

## РЕКОНСТРУКЦИЯ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГЕОКОНТЕЙНЕРОВ

Столбихин Ю. В., Федоров С. В., Кудрявцев А. В.

## RECONSTRUCTION OF THE SEWAGE TREATMENT PLANT USING “GEO-CONTAINERS”

Stolbikhin Yu. V., Fedorov S. V., Kudryavtsev A. V.

### Аннотация

В статье решается комплексная задача по устранению высоких концентраций загрязняющих веществ, содержащихся в грунтовых водах, поступающих с инфильтрационным стоком в ливневую канализацию бывшей промышленной площадки. Данная проблема является актуальной, так как она приводит к нарушению правил приема сточных вод в городскую канализацию и влечет за собой выплату крупных штрафов собственником территории. Эта проблема была решена сотрудниками кафедры водопользования и экологии СПбГАСУ на одном из объектов в Санкт-Петербурге. **Цель:** доведение концентраций загрязняющих веществ в поверхностном стоке до нормативных требований на прием в городскую канализацию при условии обеспечения более низких капитальных и эксплуатационных затрат по очистке воды по сравнению с готовыми комплексными очистными сооружениями, представленными на рынке. **Результаты:** разработана технологическая схема очистки сточных вод с использованием сорбционных фильтров в геоконтейнерах (геотекстильный мешок большого объема), обеспечивающих возможность быстрой замены или регенерации загрузки. Технологическая схема реализована на практике. Проведены пусконаладочные работы. На основании проведенных исследований качества очищаемой воды предложены рекомендации по эффективной работе очистных сооружений. **Практическая значимость:** технологические и конструктивные решения очистных сооружений и рекомендации по эксплуатации, представленные в статье, могут использоваться на аналогичных промышленных площадках в России. Устройство сорбционного фильтра в мягком геоконтейнере существенно упрощает эксплуатацию очистных сооружений.

**Ключевые слова:** очистка поверхностного стока, геоконтейнер, геотекстильный мешок, сорбционная загрузка.

### Введение

Развитие городов непременно связано с освоением новых территорий, а также с изменением функционального назначения уже сложившейся застройки. При расширении городских земель важным условием является вынос крупных промышленных предприятий за пределы городской

### Abstract

The complex task of removing high concentrations of contaminants in ground water originating from infiltration of runoff into surface water drains of a territory that used to be industrial in the past is solved in the paper. This problem is actual as it leads to violation of rules of reception of sewage in the municipal sewerage and involves payment of large penalties by the owner of the territory. This problem was solved by employees of the Department of water use and ecology of SPSUACE at one of office complexes in St. Petersburg. **Purpose:** bringing the concentrations of pollutants in the surface water drain systems to the regulatory requirements of municipal sewerage system, provided that lower capital and operating costs for water treatment are ensured as compared to the plug and play sewage treatment solutions that are widely presented on the market. **Results:** The technological scheme of wastewater treatment using sorption filters placed in special “geo-containers” (large volume geotextile bag) that enable fast replacement of regeneration of the sorbent is developed. The technological scheme is implemented. Adjustment works are carried out. Recommendations on effective work of treatment facilities are offered, based on the researches of quality of the treated water. **Practical relevance:** technological and constructive solutions of treatment facilities and operation recommendations presented in the article can be used at similar industrial sites in Russia. The arrangement of the sorption filter placed in soft “geo-container” sufficiently simplifies the operating process of a local surface water treatment plant.

**Keywords:** surface water treatment, geo-container, geotextile bag, sorbent.

территории для обеспечения санитарно-экологической безопасности населения. Такой курс непременно приводит к тому, что земли, ранее использованные под производственные цеха, становятся селитебными. Как правило, на них появляется жилая застройка, бизнес-центры, паркинги, парки и площадки для отдыха насе-

ления. В связи с этим часто возникают проблемы, связанные с экологической безопасностью подобных территорий [1]. Состав формируемого на таких территориях поверхностного стока, как правило, существенно зависит от химического состава грунта [2]. Зачастую рекультивационные мероприятия не проводятся по экономическим соображениям, поэтому загрязнения, накопленные на данной территории годами, остаются и приводят ко вторичному загрязнению окружающей среды.

