УДК 628.31

© Ю. А. Феофанов, д-р техн. наук, профессор
© А. В. Кудрявцев, канд. техн. наук, доцент
© С. В. Федоров, канд. техн. наук, доцент
© Ю. В. Столбихин, канд. техн. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: Ufeofanov@rambler.ru, ARGO14@mail.ru,
svyatoslavfedorov@mail.ru, Stolbikhin@bk.ru

DOI 10.23968/1999-5571-2017-14-5-116-122

© Yu. A. Feofanov, Dr. Sci. Tech., Professor
© A. V. Kudriavtsev, PhD in Sci. Tech., Associate Professor
© S. V. Fedorov, PhD in Sci. Tech., Associate Professor
© Yu. V. Stolbikhin, PhD in Sci. Tech., Associate Professor
(Saint Petersburg State University of Architecture
and Civil Engineering)
E-mail: Ufeofanov@rambler.ru, ARGO14@mail.ru,
svyatoslavfedorov@mail.ru, Stolbikhin@bk.ru

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ НЕНОРМАТИВНОГО СБРОСА СТОЧНЫХ ВОД С БЫВШЕЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ ПЛОЩАДКИ

SOLUTION OF THE PROBLEM OF NON-NORMATIVE DISCHARGE OF WASTEWATER FROM A FORMER INDUSTRIAL AREA

Представлен комплекс мероприятий, который позволил решить проблему ненормативного сброса в городскую канализацию. В качестве примера рассмотрен объект в Санкт-Петербурге, представляющий собой бывшую промышленную площадку с существующей общесплавной канализационной сетью. Основным абонентом является собственник территории — бизнес-центр. Осложняло ситуацию наличие субабонентов у данной сети. При решении данной проблемы выработан порядок действий главного инженера по выявлению и устранению причин ненормативного сброса.

Ключевые слова: ненормативный сброс, санация канализационной сети, теледиагностика, концентрации загрязняющих веществ.

The study considers a complex of measures that would allow solving the problem of non-normative discharges to the city sewerage system. The facility in Saint Petersburg that is a former industrial area with existing combined sewerage network is taken into consideration as an example. The main user of the network is a business centre, the owner of the area. The situation was complicated because there were sub-users of the sewerage network. At the solution of this problem the operations procedure of the chief engineer on identification and elimination of the causes of non-normative discharges to the city sewerage system was worked out.

Keywords: non-normative discharge, sewerage network sanation, telediagnosics, pollutant concentrations.

Со времен Советского Союза в городах осталось большое количество промышленных предприятий. В настоящее время подобные объекты, находящиеся в городской черте, существенно изменили свою функцию, и в настоящее время работают в качестве офисных или торговых помещений. Несмотря на отсутствие производства, сточные воды таких объектов все равно остаются повышенно загрязненными. Это может быть связано с загрязнением самого грунта на территории объекта, которое сформировалось за время производства, с ненормативными сбросами отдельных пользователей таких сетей или нарушением гидравлического режима, а также с накоплением осадка в колодцах. Владельцы объектов вынуждены платить значительные штра-

фы за превышение нормативных концентраций по различным показателям состава сточной жидкости (марганец, цинк, нефтепродукты, железо и т. д.) при их сбросе в городскую канализацию [1].

Несанкционированные сбросы могут вызвать перебои в работе очистных сооружений и стать причиной нанесения ущерба водным объектам. Поэтому актуальным вопросом является разработка комплекса мероприятий по доведению характеристик сбрасываемого стока до требуемых нормативов по приему сточной жидкости в городскую канализацию. Традиционным решением является устройство очистных сооружений, но возможны менее затратные варианты улуч-

шения показателей состава сточной жидкости, что и рассмотрено в настоящей работе.

Рассмотрим принципиальную схему канализования бывшей промышленной площадки. Площадка принадлежит собственнику сети, имеются арендаторы, выступающие субабонентами. Кроме арендаторов, в качестве субабонентов могут выступать сторонние организации, находящиеся вблизи (рис. 1). При этом собственник заключает договор с эксплуатирующей организацией («Водоканал СПб») о сбросе в сеть определенного объема сточных вод с допустимым составом [1]. Соответственно организации, выступающие субабонентами, обязаны заключать договоры с собственником территории и обеспечивать условия, указанные в основном договоре водоотведения. В случае нарушения требований по сбросу при коллективной эксплуатации сети ответственность и обременение по выплате штрафов ложится на собственника сети. В данном случае необходимо установить причину ненормативного сброса и исключить его в будущем путем выполнения определенного комплекса мероприятий. Подобный алгоритм действий отработан на основании исследования функционирования канализационной сети на объекте в Санкт-Петербурге.

