

## НЕДОСТАТКИ ПРИМЕНЕНИЯ ГАБИОННЫХ СЕТЧАТЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЯХ ОЧИСТКИ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА С АВТОДОРОГ

**В. В. Глухов**, д. э. н., профессор, руководитель административного аппарата ректора ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», [vicerecator.me@spbstu.ru](mailto:vicerecator.me@spbstu.ru), Санкт-Петербург, Россия,

**М. А. Греков**, к. т. н., проректор по хозяйственной работе ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», [vicerecator.fm@spbstu.ru](mailto:vicerecator.fm@spbstu.ru), Санкт-Петербург, Россия,

**Г. Л. Козинец**, д. т. н., директор Инженерно-строительного института ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», [kozinets\\_gl@spbstu.ru](mailto:kozinets_gl@spbstu.ru), Санкт-Петербург, Россия,

**М. А. Тряскин**, инженер-исследователь, научно-исследовательская лаборатория «Технологии очистки промышленных и поверхностных сточных вод» Высшей школы гидротехнического и энергетического строительства, Инженерно-строительный институт ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», [tryaskin\\_ma@spbstu.ru](mailto:tryaskin_ma@spbstu.ru), Санкт-Петербург, Россия,

**В. Н. Чечевичкин**, к. хим. н., заведующий лабораторией, научно-исследовательская лаборатория «Технологии очистки промышленных и поверхностных сточных вод» Высшей школы гидротехнического и энергетического строительства, Инженерно-строительный институт ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», [chchevichkin\\_vn@spbstu.ru](mailto:chchevichkin_vn@spbstu.ru), Санкт-Петербург, Россия,

**А. В. Чечевичкин**, генеральный директор, ООО «Аква-Венчур»<sup>®</sup> 01@6400840.ru, Санкт-Петербург, Россия,

**Л. А. Якунин**, начальник конструкторского отдела, ООО «Аква-Венчур»<sup>®</sup>, 77@6400840.ru, Санкт-Петербург, Россия

В статье рассмотрены проблемы, связанные с неудовлетворительным состоянием локальных гидротехнических сооружений очистки поверхностного стока на основе габионных сетчатых конструкций (ГСК). Показано, что наиболее негативные последствия использования ГСК проявляются при обустройстве и эксплуатации гидробиотических площадок (ГБП), как сооружений очистки поверхностного стока с автодорог. Установлена связь между этими негативными явлениями и сложностями удаления значительных количеств токсичных осадков и илов, накопленных в поровом пространстве на дне канав и прудов-накопителей ГБП. На примере Кольцевой автомобильной дороги Санкт-Петербурга (КАД СПб) показано, что 75–80 % тяжелых металлов в поверхностном стоке находятся в нерастворимой форме во взвешенном состоянии. Описан процесс образования в поровом пространстве ГСК трудноизвлекаемых масс из токсичных осадков, представляющих реальную экологическую угрозу окружающей среде. Показано, что текущее обслуживание реальных ГБП практически не осуществляется, а именно удаление значительных масс осадков и вывоз их как опасных отходов в места утилизации. Отмечено, что насыщенный кислородом поверхностный сток при контакте с ГСК из оцинкованной сетки (широко применяющейся в настоящее время) способствует их интенсивной коррозии, что приводит к дополнительному загрязнению стока железом и цинком. Представлены сведения о коррозионной активности некоторых сорбционно-фильтрующих материалов, применяемых при очистке поверхностного стока. Сформулированы требования к локальным очистным сооружениям поверхностного стока, позволяющим избежать негативных последствий применения ГСК. Предложено решение на основе сорбционно-фильтрационной технологии с применением фильтров ФОПС, позволяющее устранить недостатки работы ГБП и обеспечить простое и малозатратное текущее обслуживание и утилизацию отходов водоочистки. Предлагаемая технология с использованием фильтров ФОПС позволяет исключить негативные явления, связанные с коррозией сеток ГСК, а также значительно сократить площадь под расположение очистных сооружений (140 % по сравнению с ГБП).

The problems related to the unsatisfactory state of the local hydraulic facilities for the surface runoff treatment based on gabion grid constructions (GGC) have been reviewed in the article. It has been shown that the most detrimental consequences of using GGC emerge during the installation and maintenance of constructed wetlands (CW) used as the surface runoff treatment facilities from highways. The link between these negative phenomena and the difficulties of removing significant amounts of toxic sediment and sludge accumulated in the pore space at the bottom of the ditches and storage ponds of the CW has

been established. Through the example of the Ring Road of St. Petersburg, it is shown that 75–80 % of heavy metals in the surface runoff are found in the insoluble form in a suspended state. The generation process of hard-to-recover masses from toxic sediments in the pore space of GGC posing a real ecological threat to the environment is described. It is shown that the current maintenance of the running CW is practically not carried out, namely, the removal of significant amounts of sediments and their removal as a hazardous waste to the disposal sites. It is noted that the oxygen-enriched surface runoff when contact with the galvanized mesh of the GGC (extensively used nowadays) advances their intense corrosion, which leads to the additional iron and zinc contamination of the runoff. The data on the corrosion activity of some sorption-filtration materials applied in the surface runoff treatment is presented. The requirements for the local surface runoff treatment facilities allowing avoiding negative consequences of the application of GGC are formulated. The solution based on the sorption-filtration technology with application of the FOPS filters, which allows eliminating the disadvantages of CW operation and providing the simple and low-cost maintenance and disposal of water treatment wastes, has been proposed. The suggested technology using the FOPS filters eliminates the negative phenomena associated with the corrosion of GGC mesh, as well as significantly reduces the area for the location of the treatment facilities (140 % compared to the CW).

**Ключевые слова:** поверхностный сток (ПС), гидробиотические площадки (ГБП), габионные сетчатые конструкции (ГСК), фильтры ФОПС, тяжелые металлы (ТМ), матрацы Рено, коррозия сеток, отходы водоочистки.

**Keywords:** surface runoff, constructed wetlands, gabion grid constructions, FOPS filters, heavy metals, Reno mattresses, Maccaferri gabions, mesh corrosion, water treatment wastes.

### Введение

Габионные сетчатые конструкции (ГСК) нашли применение для защиты земель от опасных природных воздействий в виде русловой, склоновой, волновой и овражной эрозии, а также оползневых проявлений [1–4].

