

УДК 625.7

Совершенствование технологии очистки поверхностного стока с мостовых переходов на автомагистралях

Авторы:

Винокуров Константин Игоревич, магистр, Высшая школа промышленно-гражданского и дорожного строительства, Инженерно-строительный институт, ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», E-mail: ko.vinokurov@gmail.com.

Лазарев Юрий Георгиевич, д.т.н., профессор, Высшая школа промышленно-гражданского и дорожного строительства, Инженерно-строительный институт, ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», E-mail: lazarev_yug@spbstu.ru.

Чечевичкин Алексей Викторович, инженер, научно-исследовательская лаборатория «Технологии очистки промышленных и поверхностных сточных вод», Высшая школа гидротехнического и энергетического строительства, Инженерно-строительный институт, ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», E-mail: chechevichkin_av@spbstu.ru.

Чечевичкин Виктор Николаевич, канд. хим. наук, заведующий лабораторией, научно-исследовательская лаборатория «Технологии очистки промышленных и поверхностных сточных вод», Высшая школа гидротехнического и энергетического строительства, Инженерно-строительный институт, ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», E-mail: chechevichkin_vn@spbstu.ru.

Якунин Леонид Александрович, инженер, научно-исследовательская лаборатория «Технологии очистки промышленных и поверхностных сточных вод», Высшая школа гидротехнического и энергетического строительства, Инженерно-строительный институт, ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», E-mail: yakunin_la@spbstu.ru.

Аннотация: В статье рассматривается новый технологический подход к проблеме очистки поверхностного стока с мостовых переходов, основанный на использовании сорбционно-фильтрующих материалов в виде комбинации компактных и удобных в эксплуатации фильтров ФОПС®. Методом фотовизуализации, а также измерений непосредственно на объекте, проведено исследование состояния, существующего на КАД Санкт-Петербурга сооружения для очистки поверхностного стока с мостового перехода в виде гидробиотической площадки (ГБП). Проведён сравнительный анализ технологических схем строительства и эксплуатации очистных сооружений с применением фильтров ФОПС® и емкостных очистных сооружений (ЕОС). Для конкретного участка КАД Санкт-Петербурга (Беляевский мост) по соответствующим методикам произведены расчёты максимального объёма поверхностного стока, направляемого на очистку, а также платы за негативное воздействие на окружающую среду. Для очистного сооружения с использованием фильтров ФОПС® рассчитаны капиталовложения в реконструкцию существующего сооружения и определён срок его окупаемости, составивший шесть лет.

Ключевые слова: Поверхностный сток, очистка стока с автодорог, гидробиотические площадки (ГБП), фильтры ФОПС®, емкостные очистные сооружения (ЕОС)

Abstract: The new technological approach to the problem of the treatment of the surface runoff from bridge crossings, based on the use of sorption-filtering materials in the form of the combination of the compact and easy-to-use FOPS® filters, is discussed in the article. The condition investigation of the existing facility in the form of the constructed wetland for the treatment of the surface runoff from the bridge crossing at the Ring Road of St. Petersburg was held by the method of photovisualization together with measurements directly at the facility. The comparative analysis of the process diagrams of the construction and operation of the treatment facilities using the FOPS® filters and the tank treatment facilities was carried out. According to the relevant methods the calculations of the maximum volume of the surface runoff sent for treatment, as well as the fees for the negative environmental impact were made for the specific section of the Ring Road of St. Petersburg (Beliaevskii Bridge). The capital investments in the reconstruction of the existing structure have been calculated for the treatment facility based on the FOPS® filters. The payback period was determined and amounted to six years.

Keywords: Surface runoff, highway surface runoff treatment, constructed wetlands, FOPS® filters, tank treatment facilities.

ВВЕДЕНИЕ

Формирование автотранспортной системы России в настоящее время значительно ускоряется как в плане строительства новых дорог и их инфраструктуры, так и реконструкции старых. Основопологающим документом, определяющим стратегию в этой области, является Национальный проект «Безопасные и качественные автомобильные дороги» [1, 2], принятый в 2018 году.

