## ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ СООРУЖЕНИЙ ОЧИСТКИ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА КАД САНКТ-ПЕТЕРБУРГА И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ МОДЕРНИЗАЦИИ

- В. В. Глухов, доктор экономических наук, профессор, руководитель административного аппарата ректора, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ), vicerector.me@spbstu.ru, Санкт-Петербург, Россия,
- М. А. Греков, кандидат технических наук, проректор по хозяйственной работе, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ), vicerector.fm@spbstu.ru, Санкт-Петербург, Россия,
- Г. Л. Козинец, доктор технических наук, и. о. директора, Инженерно-строительный институт, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ), kozinets\_gl@spbstu.ru, Санкт-Петербург, Россия,
- В. Н. Чечевичкин, кандидат химических наук, ведущий инженер, Высшая школа гидротехнического и энергетического строительства, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ), сhechevichkin\_vn@spbstu.ru, Санкт-Петербург, Россия, А. В. Чечевичкин, генеральный директор, ООО «Аква-Венчур», 01@6400840.ru,
- ООО «Аква-Венчур», 01@6400840.ru, Санкт-Петербург, Россия, Л. А. Якунин, начальник технического отдела, ООО «Аква-Венчур», 77@6400840.ru, Санкт-Петербург, Россия

В статье рассмотрена проблема проектирования и эксплуатации очистных сооружений поверхностного стока, образующегося на объектах транспортной инфраструктуры, на примере двух участков Кольцевой автомобильной дороги Санкт-Петербурга (КАД СПб). Описано устройство действующих очистных сооружений поверхностного стока на КАД СПб, в качестве которых используются гидроботанические площадки. Показано текущее неудовлетворительное состояние действующих гидроботанических площадок на КАД СПб, их составных элементов и инфраструктуры для их обслуживания, описаны приведшие к этому причины. Приведены данные обследования состава накопленного поверхностного стока в прудах действующих гидроботанических площадок на КАД СПб. Дана оценка эффективности работы действующих на КАД СПб гидроботанических площадок и их составных элементов. Произведена оценка возможного негативного воздействия действующих гидроботанических площадок с накопленными в них нерастворимыми формами (осадками) тяжелых металлов. Сформирован перечень условий, единовременное обеспечение которых необходимо для обустройства очистных сооружений, обладающих высокой эффективностью работы и эксплуатационной технологичностью. Предложено решение по очистке поверхностного стока с автомобильных дорог и объектов транспортной инфраструктуры с применением инновационной сорбционно-фильтрационной технологии на основе фильтров ФОПС

The article addresses to the design and operation problem of runoff surface treatment facilities on the example of two sections of the Ring Road in St. Petersburg (SPb RR). There is the description of the arrangement of the existing surface runoff treatment facilities — constructed wetlands. The current unsatisfactory state of the existing constructed wetlands on the SPb RR, their component elements and the infrastructure for their maintenance and the reasons that led to this are described. There is the survey

data for accumulated surface runoff composition in ponds of the operating constructed wetlands at SPb RR. The effectiveness of operation of constructed wetlands and their component elements operating at the SPb RR is evaluated. The assessment of the possible negative impact of existing constructed wetlands with accumulated insoluble forms (sediments) of heavy metals was made. There is the list of conditions, one-time provision of which is necessary for the arrangement of treatment facilities with high operating efficiency and operational processability. There is the solution for treatment of the runoff surface of roads and transport infrastructure facilities using innovative sorption and filtration technology based on FOPS filters

**Ключевые слова:** поверхностный сток, автомобильные дороги, КАД СПб, гидроботаническая площадка, фильтрующий патрон, фильтр ФОПС.

Key words: surface runoff, highways, Ring road of SPb, constructed wetland, filter cartridge, FOPS filter.

Поверхностный сток с автодорог, а также объектов их инфраструктуры оказывает все более возрастающее негативное воздействие на природные ландшафты [1—3]. Наиболее сильному загрязнению подвергается сток с автомагистралей с интенсивным движением транспорта [4—6], ярким примером которых является Кольцевая автомобильная дорога вокруг Санкт-Петербурга (КАД СПб) [7, 8].

Экологическая ситуация на автодорогах с интенсивным движением является предметом пристального внимания и регулярно изучается [9—14]. Рекомендованные к применению [15, 16] на таких дорогах очистные сооружения поверхностного стока в настоящее время представлены в основном гидроботаническими площадками (ГБП) и емкостными очистными сооружениями (ЕОС) подземного расположения [17, 18]. ГБП как основной элемент (220 штук) комплекса очистных сооружений поверхностного стока КАД СПб в соответствии с [17] должен представлять собой гидротехническое сооружение, состоящее из нескольких водоемов (прудов), в которых создаются условия для протекания биологических и микробиологических процессов удаления из воды загрязняющих ее веществ.

В связи с резким увеличением количества автотранспорта на дорогах на рубеже XX—XXI веков, а также ростом протяженности дорожной сети, повлекшими необходимость очистки больших объемов загрязненного поверхностного стока, возникли идеи применения для этих целей относительно малозатратных биологических методов. Учитывая парадигму малой загрязненности поверхностного стока, формировавшегося в нашей стране во второй половине XX века [19, 20], эта за-

дача казалась вполне реальной и практически легко реализуемой.

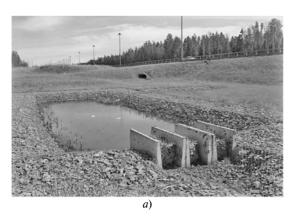
Однако многочисленные исследования состава поверхностного стока с реальных автодорог и урбанизованных территорий, проведенные уже в конце XX — начале XXI века, показали несостоятельность утверждений о поверхностном стоке, как об условно чистом, и потребовали изменения подходов к его очистке. Этому же способствовало и ужесточение природоохранного законодательства [15, 16], особенно в части норм отведения поверхностного стока.