Применение ГСК дает хорошие результаты при проведении технических мероприятий по созданию противодиффузионных покрытий каналов и водоемов, берего- и дноукреплению, укреплению откосов при строительстве дорог, а также в ландшафтном благоустройстве территорий [5, 6].

На рисунке 1 представлены фотографии удачного применения ГСК при берегоукреплении (рис. 1, а) и укреплении откосов (рис. 1, б) на Кольцевой автомобильной дороге Санкт-Петербурга (КАД СПб).

Масштабные эколого-антропоцентричные задачи, стоящие перед страной в области охраны водных ресурсов и создания благоприятной среды для проживания человека и реализуемые в рамках утвержденного указом Президента РФ национального проекта «Экология» [7, 8], настоятельно диктуют необходимость в критическом осмыслении существующих технологий очистки поверхностных сточных вод.

Широкое применение получает использование ГСК для создания гидротехнических сооружений для локальной очистки поверхностного стока (ПС) с автодорог и

селитебных территорий. Наиболее раннее использование ГСК в качестве фильтрующих элементов (кассет) отмечается для гидробиотических площадок (ГБП) [9–12], имеющих по заключению многих авторов серьезные недостатки (малая эффективность очистки, сложность регулярного их обслуживания, малый период работы в климатических условиях основной части территории России и др.) [10, 13, 14]. Кажущаяся дешевизна возведения ГБП из ГСК обусловила их внедрение при строительстве новых автодорожных магистралей. Ложное утверждение о «высокой эффективности» удаления высшей водной растительностью (ВВР) всего перечня загрязнений с автодорог (от нефтепродуктов до тяжелых металлов (ТМ)) привело к искажению представлений о реальной работе ГБП и масштабах накопленных экологических проблем, связанных с их длительным использованием.

Применение ГБП для очистки ПС с автодорог подвергается регулярной критике не только в России, но и за рубежом [10, 13–15]. Для отвлечения внимания от реальных проблем, связанных с ГБП, в последнее время предпринимается попытка заменить набивший оскомину термин ГБП на новый — ГОФС (габионное очистное фильтровальное сооружение) [5, 6, 16]. Это якобы «новое» сооружение усиленно раскручивается как некое универсальное средство, обладающее способностью «мобилизации природных возможностей самоочищения экосистем водных объектов» [5, 6, 16], то есть в другой

редакции предлагаются ложные, ничем не обоснованные постулаты, лежащие в основе «уникальности» ГБП. Каковы же эти постулаты?

Основным недоказанным утверждением является тезис о том, что ВВР в пруду, в который поступает токсичный сток с автодороги, способна «переработать» его и «удалить» загрязнители. При этом никто не утруждает себя выяснением самого механизма усвоения загрязнителей (например, ТМ) водными растениями, возможно-допустимыми пределами их потребления биоценозами водоемов-прудов, а также влиянием климатических условий на процессы, в них происходящие. Вопросы накопления ТМ, интенсивно изучаемые для почвенных растений [17–20], для ВВР еще фактически и не изучались. Вместо этого с завидной настойчивостью появляются призывы использовать для очистки ПС тропический водный сорняк — водный гиацинт (эйхорнию) [9, 21], с которым в странах с теплым климатом ведется серьезная борьба [22]. Авторы [9, 21] не смущает факт невозможности применения этого растения в странах даже с умеренным климатом, для чего они предлагают очищать ПС в заведомо нерентабельных в России прудах-оранжереях.

В настоящее время известно, что ТМ находятся в ПС в значительной мере в виде нерастворимых форм, которые осаждаются в прудах ГБП, вызывая накопление значительных количеств токсичных осадков [10, 15].

**Таблица 1**  
**Сравнение содержания валовой и растворенной форм тяжелых металлов в поверхностном стоке с КАД Санкт-Петербурга**

№ п/п	Загрязняющие компоненты	Содержание, мг/дм <sup>3</sup>		Растворенная форма, % масс.
		Растворенная форма	Валовая форма	
1	Железо	0,38	4,8	7,9
2	Марганец	0,15	1,05	28,6
3	Цинк	0,27	1,1	24,5
4	Свинец	0,010	0,047	21,3
5	Кадмий	<0,0001	0,001	40,0
6	Медь	0,015	0,08	25,7
7	Хром	0,005	0,024	20,8
8	Никель	0,006	0,025	24,0
9	Алюминий	0,24	1,42	16,9

В таблице 1 приведено сравнение экспериментально полученных значений валовой и растворенной форм ТМ в реальном ПС на одном из участков КАД СПб. Видно, что 75–80 % в различных ТМ, эмитируемых автотранспортом, находятся в виде нерастворимых в воде взвешенных веществ. Эти результаты неплохо согласуются с данными зарубежных авторов [22–24].

Что будет с ВВР в сточной грязной канаве, которой является пруд ГБП, в течение длительного времени при одновременном воздействии нескольких токсиантов в виде больших количеств накопленных нерастворимых форм ТМ на дне пруда? Как корневая система ВВР будет себя вести в условиях, когда вместо реальной почвы (грунта) для ее произрастания будет ядовитый ил из осевших на дно пруда оксидов и гидроксидов ТМ с добавкой нефтепродуктов и СПАВ — не ясно.

Однако очень хорошо ясно рекламирующим этот подход авторам и, видимо, введенным ими в заблуждение проектировщикам строительства автомагистралей, что лучше этой технологии ничего нет, и все загрязнители из пруда-отстойника чудесным образом куда-то исчезают путем мифического «самоочищения» водоема. Никого, естественно, не заботит, что даже если все ТМ в таком огромном количестве и были поглощены ВВР (что нереально), то из пруда они никуда не делись и в виде отмерших растений будут оставаться на его дне. При этом никакого «самоочищения» не происходит, а вся эта система (пруд и его растительность) работает как обыкновенная отстойная яма (выполненная вдобавок из ГСК), накапливающая экологически опасные загрязнители. Влияние этих процессов на реальное состояние ВВР в ГБП показано на рисунках 2 и 3, а также в материалах [13], из которых видно, что в реальной ситуации за этой растительностью в ГБП из ГСК никто не следит, поскольку рекомендованная ее замена по [11] крайне сложна и затратна.

Наконец, весьма негативной с точки зрения будущего накопленного экологического ущерба является концепция применения для очистки ПС так называемых фитофильтров, «экопаркингов» на основе газонных фиторешеток и т. д. [9, 25–27] вплоть до использования для слива и утили-

лизации неочищенного стока заболоченных территорий и болот [28, 29].