Рост количества автотранспорта и увеличение интенсивности его движения на дорогах приводит к возрастанию загрязнения прилегающих территорий и водных объектов.

Поверхностный сток (ПС) с автодорог, степень загрязненности которого возрастает с увеличением интенсивности движения на дорогах, в настоящее время оценивается как сильнозагрязненный [3–5] и требует безусловной очистки его в полном объеме [6]. Арсенал методов очистки ПС в настоящее время достаточно богат [7], однако требования одновременного обеспечения высокой эффективности, низкой стоимости эксплуатации, а также способности работы в самотечном режиме (при отсутствии подвода к ним электроэнергии) снижают возможности применения большинства из них.

Считается, что наиболее доступными подходами при создании локальных очистных сооружений (ЛОС), является применение гидротехнических площадок (ГБП), емкостных очистных сооружений (ЕОС) и сорбционно-фильтрационных элементов, расположенных в стандартных канализационных колодцах.

Одной из наиболее распространенных и доступных реализаций последнего подхода является создание очистных сооружений на основе фильтров ФОПС® [8–10]. ГБП в климатических условиях

России малоэффективны, что связано с коротким периодом вегетации растений в них, а также промерзанием водоемов ГБП на всю глубину в период заморозков [6, 11–13]. Применение в конструкции ГБП габионных конструкций (например, матрацев Рено) приводит к трудностям удаления накопившихся взвесей (в том числе и токсичных), а также дополнительному загрязнению вод продуктами коррозии материала сеток, из которого они сделаны (железо, цинк). Наконец, использование в качестве сорбционного элемента модулей из шунгита (практически неактивного в сорбционном отношении материала) значительной крупности (булыжники размером до 100 x 120 мм) делает все разговоры о глубокой сорбционной очистке на ГБП, в лучшем случае, «научным пиаром».

Недостатками сооружений на основе ЕОС являются: большие объемы земляных и бетонных работ при их строительстве и ручного труда при эксплуатации, а также невозможность глубокой сорбционной доочистки на выходе стока из сооружения [9, 10].

ЛОС на основе фильтров ФОПС® [3, 9] не имеют вышеуказанных недостатков, присущих двум предыдущим типам очистных сооружений. К их достоинствам можно отнести: минимальные затраты при строительстве и эксплуатации, простоту обслуживания, компактность и быстроту удаления отходов водоочистки, а также удобство размещения этих отходов в специально обустроенных местах [7].

Мостовые переходы через водные объекты, являясь неотъемлемой частью автодорожной инфраструктуры, могут быть отнесены к гидротехническим сооружениям, которые располагаются над частью их акватории. ПС с мостов в случае отсутствия надлежащего сбора и очистки попадает с их

поверхности (в основном с проезжей части) напрямую в водные объекты и загрязняет их. Наиболее часто применяемые антигололедные материалы (хлориды натрия, кальция и магния), попадая на конструкции мостовых переходов, способствуют увеличению их коррозии, что, в свою очередь, приводит к дополнительному загрязнению ПС тяжелыми металлами. Сбору и очистке поверхностного стока с мостов, как правило, уделяют внимание в общем порядке как к продолжению автодорог [13, 14], однако эти объекты имеют свои особенности. Одним из важнейших аспектов является то, что на мостах возможен только сбор и отведение стока с проезжей части, а расположение самих очистных сооружений либо технически затруднительно, либо не позволяет обеспечить высокие требуемые характеристики очистки (до норм сброса в рыбохозяйственные водоемы). Попытки разместить сорбционно-фильтрационные элементы (а другие типы очистных устройств на конструкциях мостов невозможно разместить) над акваторией и сбрасывать очищенный сток непосредственно в водный объект [15, 16] несостоятельны по причине невозможности осуществить сверхвысокоэффективную очистку на одном устройстве (каскаде очистки) очень сильно загрязненного стока до крайне низких (по сравнению с зарубежными) нормативов, требуемых при сбросе вод в рыбохозяйственные водоемы России. Кроме того, сложности с обслуживанием таких устройств (замена отработанного сорбента, удаление мусора, отбор проб для контроля и т.д.) делают наличие таких «очистных сооружений» прямым обманом, поскольку контроль качества очистки практически не проводится, а замена отработанных материалов и уда-