Нынешняя ситуация с состоянием очистки поверхностного стока с КАД СПб и вид расположенных по обочинам магистрали многочисленных заброшенных ГБП вызывают у проезжающих мимо водителей и их пассажиров чувство досады и законные вопросы, в чем же причины неудовлетворительной работы существующих очистных сооружений на КАД СПб.

Для оценки реального состояния гидросооружений очистки поверхностного стока были выбраны два объекта, расположенные на юго-западном (рис. 1, a) и восточном (рис.  $1, \delta$ ) участках автомагистрали.

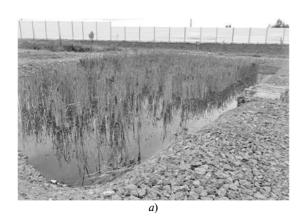
Оба объекта находились вблизи пересечения автомагистралью значимых для города рек — Карасты (111-й км внутреннего кольца — объект I), питающей каскад прудов дворцово-паркового ансамбля «Ораниенбаум» г. Ломоносова и впадающей далее в Финский залив, и Охты (39-й км внутреннего кольца — объект II), являющейся притоком р. Невы. Обе реки имеют статус рыбохозяйственных водоемов со всеми вытекающими последствиями для сброса в них сточных вод.

Как видно из рис. 1, *a*, сооружение на объекте I представляет собой мелковод-





**Рис. 1.** Внешний вид существующих очистных сооружений на КАД СПб: a- на р. Карасте;  $\delta-$  на р. Охте





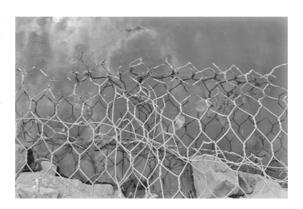
**Рис. 2.** Внешний вид ГБП: a- согласно ОДМ-218.8.005—2014;  $\delta-$  действующая на р. Карасте

ный прудик без обязательного перед ним пруда-накопителя. Второй объект имеет очень глубокое залегание, что придает ему кажущуюся большую вместимость, однако низкий переливной порог (рис. 1,  $\delta$ , шунгитовый модуль) из пруда в р. Охту не позволяет использовать его фактический объем.

Высшая полуводная растительность в прудах обоих объектов (снимки сделаны в июле, в период максимальной вегетационной активности) практически отсутствует, а иной (в том числе высшей водной) растительности, а также фауны, в прудах обнаружено не было. На рис. 2 приведено наглядное сравнение, как должен выглядеть пруд ГБП с растительностью в соответствии с ОДМ-218.8.005—2014 [17], и как он выглядит на самом деле (объект I, юго-западный участок КАД СПб).

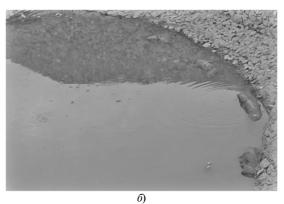
В таблице представлены некоторые характеристики состава проб воды, взятых

из прудов ГБП обоих обследованных объектов, в которых наблюдается высокое содержание железа и цинка, причиной которого является интенсивная коррозия оцинкованных сеток габионных конструкций ГБП (рис. 3). Интересно, что загрязненность свежего поверхностного сто-



**Рис. 3.** Внешний вид корродирующих сеток габионов  $\Gamma Б \Pi$ 





**Рис. 4.** Недостатки конструкции действующих ГБП на КАД СПб: a — нефтесборный бон;  $\delta$  — образование биогаза

ка (пробы взяты во время дождя из лотка с проезжей части) значительно меньше, чем в прудах ГБП в сухое время, когда превышение составило по показателям содержания железа — в  $7 \div 8$  раз, марганца — в  $3 \div 4$  раза, аммония — в  $8 \div 14$  раз, цинка — в  $20 \div 30$  раз, БПК $_5$  — в  $15 \div 20$  раз, ХПК — более чем в  $10 \div 12$  раз.

Нефтесобирающие боны (рис. 4, *a*), расположенные непосредственно в прудах с растительностью, явно недостаточного размера для удаления значительных количеств пленочных нефтепродуктов, образующихся на автодорогах [4, 9], своевременно не заменяются свежими, что приводит к их заилению взвешенными веществами, потере плавучести и впитывающей способности.

Отсутствие аэрации в прудах ГБП, а также наличие пленки нефтепродуктов на

их поверхности приводит к низкому содержанию кислорода (особенно в жаркое время), что способствует анаэробному разложению донных осадков с образованием биогаза (рис.  $4, \delta$ ) и ионов тяжелых металлов из их нерастворимых (оксидных, карбонатных и сульфидных) форм, производящих вторичное загрязнение вод перед их сбросом.

Важнейшим фактором, связанным с эксплуатацией любых очистных сооружений на автомагистралях, и ГБП в особенности является наличие большого количества мусора, образующегося на обочинах и в водоотводящих элементах. Регулярная уборка мусора для существующих конструкций ГБП технически достаточно сложна и практически не проводится. На рис. 5 показано накопление мусора в водоотводящих лотках на основе габионных

Таблица Концентрации загрязнителей в прудах ГБП объектов I и II на КАД СПб.

№ п/п	Загрязнитель	Ед. изм.	Объект I		Объект II		***
			сухое* время	дождь**	сухое* время	дождь**	ПДК***
1	Fe (общ.)	мг/дм <sup>3</sup>	1,47	0,22	1,63	0,30	0,1
2	Mn		0,27	0,08	0,20	0,06	0,01
3	Zn		0,21	< 0,01	0,32	< 0,01	0,01
4	Pb		0,003	< 0,002	< 0,002	< 0,002	0,006
5	$NH_4^+$		2,54	0,37	3,64	0,25	0,5
6	БП $K_5$		30,2	2,6	41,1	2,4	2,1
7	ХПК		49	< 5	66	< 5	_

 <sup>–</sup> отбор проб из верхней части пруда в сухое время;

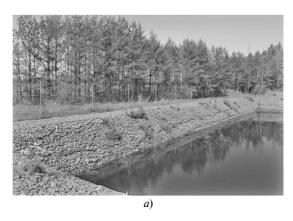
 <sup>\*\* —</sup> отбор проб из лотка с проезжей части дороги в дождь;

<sup>\*\*\* —</sup> при сбросе в водоемы рыбохозяйственного значения.