С подобной ситуацией столкнулся собственник бывшей промышленной площадки на севере Санкт-Петербурга. Ранее эта площадка использовалась в качестве цеха механизации, на территории которого располагалась стоянка крупной строительной техники. Сейчас это офисный центр с прилегающей открытой парковкой и автомастерскими. Территория комплекса благоустроена. На площадке существует три системы канализации — ливневая, хозяйственно-бытовая и производственная. Однако производство как таковое отсутствует, производственная канализация не функционирует, а поверхностный сток является существенно загрязненным тяжелыми металлами. В результате этого собственник территории терпит убытки в связи с выплатой регулярных штрафов эксплуатирующей городской коллектор организации.

На начальном этапе собственником территории были предприняты меры по изоляции поверхностей, приводящим к повышению концентраций железа и цинка в стоке, т. е. окраска крыш ангаров, вывоз с территории металлолома. Проводились работы по чистке канализационных колодцев от слежавшегося осадка. Эти мероприятия позволили снизить концентрации указанных элементов в стоке, однако нормативные показатели не были достигнуты.

Данная проблема решалась сотрудниками кафедры водопользования и экологии СПбГАСУ. В ходе научной работы ставились задачи анализа сложившейся системы канализования площадки, выявления причин повышенной загрязненности поверхностного стока, проведения анализов качества воды и предложения обоснованных технических решений, позволяющих достичь требуемого состава на выпуске.

Одним из сопутствующих условий при выполнении данной работы было требование заказчика обеспечить минимальный объем строительных работ с максимальным использованием ресурсов, уже имеющихся на площадке, т. е. использование существующих резервуаров, колодцев, трубопроводов. Поэтому традиционное решение по устройству комплектных очистных сооружений, широко применяемых в Санкт-Петербурге [1], в данном случае исключалось.

#### **Исследование состава сточных вод на промышленной площадке в Санкт-Петербурге**

В ходе эксплуатации канализационной сети выполнялись отборы проб, и устанавливался состав стоков по основным показателям за 2016 г. Результаты анализов представлены в табл. 1. Дана средняя концентрация по каждому показателю и оценена абсолютная погрешность измерения. Также, кроме самих концентраций, представлены их нормативные значения на 2016 и 2017 гг.

Исследования показали, что сточные воды не соответствуют нормативу по следующим показателям: железо общее (максимальная концентрация —  $6,56 \pm 1,44$  мг/дм<sup>3</sup>), марганец ( $1,15 \pm 0,19$  мг/дм<sup>3</sup>), цинк ( $0,89 \pm 0,18$  мг/дм<sup>3</sup>) и никель ( $0,22 \pm 0,06$  мг/дм<sup>3</sup>).

Концентрация взвешенных веществ в поверхностном стоке была определена расчетным способом по нормативной документации [3] исходя из водосборной площади участка. Расчет представлен в табл. 2.

В таблице представлена осредненная концентрация взвешенных веществ, полученная в результате слияния потоков с кровли и с асфальтового покрытия [4], которая составляет 259 мг/дм<sup>3</sup>.

В результате анализа всех представленных показателей можно сделать вывод, что основной причиной появления превышения ПДК по железу, марганцу, цинку и никелю в ливневой канализации является не сток с поверхности рассматриваемого участка, а инфильтрационные воды. В данном месте грунт — загрязнен тяжелыми металлами и нефтепродуктами [5, 6]. Данный фон сформировался в течение длительного функционирования промышленного предприятия в советский период, поэтому на сегодняшний день инерционно загрязняет грунтовые воды.

Таблица 1

Динамика изменения состава поверхностного стока с площадки

Наименование загрязняющего вещества	ПДК СПБ, мг/дм <sup>3</sup> , (май 2016)	ПДК СПБ, мг/дм <sup>3</sup> , (октябрь 2017)	Дата измерения и фактическая концентрация, мг/дм <sup>3</sup>			
			27.06.16	27.07.16	22.08.16	05.09.16
Алюминий	2,2	1,3	0,06±0,01	< 0,04	0,29±0,07	0,26±0,08
Железо общее	2,8	2,8	3,79±0,83	6,56±1,44	4,51±0,99	3,6±0,79
Марганец	0,1	0,45	1,15±0,19	1,01±0,19	0,52±0,09	0,59±0,1
Медь	0,1	0,16	–	0,012±0,03	0,017±0,005	0,15±0,04
Нефтепродукты	6,0	3,3	0,3±0,07	0,15±0,07	2,4±0,62	1,9±0,5
Никель	0,2	0,2	–	0,22±0,06	<0,015	0,087±0,22
АПАВ (анионные)	6,4	5,0	–	0,30±0,06	0,32±0,06	0,28±0,06
Фенол	0,034	0,034	–	<2,0	<2,0	<2,0
Цинк	0,1	0,38	0,73±0,021	0,014±0,004	0,89±0,18	0,16±0,03
ХПК	80,5	–	–	134±32	106±25	166±40

Эти воды попадают в сеть через неплотности мест подключений труб к колодцам, локальные трещины в железобетонных кольцах колодцев и в стыках между кольцами, а также через уплотнения раструбных соединений труб.

