

Опыт всепогодного применения фильтра ФОПС®-К для удаления мусора из поверхностного стока селитебной территории

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, кандидат технических наук, проректор по инженерно-техническому обеспечению и строительству, 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-строительного института,

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, Департамент 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

Для цитирования: Греков М. А., Елагин С. В., Козинец Г. Л., Чечевичкин В. Н., Леонов Л. В., Клоков А. И., Чечевичкин А. В., Якунин Л. А. Опыт всепогодного применения фильтра ФОПС®-К для удаления мусора из поверхностного стока селитебной территории // Водоснабжение и санитарная техника. 2023. № 4. С. 37–44. DOI: 10.35776/VST.2023.04.05.

На селитебных территориях, являющихся местом проживания и разнообразной деятельности населения, образуется значительное количество твердых материалов различного происхождения и дисперсности, которые могут быть определены как мусор (или городской смёт – для дорог). При взаимодействии с атмосферными осадками этот мусор попадает в централизованные системы водоотведения, что нарушает их работу («Правила холодного водоснабжения и водоотведения»). Для решения данной проблемы были проведены экспериментальные исследования по оценке возможностей удаления мусора из поверхностного стока с помощью фильтра ФОПС®-К (корзинного типа). В качестве экспериментальной селитебной территории, на которую поступал мусор биологического,

антропогенного и техногенного происхождения, была выбрана площадка кампуса университета. Результаты тестовых испытаний фильтра ФОПС®-К в течение двух циклов (каждый по 12 месяцев) показали, что его применение обеспечивает очистку поверхностного стока не только от крупного мусора, но и от значительной части песка (3/4 сухой общей массы) до размера исключения 0,04 мм. Установлено, что все компоненты мусора, собранные фильтром, содержат нефтепродукты в количестве 3–66,3 г/кг. В процессе испытаний удаление мусора из фильтра ФОПС®-К проводилось периодически (один раз в 3 месяца).

Ключевые слова: удаление мусора, селитебная территория, поверхностный сток, фильтр ФОПС®.

Experience of all-season use of FOPS®-K filter to remove debris from the surface runoff of a residential area

M. A. Grekov¹, S. V. Elagin², G. L. Kozinets³, V. N. Chechevichkin⁴, L. V. Leonov⁵, A. I. Klokov⁶, A. V. Chechevichkin⁷, L. A. Iakunin⁸

¹ Grekov Mikhail, Ph. D. (Engineering), Vice-Rector for Engineering and Technical Support and Construction, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

29 Politekhnikheskaia 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 Polytechnic University

29 Politekhnikheskaia 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 Civil Engineering Institute, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

29 Politekhnikheskaia 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 the industrial wastewater and surface runoff treatment» of the Higher School of Hydraulic and Energy Construction of the Civil Engineering Institute, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

29 Politekhnikheskaia 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, Department of Analysis and Technological Development of Water Supply and Wastewater Disposal Systems, SUE «Vodokanal of St. Petersburg»

42 Kavalerghardskaia 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 of the «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

For citation: Grekov M. A., Elagin S. V., Kozinets G. L., Chechevichkin V. N., Leonov L. V., Klokov A. I., Chechevichkin A. V., Iakunin L. A. Experience of all-season use of FOPS®-K filter to remove debris from the surface runoff of a residential area. *Vodosnabzhenie i Sanitarnaya Tekhnika*, 2023, no. 4, pp. 37–44. DOI: 10.35776/VST.2023.04.05. (In Russian).

In residential areas that are places of residence and various activities of the population, a significant amount of solid materials of various origin and dispersion is formed that can be defined as debris (or municipal sweepings for roads). While interacting with atmospheric precipitation, this debris enters public wastewater disposal systems disrupting their operation («Rules for cold water supply and wastewater disposal»). To solve this problem, experimental studies were carried out to estimate possible removing debris from surface runoff using a FOPS®-K filter (basket type). The premises of the university campus was chosen as an experimental residential area where debris of biological, anthropogenic and technogenic origin accumulated. The results of testing FOPS®-K filter for two cycles (each for 12 months) showed that using the filter provided for removing not only large debris but also a significant part of the sand (3/4 of the total dry matter) from the surface runoff up to the size except 0.04 mm. It was established that all components of the debris captured by the filter contained 3–66.3 g/kg of oil products. During the tests, the debris was regularly removed from FOPS®-K filter (once every 3 months).