Рис. 5. Накопление мусора в водоотводных канавах с габионными конструкциями





**Рис. 6.** Состояние прилегающих территорий к действующим ГБП на КАД СПб: a — увядающая растительность;  $\delta$  — свалка на месте подъезда

конструкций (объект I), который может быть собран только с большими затратами ручного труда.

Катастрофическое состояние существующих на КАД СПб очистных сооружений на основе ГБП дополняется общим токсическим загрязнением территорий вокруг них, приводящим к гибели насаждений (рис. 6, a), а также практически бесконтрольным использованием подъездных дорог к ним, превращенных в несанкционированные микросвалки (рис. 6,  $\delta$ ).

В основу предполагаемой возможности очистки сточных вод, загрязненных автотранспортном, на биоплато и ГБП легло спорное и неподтвержденное экспериментально утверждение о некой «переработке» или «усвоении» высшей водной и полуводной растительностью этих загрязнений, причем всех без разбора как элементов питания ( $NH_4^+$ ,  $K^+$ , органические вещества, фосфаты), так и токсичных тяжелых металлов (Fe, Mn, Cd, Pb, Cu и др.). Такой эклектический популизм породил убеждение, что водная растительность яв-

ляется бесконечным утилизатором всех этих загрязнений, которые чудесным образом куда-то исчезают.

На самом деле все тяжелые металлы в виде нерастворимых форм оседают на дне этих микроводоемов — ловушек, угнетая и умерщвляя все живое (в том числе и многострадальную водную растительность) в них.

Постоянное депонирование большой массы токсических загрязнений в прудах ГБП и очень малый период возможной фитобиологической активности (для водных растений в г. Санкт-Петербурге и его окрестностях это июнь — сентябрь) делают нереальной, даже теоретически, хоть какую-либо возможность биологической очистки в них.

Таким образом, невозможность работы ГБП, как сооружений очистки стока с автодорог биологического типа, превратила их, по сути, в пруды — накопители или пруды — отстойники, для очистки которых, по слухам, существует некая уникальная машина шведского производства. Од-

нако трудно себе представить, как илососная машина может филигранно очищать стебли и корневую систему камыша (или свободно плавающей эйхорнии), да еще при наличии на дне водоема (по ОДМ-218.8.005—2014 [17]) слоя рассыпанного цеолитового или шунгитового щебня. Вполне вероятно, что уникальная машина (которую никто не видел) может быть и существует, только вот результаты ее работы (судя по состоянию ГБП на КАД СПб) незаметны.

Вторым мифом, заложенным в обоснование работы ГБП, как очистных сооружений поверхностного стока, является чудодейственный минерал шунгит, который, как утверждали некоторые авторы еще в конце XX века, обладает уникальными способностями к очистке вод различного класса. В настоящее время достоверно установлено, что этот минерал с малой пористостью не обладает достаточными для длительной эксплуатации сорбционно-ионобменными свойствами (по сравнению с активированными углями, цеолитами и т. д.). Фракционный состав применяемого в фильтрующих кассетах шунгитового щебня по ОДМ-218.8.005— 2014 должен быть 20÷40 мм (хотя хорошо известно [23, 24], что для сорбционной очистки вод применяются зернистые материалы состава 1÷3 мм), но реально на обследованных объектах I и II составил 80÷100 мм.

Исходя из площади водосбора в соответствии с известными методиками [25, 26] были рассчитаны расходы вод на очистку, которые составили: для объекта I (пересечение КАД СПб и р. Караста) —  $26,28 \text{ m}^3/\text{час}$ , и для объекта II (пересечение КАД СПб и р. Охты) —  $29,9 \text{ m}^3/\text{час}$ .

Из фото на рис. 1 хорошо видно, что на объекте I для сорбционной «очистки» применены три кассеты размером  $0.3 \times 0.5 \times 1.0$  м, а на объекте II — всего одна.

Исходя из геометрической площади сечения имеющихся на объектах кассет линейная скорость движения воды на объектах составила 58,4 м/час для первого и примерно 200 м/час для второго, что соответствует высокотурбулентному режиму и неприемлемо для сорбционной очистки с рекомендуемыми [23] линейными скоростями не более 5÷10 м/час. Ранее было

установлено [27], что удельный расход аналогичного сорбционного модуля размером  $0.5 \times 0.5 \times 1.0$  м составляет не более 1.2 м $^3$ /час, что предполагает наличие 22 модулей (кассет) на объекте I (вместо 3 в наличии) и 25 модулей на объекте II (вместо 1).

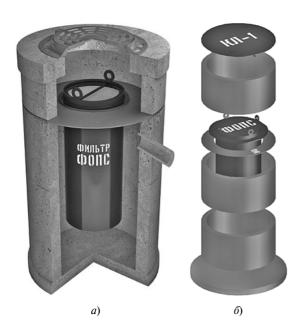
Очевидно, что имеющиеся на ГБП «шунгитовые фильтры», представляющие собой сеточные мешки, заполненные булыжниками размером в ладонь, выполняют функцию переливных порогов при больших расходах и мусорозадерживающих решеток при малых, и ожидать от них сорбционной очистки вод от растворенных загрязнений можно с таким же успехом, как и от каменного порога из валунов на бурной речной протоке.

Для реализации подхода к очистке больших объемов сильно загрязненного поверхностного стока на территории крупнейшей в городе автомагистрали необходимо соблюсти несколько условий:

- 1. Использовать для очистки проверенные и надежные подходы, позволяющие эффективно удалять накопившиеся загрязнения, не прибегая к сомнительным материалам или неработающим процессам.
- 2. Регулярно и неукоснительно удалять и утилизировать накапливающиеся загрязнения.
- 3. Проводить изъятие накопленных загрязнений должно проводиться быстро, с низкими затратами и без ущерба для окружающей среды.
- 4. Располагать очистные сооружения вблизи обочины для обеспечения их регулярного и малозатратного обслуживания за счет высокой доступности для техники и персонала.
- 5. Обеспечивать безопасность очистных сооружений, находящихся в зоне возможного контакта с людьми и дикими животными.