Территория, на которой находится исследуемая сеть, является бывшей промышленной площадкой и принадлежит бизнес-центру, который прежде был административным корпусом предприятия. Ранее на ней находились промышленные цеха. Канализационная сеть является обще-

сплавной, поскольку включает участки, транспортирующие хозяйственно-бытовые, дождевые и промышленные стоки. Собираемые стоки объединяются на выпуске № 3 перед сбросом в городскую канализацию (рис. 2). Кроме собственника территории (бизнес-центра), на данной площадке располагаются арендаторы — общежитие и гостиница, а также рядом находится сторонняя организация, которая представляет собой предприятие, занимающееся производством промышленного оборудования. Ранее все указанные здания принадлежали единому промышленному комплексу и сбрасывали стоки в единую сеть. Арендаторы и предприятие являются субабонентами по отношению к действующей канализационной сети.

В 2013 г. было зафиксировано существенное превышение допустимых концентраций, выявлен ущерб, и решением суда было предписано обязать бизнес-центр выполнить установленные нормативы по водоотведению сточных вод в течение 7 месяцев посредством устройства локальных очистных сооружений, что является классическим решением в подобных случаях [2–4]. Концентрации загрязняющих веществ до начала мероприятий по улучшению состава сточной жидкости и доведения его до требований норматива на сброс представлены в табл. 1. В столбце № 4 приведены максимальные допустимые значения нормативных показателей общих свойств сточных вод и концентраций загрязняющих веществ в сточных водах, установленные в целях предотвращения негативного воздействия на

Рис. 1. Схема эксплуатации канализационной сети

Рис. 2. Схема канализационной сети бизнес-центра в Санкт-Петербурге

работу централизованных общесплавных и бытовых систем водоотведения, а также централизованных комбинированных систем водоотведения (применительно к сбросу в общесплавные и бытовые системы водоотведения) — в соответствии с [1]. В столбце № 5 приведены требования Комитета по энергетике и инженерному обеспечению Санкт-Петербурга, действовавшие на момент первой фиксации нарушения, а в столбце № 6 — текущие требования Комитета, с изменениями [5].

Из табл. 1 видно, что по железу норма превышена в 4 раза, а по марганцу в 9,5 раза. Значения концентраций приведены по контрольному колодцу № 207.

При этом возникла проблема технической реализации проекта очистных сооружений по причине присутствия специфических загрязнений промышленного стока [6] в совокупности с хозяйственно-бытовыми и поверхностными водами, поступающими неравномерно и требующими устройства дополнительных сооружений (разделительной камеры [7] и регулирующего резервуара [8]). В связи с этим было принято альтернативное решение по выявлению причин возникновения ущерба и их устранению.

Для установления причин сложившейся ситуации необходимо было провести обследование канализационных сетей путем теледиагностики и составить достоверную схему канализования

Таблица 1

Сравнение начальных концентраций загрязнений в сточных водах с предельно допустимыми концентрациями

№ п/п	Наименование показателя	Значение, мг/л	ПДК 644, мг/л	ПДК СПб, мг/л (2013)	ПДК СПб, мг/л (2017)
1	2	3	4	5	6
1	Алюминий	0,33	5,0	0,5	1,3
2	Железо общее	4,5	5,0	1,1	2,8
3	Марганец	0,95	1,0	0,1	0,45
4	Медь	0,022	1,0	0,04	0,16
5	Нефтепродукты	0,29	10,0	0,7	3,3
6	Никель		0,25		0,2
7	АПАВ (анионные)	0,36	10,0	1,4	5,0
8	Фенол		5,0		0,034
9	Цинк	0,053	1,0	0,1	0,38
10	ХПК		500	—	—
11	БПК5		300	—	—

территории с определением конкретных точек сброса каждого абонента в сеть. Теледиагностика выполнялась с помощью передвижной телекамеры с поворотной оптической головкой [9]. В результате была получена информация по техническому состоянию коллектора на 2014 год, которое можно определить как аварийное. На снимке (рис. 3, а) видны явные признаки микробиологической (газовой) коррозии [10, 11]. Повсеместно обнаруживались сколы и трещины бетона, наросты и отложения осадка, оголение и коррозия арматуры, а также наличие свищей, через которые в сеть в больших количествах поступала грунтовая вода.