Key words: debris removal, residential area, surface runoff, FOPS®filter.

Территории крупных городов, в том числе и Санкт-Петербурга, подвергаются постоянному негативному воздействию, главным образом за счет автотранспорта, в результате эксплуатации которого в поверхностный сток поступает широкий спектр загрязнений, находящихся в различных фазовых состояниях [1].

Селитебные территории в крупных городах, как правило, содержат зеленые насаждения, являющиеся для поверхностного стока источником достаточно большого количества мусора растительного происхождения. Регулярное скашивание травы на газонах современными средствами (по сути, ее измельчение) также сильно

загрязняет поверхностный сток. Кроме того, в городах весьма важным фактором загрязнения служит антропогенный мусор: отходы пластиковых изделий, окурки, бумага, стекло. Часто для сбора такого рода мусора, а также листьев у края дороги используют машины с поливомоечным и мусоросметающим оборудованием, в результате деятельности которых происходит частичный сброс мусора в колодцы централизованной системы водоотведения селитебных территорий.

В соответствии с Постановлением 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» (с изменениями на 30 ноября 2015 г.), такой мусор должен удаляться из поверхностного стока перед его сбросом в централизованную систему водоотведения.

Поскольку даже в самой современной лаборатории очень сложно смоделировать поверхностный сток с мусором, натурные испытания для изучения возможностей очистки на реальном объекте чрезвычайно ценны для практических рекомендаций.

Выбранная для испытаний селитебная территория кампуса университета общей площадью 0,35 га представляла собой поверхность водосбора, состоящую из кровель зданий, асфальтового покрытия автомобильной дороги, тротуаров и автопарков (легковой транспорт), а также газонов, на которых росли деревья и кустарники. Участки территории водосбора различного функционального назначения представлены на рис. 1 и выделены отдельно.

На рис. 1 видно, что стоянки легкового автомобильного транспорта были обустроены в трех местах. Максимальная заполненность стоянок припаркованными автомобилями составила 20 машиномест. Дорога на исследуемой территории представляет собой Т-образный перекресток, который служит причиной снижения скорости автотранспорта на подъезде к нему с обеих сторон. Движение на дороге осуществлялось в течение 12 часов (с 08:00 до 20:00), а в остальные 12 часов транспорт отсутствовал, так как въезд на территорию кампуса закрыт. Максимальная интенсивность движения по дороге в осенне-зимне-весенний период составила 120 машин в час, в летний период – 70 машин в час. По этому показателю данный участок дороги может быть отнесен к IV категории автодорог (от 401 до 2000 автомобилей в сутки) в соответствии с СП 34.13330.2021 «СНиП 2.05.02-85* Автомобильные дороги».

На рис. 1 стрелками обозначены направления, по которым поверхностный сток с исследуемой территории поступал на дождеприемную решетку колодца с испытуемым фильтром ФОПС®. На проезжую часть дороги, то есть непосредственно в водосток к колодцу, постоянно попадали листья, соцветия и плоды с деревьев и кустарников, а также скошенная трава с газонов. В период наблюдений на данной территории регулярно проводились поливомоечные мероприятия с целью смыва песка, листьев и мусора к обочинам дороги, что способствовало дополнительному их поступлению на испытуе-



Рис. 1. Схема территории водосбора

1 – колодец с испытуемым фильтром ФОПС®-К-0,58; 2 – байпасный колодец

мый фильтр ФОПС®. На тротуарах, проходящих вдоль зданий, наблюдалось перемещение значительного числа людей (студентов, преподавателей и др.), а в непосредственной близости к водосливной решетке колодца – нахождение стихийных курильщиков.

На исследуемой селитебной территории рядом с колодцем с испытуемым фильтром ФОПС® располагался дождеприемный колодец без фильтра, выполнявший роль байпаса (рис. 1), в который сбрасывался избыточный поверхностный сток от интенсивных дождей.

В процессе работы изучалась возможность очистки поверхностного стока с селитебной территории от мусора с помощью фильтра ФОПС®-К (корзинного типа), выпускаемого серийно ООО «Аква-Венчур®» (Санкт-Петербург).

Фильтр ФОПС®-К представляет собой сборную сварную конструкцию в виде фильтрующей корзины с водопроницаемым нижним днищем, выполненной из листового полиэтилена низкого давления. Фильтр предназначен для очистки поверхностных (ливневых, талых и дренажных) сточных вод с селитебных территорий и территорий промышленных предприятий.

