несколько ступеней для обеспечения требуемой эффективности. Как правило, вышеуказанная проблема решается путем многокаскадной очистки, при которой сначала удаляется основная часть загрязнений, а в конце происходит глубокая доочистка стока до необходимых значений [10; 11].

Сорбционно-фильтрационная очистка поверхностного стока с применением фильтров ФОПС® [11] зарекомендовала себя как надежная и малозатратная технология [11–15]. Для обеспечения жестких требований к качеству очищаемого стока требуется внедрение многокаскадных (как минимум двухкаскадных) установок [11; 13].

Тестовые испытания проводились на установке, предназначенной для обеспечения комплексной глубокой очистки поверхностного стока с территории автопарковки на основе фильтров ФОПС®. Установка включала в себя два последовательно соединенных фильтра: фильтр-сепаратор ФОПС®-С-1,0-1,8 на входе и комбинированный фильтр (механический – угольный) ФОПС®-МУ-2,0-1,2, расположенный за ним (рис. 1).

В фильтре ФОПС®-С осуществляется удаление основной массы взвешенных веществ (82–97% масс.) и нефтепродуктов (55–76% масс.), а в фильтре ФОПС®-МУ происходит тонкая доочистка очищаемого стока до требуемых нормативов.

Для размещения фильтров были использованы дождеприемный (для фильтра ФОПС®-С) и линейный (для фильтра ФОПС®-МУ) колодцы, выполненные из стандартных сборных железобетонных элементов по ГОСТ 8020-2016 и оборудованные дождеприемником и глухим люком соответственно. Фильтры в колодцах были установлены на цельные опорные кольца типа ОК-ФОПС® (производство ООО «Аква-Венчур» [11]), монтаж которых при обустройстве колодцев показан на рис. 2.

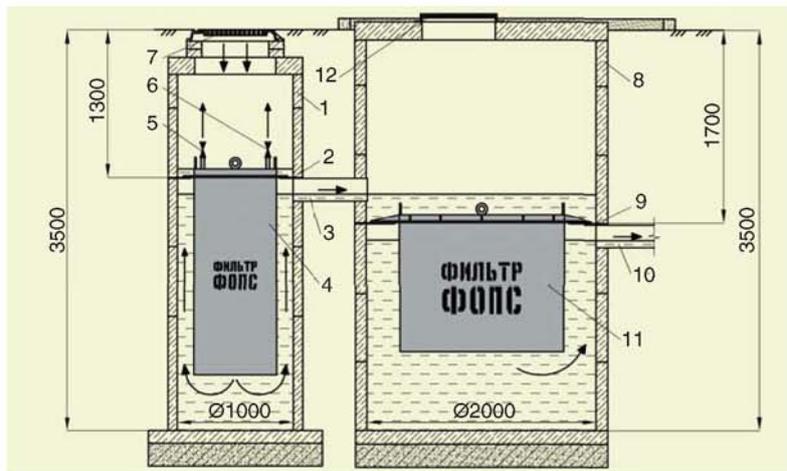


Рис. 1. Схема комплексной установки глубокой очистки поверхностного стока на основе фильтров ФОПС®-С-1,0-1,8 и ФОПС®-МУ-2,0-1,2

1 – дождеприемный колодец; 2 – опорное кольцо ОК-ФОПС®-1,0-1,0; 3 – трубопровод отведения предварительно очищенного стока; 4 – фильтр ФОПС®-С-1,0-1,8; 5 – патрубок откачки нефтепродуктов; 6 – патрубок откачки взвешенных веществ; 7 – дождеприемная решетка канализационного колодца; 8 – дождевой линейный колодец; 9 – опорное кольцо ОК-ФОПС®-2,0-2,0; 10 – трубопровод отведения глубоко очищенного стока; 11 – фильтр ФОПС®-МУ-2,0-1,2; 12 – глухая крышка канализационного колодца