а)



б)

Рис. 1. Внешний вид существующего на КАД СПб сооружения для сбора и очистки ПС: а) – вид на Беляевский мост; б) – вид на отведение стока в р. Охту

ление мусора проводятся крайне редко или совсем не проводятся. Цель работы: предложить современную высокоэффективную технологию очистки ПС (до норм сброса в рыбохозяйственные водоемы), с помощью которой можно реконструировать существующие и неудовлетворительно работающие ЛОС на основе ГБП.

Задачи:

1. Оценить и зафиксировать неудовлетворительное состояние ЛОС на основе реальной ГБП, предназначенной для очистки ПС с мостового перехода (Беляевский мост);
2. Сравнить технологические схемы строительства и текущей эксплуатации ЛОС на основе ЕОС и фильтров ФОПС®;
3. Рассчитать объем очищаемого ПС с выбранной площади водосбора мостового перехода и размер платы за негативное воздействие на окружающую среду;
4. Рассчитать стоимость реконструкции (демонтаж и утилизация) существующей ГБП и строительства нового ЛОС на основе фильтров ФОПС®;
5. Рассчитать сроки окупаемости вложений в реконструкцию существующего ЛОС.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Кольцевая автодорога Санкт-Петербурга (КАД СПб), как объект с интенсивным автомобильным движением, оказывает негатив-

ное влияние на окружающую среду и находится под постоянным контролем природоохранных органов и общественности [10, 17]. В качестве объекта возможной реконструкции существующего очистного сооружения на КАД СПб было взято существующее сооружение на основе ГБП, расположенное на правом берегу реки Охты у Беляевского моста (39-й км внешнего кольца). Как видно из рис. 1, состояние водной растительности в пруду (фото сделано в июле – т.е. в период максимальной ее вегетационной активности) очень далеко до рекомендованного в ОДМ 218.8.005–2014 [6]. Несколько чахлах кустиков рогоза вряд ли обеспечат какую-либо биологическую очистку ПС с требуемой производительностью (~ 26 м³/час) для этой площади водосбора. Кроме того, для обеспечения процесса сорбционной доочистки с помощью шунгитовых фильтрующих кассет размером 0,5x0,5x1,0 м, заложенных в конструкцию ГБП в соответствии с [6], их потребуется не менее 24 шт. (а не одна, как видно из рис. 1), что вытекает из элементарных гидравлических расчетов ламинарного движения жидкости через пористую зернистую среду [18, 19] и рекомендуемых линейных скоростей для осуществления сорбционных процессов в жидких средах [20]. Важной особенностью данной ГБП является ее расположение, фактически, на самом берегу р. Охты, что

приводит к возможности инфильтрационного стока части накопившихся в пруду вод через тело габионных ограждающих конструкций прямо в реку, минуя кассету с шунгитовой загрузкой. Расположение уреза воды в пруду значительно ниже порога фильтрующей кассеты (рис. 1-б) и практически на одном уровне с уровнем воды в р. Охте, делает это предположение весьма вероятным.

Следует также отметить очень большую глубину пруда, которая практически не используется для накопления стока, поскольку шунгитовая кассета, исполняющая во время интенсивных дождей роль переливного порога, расположена более, чем на 3 метра ниже верхней кромки берегов пруда. При детальном осмотре элементов сооружения было обнаружено наличие мусора в водораспределительных камерах (рис. 2-а) и в канавах, выполненных из габионных конструкций. Эти каналы в отличие от бетонных лотков практически полностью заросли травой и плохо пропускают сток, что приводит к их заилению (рис. 2-б). Кроме того, во всех элементах сооружения на линии соприкосновения сеток габионов с водой обнаруживалась интенсивная коррозия этих сеток [10]. Таким образом, существующее на КАД СПб сооружение на основе ГБП, выполненное из габионных конструкций, является малоэффективным и труднообслуживаемым сооружением, выполняющим исключительно роль пруда-отстойника, опасного в экологическом отношении, поскольку осевшие на его дне в течение многих лет загрязнения, представляют реальную опасность для расположенного рядом притока Невы – реки Охты. Чем можно заменить существующее неэффективное сооружение? Из наиболее доступных по цене и возможности круглогодичной