Данная проблема может быть решена двумя путями, дополняющими друг друга. Это устройство локальных очистных сооружений, а также очистка и санация канализационных сетей [7, 8]. В данной работе пересматривалась схема канализования, и устраивались новые очистные сооружения.

**Разработка экономически эффективной конструкции очистных сооружений с использованием геоконтейнеров**

Для экономии средств был предложен вариант устройства очистных сооружений в существующих железобетонных резервуарах, которые ранее использовались на производственной канализации объекта, ныне не функционирующей

(рис. 1). Кроме того, существовала проблема подтопления резервуаров P1, P2 (см. рис. 1) обратным током из городской сети, что объяснялось более низким положением участка 64–65 относительно приемного коллектора. На первоначальном этапе было проведено обследование этих резервуаров и составление исполнительной документации. Обследование показало многочисленные сколы и трещины в железобетонных

Таблица 2  
Определение концентрации взвешенных веществ в поверхностном стоке

Характеристика покрытия	Взвешенные вещества, мг/дм <sup>3</sup>	% площади от общей площади участка
Кровли зданий и сооружений	20	37,2
Асфальтовое покрытие	400*	62,8
Общая водосборная площадь	259	100

Примечание: Значение 400 мг/л выбрано для асфальтового покрытия в связи с тем, что на площадке нет действующего производства, и осуществляется регулярная уборка территории.

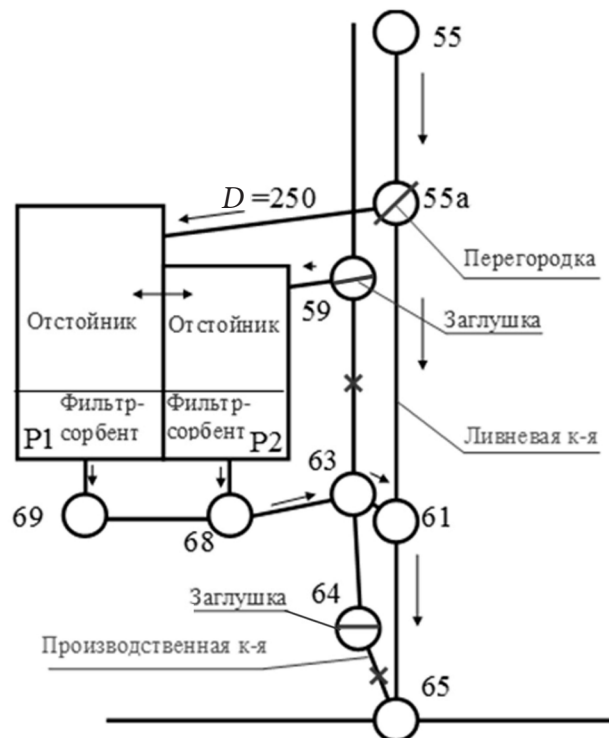


Рис. 1. Схема переустройства систем канализации на площадке

конструкциях, через которые в резервуар стабильно поступал инфильтрационный сток.

Для обеспечения поступления загрязненного стока на очистку, а также для исключения обратного тока в ходе реконструкции были предусмотрены следующие мероприятия на канализационной сети (рис. 2):

1. В колодце 55а устраивается перегородка для разделения расхода сточной жидкости на условно чистый и загрязненный в соответствии с требованиями нормативов [3]. Установка перегородки превратила смотровой колодец 55а в разделительную камеру. При этом наиболее загрязненная часть поверхностного стока (инфильтрат и первые порции дождя) поступает в указанные резервуары (P1, P2). Избыточная часть дождевого стока направляется через перегородку на сброс в городскую сеть через выпуск в колодец 65.

2. Существующие резервуары осушаются, чистятся, производится заделка существующих щелей и трещин.

