



УДК 628.3

Бусарев А.В. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: reder1@myrambler.ru

Селюгин А.С. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: a.selyugin@inbox.ru

Каюмов Ф.Ф. – аспирант

E-mail: kayum.91@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Ибатуллин Л.Х. – старший диспетчер

E-mail: amir-hana@mail.ru

Муниципальное унитарное предприятие «Водоканал» г. Казани

Адрес организации: 420015, Россия, г. Казань, ул. Максима Горького, д. 34

К вопросу определения качества дождевых стоков на примере г. Казани

Аннотация

Постановка задачи. Цель исследований – выявить качественные показатели дождевых стоков г. Казани, а также разработать технологию их очистки.

Результаты. Основные результаты исследования состоят в определении физико-химических характеристик дождевых сточных вод г. Казани, анализ которых позволит предложить технологию их очистки.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в том, что анализ качественных показателей дождевых стоков г. Казани позволил предложить технологию их очистки.

Ключевые слова: дождевые стоки, анализ, физико-химические характеристики, методы очистки, установки очистки, гидроциклонные установки.

Анализ проводившихся ранее исследований показывает, что основными видами загрязнений дождевых стоков являются твердые взвешенные вещества, нефтепродукты, а также органические соединений. При этом концентрация взвеси в дождевых сточных водах находится в пределах от 400 до 1500 мг/л, содержание нефтепродуктов достигает 90-120 мг/л, а их биохимическое потребление кислорода (БПК_{полн}) составляет 20-30 мг/л [1, 2].

Согласно современным нормативным требованиям необходима очистка дождевых стоков перед сбросом их в поверхностные источники. Обработка дождевых сточных вод с территории промышленных предприятий должна осуществляться на локальных очистных сооружениях [3]. Во многих крупных городах (Москва, Санкт-Петербург) очистка дождевых стоков производится не только при их сбросе в поверхностные источники, но и при их поступлении в городские системы водоотведения [1]. Таким образом, создание установок очистки дождевых сточных вод является актуальной научно-технической проблемой.

Для расчета и проектирования подобных установок необходимо знать качественные характеристики дождевых стоков. Для этой цели проведены исследования по изучению качественных показателей дождевых сточных вод г. Казани: из основных городских выпусков дождевых стоков в Куйбышевское водохранилище отбирались пробы, в которых определялись основные физико-химические показатели данных сточных вод. Концентрация взвешенных веществ определялась весовым методом по методике, изложенной в работе [4]. Содержание нефтепродуктов в дождевых стоках определялось фотоколориметрическим методом [2]. БПК_{полн} дождевых сточных вод определялось по рекомендациям работы [4]. Температура сточной воды определялась с помощью спиртового термометра с ценой деления 0,1°С. Активная реакция среды исследовалась с помощью РН-метра [4]. Запах и прозрачность дождевых стоков оценивались по рекомендациям СанПиН 2.1.4.1074-01.

Таблица 1

Физико-химические характеристики дождевых стоков

Место отбора проб	Дата отбора проб	Физико-химические показатели					
		Температура, °С	pH	Концентрация взвеси, мг/л	Концентрация нефтепродуктов, мг/л	БПК _{полн} , мг/л	Запах, баллы
1	2	3	4	5	6	7	8
Юдинская дамба, ДНС-1	05.09.16	+16,7	7,23	756	72	19	1 нефти
п. Кокушкино, Волжская дамба, ДНС-2	08.08.16	+18,1	6,83	885	85	21	1 нефти
Портовая дамба, ДНС-3	26.08.16	+17,5	7,14	1274	101	25	2 нефти
Кремлевская дамба, ДНС-4	15.09.16	+16,5	7,1	732	49	16	-
Федосеевская дамба, ДНС-5	08.09.16	+16,3	7,04	857	56	18	-
Нижнереченская дамба, ДНС-5	20.09.16	+15,9	6,71	625	39	19	-
Дамба «Верхняя плотина», ДНС-7	02.10.16	+15,7	6,92	587	68	22	1 нефти

Таблица 2

Физико-химические характеристики дождевых стоков

Место отбора проб	Дата отбора проб	Физико-химические показатели					
		Прозрачность, см	Щелочность, мг-экв/л	Жесткость, мг-экв/л	Сухой остаток, мг/л	Содержание хлоридов, мг/л	Содержание сульфатов, мг/л
9	10	11	12	13	14	15	16
Юдинская дамба, ДНС-1	05.09.16	10	4,2	4,8	183	97	46
п. Кокушкино, Волжская дамба, ДНС-2	08.08.16	8	3,1	5,5	195	110	54
Портовая дамба, ДНС-3	26.08.16	5	4,7	6,2	271	138	65
Кремлевская дамба, ДНС-4	15.09.16	8	3,3	3,7	194	95	31
Федосеевская дамба, ДНС-5	08.09.16	9	3,8	4,1	208	89	38
Нижне-реченская дамба, ДНС-5	20.09.16	11	3,7	4,0	179	101	42
Дамба «Верхняя плотина», ДНС-7	02.10.16	12	3,5	3,5	167	82	50

Жесткость определялась по методике, приведенной в работе [5]. Щелочность и сухой остаток дождевых сточных вод, а также содержание в них сульфатов и хлоридов определялись по методикам, приведенным в работе [4]. Результаты исследований характеристик дождевых стоков г. Казани представлены в табл. 1-2.