а)



б)

Рис. 2. Внешний вид некоторых элементов очистного устройства на основе ГБП: а) – водораспределительная камера; б) – канава для сбора стока на основе габионных конструкций

эксплуатации в условиях автодорог, выбор невелик: а) сооружения емкостного (септикового) типа; б) сооружения на основе стандартных канализационных колодцев.

Всесторонне проработанными и широко внедренными в народное хозяйство являются сооружения на основе стандартных железобетонных колодцев и фильтров ФОПС® [8]. Эти сооружения компактны, наиболее дешевы как в строительстве, так и в эксплуатации.

На рис. 3 представлены блок-схемы строительства очистных сооружений на основе фильтров ФОПС® и стандартных ж/б колодцев и ЕОС

на основе полимерных емкостей. Видно, что технология строительства ЕОС характеризуется большим количеством этапов строительства (а, следовательно, и большими временными затратами), а также значительным количеством ручного труда. На рис. 4 представлены блок-схемы процесса регулярного технического обслуживания (эксплуатации) вышеупомянутых сооружений, из которых следует, что эксплуатация сооружений на основе фильтров ФОПС® и стандартных ж/б колодцев более проста и не требует существенных затрат ручного труда. Таким образом, возможную реконструкцию сооружений очистки



Рис. 3. Блок-схемы технологий строительства очистных сооружений типа ЕОС (на основе полимерных емкостей) и сооружений на основе фильтров ФОПС® и стандартных ж/б колодцев

ПС на КАД СПб (взамен неработающих в настоящее время сооружений на основе ГБП) предпочтительнее осуществлять на базе технологий использования фильтров ФОПС® [8].

Для выбранной площадки у Беляевского моста параметры системы сбора и отведения поверхностного стока определялись исходя из общего расхода (287,3 м³/ч) ПС, рассчитанного по методу предельных интенсивностей [5, 8]. Характеристики очистных сооружений определялись из условия величины расхода (26,1 м³/ч) отводимого на очистку ПС, полученной по упрощенной методике для дорог и мостов [21].

На основании рассчитанной величины максимального расхода ПС была принята система водоотведения, состоящая из полимерных лотков прямоугольного сечения 430x90 мм (для сбора стока с моста), 630x120 мм (для сбора стока с участка КАД) и полиэтиленовых труб с условным проходом 250 мм. Очистные сооружения, исходя из состава вод на автодорогах СПб [3, 15, 17, 22], состояли из четырех каскадов очистки (рис. 5): удаления мусора (фильтр-корзина ФОПС®-К), удаления основной массы взвешенных веществ и эмульгированных нефтепродуктов (фильтр-сепаратор ФОПС®-С), сорбционной глубокой доочистки от растворенных нефтепродуктов (фильтр угольный ФОПС®-У) и тяжелых металлов (фильтр цеолитовый ФОПС®-Ц).

На основании рассчитанной производительности очистных сооружений и характеристик фильтров ФОПС® (производитель – ООО «Аква-Венчур») были приняты две параллельно работающие нитки последовательно расположенных фильтров ФОПС®-С, ФОПС®-У и ФОПС®-Ц (рис. 5 и рис. 6). Высота этих фильтров составляла 1,8 м. Фильтр ФОПС®-К