Применение ГСК для обустройства ГБП иногда лишено элементарной логики и экономически не оправдано. На рисунке 3 представлен внешний вид двух ГБП, расположенных на КАД СПб. В обоих случаях уровень расположения шунгитовых каскет для так называемой сорбционной доочистки выполнен очень глубоко, относительно верхнего уровня сооружения, выполненного из матрацев Рено. Шунгитовые каскеты, определяющие уровень перелива ПС, как при рабочем, так и при сверхнормативном расходе (разница между ними  $\approx 0,3$  м), не позволяют эффективно использовать весь объем сооружения, что привело в обоих случаях к созданию неэффективных и, безусловно, дорогих конструкций на основе ГСК. В первом случае (рис. 3, а) пруд имеет избыточную глубину, и поэтому ВВР в нем не может произрастать, а во втором для обеспечения малой глубины (для высаживания ВВР) переливной порог (шунгитовая каскета) опущен слишком низко.

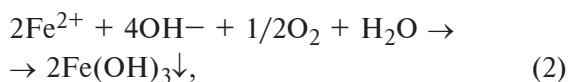
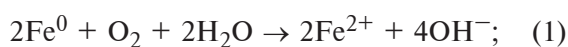
Выполнение водоотводящих элементов локальных очистных сооружений (ЛОС) на автодорогах из ГСК типа матрацев Рено (лотков, канав, площадок) также ничем не оправдано. На рисунках 4, 5 и 6 представлены такие элементы в рабочем состоянии на реальных автомагистралях. В водоотводящих лотках, выполненных из матрацев Рено (рис. 4, а), повсеместно происходит интенсивное накопление мусора с обочин, удаление которого (как правило, вручную) весьма трудоемко.

Горизонтальные водоотводящие каналы на обочинах и под технологическими проездами (рис. 4, б и 5) подвергаются интенсивному заилению и зарастанию, как и горизонтальные площадки различного назначения, выполненные из матрацев Рено (рис. 6). Следует отметить, что заиление и зарастание конструкций из ГСК чрезвычайно опасными веществами в условиях отведения ПС с автодорог не является аналогом естественного зарастания ГСК в чистых условиях, например, при укреплении откосов гидротехнических объектов [1–4].

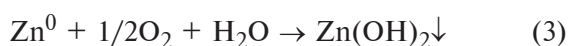
Интенсивная коррозия оцинкованных сеток в подошвах ГСК при контакте с влажным грунтом или с водой (рис. 7) вносит дополнительный существенный вклад

в загрязнение прилегающих почв и водоемов железом и цинком.

Если железо корродирует с обязательным участием кислорода по схеме в два этапа:



то коррозия цинка в водной среде происходит по схеме в один этап:



и начинается уже при  $\text{pH} = 6,0$ .

Содержание кислорода в поверхностном стоке весьма велико и определяется тем, что осадки (дождь) в диспергированном состоянии интенсивно растворяют его при их формировании. Так, окислительно-восстановительный потенциал (ОВП) свежих осадков (дождь) в момент их выпадения (при температуре  $22^\circ$ ) составляет  $+220 \pm 10$  мВ, а после прохождения через слой нейтрального гранитного щебня (20–40 мм) высотой 1,0 м — минус  $210 \pm 10$  мВ, то есть изменяется незначительно. При  $\text{pH} < 6,0$  вместо  $\text{Zn}(\text{OH})_2$  образуется ион  $\text{Zn}^{2+}$ , являющийся наиболее подвижной формой этого элемента, часто образующего также растворимые комплексные соединения.

Контакт некоторых сорбционных материалов с сетками в фильтрующих каскетах зачастую связан с увеличением их коррозии, даже в оцинкованном виде (рис. 8).

Применение нейтральных материалов (гранитный щебень) практически не влияет на скорость коррозии (рис. 9), углеродных материалов (шунгит, активированный уголь) значительно ее увеличивает, а природных цеолитов, наоборот, уменьшает.

Таким образом, применяемые при строительстве автодорог ЛОС на основе ГСК являются не только объектом накопления нерастворимых форм ТМ, но и источником вторичного загрязнения проходящего через них ПС. На рисунке 10 представлена схема прохождения ПС, насыщенного кислородом с высоким значением ОВП через пруд ГБП (пруд-накопитель, пруд-испаритель и т. д. в соответствии с [11]), движение которого происходит на верхнем уровне воды в пруду, вследствие температурной инверсии, а также верхнего подвода ПС в копань пруда.



В итоге в пруду ГБП в верхней части формируется зона с высоким ОВП, в котором ТМ, окисляясь, образуют нерастворимые дисперсные формы, осаждающиеся на его дно. С другой стороны, при отсутствии стока, вследствие недостаточной конвенции, и особенно при малом притоке кислорода с водного зеркала пруда (например, при наличии пленки нефтепродуктов на его поверхности) в нижней (придонной) части пруда образуется бедная кислородом зона с глееватыми водами, имеющими низкое значение ОВП. В таблице 2 представлены данные, полученные для воды в пруду одной из ГБП на КАД СПб, которые подтверждают вышесказанное. В итоге на дне пруда ГБП, при наличии ПС происходит накопление нерастворимых дисперсных форм ТМ, являющихся отходами III класса опасности, а при отсутствии ПС — их восстановление до растворимых форм с их выходом в объем пруда с последующим сбросом в водоток.

В документе [12] для ГБП регламентная очистка дна прудов, канав, лотков и т. д. предполагается через 5—8 лет, что, видимо, основано на «сверхэффективной» и практической бесконечной утилизации всех загрязнителей ВВР в прудах ГБП. Никого не беспокоит, что биоценозы таких прудов (если они еще живы), могут «работать» только в теплое время (не более 3—4 месяцев в году для большинства территорий России), а в остальное время пруд работает только как механический отстойник.

Вероятно, с целью сокрытия результатов работы таких сооружений в [12] для ГБП нет указаний о периодичности отбо-

ра проб очищенной на них воды, являющегося неотъемлемой частью мероприятий по эксплуатации любого ЛОС. Для усиления «чудодейственных» свойств в [12] рекомендуется на дно пруда засыпать шунгитовый щебень (размер куска 20—40 мм) и заменять его новым через 5—8 лет вместе с заменой ВВР.