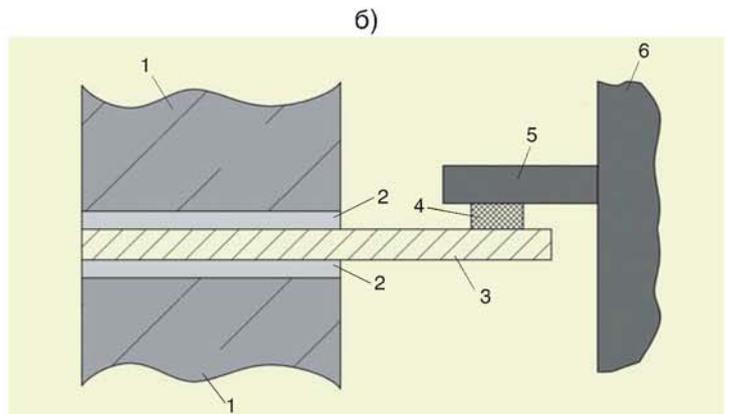


Рис. 2. Монтаж цельного опорного кольца ОК-ФОПС® при обустройстве канализационного колодца под фильтр ФОПС®

а – герметизация внутренних и наружных поверхностей стыка опорного кольца ОК-ФОПС® и колодца; б – схема монтажа цельного опорного кольца ОК-ФОПС® между стенковыми кольцами и размещение на нем фильтра ФОПС®; 1 – стенковые кольца; 2 – цементный раствор; 3 – опорное кольцо ОК-ФОПС®; 4 – резиновое уплотняющее кольцо; 5 – фланец фильтра ФОПС®; 6 – корпус фильтра ФОПС®

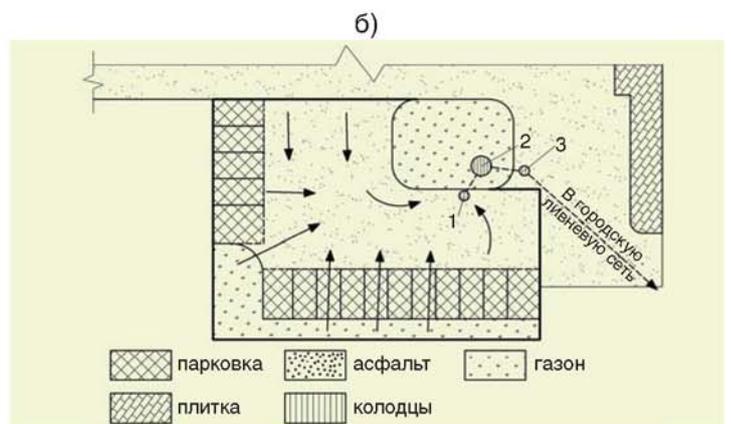


Рис. 3. Размещение двухкаскадной установки глубокой очистки поверхностного стока на территории автопарковки

а – внешний вид дождеприемной решетки колодца с фильтром ФОПС®-С и люка колодца с фильтром ФОПС®-МУ; б – схема расположения на территории автопарковки колодцев установки очистки и поступления на нее поверхностного стока; 1 – колодец с фильтром ФОПС®-С; 2 – колодец с фильтром ФОПС®-МУ; 3 – контрольный колодец



Рис. 4. Отбор проб из канализационных колодцев установки комплексной доочистки поверхностного стока
 а – отбор пробы из колодца (после фильтра ФОПС®-С); б – внешний вид устройства для отбора проб на телескопической штанге

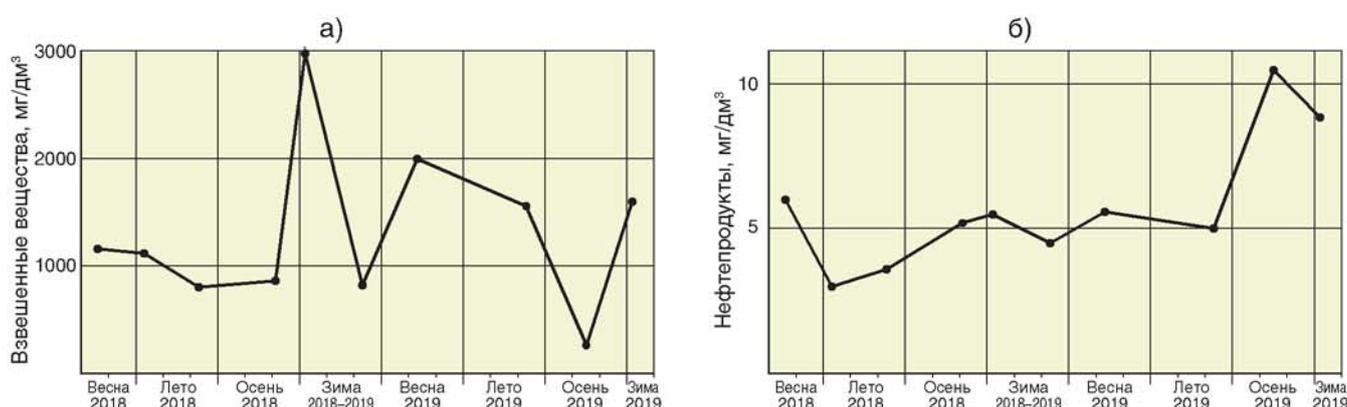


Рис. 5. Сезонные изменения исходных концентраций взвешенных веществ (а) и нефтепродуктов (б) в поверхностном стоке, поступавшем на двухкаскадную установку очистки в течение периода испытаний