3. Резервуары оснащаются дополнительным оборудованием для реализации схемы очистки. Для этого общая емкость резервуаров была поделена на четыре части: нефтеловушка, отстойник, сорбционный фильтр.

зона тонкослойного отстаивания и сорбционный фильтр.

Размеров каждой секции резервуара определялся расчетом на основе ожидаемого дождевого стока с территории, оценка которого производилась по действующей методике предельных интенсивностей [3]. Расход поверхностного и инфильтрационного стока с площадки составлял 112,1 л/с, из которых 38,9 л/с направлялись непосредственно на очистку.

В соответствии со схемой вода первоначально поступает в секцию нефтеловушки, где происходит отделение плавающих нефтепродуктов. Далее через полиэтиленовый отвод сток перетекает в отстойник-пескоотделитель. Здесь происходит осаждение взвеси до концентрации, допустимой для дальнейшей фильтрации на сорбционном фильтре. В соответствии с проведенным расчетом, отстойник-пескоотделитель данных размеров не способен обеспечить надлежащую очистку от взвешенных веществ, поэтому в этой зоне дополнительно устанавливается тонкослойный модуль. На тонкослойный модуль вода поступает снизу из-под полупогружной перегородки. После прохождения тонкослойного модуля осветленный сток направляется на сорбционный фильтр. Конструктивно фильтр представляет