Из схемы (рис. 10) видно, что даже если с помощью какой-либо техники и возможно удалить слой осадка со дна пруда ГБП (что весьма затратно), то из порового пространства матраца Рено (образованного булыжниками размером 100—120 мм) это сделать невозможно (как и удалить шунгитовый щебень вместе ВВР). Корневая система ВВР (в случае если она останется живой в прудах ГБП) дополнительно затруднит процесс удаления осадков из порового пространства матрацев Рено на дне, прорастая через них. В итоге получается безрадостная картина ГБП, как практически неэксплуатируемого объекта, накапливающего экологический ущерб.

Чем же можно изменить сложившуюся негативную практику применения ЛОС на основе ГСК и остановить реальное накопление загрязнителей в окружающей нас среде?

Для решения этой проблемы необходимо соблюдение нескольких условий:

— применяемые ЛОС должны быть выполнены из некорродирующих материалов;

— текущее обслуживание ЛОС (замена сорбционных элементов, удаление осадков и т. д.) должно быть простым и выполняться доступной погрузочно-разгрузочной техникой;

**Таблица 2**

**Некоторые характеристики поверхностного стока с автодорог в элементах ГБП на основе ГСК в сухой период и во время дождя**

Период измерения	Измеряемая величина	Выпадающие осадки*	Элементы ЛОС из ГСК		
			Водоотводящая канава	Пруд ГБП	
				Верхний уровень**	Нижний уровень
Дождь	<i>Eh</i> , мВ	+220	+200	+160	минус 18
	<i>pH</i>	7,45	7,20	7,05	5,83
Сухой период	<i>Eh</i> , мВ	—	+180	+125	минус 45
	<i>pH</i>	—	6,80	6,67	5,24

\* Осадки собирались на чистой поверхности, расположенной на проезжей части (без контакта с полотном автодороги).

\*\* Верхняя и нижняя части пруда ГБП по глубине в соответствии со схемой на рисунке 10, а цифры на схеме соответствуют глубине отбора проб воды для определения характеристик таблицы.



а)

б)

**Рис. 1.** Внешний вид габионных конструкций для укрепления склонов на КАД СПб:  
*а* — берега реки Каросты; *б* — откосы на двухъярусной автотрассе



а)

б)

**Рис. 2.** Состояние высшей водной растительности в прудах ГБП:  
*а* — рекомендуемое (ОДМ 218.8.005—2014. Методические рекомендации по содержанию очистных сооружений на автомобильных дорогах. М., 2017. 78 с.); *б* — в реальном пруду ГБП на КАД СПб

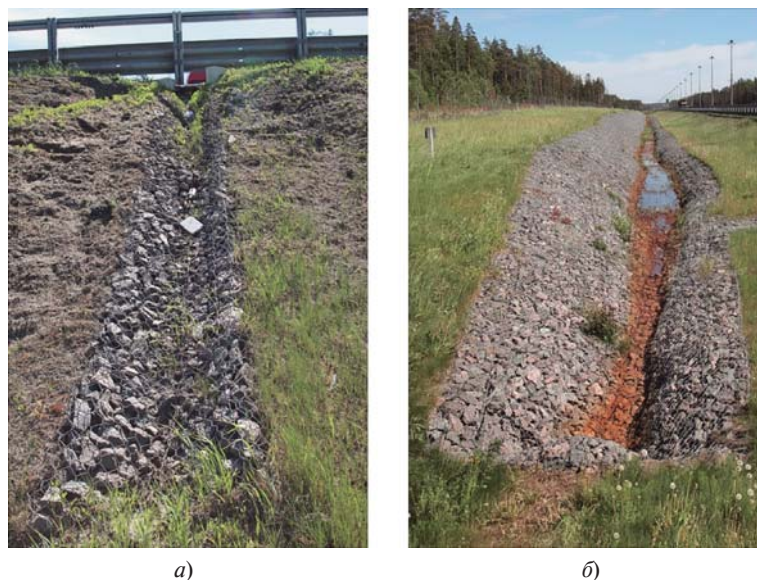


а)

б)

**Рис. 3.** Укрепление берегов прудов при строительстве ГБП:  
*а* — 111-й км внутреннего кольца КАД СПб; *б* — 39-й км внутреннего кольца КАД СПб





**Рис. 4.** Внешний вид элементов водоотводящей сети автодорог на основе ГСК (матрацев Рено) на КАД СПб:

*a* — водоотводящий лоток; *б* — канава на линейном участке



**Рис. 5.** Заиление нерастворимыми соединениями железа канав на основе ГСК на трассе М11 (Санкт-Петербург—Москва):

*a* — канава проезда для технологического обслуживания; *б* — канава подачи стока на очистное сооружение



**Рис. 6.** Результаты неудовлетворительной работы водотоков на основе ГСК типа матрацев Рено:

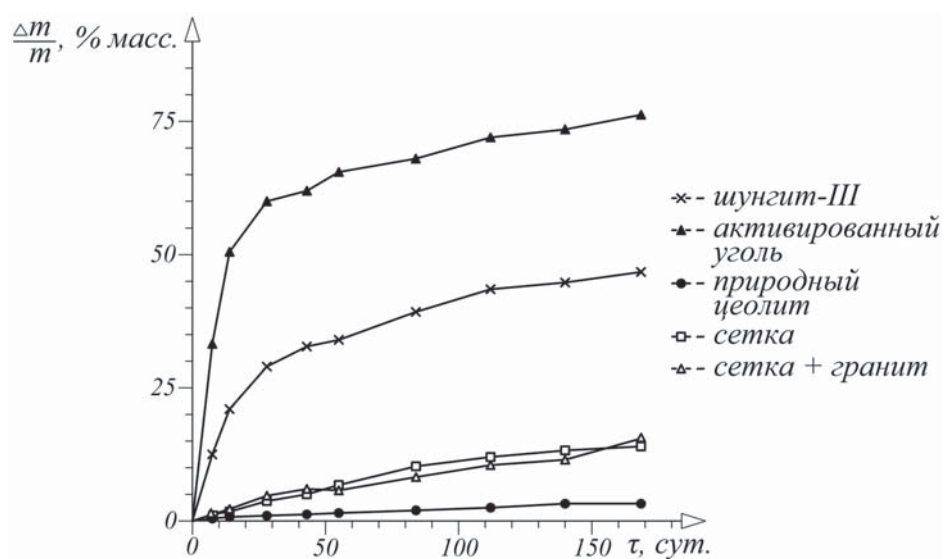
*a* — полное заиление и зарастание габионной площадки; *б* — перелив стока мимо габионной площадки