Испытуемый фильтр ФОПС®-К-0,58 был установлен в соответствии с рекомендациями пособия [2] в канализационный колодец диаметром 1 м, обустроенный с использованием стандартных железобетонных элементов (ГОСТ 8020-90), на разборное опорное кольцо ОК-1,0-0,58-РА (СТО 64235108-005-2016, ООО «Аква-Венчур®»). Колодец сверху был закрыт дождеприемником ДБ2-В125-1-60 (ГОСТ 3634-99). Перед монтажом опорного кольца колодец был очищен и промыт чистой водой для удаления каких-либо видимых загрязнений на его дне.

На рис. 2 приведена схема канализационного колодца с установленным в нем фильтром ФОПС®-К-0,58. На рис. 3 представлен внешний вид канализационного колодца с установленным в нем разборным опорным кольцом, а также схема крепления разборного опорного кольца ОК-1,0-0,58-РА внутри колодца.

При изучении возможностей использования фильтров ФОПС®-К для удаления мусора из поверхностного стока с селитебной территории осуществлялось извлечение фильтра из его штатного места в канализационном колодце и удаление из него мусора, накопившегося за определенный период (сезон – 3 месяца). Далее фильтр устанавливался на свое штатное место в канализационный колодец на опорное кольцо, которое также очищалось от мусора перед удалением фильтра из колодца.

После сбора мусор доставлялся в лабораторию, где высушивался на открытом воздухе при температуре 18–20 °С до постоянного веса в течение не менее двух недель и взвешивался на весах МК-15,2-21 (ООО «Масса-К», Россия) с точностью ±0,001 кг. Лабораторное исследование мусора, изъятых из фильтра ФОПС®-К, проводилось на базе научно-исследовательской лаборатории «Технологии очистки промышленных и поверхностных сточных вод» Высшей школы гидротехнического и энергетического строительства Инженерно-строительного института ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого».

Предварительное разделение мусора на фракции для последующей сортировки и обработки проводили на лабораторном ситовом анализаторе АП-20 («Вибротехник», Россия) с набором аттестованных сит. Количество той или иной

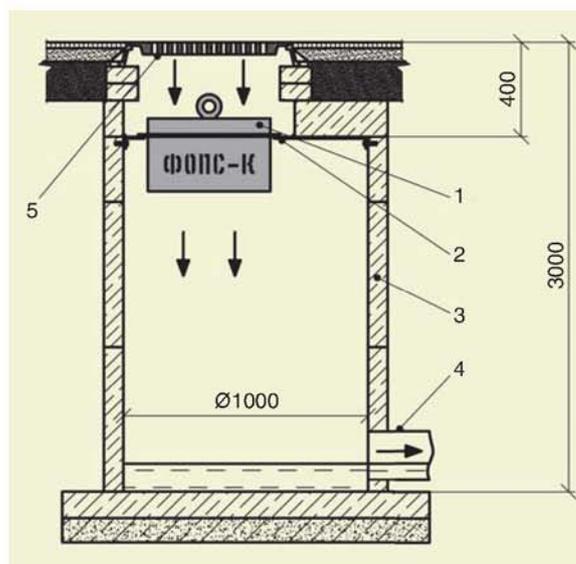


Рис. 2. Схема дождеприемного колодца с установленным фильтром ФОПС®-К-0,58

1 – фильтр ФОПС®-К-0,58; 2 – разборное опорное кольцо ОК-1,0-0,58-РА; 3 – дождеприемный колодец; 4 – трубопровод отведения очищенного поверхностного стока; 5 – дождеприемная решетка

фракции определялось по массе остатка на сите с соответствующим размером ячейки. Сортировку мусора на компоненты проводили вручную с соблюдением мер безопасности.