Проникновение дренажного стока с территории площадки в канализационную сеть является одной из причин превышения ПДК, так как грунт на территории бизнес-центра является зараженным тяжелыми металлами [12, 13]. По-

этому первостепенной задачей было восстановление несущей способности и герметичности канализационной сети путем ее санации методом чулка [14]. Мероприятия по санации коллектора проводились в 2015 году (см. рис. 3, б). Помимо этого, канализационные колодцы были промыты, стыки между железобетонными кольцами загерметизированы, неиспользуемые ответвления сети демонтированы. Выполненные мероприятия позволили исключить попадание дренажных вод в канализационную сеть, что должно было обеспечить уменьшение концентраций на выпуске ниже ПДК. Однако достичь полученного результата не получилось, концентрации железа и марганца оставались выше допустимых (рис. 4, 5). Это свидетельствовало о том, что зафиксированный ущерб являлся результатом деятельности одного или нескольких субабонентов сети. Поэтому дальнейшие действия представляли собой систематический отбор проб воды в колодцах подключения субабонентов (с 15 сентября 2017 г. по настоящее время). В колодцах № 44, 47 (выпуски общежития) и в колодцах № 76, 79 (выпуски гостиницы) превышение показателей отсутствовало. Нарушения были зафиксированы в колодцах № 21 и № 61а, которые принимали сточные воды от предприятия (табл. 2). В соответствии с этим данная организация была отключена от канализационной сети с предписанием устройства выпуска к городским сетям напрямую. Соответственно участки сети 61а–65 и от предприятия до колодца № 21 были выключены из работы.

После этого продолжался систематический анализ воды, сбрасываемой бизнес-центром и субабонентами в городскую сеть. В результате проведенных мероприятий состав сточной жидкости стал соответствовать требуемым показателям. Динамика изменения концентраций загрязняющих веществ на выпуске № 3 за период исследований с 16.07.2013 по 12.01.2017 представлена на графиках рис. 4–6. Отборы проб и определение концентраций веществ выполнялись аккредитованной лабораторией (ФГБУ «ЦЛАТИ по Северо-Западному ФО»).

В результате проведенного исследования был установлен алгоритм действий инженера при поиске источников сверхнормативного сброса на канализационной сети. В качестве основных

Рис. 3. Теледиагностика коллектора: а — до санации; б — после санации

Рис. 4. Динамика изменения концентрации железа на выпуске № 3

Рис. 5. Динамика изменения концентрации марганца на выпуске № 3

Рис. 6. Динамика изменения концентрации цинка на выпуске № 3

этапов мероприятий можно выделить следующие позиции:

1. При отсутствии достоверной исполнительной документации канализационной сети необходимо составить схему, определив все пути движения сточной жидкости от точек подключения объектов до выпуска в городскую канализацию.

2. Обследовать состояние канализационной сети, выявить очаги разрушения, зафиксировать места проникновения грунтовых вод в коллектор с помощью метода теледиагностики.

3. Для установления причин превышения концентраций в стоке провести исследования грунта в зоне пролегания коллектора на возможное присутствие в нем тяжелых металлов и нефтепродуктов, которые могут с грунтовыми водами попадать в сточную жидкость.

4. Выполнять систематический анализ состава сточной жидкости в колодцах на сети, где подключаются основные притоки, и в точках присоединения субабонентов.

5. Исключить возможность ненормативного сброса путем проведения следующих мероприятий:

- отключение недобросовестных абонентов;
- санация участков сети, чистка и герметизация колодцев;
- благоустройство территории при подключении дождеприемников к рассматриваемой канализационной сети (окраска металлических конструкций, вывоз мусора и т. п.).