Одним из наиболее современных подходов в области очистки поверхностного стока является применение модульных станций подземного расположения, как на базе специальных интегрированных емкостей [17, 18, 28, 29], так и на базе стандартных канализационных колодцев [8, 18, 26, 29].

Применение принципа сорбционного извлечения из воды загрязнителей специальными материалами и последующей



**Рис. 7.** Внешний вид фильтра  $\Phi O \Pi C^{\textcircled{\$}}$  в канализационном колодце: a- в сборе;  $\delta-$  схема его обустройства (взрывсхема)

их совместной утилизации соответствует всем вышеперечисленным условиям успешного решения проблемы очистки поверхностного стока с автодорог. Наиболее эффективной формой использования больших количеств сорбционных материалов (а для обработки большого объема стока требуется большое количество этих материалов) является размещение их для

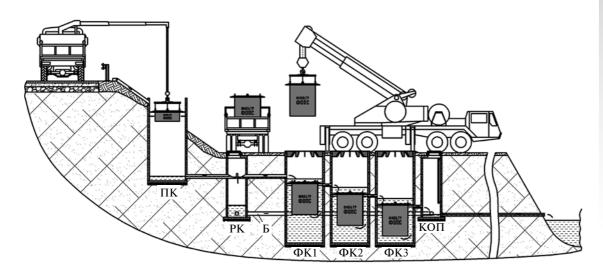
эксплуатации, транспортировки и утилизации в специальных водопроницаемых контейнерах — фильтрующих патронах [8, 14, 18, 22, 26, 30, 31]. Фильтрующие патроны позволяют манипулировать большими количествами поглощающих материалов с помощью погрузочно-разгрузочной техники, исключающей ручной труд, и значительно снижают затраты на обслуживание (в отличие от ЕОС, где велика доля ручного труда).

Наибольшее развитие концепция применения больших количеств сорбционных материалов одноразового использования для очистки поверхностного стока получила в фильтрах  $\Phi O \Pi C^{\textcircled{\$}}$  [8, 14, 18, 22, 26, 32, 33], применение которых отвечает всем вышеперечисленным условиям эффективного решения этой проблемы.

На рис. 7 представлен внешний вид стандартного фильтра  $\Phi O \Pi C^{\$}$  и его расположение в стандартном железобетонном колодце, сверху защищенном от несанкционированного проникновения людей и животных крышкой КЛ- $\Phi O \Pi C^{\$}$ .

На рис. 8 дана схема гидротехнического сооружения на основе фильтров  $\Phi O \Pi C^{\$}$ , расположенных в ж/б канализационных колодцах, для комбинированной очистки поверхностного стока с полотна автодороги и его сброса в открытый водоем.

Применение стандартных ж/б колодцев (в том числе с внутренней футеров-



**Рис. 8.** Схема очистных сооружений для глубокой комплексной очистки поверхностного стока с КАД СПб на основе фильтров  $\Phi$ OПС<sup>®</sup>:

Б — байпас; ПК — приемная камера с фильтром  $\Phi$ ОПС $^{\$}$ -К; РК — разделительная камера;  $\Phi$ К1 — колодец с фильтром-сеператором  $\Phi$ ОПС $^{\$}$ -С;  $\Phi$ К2 — колодец с фильтром угольным  $\Phi$ ОПС $^{\$}$ -У;  $\Phi$ К3 — колодец с фильтром цеолитовым  $\Phi$ ОПС $^{\$}$ -Ц; КОП — колодец для отбора проб

кой [34]) позволяет значительно удешевить стоимость сооружений очистки, поскольку технология их возведения проста и отработана. Так, стоимость сооружения на основе фильтров  $\Phi O \Pi C^{\mathbb{R}}$  и ж/б канализационных колодцев для комплексной очистки стока на объекте II на 40 % ниже стоимости модульного подземного ЕОС той же производительности. Стоимость ГБП с правильно рассчитанными и пригодными для периодической очистки прудами, а также блоком кассет, обеспечивающим реальную сорбционную доочистку, на объекте I в 3,2 раза выше стоимости гидротехнического сооружения на основе ж/б колодцев и фильтров  $\Phi O \Pi C^{\$}$  аналогичной производительности. При этом ресурс работы по растворенным нефтепродуктам в случае применения фильтров  $\Phi O \Pi C^{(R)}$  будет как минимум в 2÷3 раза выше ресурса работы на ЕОС и ГБП по причине значительно меньшего количества активированного угля, которое может быть размещено в ЕОС (объект II), и использования неэффективного сорбционного материала шунгита в ГБП (объект I).

Как показано на рис. 8, основными элементами гидротехнического сооружения являются: камера для сбора стока и удаления мусора (с фильтром  $\Phi$ OПС $^{\mathbb{R}}$ -K), разделительная камера и байпасный трубопровод, колодцы с фильтрами  $\Phi$ OПС $^{\mathbb{R}}$  различного назначения и контрольный колодец. Регулярное обслуживание гидротехнического сооружения производится либо непосредственно с обочины проезжей части автомагистрали, либо вблизи нее, с применением автопогрузочной техники, и заключается в изъятии отработанных фильтров  $\Phi$ OПС $^{\mathbb{R}}$  для утилизации и

замены их свежими. Таким же образом удаляется и утилизируется мусор из фильтров-корзин ( $\Phi O \Pi C^{\text{®}}$ -K).

Использование фильтров  $\Phi O \Pi C^{\$}$ , как закрытых контейнеров, в которых отработанные сорбционно-фильтрующие материалы безопасно доставляются в места их утилизации, является важнейшим аспектом их применения. Отработанные фильтры  $\Phi O \Pi C^{\$}$  различных наименований являются отходами IV класса опасности, имеют коды  $\Phi KKO$  [35—37] и подлежат размещению (утилизации) на полигонах ТБО.