**Рис. 7.** Коррозия оцинкованных сеток в габионных корзинах при контакте с водной средой: *a* — габион в основании стенки укрепления склона автомобильной развязки; *b* — матрацы Рено в нижней части пруда ГБП



**Рис. 8.** Внешний вид прокорродировавшей стальной оцинкованной сетки фильтровальной кассеты в ЛОС типа ГБП при контакте с крупнокусковым шунгитом III на КАД СПб



**Рис. 9.** Зависимость относительной массы разрушенной сетки (материал Сталь 20) от времени ее контакта ( $\tau$ , сут) с сорбционным материалом в водной среде



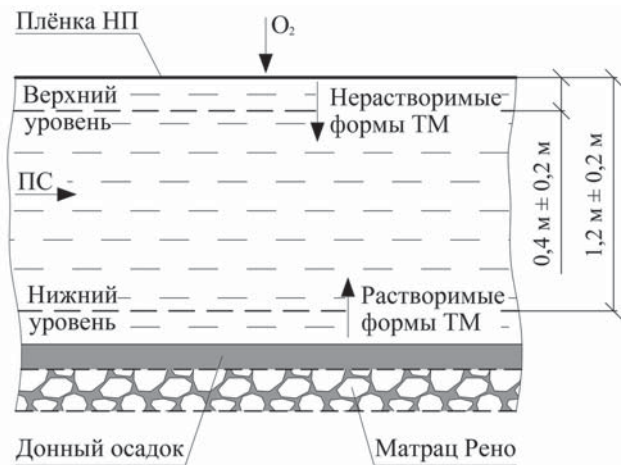


Рис. 10. Схема прохождения ПС через пруд ГБП, выполненный из ГСК типа матрасов Рено



Рис. 11. Монтаж фильтра очистки поверхностного стока ФОПС в дождеприемный канализационный колодец на автодороге

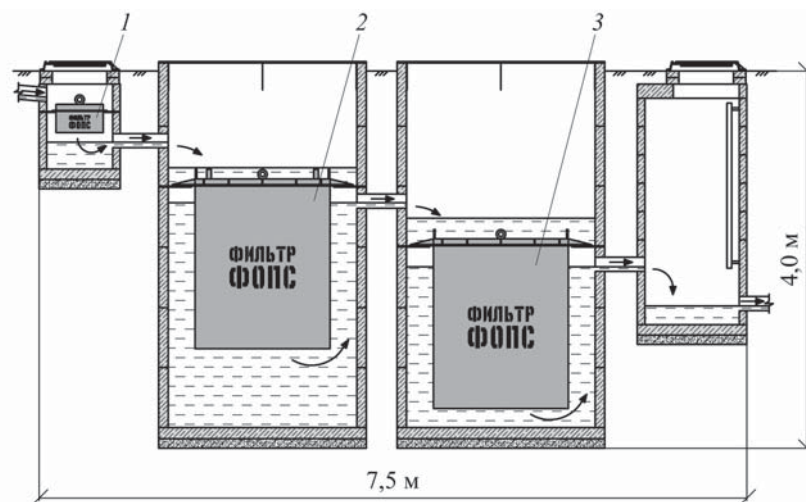


Рис. 12. Очистное сооружение на основе фильтров ФОПС эквивалентное по эффективности очистки поверхностного стока гидроботанической площадке:

1 — фильтр ФОПС-К; 2 — фильтр ФОПС-С; 3 — фильтр ФОПС-М

— место расположения ЛОС должно быть минимальным и доступным для обслуживания;

— продукты очистки поверхностного стока (осадки, илы, отработанные сорбенты) должны компактно и просто удаляться из ЛОС, не загрязняя при этом окружающую среду, и легко доставляться в места их утилизации;

— класс опасности отходов водоочистки должен быть IV (малоопасные отходы).

Всем этим требованиям соответствует технология создания ЛОС на основе стандартных канализационных колодцев (бетонных, пластиковых) и фильтров ФОПС, всесторонне проработанная и внедренная в народное хозяйство [13, 14, 30]. ЛОС на основе этой технологии, использующие принципы сорбционно-седиментационных геохимических барьеров, позволяют использовать значительные количества дешевых природных сорбционных материалов, необходимых для эффективного извлечения загрязнителей из больших объемов ПС.

Размещение больших количеств сорбционных материалов в удобных для манипуляций водопроницаемых контейнерах (собственно, фильтрах ФОПС) позволяет легко с помощью доступной погрузочно-разгрузочной техники устанавливать их в штатные места (колодцы) для работы, а затем, после их отработки, доставлять в компактном виде в места утилизации. Существенным преимуществом использования ЛОС на основе фильтров ФОПС является отсутствие коррозии в их элементах, поскольку сами фильтры выполнены полностью из пластика и размещаются они в коррозионностойких канализационных колодцах (ж/б, пластиковых или ж/б с пластиковой футеровкой). При этом фильтры ФОПС могут быть установлены как непосредственно на проезжей части дорог (рис. 11), так и за их пределами. Применение фильтров ФОПС исключает использование необслуживаемых прудов на основе ГСК, что существенно экономит площади под размещение ЛОС.

На рисунке 12 представлена схема ЛОС на основе фильтров ФОПС, расположенных в колодцах, и эквивалентная типичной ГБП.

Поскольку ГБП реально очищает только взвешенные формы ТМ и пленочно-эмульгированные нефтепродукты (т. е. в

лучшем случае работает как пруд-отстойник), ее эквивалентом является комбинация из трех фильтров марки ФОПС, расположенных последовательно по ходу движения воды в соответствующих канализационных колодцах. Это фильтр ФОПС-К (корзина), предназначенный для сбора и удаления мусора, песка и листьев, а также фильтры ФОПС-С (сепаратор, удаляющий основную массу взвешенных веществ и пленочно-эмульгированных нефтепродуктов) и ФОПС-М (механический), осуществляющий тонкую механическую доочистку от микрочастиц взвешенных веществ и микрокапель нефтепродуктов. Экономия площади под ЛОС на основе фильтров ФОПС составит не менее 140 %, по сравнению с ГБП. При расположении фильтров ФОПС в колодцах ниже глубины промерзания ЛОС на основе фильтров ФОПС зимой во время оттепелей будет очищать талый сток, а ГБП — нет.