Выполненные мероприятия в рассмотренной ситуации позволили решить проблему без устройства локальных очистных сооружений. В то же время возможны условия поступления загрязняющих веществ с поверхностным стоком, что может потребовать обязательного устройства локальных очистных сооружений для задержания нефтепродуктов. Для дождеприемников, подключающихся к общесплавной сети,

Таблица 2

Концентрации на выпусках предприятия

Контролируемый показатель	Колодец № 61а	Колодец № 21	Допустимые концентрации на момент измерения
Железо общее	11,0 мг/л — сверх нормы	173,0 мг/л — залповый	2,8 мг/л
Марганец	0,48 мг/л — сверх нормы	0,90 мг/л — сверх нормы	0,1 мг/л
Цинк	3,2 мг/л — сверх нормы	0,45 мг/л — сверх нормы	0,1 мг/л

целесообразным является устройство местных фильтр-патронов, что на сегодняшний день является развитой технологией [4].

Библиографический список

1. Федеральный закон «О водоснабжении и водоотведении» от 07.12.2011 № 416-ФЗ.
2. Ким А. Н., Захаревич М. Б., Романова Ю. В. Актуальные проблемы поверхностного стока с территории городов и практические пути их решения // Вестник гражданских инженеров. 2014. № 1 (42). С. 87–94.
3. Иваненко И. И. Влияние изменения климата на расчет систем дождевой канализации // Вестник гражданских инженеров. 2015. № 2 (49). С. 116–122.
4. Пробриский М. Д., Рублевская О. Н., Ким А. Н., Иваненко И. И. Перспективы отведения и очистки поверхностного стока в Санкт-Петербурге // Водоснабжение и санитарная техника. 2015. № 6. С. 32–41.
5. Распоряжение Комитета по энергетике и инженерному обеспечению Правительства Санкт-Петербурга от 06.09.2016 № 163 «О внесении изменений в распоряжение Комитета по энергетике и инженерному обеспечению от 08.11.2012 № 148».
6. Яковлев С. В., Карелин Я. А., Жуков А. И., Колобанов С. К. Канализация. М.: Стройздат, 2012. 632 с.
7. Лазев А. В., Федоров С. В., Кудрявцев А. В. Моделирование разделительной камеры с кольцевым водосливом // Материалы 68-й междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых «Актуальные проблемы современного строительства», посвящ. 110-летию Н. Ф. Хомуцкого. СПб.: СПбГАСУ, 2015. С. 316–319.
8. Патент РФ № 98100277/03, 01.05.1998. Алексеев М. И., Верхотуров В. П., Ильина О. М., Савкин А. А. Регулирующая емкость // Патент России № 2135707. 1999. Бюл. № 24.110.
9. Отведение и очистка сточных вод Санкт-Петербурга / под ред. Г. Медведева. СПб.: Новый журнал, 2002. 684 с.
10. Васильев В. М., Панкова Г. А., Столбихин Ю. В. Разрушение канализационных тоннелей и сооружений на них вследствие микробиологической коррозии // Водоснабжение и санитарная техника. 2013. № 9. С. 67–76.
11. Васильев В. М., Клементьев М. Н., Столбихин Ю. В. Методы антикоррозионной защиты тоннельных коллекторов и сооружений на них // Водоснабжение и санитарная техника. 2015. № 1. С. 58–66.
12. Bonneau J., Fletcher T., Costelloe J., Burns M. Stormwater infiltration and the 'urban karst' — A review // Journal of hydrology. 2017. № 552. Pp. 141–150.

13. Langeveld J., Liefing H., Boogaard F. Uncertainties of stormwater characteristics and removal rates of stormwater treatment facilities: Implications for stormwater handling // Water Research. 2012. Vol. 46, Issue 20. Pp. 6868–6880.

14. Langeveld J. Comment on «Life cycle assessment of urban wastewater systems: Quantifying the relative contribution of sewer systems» // Water research. 2015. № 84. Pp. 375–377.