На фильтр ФОПС®-С вода поступала через дождеприемную решетку (рис. 1 и 3, а) и далее после фильтра по внутреннему трубопроводу – на фильтр ФОПС®-МУ. Выход воды после очистки на установке осуществлялся в контрольный колодец (рис. 3, б). Штатные операции по визуальному контролю проходимости фильтров во время дождя и отбору проб проводились через люки соответствующих колодцев.

С момента ввода в эксплуатацию (апрель 2017 г.) до начала периода наблюдений (апрель 2018 г.) установка работала в штатном режиме, без каких-либо вмешательств и постоянного контроля (холостой период – 12 месяцев).

За период испытаний с апреля 2018 г. по декабрь 2019 г. (1 год 9 месяцев) объем поверхностного стока, прошедшего через установку, рассчитывался с учетом данных автоматизированной информационной системы учета атмосферных осадков АИС «Осадки» [16] в соответствии с СП 32.13330.2018 «СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения» и рекомендациями [17]. Объем стока составил ~480 м³.

Испытания установки заключались в определении концентраций взвешенных веществ и нефтепродуктов до установки (перед фильтром ФОПС®-С) и на выходе из нее (после фильтра ФОПС®-МУ), а также в расчете эффективности очистки η , % масс., по формуле:

$$\eta = \frac{C_0 - C_i}{C_0} \cdot 100\%,$$

где C_0 и C_i – концентрации взвешенных веществ или нефтепродуктов до и после установки соответственно, мг/дм³.

Отбор проб из колодцев (рис. 4, а) до и после очистки проводили при помощи пробоотборной емкости, закрепленной на телескопической штанге (рис. 4, б).

Исходные концентрации взвешенных веществ и нефтепродуктов в сточных водах, поступавших на установку с территории автопарковки в течение периода ее испытаний, представлены на рис. 5, а, б. Видно, что максимальные концентрации загрязнителей фиксируются в зимне-осенний период.

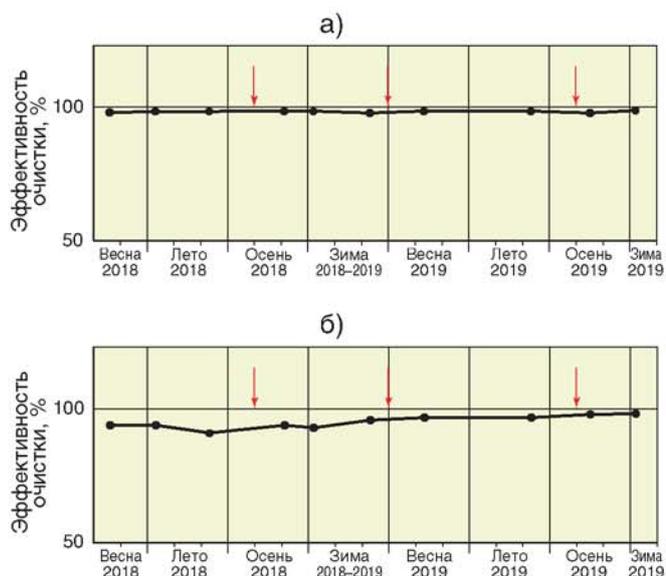


Рис. 6. Сезонные изменения эффективности очистки ливневого стока на двухкаскадной установке (фильтры ФОПС®-С и ФОПС®-МУ)

а – взвешенные вещества; *б* – нефтепродукты (стрелками обозначены моменты времени, в которые проводили откачку накопившихся в фильтре ФОПС®-С взвешенных веществ и нефтепродуктов)

Концентрации контролируемых загрязнений в стоке после его очистки находились на уровне требуемых значений на протяжении всего периода испытаний (21 месяц), эффективность очистки по взвешенным веществам составляла 98–99%, по нефтепродуктам – 94–97% (рис. 6, *а*, *б*).