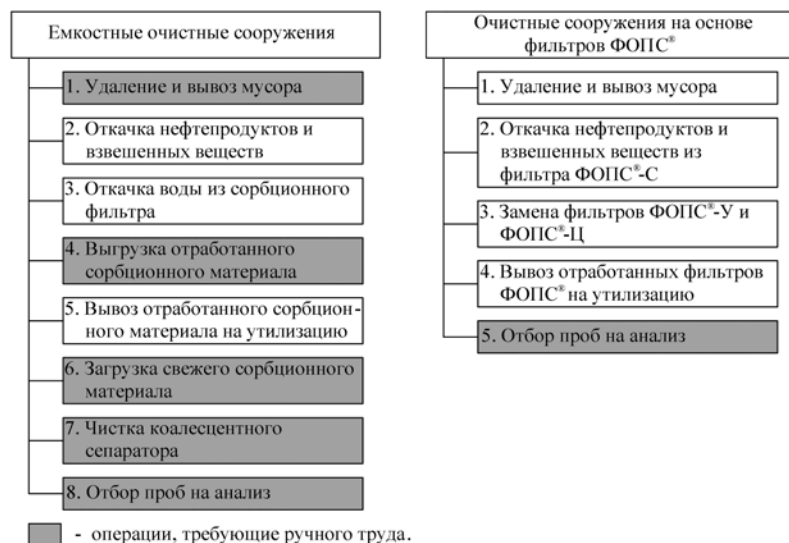


Рис. 4. Блок-схемы технологий эксплуатации (обслуживания) очистных сооружений типа ЕОС (на основе полимерных емкостей) и сооружений на основе фильтров ФОПС® и стандартных ж/б колодцев

устанавливался в отдельном колодце с дождеприемной решеткой на обочине проезжей части дороги и принимал сток из лотка, расположенного по ее краю (рис. 5).

Сооружение (рис. 5 и рис. 6) содержит также камеру гашения потока, разделительную камеру (делит общий поток на поток, подлежащий очистке и избыточный поток, отводимый по байпасной линии) и распределительную

камеру (распределяет поток, подлежащий очистке, на две параллельно работающие нитки фильтров ФОПС®).

Очищенный сток после сооружения, проходя колодец отбора проб, сбрасывается по трубопроводу в р. Охту. Предлагаемая конструкция ЛОС рассчитана на круглогодичную эксплуатацию, и поэтому сети и сами фильтры ФОПС® в колодцах размещаются ниже большей глубины проник-

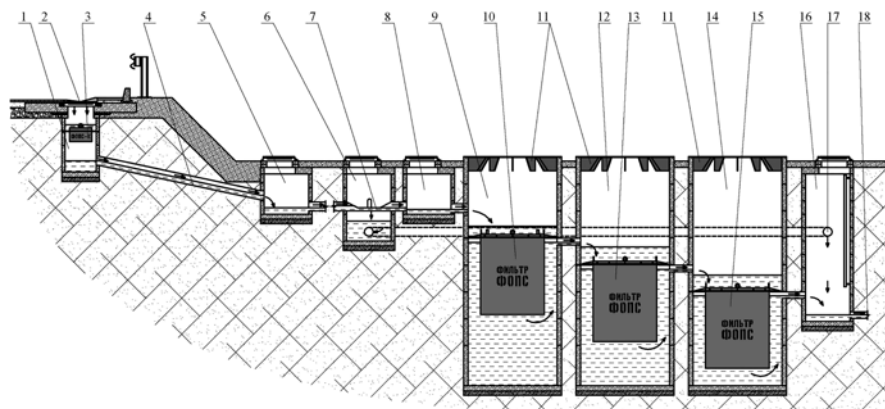


Рис. 5. Схема ЛОС для комплексной очистки ПС на основе фильтров ФОПС®: 1 – дождеприёмный колодец на обочине проезжей части; 2 – дождеприёмная решётка; 3 – фильтр ФОПС®-К; 4 – водосливная труба; 5 – сборный колодец; 6 – разделительный колодец; 7 – разделительный лоток; 8 – распределительный колодец; 9,12,14 – колодцы с фильтрами ФОПС®; 10 – фильтр ФОПС®-С; 11 – легкосъёмные крышки; 13 – фильтр ФОПС®-У; 15 – фильтр ФОПС®-Ц; 16 – контрольный колодец; 17 – байпасный трубопровод; 18 – выход чистого стока

новения в грунт нулевой температуры.