Определение нефтепродуктов, содержащихся в отдельных компонентах мусора, проводили из воздушно-сухих навесок (сушка 8 часов при 40 °С в термостате) после их дополнительного измельчения (фракция 2–5 мм). Экстракцию нефтепродуктов проводили четыреххлористым углеродом класса 0 для ИК-спектроскопии (ООО «Экрос», Россия). Концентрацию нефтепродуктов в экстрактах определяли стандартным методом с использованием хроматографиче-

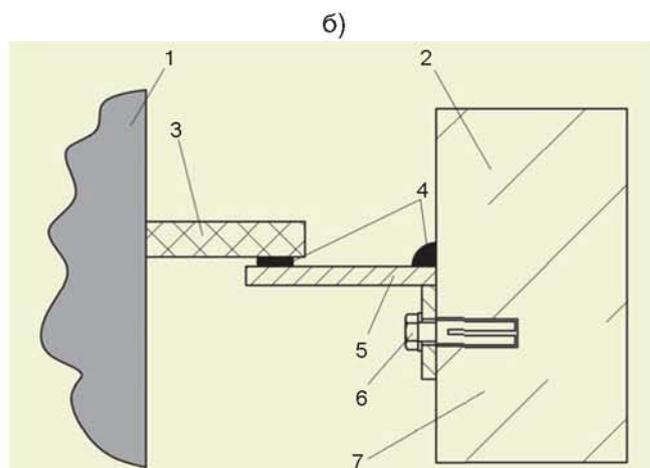
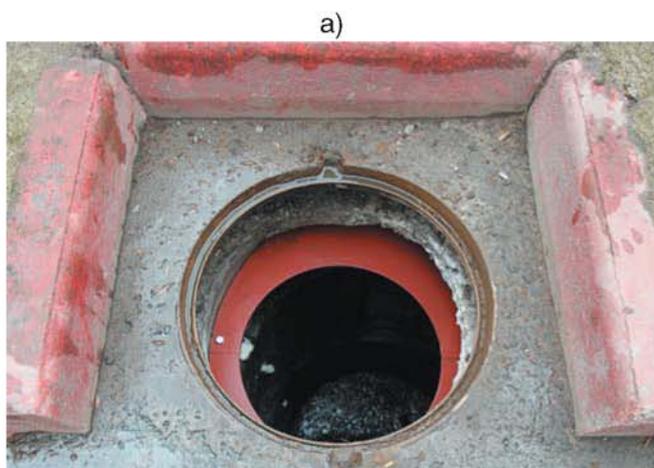


Рис. 3. Внешний вид испытательного канализационного колодца с установленным в нем опорным кольцом ОК-1,0-0,58-РА (а) и схема его крепления в колодце (б)

1 – корпус фильтра ФОПС®-К; 2 – стеновое кольцо; 3 – фланец фильтра; 4 – герметик; 5 – опорное кольцо ОК-1,0-0,58-РА; 6 – анкерный болт; 7 – крепежный элемент кольца

ского окончания и концентратомера ИКН-025 («Сибэкоприбор», Россия).

Химический состав поверхностного стока с исследуемой территории был определен ранее и представлен в [3]. Данный сток может быть охарактеризован как сильнозагрязненный с преобладанием в нем мелкодисперсных взвешенных веществ и нефтепродуктов, а также железа общего и марганца. Основным источником химического загрязнения поверхностного стока с данной селитебной территории служит автотранспорт.

Следует отметить, что кроме техногенно-химического загрязнения данная селитебная территория подвергалась еще и интенсивному растительному, а также антропогенному загрязнению. Растительное загрязнение определялось наличием газонов с деревьями, кустарниками, травой и происходило в течение всего года: весной – семена ясеня, почки и цветы растений и деревьев; летом – скошенная трава, листья, пух, плоды и семена; осенью – листья, плоды и семена, трава; зимой – семена ясеня, неубранные листья.

Антропогенное загрязнение исследуемой территории происходило вследствие большого потока людей, проходящих по ней в рабочее время (с 8:00 до 20:00 часов) в количестве от 20 до 30 человек в минуту (среднее) и от 60 до 70 человек в минуту (пиковое).

В зимний период территория подвергалась техногенному загрязнению песком и крошкой гранита во время противогололедных мероприятий.

На испытуемом фильтре ФОПС®-К, находящемся в канализационном колодце под водосливной решеткой (расстояние от верхнего края фильтра до решетки 0,4 м), во время круглогодичной эксплуатации собирался весь мусор



Рис. 4. Выемка фильтра ФОПС®-К-0,58 из канализационного колодца

с вышеописанной селитебной территории с ограничением по крупности, определяемой шириной отверстий водосливной решетки 38–50 мм (ГОСТ 26008-83). Количество мусора, поступающего в канализационный колодец, значительно различается по сезонам. Крупная листва (листья клена) осенью во время листопада в фильтр практически не поступает, так как задерживается водосливной решеткой дождеприемника и сметается при последующей штатной уборке территории. При морфологическом анализе мусора были обнаружены более мелкие листья деревьев (береза, дуб, липа, ясень, рябина, сирень, вишня и др.).