За период испытаний трижды проводилась очистка фильтра ФОПС®-С (первый каскад очистки) от накопившихся в нем взвешенных веществ и жидких нефтепродуктов. Проведение этих операций отмечено на рис. 6 стрелками. Откачку взвешенных веществ и нефтепродуктов осуществляли с помощью самовсасывающей мотопомпы в отдельные емкости. Из данных на рис. 6 видно, что периодическая очистка фильтра ФОПС®-С позволила обеспечить высокую эффективность очистки за весь период испытаний.

Обслуживание установки во время ее эксплуатации включало также очистку верхних решеток фильтров ФОПС®-С и ФОПС®-МУ. Благодаря наличию фильтра ФОПС®-С, удаляющего основную массу загрязнителей и предотвращающего поступление мусора в следующий колодец, верхняя решетка и фильтрующий материал в фильтре ФОПС®-МУ практически не загрязнялись в период испытаний (рис. 7). Это позволило существенно упростить обслуживание установки и сократить количество эксплуатационных мероприятий. Некоторое количе-

ство листьев и мусора, попадавшее на решетку фильтра ФОПС®-С, регулярно удалялось вручную перед откачкой взвешенных веществ и нефтепродуктов.

Данные, приведенные на рис. 5 и 6, свидетельствуют о том, что периоды отрицательных температур не повлияли на способность двухкаскадной установки на основе фильтров ФОПС®-С и ФОПС®-МУ очищать поверхностный сток (сохранялась высокая эффективность очистки).

В период испытаний минимальная температура воздуха составила $-21,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. При визуальном осмотре в конце каждого зимнего периода кольматации фильтров в колодцах не наблюдалось, а также не происходило подтопление этих колодцев весенним талым стоком.

По результатам испытаний был выявлен конструктивный недостаток тестовой установки: железобетонные колодцы сверху оборудованы плитами перекрытия по ГОСТ 8020-2016 со стандартными люками (размер лаза 600 мм), использовавшимися только для визуального контроля, чистки решеток и отбора проб воды.

Наличие указанных конструктивных элементов в данном случае делает процесс замены отработанных фильтров новыми очень трудоемким, поскольку он будет сопровождаться вскрытием и восстановлением асфальтового и газонного покрытий, а также демонтажом и монтажом плит перекрытия колодцев.

Этот недостаток может быть устранен с применением крышек КЛ-ФОПС® (серийное производство ООО «Аква-Венчур®»): крышки с водосливной решеткой КЛ-ФОПС®-2-1,0-Д для колодца с фильтром ФОПС®-С и глухой крышки КЛ-ФОПС®-2-2,0 для колодца с фильтром



Рис. 7. Внешний вид верхней решетки фильтра ФОПС®-МУ-2,0-1,2 в канализационном колодце после 21 месяца работы



Рис. 8. Внешний вид легкоъемных металлических крышек

а – КЛ-ФОПС®-2-1,0-Д с дождеприемной решеткой для колодца с фильтром ФОПС®-С-1,0-1,8; *б* – КЛ-ФОПС®-2-2,0 – глухая крышка для колодца с фильтром ФОПС®-МУ-2,0-1,2

ФОПС®-МУ. Внешний вид обеих крышек представлен на рис. 8.