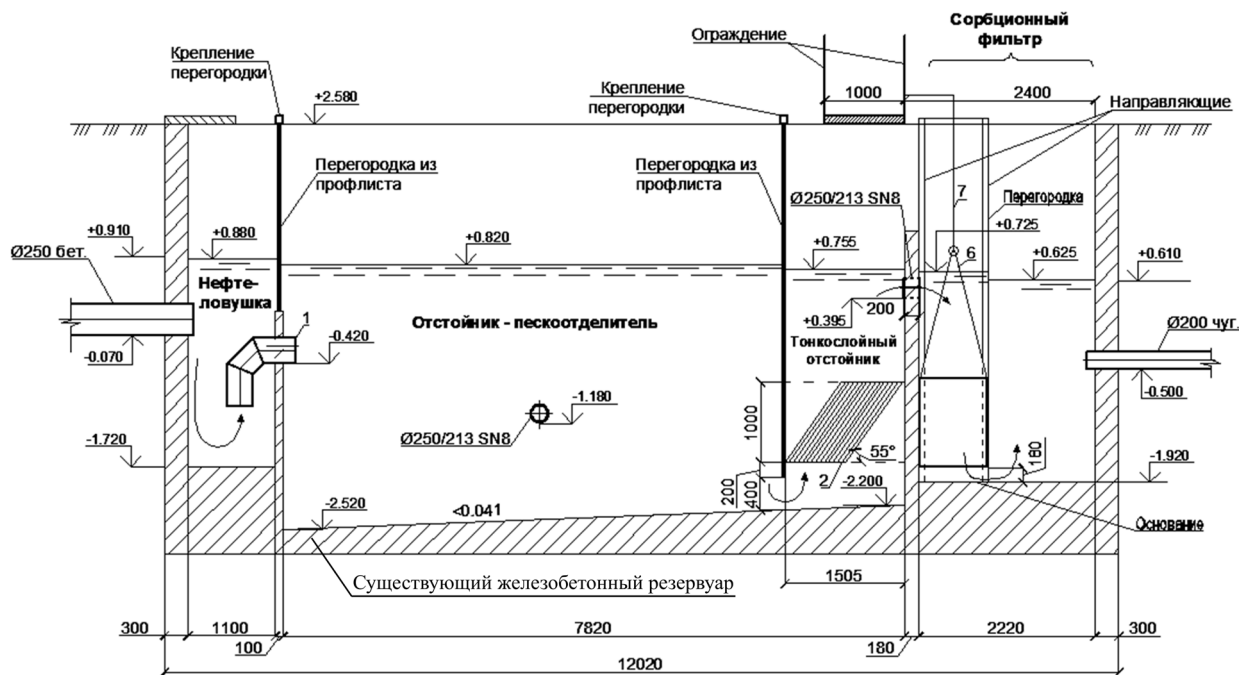


Рис. 2. Технологическая схема очистки

собой несколько биг-бэгов из геотекстиля (геоконтейнеров). Они сочетают себе корпус фильтра и дренажную систему. Геотекстиль пропускает воду, при этом обладает высокими прочностными качествами [9], позволяющими выдерживать массу сорбционной загрузки, в отличие от жестких пластиковых контейнеров. Геотекстиль хорошо себя зарекомендовал в технологии обезвоживания осадка и очистки сточных вод [10]. Монтаж и демонтаж геоконтейнеров осуществляется крановым оборудованием за пришитые к ним стропы. Размер одного контейнера — 0,85×0,85×1,1 м, объем сорбента — 0,8 м<sup>3</sup>. Такое решение позволяет эффективно использовать площадь фильтрации в прямоугольном сооружении за счет деформируемой мягкой стенки геоконтейнера. Кроме того, контейнер может быть быстро извлечен из сооружения и подвержен регенерации, путем погружения в емкость с соевым раствором. В качестве сорбента принят алюмосиликатный сорбент «ГЛИНТ». Выбор данного сорбента был обусловлен исследованиями в ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» [11]. Сточная вода пропускается через геоконтейнер сверху вниз, при этом из воды извлекаются ионы тяжелых металлов, в том числе железа, никеля, марганца и прочих. После очистки вода направляется в городскую сеть.

4. Колодцы 63 и 61 соединяются перемышкой, по которой осуществляется сброс очищенного стока в городскую сеть.

5. Участок 64–65 заглушается.

На рис. 2 представлена предлагаемая технология очистки при реконструкции резервуаров Р1, Р2.

В результате применения указанной технологии ожидается получение следующего эффекта очистки (рис. 3).

На сегодняшний день все принятые технологические решения в полной мере реализованы, после чего проводился процесс наладки очистных сооружений. В процессе наладки производился отбор проб в контрольном колодце (61) для подтверждения соответствия показателей качества очищенного стока требуемым нормативам. Первоначально после пуска сооружений наблюдалось превышение предельно допустимых концентраций по железу (до 20 мг/л) и марганцу (до 15 мг/л). Кроме этого наблюдалась очень высо-

кое содержание органических соединений в воде (ХПК, до 200 мг/л). Важно отметить, что высокое содержание органических соединений в стоке существенно снижает эффективность работы сорбционных фильтров. На поверхности сорбента формируется пленка, которая не дает контактировать воде с фильтрующим материалом. В ходе наблюдения за работой очистных сооружений в емкости резервуаров были зафиксированы признаки процесса брожения, что свидетельствовало о поступлении фекального загрязнения в ливневую канализацию. Был проведен обход по всей ливневой канализации с проверкой устройства хозяйственно-бытовой канализации каждого водопотребителя на территории участка. В результате этого были обнаружены ранее неизвестные врезки хозяйственно-бытовых выпусков в ливневую канализацию, которые были устранены.

Во время проведения строительных работ были прочищены колодцы 68 и 69, находящиеся между резервуарами Р1 и Р2 и контрольным колодцем. При пуске сооружений в работу было выявлено повторное загрязнение уже прошедшего очистные сооружения стока за счет поступления грунтовых вод в эти колодцы. В результате эксплуатации был выведен колодец 69, а колодец 68 реконструирован с целью восстановления его герметичности.

В качестве итогового мероприятия была проведена промывка сети с удалением скопившегося осадка, а также сорбционной загрузки. После этого был проведен отбор пробы очищенной сточной жидкости, который соответствовал нормативному значению. Динамика изменения концентраций загрязняющих веществ в очищенном стоке в ходе пусконаладочных работ представлена в табл. 3.

Руководствуясь результатами анализов сточной жидкости можно сделать вывод о том, что выполненные мероприятия позволили сократить содержание тяжелых металлов в сбрасываемом с территории поверхностном стоке. Для поддержания требуемого качества необходимо надлежащим образом обеспечивать эксплуатацию очистных сооружений, следить за состоянием сорбционной загрузки и уровнем рН в отводимой воде. Так, в соответствии с рекомендациями производителя сорбента [13], требуется обеспечить значение рН не ниже 7,5. При этом сам сорбент