References

1. Federal'nyy zakon «O vodosnabzhenii i vodootvedenii» ot 07.12.2011 no. 416-FZ [Federal law "About water-supply and water disposal" of 07.12.2011 no. 416-FZ].
2. Kim A. N., Zakharevich M. B., Romanova Yu. V. Aktual'nye problemy poverkhnostnogo stoka s territorii gorodov i prakticheskie puti ikh resheniya [Actual problems of the superficial water run-off from the territory of the cities and practical ways of their solution]. Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers, 2014, no. 1 (42), pp. 87–94.
3. Ivanenko I. I. Vliyanie izmeneniya klimata na raschet sistem dozhdevoy kanalizatsii [Climate change influence on the calculation of rain sewerage systems]. Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers, 2015, no. 2 (49), pp. 116–122.
4. Probriskiy M. D., Rublevskaya O. N., Kim A. N., Ivanenko I. I. Perspektivy otvedeniya i ochistki poverkhnostnogo stoka v Sankt-Peterburge [Perspectives of assignment and cleaning of the surface water drainage in St. Petersburg]. Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika – Water-supply and sanitation technique, 2015, no. 6, pp. 32–41.
5. Rasporyazhenie Komiteta po ehnergetike i inzhenernomu obespecheniyu Pravitel'stva Sankt-Peterburga ot 06.09.2016 no. 163 «O vnesenii izmeneniy v rasporyazhenie Komiteta po ehnergetike i inzhenernomu obespecheniyu ot 08.11.2012 no. 148» [The Instruction of the Committee on power engineering and engineering support of the Government of St. Petersburg of 06.09.2016 no. 163 "About modification of the Instruction of the Committee on power engineering and engineering support of 08.11.2012 no. 148"].
6. Yakovlev S. V., Karelin Ya. A., Zhukov A. I., Kolobanov S. K. Kanalizatsiya [Wastewater disposal system]. Moscow, Stroyzdat Publ., 2012, 632 p.
7. Lazev A. V., Fedorov S. V., Kudryavtsev A. V. Modelirovanie razdelitel'noy kamery s kol'tsevyim vodoslivom [Simulation of the separating unit with a ring spillway]. Trudy 68-y mezhduunar. nauch.-prakt. konf. studentov, aspirantov i molodykh uchenykh «Aktual'nye problemy sovremennogo stroitel'stva», posvyashch. 110-letiyu N. F. Khomutetskogo [Proc. of the 68th Int.

sci.-pract. conf. of students, graduate students and young scientists "Current problems of the modern construction" devoted to N. F. Khomutetsky's 110-th anniversary]. St. Petersburg, SPSUACE Publ., 2015, pp. 316–319.

8. Alekseev M. I., Verkhoturov V. P., Il'ina O. M., Savkin A. A. *Reguliruyushchaya emkost'* [Regulating capacity]. Patent RF no. 98100277/03, 1998. Bulletin no. 24. 110.

9. *Otvedenie i ochistka stochnykh vod Sankt-Peterburga* [Removal and sewage treatment in St. Petersburg]. Ed. by Medvedev G. St. Petersburg, Novyy zhurnal Publ., 2002, 684 p.

10. Vasil'ev V. M., Pankova G. A., Stolbikhin Yu. V. *Razrushenie kanalizatsionnykh tonneley i sooruzheniy na nikh vsledstvie mikrobiologicheskoy korrozii* [Destruction of sewer tunnels and constructions due to microbiological corrosion]. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika – Water-supply and sanitarian technique*, 2013, no. 9, pp. 67–76.

11. Vasil'ev V. M., Klement'ev M. N., Stolbikhin Yu. V. *Metody antikorrozionnoy zashchity tonnel'nykh kollektorov i sooruzheniy na nikh* [Methods of anticorrosive protection of tunnel collectors and constructions on them]. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika – Water-supply and sanitarian technique*, 2015, no. 1, pp. 58–66.

12. Bonneau J., Fletcher T., Costelloe J., Burns M. Stormwater infiltration and the "urban karst". Review. *Journal of hydrology*, 2017, no. 552, pp. 141–150.

13. Langeveld J., Liefing H., Boogaard F. Uncertainties of storm water characteristics and removal rates of storm water treatment facilities: Implications for storm water handling. *Water Research*, 2012, vol. 46, iss. 20, pp. 6868–6880.

14. Langeveld J. Comment on «Life cycle assessment of urban wastewater systems: Quantifying the relative contribution of sewer systems». *Water Research*, 2015, no. 84, pp. 375–377.