Состояние существующих сооружений очистки поверхностного стока с КАД СПб неудовлетворительное.

ГБП, составляющие основу сооружений, даже теоритически не могут круглогодично осуществлять очистку поверхностного стока. Мероприятия по обслуживанию этих сооружений проводятся недостаточно часто и в недостаточном объеме для поддержания их работоспособности. В настоящее время ГБП превратились в ловушки по накоплению загрязнений, что приводит к вторичному загрязнению поверхностного стока с КАД СПб.

Экологическая ситуация с состоянием существующих очистных сооружений КАД СПб. настоятельно требует их незамедлительной реконструкции. Наиболее оптимальной с точки зрения эффективности очистки, удобства обслуживания и удаления накопленных загрязнений является сорбционно-фильтрационная технология с применением фильтрующих патронов, наиболее разработанным вариантом которой является технология с применением фильтров ФОПС®.

## Библиографический список

- 1. Яловая Н. П., Строкач П. П. Экологическое состояние бассейна водосбора поверхностных сто-ков // Вестник Брестского государственного технического университета. 2012. № 2. С. 101-103.
- 2. Прожорина Т. И., Якунина Н. И., Нагих Т. В. Исследование влияния поверхностного стока с селитебных территорий на загрязнение Воронежского водохранилища // Вестник ВГУ, серия: География, Геоэкология. 2018. № 2. С. 115—120.
- 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., Ручникова О. Н. Поверхностные сточные воды с автомобильных дорог // Строительство и архитектура. Опыт и современные технологии. 2016. № 6. С. 393—402.
- 5. Евстигнеева Ю. В., Евстигнеева Н. А. Актуальность задачи очистки поверхностного стока с дорожного полотна автомобильных дорог // Научное обозрение. 2019. № 2. С. 26—30.

- 6. Красногорская Н. Н., Мусина С. А., Бреднева Т. О. Ливневый сток с автотранспортной инфраструктуры как источник загрязнения водных объектов // Актуальные проблемы социально-экономической и экологической безопасности Поволжского региона: сб. материалов VIII Междунар. науч.-практ. конф. Казань: Казанский фил., МИИТ, 2016. 348 с.
- 7. 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.
- 8. Глухов В. В., Лазарев Ю. Г., Чечевичкин А. В., Якунин Л. А. Поверхностный сток: проблемы и решения // Дорожная держава. 2019. № 89. С. 86—89.
- 9. Пшенин В. П., Коваленко В. И. Загрязнения ливневых стоков с автомобильных дорог // *Вестник ИНЖЭКОНА*. 2007. № 6 (19). С. 140—145.
- Бобков А. В. Экологические требования и проблемы очистки ливнестоков с автомобильных дорог и мостов // Дороги и мосты. — 2008. — № 2 (20). — С. 146—156.
- 11. Юрченко В. А., Мельникова О. Г. Эмиссия нефтепродуктов, создаваемая дорожными инфраструктурными комплексами // Вестник ХНАДУ. 2014. № 64. С. 134—139.
- 12. Шагидуллин А. Р., Сизов А. Н., Шагидуллина Р. А. Актуализация методики расчета мощности эмиссии вредных веществ автотранспортом при его движении по городским улицам // Российский журнал прикладной экологии. 2015.  $\mathbb{N}$  1. С. 58—63.
- 13. Городков А. В., Козоногина И. В. К исследованию и оценке состояния экосреды примагистральных территорий города по фактору автотранспортных загрязнений // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2017. № 1 (17). С. 53—60.
- 14. Ватин Н. И., Греков М. А., Леонов Л. В., Пробирский М. Д., Рублевская О. Н., Чечевичкин А. В., Якунин Л. А. Опыт всесезонной эксплуатации фильтра  $\Phi$ ОПС<sup>®</sup> при очистке поверхностного стока с техногенно-нагруженной селитебной территории // Водоснабжение и санитарная техника. 2018. № 8. С. 40—50.
- 15. Федеральный закон РФ от 03 июня 2006 г. № 74-ФЗ «Водный кодекс Российской Федерации (с изменениями на 31 октября 2016 года)». М.: «Собрание законодательства Российской Федерации» № 23 от 05.06.2006, ст. 2381, ГУ изд-во «Юридическая литература» Администрация Президента Российской Федерации.
- 16. Федеральный закон РФ 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды (редакция, действующая с 01 января 2017 г.)». М.: «Собрание законодательства РФ» № 2 от 14.01.2002, ст. 133, ГУ изд-во «Юридическая литература» Администрация Президента Российской Федерации.
- 17. ОДМ 218.3.031—2013. «Методические рекомендации по охране окружающей среды при строительстве, ремонте и содержании автомобильных дорог». М.: Росавтодор, 2013.
- 18. Винокуров К. И., Крестьянинова А. Ю. Локальные очистные сооружения поверхностного стока на автомобильных дорогах и мостовых переходах // Экология и строительство. 2019. № 4. С. 43—53.
- 19. Дикаревский В. С., Курганов А. М., Нечаев А. П., Алексеев М. И. Отведение и очистка поверхностных сточных вод. Л.: Стройиздат, 1990. 224 с.
- 20. Алексеев М. И., Курганов А. М. Организация отведения поверхностного (дождевого и талого) стока с урбанизованных территорий: Учебное пособие. М.: Изд-во ACB, 2000. 352 с.
- 21. Роев Г. А., Юфин В. А. Очистка сточных вод и вторичное использование нефтепродуктов. М.: Недра. 1987. 224 с.
- 22. Федоров М. В., Масликов В. И., Чечевичкин А. В., Якунин Л. А. Универсальный стенд для натурных испытаний фильтров  $\Phi$ OПС<sup>®</sup>. Нефтепродукты // Экология и промышленность России. 2020. Т. 24. № 4. С. 4—9.
- 23. Смирнов А. Д. Сорбционная очистка воды. Л.: Химия, 1982. 168 с.
- 24. Клячко В. А., Апельцин И. Э. Очистка природных вод. М.: Стройиздат, 1971. 579 с.
- 25. 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.
- 26. Чечевичкин А. В. Проектирование и применение локальных очистных сооружений поверхностного стока на основе фильтров  $\Phi$ OПС<sup>®</sup>. СПб.: Изд-во «Любавич», 2017. 176 с.
- 27. Корчевская А. М., Чечевичкин В. Н. Характеристики сорбционного модуля гидротехнического сооружения очистки ливневых сточных вод кладбищ // Инженерно-строительный журнал. 2009. № 2. C. 43—45.
- 28. Михайлов А. В., Ким А. Н., Продоус О. А., Графова Е. О., Рублевская О. Н. Водоотведение и очистка поверхностного стока на торфяных фильтрах. СПб.: Изд-во «Сборка», 2014. 134 с.
- 29. Кононова М. С., Калугина М. Г., Пирогова Я. Ю., Романенко С. А. Техническое обоснование реконструкции городских систем водоотведения поверхностного стока // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. 2019. № 3 (10). С. 34—41.
- 30. Сергеев В. В., Папурин Н. М., Готовцев А. В. Очистка стоков с инженерных сооружений // Эко-логия производства. 2009. № 10. С. 66—68.