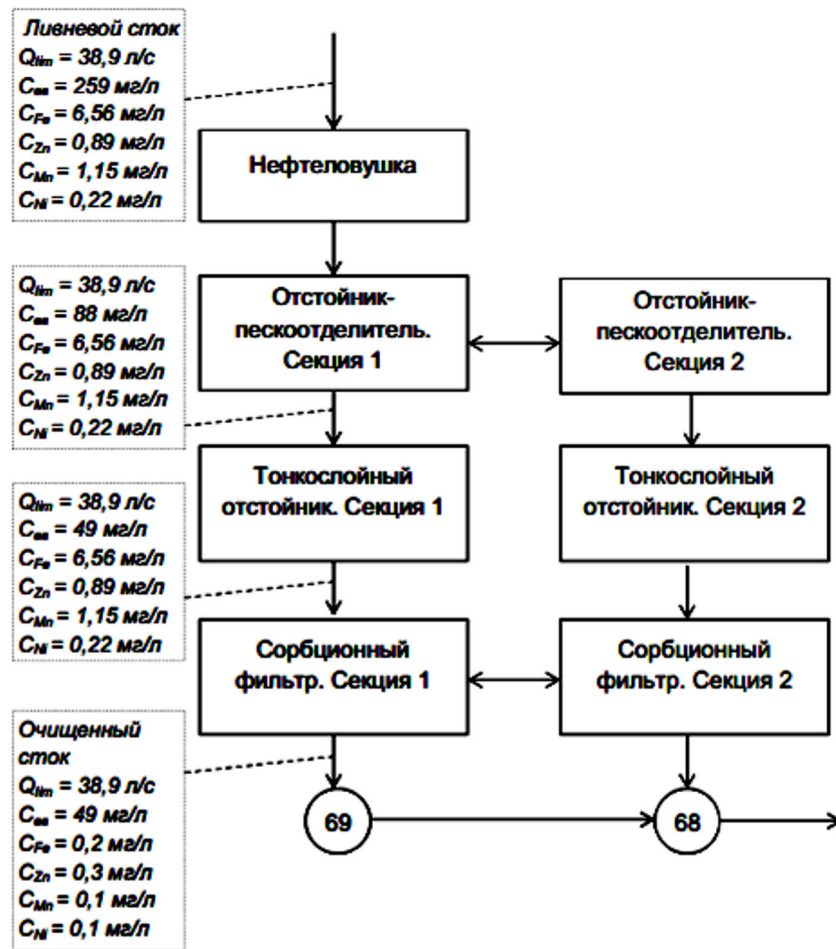


Рис. 3. Ожидаемый эффект очистки на реконструируемых очистных сооружениях

за счет содержания ионов кальция способствует повышению уровня рН до значения 10, что позволяет эффективно снижать концентрацию железа и марганца в стоке. Поэтому в ходе эксплуатации необходим регулярный мониторинг рН воды на выходе с очистных сооружений, который позволит своевременно выводить сорбционную загрузку на регенерацию. Для обеспечения требуемого уровня рН можно предусматривать также подщелачивание стока, например, путем добавления известкового молока в сточные воды перед очистными сооружениями.

#### Заключение

В результате проведенного исследования была решена проблема поступления в городской коллектор стока с превышением содержания загрязняющих веществ путем переустройства канализационной сети и реконструкции очистных

сооружений. При этом в технологической схеме работы очистных сооружений были предусмотрены сорбционные фильтры в виде геоконтейнеров, а над ними было размещено грузоподъемное устройство. В результате сравнения стоимости строительных работ с рыночной стоимостью комплектов очистных сооружений была выявлена значительная экономия средств. И с учетом преимуществ в отношении удобства в эксплуатации, в том числе в возможности быстрой регенерации или промывки сорбционной загрузки, данное решение представляется конкурентоспособным при решении аналогичных задач на практике. В течение всего исследования, в том числе на стадии проектирования, строительства и запуска очистных сооружений проводился мониторинг состава сточной жидкости, как в контрольном колодце, так и в других точках сети.

Динамика изменения состава поверхностного стока в ходе пусконаладочных работ

Наименование загрязняющего вещества	ПДК СПБ, мг/дм <sup>3</sup> (май 2016)	ПДК СПБ, мг/дм <sup>3</sup> (октябрь 2017) [12]	Дата измерения и фактическая концентрация, мг/дм <sup>3</sup>		
			01.12.17	22.12.17	12.01.18
Алюминий	2,2	1,3	< 0,04	< 0,04	0,3±0,07
Железо общее	2,8	2,8	13±3	5,7±1,2	3,2±0,7
Марганец	0,1	0,45	0,7±0,1	0,5±0,12	0,42±0,11
Медь	0,1	0,16	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Нефтепродукты	6,0	3,3	9,6±2,5	< 0,05	0,18±0,06
Никель	0,2	0,2	0,05±0,02	0,074±0,018	0,056±0,014
АПАВ (анионные)	6,4	5,0	0,24±0,05	0,24±0,05	0,88±0,14
Фенол	0,034	0,034	< 2,0	< 2,0	< 2,0
Цинк	0,1	0,38	0,03±0,01	0,03±0,01	0,0043±0,0017
ХПК	80,5	–	50,0±12,5	50,0±12,5	45,0±11,3

Итогом пусконаладочных работ было достижение требуемого состава поверхностного стока на сброс в городской канализационный коллектор.