Выемка фильтра ФОПС®-К из канализационного колодца производилась вручную (рис. 4). Масса влажного мусора колебалась в широких пределах – от 18,5 до 90,2 кг.

Удаление мусора из корзины фильтра производилось путем его опрокидывания (рис. 5) на чистый сухой асфальт, затем остатки мусора с поверхностей фильтра удалялись ручными щетками. После чистки фильтр возвращался в ка-



Рис. 5. Выгрузка мусора из корзины фильтра ФОПС®-К

а – фильтр после извлечения из канализационного колодца; б – выгрузка мусора из фильтра

Сезон	Год	Количество мусора (по сухому веществу)			
		общее, кг	отклонение, %	в пересчете на 1 м ³ стока, г/м ³	отклонение, %
Весна	2018	2,03	37,1	18,4	1,1
	2019	4,424		18,4	
	Среднее	3,227		18,4	
Лето	2018	5,12	2,1	16,3	5,9
	2019	5,344		18,2	
	Среднее	5,232		17,3	
Осень	2018	2,706	8,1	11	6,8
	2019	2,3		6,6	
	Среднее	2,503		8,8	
Зима	2018	8,4	12,3	50,6	10,9
	2019	6,56		39,5	
	Среднее	7,48		45,1	
Суммарно за год	2018	18,256	1,1	24	5,4
	2019	18,678		21,4	
	Среднее	18,467		22,7	

нализационный колодец на свое штатное место (опорное кольцо).

Количество мусора, определенное по сезонам в 2018–2019 и 2019–2020 годах, представлено в табл. 1, включая значения, пересчитанные на 1 м³ поверхностного стока.

Данные табл. 1 свидетельствуют о том, что значительная масса осадка (в основном крупный песок) образуется в зимний период, чему способствуют антигололедные мероприятия (посыпание дорог песком, гранитным отсевом, песчано-солевыми смесями). Значительное количество мусора образуется и летом по причине скашивания травы, цветения деревьев (т. е. образования мелких растительных фрагментов, смываемых дождем, а также в результате поливочных мероприятий, увеличивающих их поступление в централизованную систему водоотведения).

Определение объема поверхностного стока, прошедшего через фильтр ФОПС®-К за период испытаний, производилось отдельно для теплого и холодного периодов каждого года на основании указаний СП 32.13330.2018 «СНиП 2.04.03-85 Канализация. Наружные сети и сооружения» и [4].

В качестве исходной базы для определения количества осадков за период испытаний были использованы предоставленные ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» официальные данные автоматизированной информационной системы учета атмосферных осадков АИС «Осадки» [5], собранные на метеопосту ВНС «Кушелевская».

Данные табл. 1 демонстрируют некоторые особенности образования и учета мусора при поступлении его с поверхностного стока в централизованную систему водоотведения.

Весной мусора образуется меньше по причине малого поступления растительных остатков и ввиду уборки к календарному началу весны песка от зимних антигололедных мероприятий. Однако это бывает не всегда, и данные табл. 1 показывают значительные расхождения по годам именно в этот период (37,1%), в то время как в другие периоды (лето, осень) эти отличия составляют не более 8%. Несколько большая вариабельность по зимнему периоду (12,3%) связана с антигололедными мероприятиями (в результате чего в поверхностный сток попадает песок), количество которых трудно прогнозировать.

Количество мусора за летний сезон выше в 2 раза, чем за осенний, поскольку в это время в поверхностный сток поступает значительное количество скошенной (по сути, измельченной) травы, плодовых деревьев (клен, ясень, липа, дуб, рябина), пуха (тополь, ива, осина), а также частиц грунта с газонов. Осенью листья, которые проходят через водосливную решетку дождеприемника и попадают в корзину фильтра, не оказывают значительного влияния, а скашивание травы, как правило, прекращается. В образцах летнего мусора следует отметить наличие большого количества дождевых червей, живущих на нем, несмотря на значительное содержание в поверхностном стоке нефтепродуктов.