Обслуживание ЛОС осуществляется с помощью автопогрузочной техники с территории специально обустроенной площадки (рис. 6) и заключается в замене отработанных фильтров ФОПС®-У и ФОПС®-Ц новыми, а также откачке из фильтра ФОПС®-С накопленных в нем взвешенных веществ и жидких нефтепродуктов.

Площадка для обслуживания (рис. 6) имеет твердое покрытие, с которого также осуществляется сбор и отведение на очистку поверхностного стока. Габариты площадки обеспечивают размещение и работу бортового автомобиля для транспортировки фильтров ФОПС®, а также автомобиля с краноманипуляторной установкой для производства грузоподъемных работ с отработанными и новыми фильтрами ФОПС®. Кроме того, на площадке оборудуется крытый навес для временного складирования отработанных фильтров ФОПС®. По периметру площадки для обслуживания ЛОС предусматривается защитное ограждение.

Экономический эффект от реконструкции существующего (неработающего) ЛОС для очистки ПС с Беляевского моста заключается в снижении затрат на плату за негативное воздействие на окружающую среду (НВОС), а также в предотвращении значительных штрафов за нарушение природоохранного законодательства [23] (глава 8 КоАП РФ).

Штрафы рассчитывали исходя из условий повторного (регулярного) нарушения действующего природоохранного законодательства, но без учета величины накопленного экологического ущерба.

Для оценки экономического эффекта использовали следующие расчетные показатели:

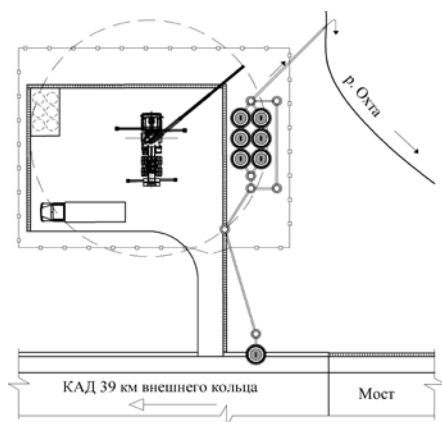


Рис. 6. Схема расположения площадки для размещения и обслуживания ЛОС на основе фильтров ФОПС® для очистки ПС с КАД СПб и Бежьевского моста

- размер штрафов – 2 930,0 тыс. руб./год;
 - капиталовложения в реконструкцию (величина исходной инвестиции) – 25101,70 тыс. руб. (из которых 47% составляла стоимость демонтажа и утилизации элементов подлежащей замене ГБП);
 - плата за НВОС без очистки – 3 030,17 тыс. руб./год;
 - плата за НВОС при очистке стока на фильтрах ФОПС® – 22,87 тыс. руб./год;
 - затраты на ежегодную замену фильтров ФОПС®-У и ФОПС®-Ц – 908,87 тыс. руб.;
 - ставка дисконтирования, рассчитанная по модели оценки капитальных активов [24] составляла 0,0605;
- Чистый дисконтированный доход рассчитывался по формуле [24]:

$$NPV = \sum_{t=0}^T \frac{CF_t}{(1+i)^t} - I_c;$$

где: *t* – расчетный период времени, годы;
T – горизонт расчета (10 лет);
CF – капиталовложения;
i – ставка дисконтирования;
I_c – величина исходной инвестиции, руб.
 По результатам расчета NPV графически определялся срок окупаемости (рис. 7), который для данного объекта составил 6 лет.