Необходимо отметить, что вторым вариантом предотвращения сброса загрязненных сточных вод в городской коллектор, безусловно, является реконструкция канализационных сетей на данной территории, так как основным источником загрязнения в данном случае являются инфильтрующиеся в сеть грунтовые воды. Однако стоимость работ по санации трубопроводов при большой площади участка значительно превосходит как капитальные, так и эксплуатационные затраты при устройстве очистных сооружений.

#### Литература

1. Феофанов, Ю. А., Кудрявцев, А. В., Федоров, С. В. (2017). Решение задачи ненормативного сброса сточных вод с бывшей промышленной площадки. *Вестник гражданских инженеров*, № 5 (64), сс. 116–122.

2. Феофанов, Ю. А., Мишуков, Б. Г. (2017). Особенности формирования состава поверхностных сточных вод и выбора объектов для их очистки. *Вода и экология: проблемы и решения*, № 4, сс. 13–25.

3. Министерство регионального развития Российской Федерации (2012). СП 32.13330.2012. Свод правил. Канализация. Наружные сети и сооружения.

4. Charters, F., Cochrane, T., O'Sullivan, A. (2016). Untreated runoff quality from roof and road surfaces in a low intensity rainfall climate. *Science of The Total Environment*, vol. 550, pp. 265–272.

5. Bonneau, J., Fletcher, T., Costelloe, J. (2017). Stormwater infiltration and the urban karst. *Journal of hydrology*, vol. 552, pp. 141–150.

6. Langeveld, J., Liefing, H., Boogaard, F. (2012). Uncertainties of stormwater characteristics and removal rates of stormwater treatment facilities: Implications for stormwater handling. *Water Research*, vol. 46, issue 20, pp. 6868–6880.

7. Ким, А. Н., Захаревич, М. Б., Романова, Ю. В. (2014). Актуальные проблемы поверхностного стока с территории городов и практические пути их решения. *Вестник гражданских инженеров*, № 1 (42), pp. 87–94.

8. Langeveld, J. (2015). Comment on «Life cycle assessment of urban wastewater systems: Quantifying the relative contribution of sewer systems». *Water research*, № 84, pp. 375–377.

9. (2018) Геотуба (геоконтейнер) — МИАТУБА. Доступно по: <http://miakom.ru/production/geotuby/geotuba-geokonteyner-miatuba>

10. Меркулова, Т. Н., Кравченко, Т. С. (2012). Проблемы очистки водных объектов от техногенных загрязнений. *Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: технические науки, Южный Федеральный Университет*, №3, сс. 74–78.

11. Рублевская, О. Н., Панкова, Г. А., Леонов, Л. В. (2016). Аprobация искусственного алюмосиликатного сорбента «ГЛИНТ» для доочистки биологически очищенных коммунальных сточных вод. *Водоснабжение и санитарная техника*, № 5, сс. 30–37.

12. Комитет по энергетике и инженерному обеспечению Правительства Санкт-Петербурга (2012). Распоряжение от 06.09.2016 № 163 «О внесении изменений в распоряжение Комитета по энергетике и инженерному обеспечению от 08.11.2012 № 148»

13. Инструкция по применению адсорбента глинт. Доступно по: <http://kvantmineral.com/filtruyushhij-material/instrukciya-adsorbent>.

#### References

1. Feofanov, Yu. A., Kudryavcev, A. V., Fedorov, S. V. (2017). Reshenie zadachi nenormativnogo sbrosa stochnykh vod s byvshey promyshlennoy ploshadki [Solution of the problem of non-normative discharge of wastewaters from a former industrial area]. *Bulletin of Civil Engineers*, № 116, pp. 116–122 (in Russian)

2. Feofanov, Yu. A., Mishukov, B. G. (2017). Osobennosti formirovaniya sostava poverkhnostnykh stochnykh vod i vybora objectov dlya ikh ochistki [Features of formation of surface sewage composition and selection of facilities for their purification]. *Water and Ecology*, № 4, pp. 13–25 (in Russian)

3. Ministerstvo regional'nogo razvitiya Rossijskoj Federacii (2012). SP 32.13330.2012. Svod pravil. Kanalizaciya. Naruzhnye seti i sooruzheniya. [Wastewater. Pipelines and wastewater treatment plants]. (in Russian).