### Выводы

1. Применением ГСК для обустройства ЛОС поверхностного стока с автодорог сопряжено с рядом серьезных недостатков: высокая склонность к заиливанию токсичными осадками и невозможность их полного удаления из объема ГСК, а также значительная коррозия сеток ГСК, способствующая вторичному загрязнению вод ТМ.

2. В составе ГБП использование ГСК только усугубляет серьезные недостатки ЛОС такого типа: малая эффективность очистки стока и малый период реальной работы в теплое время, трудности и высокая стоимость работ под размещение, несоответствие экологической нагрузки от современного стока с автодорог потенциальным возможностям жизнедеятельности биоценозов ГБП.

3. Применение сорбционно-фильтрационной технологии очистки ПС с использованием фильтров ФОПС, располагаемых в стандартных канализационных колодцах, позволяет устранить недостатки работы ГБП на основе ГСК. Основными преимуществами данной технологии являются: простые и малозатратные мероприятия по монтажу, текущей эксплуатации и удалению отходов водоочистки в закрытых и удобных в обращении контейнерах (фильтрах ФОПС), выполненных из не-



подверженных коррозии материалов, экология места под расположение ЛОС, а также низкие затраты ручного труда. Отходы водоочистки (фильтры ФОПС) представляют собой отходы IV класса опасности (малоопасные), что позволяет не предъявлять особых требований к их размещению.

### Список литературы

1. Калужская Э. И., Босов М. А. Способ возведения гибкого биопозитивного берегоукрепления // *Вестник Забайкальского государственного университета*. — 2018. — Т. 24. — № 1. — С. 4–9.
2. Бухгалтер Э. Б., Ниберг А. А. Использование габионных конструкций в газовой промышленности для охраны окружающей среды // *Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе*. — 2012. — № 3. — С. 16–19.
3. Иванов И. А., Ербахов В. О., Иванова О. А. Работа габионных конструкций в условиях Севера // *Вестник Бурятского государственного университета*. — 2014. — № 3. — С. 111–116.
4. Палуанов Д. Т. Применение габионов в строительстве гидротехнических сооружений: сборник научных трудов Международной научно-технической конференции «Инновации в строительстве глазами молодых специалистов». — Курск: ЗАО «Университетская книга», 2014. — С. 241–244.
5. Бухгалтер Э. Б. Габионные конструкции: экологические и технологические применения в газовой промышленности // *Территория НЕФТЕГАЗ*. — 2012. — № 9. — С. 84–87.
6. ГОФС — экологично, полезно и красиво // *Вестник. Зодчий. 21 век*. — 2016. — № 1 (58). — С. 78–79.
7. 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.
8. Паспорт национального проекта «Экология». — URL: [www.mnr.gov.ru](http://www.mnr.gov.ru), дата обращения: 01.12.2021.
9. 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. — № 3 (19). — С. 28–35.
10. Sharley D. и др. Linking urban land use to pollutants in constructed wetlands: Implications for stormwater and urban planning // *Landscape and Urban Planning*. — 2017. — Vol. 162. — P. 80–91.
11. Кривицкий С. В. Очистка поверхностных стоков с использованием гидробиотических площадок // *Экология и промышленность России*. — 2007. — № 3. — С. 20–23.
12. ОДМ 218.3.031–2013 Методические рекомендации по охране окружающей среды при строительстве, ремонте и содержании автомобильных дорог. — М.: Росавтодор, 2013. — 91 с.
13. Винокуров К. И., Крестьянинова А. Ю. Локальные очистные сооружения поверхностного стока на автомобильных дорогах и мостовых переходах // *Экология и строительство*. — 2019. — № 4. — С. 44–52.
14. Глухов В. В. и др. Текущее состояние сооружений очистки поверхностного стока КАД Санкт-Петербурга и возможности их модернизации // *Экология урбанизированных территорий*. — 2020. — № 4. — С. 41–52.
15. Istenic D. и др. Improved urban stormwater treatment and pollutant removal pathways in amended wet detention ponds // *Journal of Environmental Science and Health*. — Part A. — 2012. — Vol. 47. — P. 1466–1477.
16. Черных О. Н., Ханов Н. В., Бурлаченко А. В. Пути решения проблем комплексной экологической реабилитации и природоприближенного восстановления малых рек русских усадеб Москвы // *Природообустройство*. — 2019. — № 1. — С. 47–55.
17. Фещенко В. П. Экологическая оценка загрязнения тяжелыми металлами сельскохозяйственных культур лесостепи Новосибирского Приобья // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. — 2014. — № 1 (111). — С. 39–41.
18. Елизарьева Е. Н., Янбаева Ю. А., Кулагин А. Ю. Растения для фиторемедиации воды, загрязненной тяжелыми металлами // *Вестник Оренбургского государственного университета*. — 2016. — № 3 (191). — С. 68–75.
19. Лопатина Д. Н. Накопление тяжелых металлов в почвах и растениях бассейна реки Оса (Верхнее Приангарье) // *Успехи современного естествознания*. — 2019. — № 6. — С. 82–87.
20. Скугорева С. Г., Фокина А. И., Домрачева Л. И. Токсичность тяжелых металлов для растений ячменя, почвенной и ризосферной микрофлоры // *Теоретическая и прикладная экология*. — 2016. — № 2. — С. 32–45.
21. Рудиков Д. А. и др. Исследование нетрадиционных способов очистки промышленных сточных вод // *Инженерный вестник Дона*. — 2013. — № 8.
22. Mitan N. Water hyacinth: Potential and Threat // *Materials Today: Proceedings*. — 2019. — Vol. 19. — P. 1408–1412.
23. 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.
24. Пшенин В. Н., Бутянов М. С. Ливневые стоки с автомобильных дорог // *Дорожная держава*. — 2013. — № 48. — С. 72–75.
25. Шукин И. С. Исследование процессов очистки поверхностных сточных вод от нефтепродуктов и тяжелых металлов на фитофильтрах // *Водоснабжение и санитарная техника*. — 2018. — № 2. — С. 35–42.