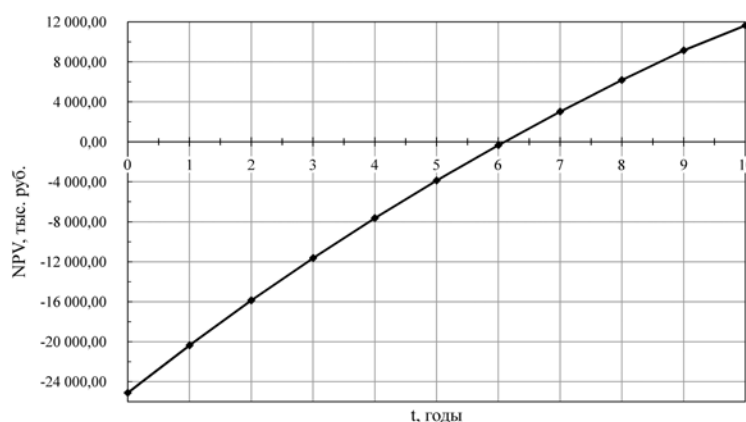


Рис. 7. График зависимости чистого дисконтированного дохода от времени для строительства очистного сооружения на основе фильтров ФОПС®

Таким образом, использование ЛОС на основе фильтров ФОПС® для очистки ПС с мостовых переходов позволяет обеспечить ее высокое качество, необходимое для сброса ПС в рыбохозяйственные водоемы. Эксплуатирующим организациям при строгом выполнении всех законодательных природоохранных требований крайне выгодно использовать фильтры ФОПС®, позволяющие не только предотвратить серьезные штрафы, но и существенно снизить размер платы за НВОС. Простота и малозатратность операций по замене и утилизации фильтров ФОПС® является значительным преимуществом перед другими видами ЛОС. Низкие затраты на строительство ЛОС на основе канализационных колодцев и фильтров ФОПС®, при реальном исполнении мер природоохранного законодательства, обеспечивают небольшие сроки их окупаемости, что выгодно для потенциальных инвесторов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Крайне неудовлетворительное состояние действующих на кольцевой автомобильной дороге Санкт-Петербурга очистных сооружений на основе ГБП вызвано рядом значительных недостатков: несовершенством конструкции, отсутствием необходимой инфра-

структуры для обслуживания и самого обслуживания.
 2. Короткий период фактической работы, количество накопленных масс загрязнителей и отсутствие обслуживания ГБП приводят к полному снижению эффективности очистки и формированию потенциально опасных для окружающих водоемов объектов накопленного вреда окружающей среде.
 3. Применение очистных сооружений на основе ГБП экономически нерационально, ввиду высокой стоимости строительства и обслуживания, высокой платы за негативное воздействие на окружающую среду и значительных штрафных выплат за нарушение действующего природоохранного законодательства при их использовании.
 4. Применение системы комплексной очистки на основе фильтров ФОПС® позволяет значительно снизить затраты на строительство и эксплуатацию и существенно повысить эффективность очистки ПС, в связи с чем они могут быть рекомендованы для использования в качестве замены ГБП.
 5. Применение систем комплексной очистки на основе фильтров ФОПС® в условиях действующего природоохранного законодательства, предусматривающего существенные льготы для хозяйству-