4. Charters, F., Cochrane, T., O'Sullivan, A. (2016). Untreated runoff quality from roof and road surfaces in a low intensity rainfall climate. *Science of The Total Environment*, vol. 550, pp. 265–272.

5. Bonneau, J., Fletcher, T., Costelloe, J. (2017). Stormwater infiltration and the urban karst. *Journal of hydrology*, vol. 552, pp. 141–150.

6. Langeveld, J., Liefting, H., Boogaard, F. (2012). Uncertainties of stormwater characteristics and removal rates of stormwater treatment facilities: Implications for stormwater handling. *Water Research*, vol. 46, issue 20, pp. 6868–6880.

7. Kim, A. N., Zaharevich, M. B., Romanova, Yu. V. (2014). Aktual'nye problemy poverhnostnogo stoka s territorii gorodov i prakticheskie puti ih resheniya [Actual problems of surface runoff from municipal territories and its practical solutions]. *Bulletin of Civil Engineers*, № 1 (42), pp. 87–94. (in Russian)

8. Langeveld, J. (2015). Comment on «Life cycle assessment of urban wastewater systems: Quantifying the relative contribution of sewer systems». *Water research*, № 84, pp. 375–377.

9. (2018) Geotuba (geokontejner) — MIATUBA [Geotube (Geo-container) – MIATUBA]. Available at: <http://miakom.ru/production/geotuby/geotuba-geokonteyner-miatuba>. (in Russian)

10. Merkulova, T. N., Kravchenko, T. S. (2012). Problemy oчитki vodnyh ob'ektov ot tekhnogennyh zagryaznenij [Problems of treatment of water bodies from pollution technogenic]. *University news. North-Caucasian region. Technical sciences series, South Federal University*, № 3, pp. 74–78. (in Russian)

11. Rublevskaya, O. N., Pankova, G. A., Leonov, L. V. (2016). Aprobaciya iskusstvennogo alyumosilikatnogo sorbenta «GLINT» dlya doochistki biologicheski ochishchennyh kommunal'nyh stochnykh vod [Approbaton of Glint artificial aluminosilicate sorbent for tertiary treatment of biologically treated domestic wastewater]. *Water supply and sanitary*, № 5, pp. 30–37. (in Russian)

12. Komitet po ehnergetike i inzhenernomu obespecheniyu Pravitel'stva Sankt-Peterburga (2012). Rasporyazhenie ot 06.09.2016 № 163 «O vnesenii izmenenij v rasporyazhenie

Komiteta po ehnergetike i inzhenernomu obespecheniyu ot 08.11.2012 № 148» [About modification of the order of Committee on energy and engineering № 148] (in Russian).

13. Instrukciya po primeneniyu Adsorbenta Glint [Sorbent Glint application instruction]. Available at: <http://kvantmineral.com/filtruyushhij-material/instrukciya-adsorbent>. (in Russian)

#### Авторы

**Столбихин Юрий Вячеславович**, канд. техн. наук, доцент

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

E-mail: [Stolbikhin@bk.ru](mailto:Stolbikhin@bk.ru)

**Федоров Святослав Викторович**, канд. техн. наук, доцент

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

E-mail: [Svyatoslavfedorov@mail.ru](mailto:Svyatoslavfedorov@mail.ru)

**Кудрявцев Анатолий Валентинович**, канд. техн. наук, доцент

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

E-mail: [argo14@mail.ru](mailto:argo14@mail.ru)

#### Authors

**Stolbikhin Iurii Vyacheslavovich**, PhD in Engineering, Associate professor

Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering

E-mail: [Stolbikhin@bk.ru](mailto:Stolbikhin@bk.ru)

**Fedorov Sviatoslav Viktorovich**, PhD in Engineering, Associate professor

Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering

E-mail: [Svyatoslavfedorov@mail.ru](mailto:Svyatoslavfedorov@mail.ru)

**Kudryavtsev Anatoly Valentinovich**, PhD in Engineering, Associate professor

Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering

E-mail: [argo14@mail.ru](mailto:argo14@mail.ru)