26. Шукин И. С., Мелехин А. Г. О производительности фитофильтров для очистки поверхностного стока с урбанизованных территорий // *Вестник ПНИПУ. Урбанистика*. — 2013. — № 2. — С. 140—147.
27. Красногорская Н. Н., Мусина С. А., Ишмухаметова Л. А. Экопаркинг как способ снижения негативного воздействия ливневого стока урбанизированной территории // *Экологический мониторинг и биоразнообразие*. — 2016. — № 2 (12). — С. 70—73.
28. Ковалева Е. И., Яковлев А. С. Экологические функции болотных экосистем (на примере острова Сахалин) // *Экология и промышленность России*. — 2017. — Т. 21. — № 12. — С. 32—37.
29. Ульрих Д. В., Тимофеева С. С., Брюхов М. Н. Возможности использования листостебельных мхов в очистке сточных вод // *Вестник ИрГТУ*. — 2013. — № 12 (83). — С. 136—139.
30. Чечевичкин А. В. Проектирование и применение локальных очистных сооружений поверхностного стока на основе фильтров ФОПС. — СПб.: Изд-во «Любавич», 2017. — 176 с.

## DISADVANTAGES OF USING GABION GRID CONSTRUCTIONS IN HYDRAULIC STRUCTURES FOR TREATMENT OF SURFACE RUNOFF FROM HIGHWAYS

**V. V. Glukhov**, Doctor Habil. (Economics), professor, Head of The Rector's Office, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, [vicerector.me@spbstu.ru](mailto: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, [vicerector.fm@spbstu.ru](mailto:vicerector.fm@spbstu.ru) St. Petersburg, Russia,

**G. L. Kozinets**, Doctor Habil. (Technical Sciences), assoc. professor, Director of the Institute of Civil Engineering, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, [kozinets\\_gl@spbstu.ru](mailto:kozinets_gl@spbstu.ru), St. Petersburg, Russia,

**M. A. Triaskin**, Research engineer, Research and Development Laboratory "Industrial and surface wastewater treatment technologies" of the Higher School of Hydrotechnical and Energy Sector Construction, Institute of Civil Engineering of Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University [tryaskin\\_ma@spbstu.ru](mailto:tryaskin_ma@spbstu.ru), St. Petersburg, Russia,

**V. N. Chechevichkin**, Ph. D. (Chemistry), head of laboratory, Research and Development Laboratory "Industrial and surface wastewater treatment technologies" of the Higher School of Hydrotechnical and Energy Sector Construction, Institute of Civil Engineering of Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, [chechevichkin\\_yn@spbstu.ru](mailto:chechevichkin_yn@spbstu.ru) St. Petersburg, Russia,

**A. V. Chechevichkin**, general manager, LLC "Aqua-Venture®", [01@6400840.ru](mailto:01@6400840.ru), St. Petersburg, Russian Federation,

**L. A. Iakunin**, product development manager, LLC "Aqua-Venture®" [77@6400840.ru](mailto:77@6400840.ru), St. Petersburg, Russian Federation

### References

1. Kaluzhskaya E. I., Bosov M. A. *Sposob vozvedeniia gibkogo biopozitivnogo beregoukrepleniia* [The technology of installation of the flexible biopositive coastal strengthening]. *Vestnik Zabaikal'skogo gosudarstvennogo universiteta*. 2018. No. 24 (1). P. 4—9 [in Russian].
2. Bukhgalter E. B., Niberg A. A. *Ispol'zovanie gabionnykh konstrukttsii v gazovoi promyshlennosti dlia okhrany okruzhaiushchei sredy* [The use of the gabion structures in the gas industry for the environmental protection]. *Zashchita okruzhaiushchei sredy v neftegazovom komplekse*, 2012. No. 3. P. 16—19 [in Russian].
3. Ivanov I. A., Erbakhov V. O., Ivanova O. A. *Rabota gabionnykh konstrukttsii v usloviakh Severa* [The gabion structures operation in the North climate]. *Vestnik Buriatskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2014. No. 3. P. 111—116 [in Russian].
4. Paluanov D. T. *Primenenie gabionov v stroitel'stve gidrotekhnicheskikh sooruzhenii* [The use of gabions in the construction of hydraulic structures]: Sbornik nauchnykh trudov Mezhdunarodnoi nauchnotekhnicheskoi konferentsii Innovatsii v stroitel'stve glazami molodykh spetsialistov. Kursk: ZAO "Universitetskaya kniga". 2014. P. 241—244 [in Russian].
5. Bukhgalter E. B. *Gabionnye konstrukttsii: ekologicheskie i tekhnologicheskie primeneniia v gazovoi promyshlennosti* [The gabion structures: the environmental and technological applications in the gas industry]. *Territorii NEFTEGAZ*. 2012. No. 9. P. 84—87 [in Russian].
6. *GOFS — ekologichno, polezno i krasivo* [GOFS — environmentally friendly, useful and beautiful]. *Vestnik. Zodchii. 21 vek*. 2016. No. 1 (58). P. 78—79.
7. The decree of the President of Russian Federation of May 7, 2018 No. 204 "On the national goals and strategic objectives of the development of the Russian Federation for the period up to 2024". Moscow, *Sobranie zakonodatel'stva Rossiiskoi Federatsii ot 14 maia 2018 g.*, No. 20, ar. 2817 [in Russian].
8. *Pasport nacional'nogo proekta "Ekologiya"* [The national project "Ecology" data sheet]. URL: [www.mnr.gov.ru/activity/directions/natsionalnyy\\_proekt\\_ekologiya/](http://www.mnr.gov.ru/activity/directions/natsionalnyy_proekt_ekologiya/), access data: 01.12.2021 [in Russian].