ющих субъектов, реализующих меры по снижению негативного воздействия на окружающую среду, позволяет значительно снизить размер платы за негативное воздействие на окружающую среду, избежать наложения штрафных санкций и обустроить локальные очистные сооружения с привлекательными для инвесторов сроками окупаемости, не превышающими 10 лет.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Указ Президента РФ от 7 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» – М.: Собрание законодательства Российской Федерации от 14 мая 2018 г., № 20, ст. 2817.
2. Паспорт национального проекта «Безопасные и качественные автомобильные дороги» [Электронный ресурс] // government.ru: Официальный сайт Правительства Российской Федерации. Системные требования: Adobe Acrobat Reader. URL: <http://static.government.ru/media/files/rBdyoIr3S9IDP8Q87lXXYaktpKWGc0NY.pdf> (дата обращения: 15.04.2021).
3. Чечевичкин В. Н., Ватин Н. И. Особенности состава и очистки поверхностного стока крупных городов // Инженерно-строительный журнал, 2014, № 6, С. 67–74.
4. Веремеев А. М., Томилов А. А., Ручкинова О. И. Поверхностные сточные воды с автомобильных дорог // Современные технологии в строительстве. Теория и практика, 2016; т. 1, С. 393–402.
5. Рекомендации по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока с селитебных территорий площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты // М.: ОАО «НИИ ВОДГЕО», 2014–88 с.
6. ОДМ 218.8.005–2014 «Методические рекомендации по содержанию очистных сооружений на автомобильных дорогах» – М.: Росавтодор, 2014–97 с.
7. Воронов Ю. В., Яковлев С. В. Водоотведение и очистка сточных вод – М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2006–704 с.
9. Чечевичкин А. В. Проектирование и применение локальных очистных сооружений поверхностного стока на основе фильтров ФОПС® // С-Пб.: Изд-во «Любавич», 2017–176 с.
10. Винокуров К. И., Крестьянинова А. Ю. Локальные очистные сооружения поверхностного стока на автомобильных дорогах и мостовых переходах // Экология и строительство, 2019, № 4, С. 42–52.
11. Глухов В. В., Лазарев Ю. Г., Чечевичкин А. В., Якунин Л. А. Поверхностный сток: Проблемы и решения // Дорожная держава, 2019, № 89, С. 86–89.
12. Кривицкий С. В. Очистка поверхностных стоков с использованием гидробиологических площадок // Экология и промышленность России, 2007, № 3, С. 20–23.
13. Карасев П. Л., Петраш Е. П., Фрог Д. Б. Основные технические решения по созданию очистных сооружений с использованием природных технологий // Биосферная совместимость: Человек, регион, технологии, 2017, № 13 (19), С. 28–35.
14. Новикова О. К., Грузинова В. Л. Оптимизация отведения поверхностных сточных вод с учетом их состава с мостов и автомобильных дорог в природные водные объекты // Экологический вестник Северного Кавказа, 2017, т. 13, № 4, С. 30–34.
15. Бобков А. В. Экологические требования и проблемы очистки ливневого стока с автомобильных дорог и мостов // Дороги и мосты, 2008, № 2 (20), С. 146–156.
16. Сергеев В. В., Папурин Н. М., Готовцев А. В. Очистка стоков с инженерных сооружений // Экология производства, 2009, № 10, С. 66–68.
17. Продроус О. А. Локальные очистные сооружения поверхностных стоков на мостах // Железнодорожный транспорт, 2018, № 7, С. 68–69.
18. Леонов Е. А., Михайлова М. С. Проблемы очистки сточных вод с поверхности автомобильных дорог на примере кольцевой автомобильной дороги вокруг Санкт-Петербурга // Жизнь и безопасность, 2002, № 3, С. 280–286.
19. Гиргидов А. Д. Механика жидкости и газа (гидравлика). Учебник для вузов. 39-изд., испр. и доп. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2007–545 с.
20. Корчевская А. М., Чечевичкин В. Н. Характеристики сорбционного модуля гидротехнического сооружения очистки ливневых вод кладбищ // Инженерно-строительный журнал, 2009, № 2, С. 43–45.
21. Смирнов А. Д. Сорбционная очистка воды – Л.: Химия, 1982–168 с.
22. Рекомендации по учету требований по охране окружающей среды при проектировании автомобильных дорог и мостовых переходов – М.: ФДД, 1995–127 с.
23. Ватин Н. И., Греков М. А., Леонов Л. В., Пробриский М. Д., Рублевская О. Н., Чечевичкин В. Н., Якунин Л. А. Опыт всесезонной эксплуатации фильтра ФОПС® с техногенно нагруженной селитебной территории // Водоснабжение и санитарная техника, 2018, № 8, С. 40–50.
24. Кодекс РФ об административных правонарушениях: текст с изменениями и дополнениями на 2 февраля 2020 г. – М.: ЭКСМО, 2020–912 с.
25. Валдайцев С. В. Оценка бизнеса: Учебное пособие – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Изд-во Проспект, 2004–360 с.