Выводы

1. Двухступенчатая (каскадная) установка комплексной очистки поверхностных сточных вод на основе последовательно расположенных фильтров ФОПС®-С-1,0-1,8 и ФОПС®-МУ-2,0-1,2 обеспечивала глубокую очистку сильно загрязненных дождевых и талых вод с территории автопарковки на протяжении 33 месяцев (общее время эффективной работы).
2. Эффективность очистки на установке составила: по взвешенным веществам 98–99% (при концентрации их в исходной воде до 3000 мг/дм³); по нефтепродуктам 94–97% (при концентрации их в исходной воде до 10,5 мг/дм³).
3. С момента ввода в эксплуатацию установки прошло три холодных (зимних) периода с отрицательными температурами (минимальная температура –21,5 °С), не оказавшими негативного влияния на ее работоспособность, конструктивные и функциональные свойства.
4. Использование фильтра-сепаратора ФОПС®-С перед фильтром сорбционным ФОПС®-МУ значительно увеличило ресурс работы последнего (общее время эффективной работы – не менее 33 месяцев) в двухступенчатой схеме комплексной очистки поверхностного стока.
5. Периодическая очистка от взвешенных веществ и жидких нефтепродуктов фильтра ФОПС®-С позволяет обеспечивать требуемую эффективность работы установки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чечевичкин В. Н., Ватин Н. И. Особенности состава и очистки поверхностного стока крупных городов // Инженерно-строительный журнал. 2014. № 6. С. 67–74.
2. Пробирский М. Д., Рублевская О. Н., Ким А. Н., Иваненко И. И. Перспективы отведения и очистки поверхностного стока в Санкт-Петербурге // Водоснабжение и санитарная техника. 2015. № 6. С. 32–40.
3. Дахова О. О., Хучунаев Б. М., Куповых Г. В. Химическое и физическое загрязнение городских экосистем автотранспортом // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. 2016. № 4. С. 67–72.
4. Евстигнеева Ю. В., Евстигнеева Н. А. Актуальность задачи очистки поверхностного стока с дорожного полотна автомобильных дорог // Научное обозрение. Технические науки. 2019. № 2. С. 26–30.
5. Андреев А. В., Свиридов В. В. Методы совершенствования технологии очистки стоков с автомобильных дорог // Международный научно-исследовательский журнал. 2015. № 5 (36). Часть 2. С. 5–7.
6. Юрченко В. А., Мельникова О. Г. Эмиссия нефтепродуктов, создаваемая дорожными инфраструктурными комплексами // Вестник ХНАДУ. 2014. Т. 64. С. 134–139.
7. Систер В. Г., Миташова Н. И., Кольцова Е. С. Очистка сточных вод автомобильных парковок от нефтепродуктов // Известия МГТУ «МАМИ». 2014. Т. 3. № 2 (20). С. 76–83.
8. Зязина Т. В., Жердев В. Н. Проблемы загрязнения детских рекреационных внутридворовых площадок выбросами автотранспорта при использовании дворовых зон для парковки автомобилей // Глобальный научный потенциал. Природопользование и региональная экономика. 2017. № 3 (72). С. 74–79.
9. Юрченко В. А., Мельникова О. Г., Бахарева А. Ю., Ячник М. В. Исследование механической очистки ливневых стоков, образованных на объектах автомобильно-дорожного комплекса // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2015. № 6/6 (78). С. 71–77.
10. Бобков А. В. Экологические требования и проблемы очистки ливневого стока с автомобильных дорог и мостов // Дороги и мосты. 2008. № 2 (20). С. 146–156.

11. Чечевичкин А. В. Проектирование и применение локальных очистных сооружений поверхностного стока на основе фильтров ФОПС®. – СПб.: Любавич, 2017. 176 с.
12. Винокуров К. И., Крестьянинова А. Ю. Локальные очистные сооружения поверхностного стока на автомобильных дорогах и мостовых переходах // Экология и строительство. 2019. № 4. С. 44–53.
13. Глухов В. В., Лазарев Ю. Г., Чечевичкин А. В., Якунин Л. А. Поверхностный сток: проблемы и решения // Дорожная держава. 2019. № 89. С. 86–89.
14. Ватин Н. И., Греков М. А., Леонов Л. В., Пробирский М. Д., Рублевская О. Н., Чечевичкин А. В., Якунин Л. А. Опыт всепогодной эксплуатации фильтра ФОПС® при очистке поверхностного стока с техногенно-нагруженной селитебной территории // Водоснабжение и санитарная техника. 2018. № 8. С. 40–50.
15. Бартова Л. В., Лабутина М. В. Дождевая канализация города Перми: направления развития // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. 2020. Т. 1. С. 197–203.
16. Михайлов Д. М., Синькевич Т. А., Пашковский Д. О. Создание автоматизированной системы учета атмосферных осадков // Вода Magazine. 2016. № 3 (103). С. 12–15.
17. Рекомендации по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока селитебных территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты. – М., ОАО «НИИ ВОДГЕО», 2015. 146 с.