- 31. Стрелков А., Теплых С., Горшкалев П., Жданов Д., Теплых Е. Применение комбинированных фильтрующих патронов на железнодорожных мостах // *Boda Magazine*. 2017. № 5 (117). С. 20—22.
- 32. Верещагина Е. М., Витковская Р. Ф. Модернизация технологической схемы очистки стоков АЗС комплексного типа // *Вестник молодых ученых СПГУТД.* 2017. № 4. С. 13—18.
- 33. Ватин Н. И., Панкова Г. А., Леонов Л. В., Пробирский М. Д., Рублевская О. Н., Чечевичкин А. В., Якунин Л. А. Тестовая эксплуатация фильтра ФОПС<sup>®</sup> с природным цеолитом для очистки загрязненного инфильтратом поверхностного стока // Водоснабжение и санитарная техника. 2017. № 9. С. 40—49.
- 34. РМД 40-20—2016 «Устройство сетей водоснабжения и водоотведения в Санкт-Петербурге». СПб.: Правительство Санкт-Петербурга, 2016. 96 с.
- 35. Федеральный закон Российской Федерации от 24 июня 1998 г. № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления» (редакция, действующая с 01 января 2017 года). М.: «Собрание законодательства Российской Федерации», № 26 от 29.06.1998, ст. 3009, ГУ изд-во «Юридическая литература» Администрации Президента Российской Федерации.
- 36. Приказ Министерства природных ресурсов РФ от 15 июня 2001 г. № 511 «Об утверждении Критериев отнесения опасных отходов к классу опасности для окружающей природной среды» // [Электронный ресурс]. Режим доступа: http//docs.cntd.ru/document /901798965, дата обращения 11.06.2020.
- 37. Приказ Федеральной службы по надзору в сфере природопользования от 22 мая 2017 г. № 242 «Об утверждении Федерального классификационного каталога отходов» // [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201706130004, дата обращения 11.06.2020.

## CURRENT STATE OF SURFACE RUNOFF TREATMENT FACILITIES OF THE RING ROAD OF ST. PETERSBURG AND THE POSSIBILITY OF THEIR MODERNIZATION

- V. V. Glukhov, Ph. D. (Economics), Dr. Habil, professor, chief administrative officer of Rector's Office, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University (SPbPU), vicerector.me@spbstu.ru, St. Petersburg, Russia,
- M. A. Grekov, Ph. D. (Technical sciences), vice-rector on general services, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University (SPbPU), vicerector.fm@spbstu.ru, St. Petersburg, Russia, G. L. Kozinets, Ph. D. (Technical sciences), Dr. Habil, Ag. Director, Institute of Civil Engineering, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University (SPbPU), kozinets gl@spbstu.ru, St. Petersburg, Russia,
- V. N. Chechevichkin, Ph. D. (Chemical sciences), senior engineer, Higher school of hydrotechnical and energy sector construction, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University (SPbPU), chechevichkin vn@spbstu.ru, St. Petersburg, Russia,
- A. V. Chechevichkin, general director, LLC "Aqua-Venture", St. Petersburg, Russia,
- L. A. Yakunin, head of technical department, LLC "Aqua-Venture", St. Petersburg, Russia

## References

- Yalovaya N. P., Strokach P. P. Ekologicheskoe sostoyanie bassejna vodosbora poverhnostnyh stokov [Ecological status of the catchment basin of surface runoff] // Vestnik Brestskogo gosudarstvennogo tehnicheskogo universiteta. 2012. No. 2. P. 101—103 [in Russian].
- Prozhorina T. I., Yakunina N. I., Nagih T. V. Issledovanie vliyaniya poverhnostnogo stoka s selitebnyh territorij na zagryaznenie Voronezhskogo vodohranilisha [Study of the effect of surface runoff from settlement areas on pollution of the Voronezh reservoir] // Vestnik VGU, seriya: Geografiya, Geoekologiya. 2018. No. 2. P. 115—120 [in Russian].
- 3. Chechevichkin V. N., Vatin N. I. *Osobennosti sostava i ochistki po-verhnostnogo stoka krupnyh gorodov* [Specifics of surface runoff contents and treatment in large cities] // Magazine of Civil Engineering. 2014. No. 6. P. 67—74 [in Russian].
- 4. Veremeev A. M., Tomilov A. A., Ruchnikova O. N. *Poverhnostnye stochnye vody s avtomobilnyh dorog* [Surface wastewater from automobile roads] // Stroitelstvo i arhitektura. Opyt i sovremennye tehnologii. 2016. No. 6. P. 393—402 [in Russian].
- 5. Evstigneeva Yu. V., Evstigneeva N. A. *Aktualnost zadachi ochistki poverhnostnogo stoka s dorozhnogo polotna avtomobilnyh dorog* [Actuality of runoff cleaning from the road surface] // Nauchnoe obozrenie. 2019. No. 2. P. 26—30 [in Russian].