Таблица 2

Компонент мусора	Размер частиц, мм	Концентрация нефтепродуктов, мг/г
Песок	0,1–2	2,95
Камни	2–40	0,08
Веточки	–	10,41
Листья	–	18,42
Мусор	2–20	30,55
Обертки (пластик)	–	11,24
Окурки	–	48,22
Скошенная трава	–	66,32
Семена ясеня	–	32,48

Помимо мусора, фильтр ФОПС®-К (размер отверстий решетки фильтра 5 мм) достаточно хорошо удаляет из поверхностного стока взвешенные вещества (песок различной крупности). В корзине фильтра образуется подобие намывного песчаного фильтра, в итоге задерживающего и мелкие частицы (менее 0,5 мм).

При всесезонной (круглогодичной) эксплуатации любых очистных сооружений (практически на всей территории России), находящихся вне отапливаемых строений, крайне важным является вопрос о сохранении их работоспособности после периода отрицательных температур. Испытания фильтра проходили в течение двух периодов отрицательных температур: 2018–2019 годы (с минимальной температурой –22,6 °С) и 2019–2020 годы (с минимальной температурой –8,9 °С).

После проведения испытаний все элементы корпуса фильтра ФОПС®-К сохранили свое функциональное назначение и возможность дальнейшего применения в соответствии с СТО 64235108-002-2016 ООО «Аква-Венчур®», а отложений взвешенных веществ на дне испытательного колодца во время его эксплуатации не наблюдалось.

Мусор, удалявшийся из фильтра ФОПС®-К во время плановых изъятий (один раз в конце сезона), был подвергнут морфологическому анализу, в результате которого были выделены следующие группы: листья, проходящие через водосливную решетку (береза, дуб, ясень, липа, сирень, рябина, вишня и др.); скошенная, измельченная сухая трава; мелкие ветки; плоды (рябина, боярышник, черемуха, желуди), семена (ясень, клен, береза, липа), тополиный и ивовый пух, соцветия (сережки тополя, ивы, черемухи, березы, ольхи); бумажные и пластиковые обертки, скотч, веревки и нитки; окурки; мелкие камни, фрагменты кирпича, бетона; песок различной крупности; фаунистические остатки (мертвые насекомые) и живые представители (черви). В ходе анализа также было оценено содержание нефтепродуктов, поглощенных из поверхностного стока различными компонентами мусора.

В работах [1; 3] было показано, что песок и мусор поглощают значительное количество нефтепродуктов, причем адсорбционные, адгезионные и капиллярно-кинетические свойства различных составляющих мусора значительно отличаются.

В табл. 2 представлены значения удельного (в пересчете на массу в 1 г конкретного компонента мусора) содержания нефтепродуктов, экстрагированных четыреххлористым углеродом из раз-

личных компонентов собранного и высушенного мусора.

Из табл. 2 видно, что все компоненты мусора (кроме камней) в той или иной степени поглощают нефтепродукты из поверхностного стока (с автодороги IV категории). Ветки, листья и крупный песок содержат нефтепродукты в разных концентрациях, однако отделенный от крупных частиц мусор (фракция 2–20 мм) содержит его в 2–3 раза больше. Максимальные значения содержания нефтепродуктов были обнаружены в экстрактах скошенной сухой травы, окурков и сухих семян ясеня. Столь высокая поглотительная способность этих материалов связана, по видимому, с их развитой капиллярно-пористой структурой, способной впитывать в первую очередь пленочные крупноэмульгированные нефтепродукты. В этом смысле мусор в корзине фильтра ФОПС®-К можно рассматривать как своего рода нефтезащитный бон. При этом впитывающая способность по нефтепродуктам сухого растительного субстрата должна быть выше, чем исходного (сырого), по причине удаления воды из капилляров и пор, способствующего гидрофобизации этого субстрата.

Таким образом, мусор, поступающий на фильтр ФОПС®-К вместе с поверхностным стоком с селитебных территорий и с полотна автодорог, служит дополнительным барьером для поступления взвешенных веществ и нефтепродуктов в централизованные системы водоотведения. Поэтому для продления ресурса работы сорбционных фильтров (типа ФОПС®-МУ, ФОПС®-У [2]) перед ними целесообразно устанавливать фильтры ФОПС®-К. Мусор, удаляемый из поверхностного стока селитебной территории, является отходом IV класса опасности, например, коды ФККО: 72100001714, 72105111715 или 72111111204 в соответствии с Приказом Росприроднадзора от 22 мая 2017 г. № 242 «Об утвержде-

нии Федерального классификационного каталога отходов» (в редакции от 16 мая 2022 г.).