REFERENCES

1. Chechevichkin V. N., Vatin N. I. [Specific composition and treatment of surface runoff of big cities]. *Inzhenerno-Stroitel'nyi Zhurnal*, 2014, no. 6, pp. 67–74. (In Russian).
2. Probirskii M. D., Rublevskaia O. N., Kim A. N., Ivanenko I. I. [Prospects of surface runoff disposal and treatment in Saint-Petersburg]. *Vodosnabzhenie i Sanitarnaia Tekhnika*, 2015, no. 6, pp. 32–40. (In Russian).
3. Dakhova O. O., Khuchunaev B. M., Kupovykh G. V. [Chemical and physical pollution of urban ecosystems by motor transport]. *Izvestiia Vuzov. North Caucasian Region. Natural Sciences*, 2016, no. 4, pp. 67–72. (In Russian).
4. Evstigneeva Iu. V., Evstigneeva N. A. [The relevance of the task of surface runoff treatment from the roadbed of highways]. *Nauchnoe Obozrenie. Tekhnicheskie Nauki*, 2019, no. 2, pp. 26–30. (In Russian).
5. Andreev A. V., Sviridov V. V. [Methods for improving the technology of surface runoff treatment from highways]. *Mezhdunarodnyi Nauchno-Issledovatel'skii Zhurnal*, 2015, no. 5 (36), part 2, pp. 5–7. (In Russian).
6. Iurchenko V. A., Mel'nikova O. G. [Emission of oil products generated by road infrastructure complexes]. *Vestnik KHNADU*, 2014, v. 64, pp. 134–139. (In Russian).
7. Sister V. G., Mitashova N. I., Kol'tsova E. S. [Removing oil products from surface runoff from car parking spaces]. *Izvestiia MGTU «MAMI»*, 2014, v. 3, no. 2 (20), pp. 76–83. (In Russian).
8. Ziazina T. V., Zherdev V. N. [Problems of polluting children's recreational intra-yard areas with vehicle emissions when using courtyard areas for car parking]. *Global'nyi Nauchnyi Potentsial. Prirodopol'zovanie i Regional'naia Ekonomika*, 2017, no. 3 (72), pp. 74–79. (In Russian).
9. Iurchenko V. A., Mel'nikova V. A., Mel'nikova O. G., Bakhareva A. Iu., Iachnik M. V. [Study of mechanical treatment of storm drains generated at the facilities of the automobile and road complex]. *Vostochno-Evropeiskii Zhurnal Peredovykh Tekhnologii*, 2015, no. 6/6 (78), pp. 71–77. (In Russian).
10. Bobkov A. V. [Environmental requirements and problems of storm drain treatment from roads and bridges]. *Dorogi i Mosty*, 2008, no. 2 (20), pp. 146–156. (In Russian).
11. Chechevichkin A. V. *Proektirovanie i primeneniye ochistnykh sooruzhenii poverkhnostnogo stoka na osnove fil'trov FOPS®* [Designing and operating surface runoff treatment facilities based on FOPS® filters. Saint-Petersburg, Liubavich Publ., 2017, 176 p.].
12. Vinokurov R. I., Krest'ianinova A. Iu. [Local facilities for surface runoff treatment from highways and bridge crossings]. *Ekologiya i Stroitel'stvo*, 2019, no. 4, pp. 44–53. (In Russian).
13. Glukhov V. V., Lazarev Iu. G., Chechevichkin A. V., Yakunin L. A. [Surface runoff: problems and solutions]. *Dorozhnaia Derzhava*, 2019, no. 89, pp. 86–89. (In Russian).
14. Vatin N. I., Grekov M. A., Leonov L. V., Probirskii M. D., Rublevskaia O. N., Chechevichkin A. V., Yakunin L. A. [The experience of year-round operation of FOPS® filter in the purification of surface runoff from technologically disturbed resident areas]. *Vodosnabzhenie i Sanitarnaia Tekhnika*, 2018, no. 8, pp. 40–50. (In Russian).
15. Bartova L. V., Labutina M. V. [Storm sewer of the city of Perm: directions for the development]. *Sovremennye Tekhnologii v Stroitel'stve. Teoriia i Praktika*, 2020, v. 1, pp. 197–203. (In Russian).
16. Mikhailov D. M., Sin'kevich T. A., Pashkovskii D. O. [Designing an automated system for measuring atmospheric precipitation]. *Voda Magazine*, 2016, no. 3 (103), pp. 12–15. (In Russian).
17. *Rekommendatsii po raschetu sistem sbora, otvedeniia i ochistki poverkhnostnogo stoka s selitebnykh territorii, ploshchadok predpriatii i opredeleniiu uslovii vypuska ego v vodnye ob'ekty* [Recommendations for designing the systems of collection, removal and treatment of the runoff from residential areas, industrial sites; and determining the conditions for its discharge into the water bodies. Moscow, NII VODGEO JSC, 2015, 146 p.].