- 6. Krasnogorskaya N. N., Musina S. A., Bredneva T. O. Livnevyj stok s avtotransportnoj infrastruktury kak istochnik zagryazneniya vodnyh ob'ektov [Storm runoff from road infrastructure as a source of water pollution] // Aktualnye problemy socialno-ekonomicheskoj i ekologicheskoj bezopasnosti Povolzhskogo regiona [VII International Scientific and Practical Conference "Actual problems of socio-economic and environmental security of the Volga region"]. Kazan, Kazan branch of RUT. 2016. 348 p. [in Russian].
- Leonov E. A., Mihajlova M. S. Problemy ochistki stochnyh vod s poverhnosti avtomobilnyh dorog na primere kolcevoj avtomobilnoj dorogi vokrug Sankt-Peterburga [Problems of wastewater treatment from the surface of roads using the example of a ring road around St. Petersburg] // Zhizn i bezopasnost. — 2002. — No. 3. — P. 280—286 [in Russian].
- 8. Gluhov V. V., Lazarev Yu. G., Chechevichkin A. V., Yakunin L. A. *Po-verhnostnyj stok: problemy i resheniya* [Surface runoff: problems and solutions] // Dorozhnaya derzhava. 2019. No. 89. P. 86—89 [in Russian].
- 9. Pshenin V. P., Kovalenko V. I. *Zagryazneniya livnevyh stokov s avtomobilnyh dorog* [Pollution of storm drains from roads] // Vestnik INZHEKONA. 2007. No. 6 (19). P. 140—145 [in Russian].
- 10. Bobkov A. V. *Ekologicheskie trebovaniya i problemy ochistki livnestokov s avtomobilnyh dorog i mostov* [Environmental requirements and problems of treatment of stormwater from roads and bridges] // *Dorogi i mosty.* 2008. No. 2 (20). P. 146—156 [in Russian].
- 11. Yurchenko V. A., Melnikova O. G. *Emissiya nefteproduktov, sozdavaemaya dorozhnymi infrastrukturnymi kompleksami* [Petroleum products emissions generated by road infrastructure complexes] // *Vestnik HNADU.* 2014. No. 64. P. 134—139 [in Russian].
- 12. Shagidullin A. R., Sizov A. N., Shagidullina R. A. Aktualizaciya metodiki rascheta moshnosti emissii vrednyh veshestv avtotransportom pri ego dvizhenii po gorodskim ulicam [Updating of the methodology for calculating the emission power of harmful substances by motor vehicles during its movement along city streets] // Rossijskij zhurnal prikladnoj ekologii. — 2015. — No. 1. — P. 58—63 [in Russian].
- 13. Gorodkov A. V., Kozonogina I. V. *K issledovaniyu i ocenke sostoyaniya ekosredy primagistralnyh territorij goroda po faktoru avtotransportnyh zagryaznenij* [To the study and assessment of the environmental condition of the city territories near highways by the factor of road pollution] // Biosfernaya sovmestimost: chelovek, region, tehnologii. 2017. No. 1 (17). P. 53—60 [in Russian].
- 14. Vatin N. I., Grekov M. A., Leonov L. V., Probirskij M. D., Rublevskaya O. N., Chechevichkin A. V., Yakunin L. A. Opyt vsesezonnoj ekspluatacii filtra FOPS® pri ochistke poverhnostnogo stoka s tehnogenno-nagruzhennoj selitebnoj territorii [The experience of year-round operation of FOPS filter in the purification of surface runoff from technologically disturbed resident area] // Vodosnabzhenie i sanitarnaya tehnika. 2018. No. 8. P. 40—50 [in Russian].
- 15. Federal Law of the Russian Federation of June 3, 2006 No. 74-FZ "The Watrer Code of the Russian Federation (as amended on October 31, 2016)". M.: *Sobranie zakonodatelstva Rossijskoj Federacii*, No. 23 ot 05.06.2006, st. 2381, GU izd-vo "Yuridicheskaya literatura" Administraciya Prezidenta RF [in Russian].
- 16. Federal Law of the Russian Federation of January 10, 2002 No. 7-FZ "On environmental protection (revision in force since January 01, 2017)". M.: Sobranie zakonodatelstva Rossijskoj Federacii, No. 2 ot 14.01.2002, st. 133, GU izd-vo "Yuridicheskaya literatura" Administraciya Prezidenta RF. [in Russian].
- 17. ODM 218.3.031—2013 *Metodicheskie rekomendacii po ohrane okruzhayushej sredy pri stroitelstve, remonte i soderzhanii avtomobilnyh dorog* [ODM 218.3.031—2013 "Methodological recommendations for environmental protection in the construction, repair and maintenance of roads"]. M.: Rosavtodor, 2013. [in Russian].
- 18. Vinokurov K. I., Krestyaninova A. Yu. *Lokalnye ochistnye so-oruzheniya poverhnostnogo stoka na avtomo-bilnyh dorogah i mostovyh pe-rehodah* [The local treatment facilities for surface runoff on highways and bridge crossings] // Ekologiya i stroitelstvo. 2019. No. 4. P. 42—52 [in Russian].
- 19. Dikarevskij V. S., Kurganov A. M., Nechaev A. P., Alekseev M. I. *Otvedenie i ochistka poverhnostnyh stochnyh vod* [Surface wastewater disposal and treatment]. L.: Strojizdat, 1990. 224 p. [in Russian].
- 20. Alekseev M. I., Kurganov A. M. *Organizaciya otvedeniya poverh-nostnogo (dozhdevogo i talogo) stoka s ur-banizovannyh territorij: Uchebnoe posobie* [Management of surface (rain and melt) runoff from urbanized areas: Educational guidance]. M.: Izd-vo ASV, 2000. 352 p. [in Russian].
- 21. Roev G. A., Yufin V. A. *Ochistka stochnyh vod i vtorichnoe ispolzovanie nefteproduktov* [Wastewater treatment and oil products secondary use]. M.: Nedra, 1987. 224 p. [in Russian].
- 22. Fyodorov M. V., Maslikov V. I., Chechevichkin A. V., Yakunin L. A. *Universalnyj stend dlya naturnyh ispytanij filtrov FOPS*<sup>®</sup>. *Nefteprodukty* [Universal bench for full-scale testing of filters FOPS<sup>®</sup>. Oil products] // Ekologiya i promyshlennost Rossii. 2020. Vol. 24. No. 4. P. 4—9 [in Russian].
- 23. Smirnov A. D. *Sorbcionnaya ochistka vody* [The sorption purification of water]. L.: Himiya, 1982. 168 p. [in Russian].
- 24. Klyachko V. A., Apelcin I. E. *Ochistka prirodnyh vod* [Natural water treatment]. M.: Strojizdat, 1971. 579 p. [in Russian].
- 25. Rekomendacii po raschyotu sistem sbora, otvedeniya i ochistki po-verhnostnogo stoka s selitebnyh territorij, ploshadok predpriyatij i opredeleniyu uslovij vypuska ego v vodnye obekty [Recommendations for calculation of systems for collection, discharge and treatment of surface runoff from settlement areas, sites of enter-