Выводы

1. В процессе испытаний в период 2018–2019 и 2019–2020 годов фильтр ФОПС®-К-0,58 обеспечил очистку загрязненных дождевых и талых сточных вод от мусора и песка при сбросе стока в централизованную систему водоотведения Санкт-Петербурга.
2. После эксплуатации в течение двух зимних периодов фильтр ФОПС®-К-0,58 сохранил свои конструктивные и функциональные свойства.
3. Мусор, задержанный фильтром ФОПС®-К-0,58, имел сложный морфологический состав и содержал нефтепродукты, что настоятельно диктует необходимость удаления такого мусора из поверхностного стока селитебных территорий и утилизации его как малоопасного отхода.
4. Фильтр ФОПС®-К-0,58 показал возможность удаления мусора совместно с растительными остатками и песка, количество которого составило около 3/4 от общей массы сухого мусора.

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. Чечевичкин А. В. Проектирование и применение локальных очистных сооружений поверхностного стока на основе фильтров ФОПС®. – СПб.: Любавич, 2017. 176 с.
3. Ватин Н. И., Греков М. А., Леонов Л. В., Проби́рский М. Д., Рублевская О. Н., Чечевичкин А. В., Якунин Л. А. Опыт всесезонной эксплуатации фильтра ФОПС® при очистке поверхностного стока с техногенно-нагруженной селитебной территории // Водоснабжение и санитарная техника. 2018. № 8. С. 40–50.
4. Рекомендации по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока с селитебных территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты: методическое пособие. – М., НИИ ВОДГЕО, 2015. 146 с.
5. Михайлов Д. М., Синькевич Т. А., Пашковский Д. О. Создание автоматизированной информационной системы учета атмосферных осадков // Вода Magazine. 2016. № 3 (103). С. 12–15.

REFERENCES

1. Chechevichkin V. N., Vatin N. I. [Specific features of the composition and treatment of surface runoff in large cities]. *Inzhenerno-Stroitel'nyi Zhurnal*, 2014, no. 6, pp. 67–74. (In Russian).
2. Chechevichkin A. V. *Proektirovanie i primeneniye lokal'nykh ochistnykh sooruzhenii poverkhnostnogo stoka na osnove fil'trov FOPS®* [Designing and operating surface runoff local treatment facilities based on FOPS® filters. Saint-Petersburg, Liubavich Publ., 2017, 176 p.].
3. Vatin N. I., Grekov M. A., Leonov L. V., Probirskii M. D., Rublevskaia O. N., Chechevichkin A. V., Iakunin L. A. [The experience of year-round operation of FOPS® filter in the purification of surface runoff from technologically disturbed residential area]. *Vodosnabzhenie i Sanitarnaia Tekhnika*, 2018, no. 8, pp. 40–50. (In Russian).
4. *Rekommendatsii po raschetu system 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: study guide. Moscow, NII VODGEO Publ., 2015, 146 p.].
5. Mikhailov D. M., Sin'kevich T. A., Pashkovskii D. O. [Designing a computerized information system for recording atmospheric precipitation]. *Voda Magazine*, 2016, no. 3 (103), pp. 12–15. (In Russian).

ВНИМАНИЮ АВТОРОВ!

ВСТ

ВОДОСНАБЖЕНИЕ
И САНИТАРНАЯ ТЕХНИКА



Напоминаем, что все статьи, полученные редакцией журнала «Водоснабжение и санитарная техника», обязательно подвергаются рецензированию, по результатам которого решается вопрос о целесообразности публикации.

Требования к статьям:

- Статьи должны соответствовать тематике журнала. Объем статьи – примерно 10–12 страниц (размер шрифта 12, полуторный интервал).
- Статьи должны включать реферат (примерно 100–150 слов) и ключевые слова (от 5 до 10).
- В каждой статье должны быть указаны данные об авторах: фамилия, имя, отчество (полностью), ученая степень, должность, место работы, контактная информация (служебный адрес, телефон, e-mail).
- Рисунки (графики, схемы) должны быть представлены в отдельных файлах в программах Corel Draw, Adobe Illustrator, MS Excel, AutoCAD (в тех программах, в которых они были изначально подготовлены).
- Фотографии должны быть выполнены в форматах TIF или JPG с разрешением не менее 300 ppi.

Редакция ждет Ваши статьи. Высылать материалы можно по электронной почте: vst-msk@list.ru или post@vstnews.ru.