9. Karasev P. L., Petrash E. P., Frog D. B. *Osnovnye tekhnicheskie resheniia po sozdaniiu ochistnykh sooruzhenii s ispol'zovaniem prirodnikh tekhnologii* [The main technical solutions for the creation of treatment facilities using natural technologies]. *Biosfernaia sovместimost': chelovek, region, tekhnologii*. 2017. No. 3 (19). P. 28–35 [in Russian].
10. Sharley D. [et al.]. Linking urban land use to pollutants in constructed wetlands: Implications for stormwater and urban planning. *Landscape and Urban Planning*. 2017. Vol. 162. P. 80–91.
11. Krivitskii S. V. *Ochistka poverkhnostnykh stokov s ispol'zovaniem gidrobotanicheskikh ploshchadok* [The surface runoff treatment by the means of constructed wetlands]. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii*. 2007. No. 3. P. 20–23 [in Russian].
12. *ODM 218.3.031—2013 Metodicheskie rekomendatsii po okhrane okruzhaiushchei sredy pri stroitel'stve, remonte i soderzhanii avtomobil'nykh dorog* [ODM 218.3.031—2013 “The methodological recommendations for the environmental protection in the construction, repair and maintenance of roads”]. Moscow, Rosavtodor. 2013 [in Russian].
13. Vinokurov K. I., Krest'ianinova A. Iu. Lokal'nye ochistnye sooruzheniia poverkhnostnogo stoka na avtomobil'nykh dorogakh i mostovykh perekhodakh [The local treatment facilities for surface runoff on highways and bridge crossings]. *Ekologiya & Stroitel'stvo*. 2019. No. 4. P. 44–52 [in Russian].
14. Glukhov V. V. et al.. *Tekushchee sostoianie sooruzhenii ochistki poverkhnostnogo stoka KAD Sankt-Peterburga i vozmozhnosti ikh modernizatsii* [The current state of the surface runoff treatment facilities of the Ring Road of St. Petersburg and the potentials of their modernization]. *Ekologiya urbanizirovannykh territorii*. 2020. No. 4. P. 41–52 [in Russian].
15. Istenic, D. et al. Improved urban stormwater treatment and pollutant removal pathways in amended wet detention ponds. *Journal of Environmental Science and Health. — Part A*. 2021. Vol. 47. P. 1466–1477 [in Russian].
16. Chernykh O. N., Khanov N. V., Burlachenko A. V. *Puti resheniia problem kompleksnoi ekologicheskoi rehabilitatsii i prirodopriblizhennogo vosstanovleniia mal'nykh rek russkikh usadeb Moskvy* [The roadmap of the integrated environmental rehabilitation and environmental restoration of the small rivers of Russian estates in Moscow]. *Prirodoobustroistvo*. 2019. No. 1. P. 47–55 [in Russian].
17. Feshchenko V. P. *Ekologicheskaya otsenka zagriazneniia tiazhelymi metallami sel'skokhoziaistvennykh kul'tur lesostepi Novosibirskogo Priob'ia* [The environmental assessment of the heavy metal contamination of agricultural crops of the forest-steppe of the Novosibirsk Priobye]. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2014. No. 1 (111). P. 39–41 [in Russian].
18. Elizar'eva E. N., Ianbaeva Iu. A., Kulagin A. Iu. *Rasteniia dlia fitoremeditsii vody, zagriaznennoi tiazhelymi metallami* [The plants for the phytoremediation of water contaminated with heavy metals]. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2016. No. 3 (191). P. 68–75 [in Russian].
19. Lopatina D. N. *Nakoplenie tiazhelykh metallov v pochvakh i rasteniakh basseina reki Osa (Verkhnee Priangar'e)* [The accumulation of heavy metals in soils and plants of the Osa River basin (the Upper Angara region)]. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniia*. 2019. No. 6. P. 82–87 [in Russian].
20. Skugoreva S. G., Fokina A. I., Domracheva L. I. *Toksichnost' tiazhelykh metallov dlia rastenii iachmenia, pochvennoi i rizosfernoi mikroflory* [The toxic potential of heavy metals for barley, the soil and rhizospheric microbiosis]. *Teoreticheskaya i prikladnaia ekologiya*. 2016. No. 2. P. 32–45 [in Russian].
21. Rudikov D. A. et al. *Issledovanie netraditsionnykh sposobov ochistki promyshlennykh stochnykh vod* [The research into unconventional industrial wastewater treatment methods]. *Inzhenernyj vestnik Dona*. 2013. No. 8 [in Russian].
22. Mitan N. Water hyacinth: Potential and Threat. *Materials Today: Proceedings*. 2019. Vol. 19, P. 1408–1412.
23. Veremeev A. M., Tomilov A. A., Ruchkinova O. I. *Poverkhnostnye stochnye vody s avtomobil'nykh dorog* [Surface runoff from highways]. *Sovremennye tekhnologii v stroitel'stve. Teoriia i praktika*. 2016. vol. 1. P. 393–402 [in Russian].
24. Pshenin V. N., Butianov M. S. *Livnevye stoki s avtomobil'nykh dorog* [The storm runoff from highways]. *Dorozhnaia derzhava*. 2013. No. 48. P. 72–75 [in Russian].
25. Shchukin I. S. *Issledovanie protsessov ochistki poverkhnostnykh stochnykh vod ot nefteproduktov i tiazhelykh metallov na fitofil'trah* [Study of oil products and heavy metals removal from surface runoff in phytofilters]. *Vodosnabzhenie i sanitarnaia tekhnika*. 2018. No. 2. P. 35–42 [in Russian].
26. Shchukin I. S., Melekhin A. G. *O proizvoditel'nosti fitofil'trov dlia ochistki poverkhnostnogo stoka s urbanizirovannykh territorii* [About raingardens performance for urban stormwater treatment]. *Vestnik PNIPU. Urbanistika*. 2013. No. 2, P. 140–147 [in Russian].
27. Krasnogorskaia N. N., Musina S. A., Ishmukhametova L. A. *Ekoparking kak sposob snizheniia negativnogo vozdeistviia livneвого stoka urbanizovannoi territorii* [Ecoparking as a way to reduce the negative impact of surface runoff in an urbanized area]. *Ekologicheskii monitoring i bioraznoobrazie*. 2016. No. 2 (12), P. 70–73 [in Russian].
28. Kovaleva E. I., Iakovlev A. S. *Ekologicheskie funktsii bolotnykh ekosistem (na primere ostrova Sakhalin)* [The swamp ecosystems ecological functions (through the example of Sakhalin Island)]. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii*. 2017. vol. 21 (12). P. 32–37 [in Russian].
29. Ul'rikh D. V., Timofeeva S. S., Briukhov M. N. *Vozmozhnosti ispol'zovaniia listostebel'nykh mkhov v ochistke stochnykh vod* [Possibilities to use leafy moss in wastewater treatment]. *Vestnik IrGTU*. 2013. 12 (83). P. 136–139 [in Russian].
30. Chechevichkin A. V. *Proektirovanie i primenenie lokal'nykh ochistnykh sooruzhenii poverkhnostnogo stoka na osnove fil'trov FOPS* [Engineering and application of local surface runoff treatment facilities based on the FOPS filters]. St. Petersburg, Liubavich. 2017. 176 p. [in Russian].