- prises and determination of conditions for its disposal into water bodies]. M.: OAO "NII VODGEO", 2014. 88 p. [in Russian].
- Chechevichkin A. V. Proektirovanie i primenenie lokalnyh ochistnyh sooruzhenij poverhnostnogo stoka na osnove filtrov FOPS<sup>®</sup> [Engineering and application of surface runoff local treatment facilities based on FOPS<sup>®</sup> filters]. SPb.: Izd-vo "Lyubavich". 2017. 176 p. [in Russian].
  Korchevskaya A. M., Chechevichkin V. N. Harakteristiki sorbcionnogo modulya gidrotehnicheskogo
- Korchevskaya A. M., Chechevichkin V. N. Harakteristiki sorbcionnogo modulya gidrotehnicheskogo sooruzheniya ochistki livnevyh stochnyh vod kladbish [Characteristics of sorption module of hydraulic facility for stormwater treatment of cemeteries] // Magazine of Civil Engineering. — 2009. — No. 2. — P. 43—45 [in Russian].
- 28. Mihajlov A. V., Kim A. N., Prodous O. A., Grafova E. O., Rublevskaya O. N. *Vodootvedenie i ochistka poverhnostnogo stoka na torfyanyh filtrah* [Disposal and purification of surface runoff on peat filters]. SPb.: Izd-vo "Sborka", 2014. 134 p. [in Russian].
- 29. Kononova M. S., Kalugina M. G., Pirogova Ya. Yu., Romanenko S. A. *Tehnicheskoe obosnovanie rekonstrukcii gorodskih sistem vodootvedeniya poverhnostnogo stoka* [Technical justification of reconstruction of urban water drainage systems of surface runoff] // Zhilishnoe hozyajstvo i kommunalnaya infrastruktura. 2019. No. 3 (10). P. 34—41 [in Russian].
- 30. Sergeev V. V., Papurin N. M., Gotovcev A. V. *Ochistka stokov s inzhenernyh sooruzhenij* [Treatment of effluents from engineering facilities] // Ekologiya proizvodstva. 2009. No. 10. P. 66—68 [in Russian].
- 31. Strelkov A., Teplyh S., Gorshkalev P., Zhdanov D., Teplyh E. *Primenenie kombinirovannyh filtruyushih patronov na zheleznodorozhnyh mostah* [The use of combined filter cartridges on railway bridges] // Voda Magazine. 2017. No. 5 (117). P. 20—22 [in Russian].
- 32. Vereshagina E. M., Vitkovskaya R. F. *Modernizaciya tehnologicheskoj shemy ochistki stokov AZS komple-ksnogo tipa* [Modernization of process flow diagram for treatment of complex type gas station wastewater] // Vestnik molodyh uchenyh SPGUTD. 2017. No. 4. P. 13—18 [in Russian].
- 33. Vatin N. I., Pankova G. A., Leonov L. V., Probirskij M. D., Rub-levskaya O. N., Chechevichkin A. V., Yakunin L. A. *Testovaya ekspluataciya fil-tra FOPS*® *s prirodnym ceolitom dlya ochistki zagryaznennogo in-filtratom poverhnostnogo stoka* [Test operation of FOPS® filter with natural zeolite for infiltrate polluted surface runoff treatment] // Vodosnabzhenie i sanitarnaya tehnika. 2017. No. 9. P. 40—49 [in Russian].
- 34. RMD 40-20—2016 *Ustrojstvo setej vodosnabzheniya i vodootvedeniya v Sankt-Peterburge* [RMD 40-20—2016 "Arrangement of water supply and sanitation networks in St. Petersburg"]. SPb.: Pravitelstvo Sankt-Peterburga, 2016. 96 p. [in Russian].
- 35. Federal Law of the Russian Federation of June 24, 1998 No. 89-FZ "On production and consumption waste" (revision in force since January 01, 2017). M.: *Sobranie zakonodatelstva Rossijskoj Federacii*, No. 26 ot 29.06.1998, st. 3009, GU izd-vo "Yuridicheskaya literatura" Administracii Prezidenta Rossijskoj Federacii [in Russian].
- 36. Order of the Ministry of Natural Resources of the Russian Federation of June 15, 2001 No. 511 "Approval of Criteria for classification of hazardous wastes as environmental hazards" // [Electronic resource]. available at: http://www.docs.cntd.ru/document/901798965, date of access: 11.06.2020 [in Russian].
- 37. Order of the Federal Environmental Supervision Service of May 22, 2017 No. 242 "On approval of the Federal Waste Classification Catalogue" // [Electronic resource]. available at:http://publication.pra-vo.gov.ru/Document/ View/0001201706130004, date of access: 11.06.2020 [in Russian].