Анализ результатов позволяет сделать следующие выводы:

а) концентрация загрязнений в дождевых сточных водах г. Казани в целом соответствует показателям литературных источников [1, 2];

б) содержание взвешенных веществ в дождевых стоках находится в пределах 625-1274 мг/л;

в) концентрация нефтепродуктов в дождевых стоках не превышает 39-101 мг/л;

г) БПК_{полн} дождевых сточных вод достигает 16-25 мг/л;

д) температура дождевых стоков составляет +15,7...+18,1°С; она уменьшается при сезонном снижении температуры воздуха;

е) при наступлении дождливого периода концентрация загрязнений в дождевых стоках снижается;

ж) активная реакция дождевых стоков находится в пределах 6,71-7,23, т.е. они являются практически нейтральными;

и) дождевые сточные воды г. Казани практически не имеют запаха;

к) прозрачность дождевых сточных вод составляет 5-12 см;

л) щелочность дождевых сточных вод находится в пределах 3,1-4,7 мг-экв/л;

м) жесткость дождевых стоков не превышает 4,0-6,2 мг-экв/л;

н) концентрация хлоридов составляет 82-138 мг/л, сульфатов 31-65 мг/л;

п) сухой остаток дождевых стоков не превышает 167-208 мг/л.

Для очистки ливневых стоков обычно применяются механические (отстаивание, фильтрование, гидроциклонная обработка) и физико-химические (коагуляция, флотация) методы [6, 7]. Для их глубокой очистки используются физико-химические (сорбция, ультрафильтрация) и биологические методы [1, 6].

В ряде случаев, для очистки ливневых стоков применяются моноблочные установки, в которых несколько различных устройств размещаются в одном контейнере. Данные установки обычно работают в безнапорном режиме. Известна установка типа КОС ЛС, предназначенная для очистки поверхностных стоков производительностью от 10 до 60 л/с [8]. Корпус данной установки изготовлен из спиралевитых труб марки ПНД диаметром 2,2 м. Внутри горизонтального корпуса выделяются успокоительная зона, зона отстаивания с тонкослойными блоками и зона адсорбционной очистки. Установка КОС ЛС монтируется в траншее на железобетонном фундаменте. Концентрация взвешенных веществ в поверхностных стоках после очистки снижается с 3000 до 3 мг/л, содержание нефтепродуктов – с 200 до 0,05 мг/л [8].

ООО «ВИТЭКО» производит установки «ВЕКСА», предназначенные для очистки ливневых стоков, которые сбрасываются в коллекторы водоотведения поверхностных стоков, а также «ВЕКСА-М» после которых очищенные дождевые сточные воды могут сбрасываться в поверхностные источники [9]. Установки типа «ВЕКСА» и «ВЕКСА-М» производительностью от 21 до 36 л/с моноблочные, а производительностью от 40 до 100 л/с двухблочные, состоящие из песконепфтеуловителя и сорбционного блока. Установки «ВЕКСА» позволяют снижать концентрацию взвешенных веществ в ливневых стоках с 1300 до 5 мг/л, нефтепродуктов – со 110 до 0,3 мг/л, а БПКполн – с 30 до 2 мг/л. Установки «ВЕКСА-М» позволяют снизить содержание нефтепродуктов до 0,05 мг/л [9]. Данные установки размещаются в траншее на железобетонном фундаменте. К их недостаткам следует отнести сложность их эксплуатации и ремонта (удаление осадка, замена отработанного сорбента).

Московский государственный технический университет (МГТУ) имени Н.Э. Баумана для очистки дождевых стоков предлагает надземные блочно-модульные очистные сооружения типа УОП-М производительностью от 1 до 20 м³/ч [10] в состав которых входят напорные флотаторы, реагентное хозяйство, механические и адсорбционные фильтры. Установка УОП-М позволяет очистить ливневые сточные воды по взвешенным веществам до 3 мг/л, а по нефтепродуктам – до 0,05 мг/л [10]. Данные очистные сооружения не имеют аппаратов предварительной очистки дождевых стоков от взвеси, поэтому во флотаторах будут накапливаться значительные объемы осадка.

Для удаления из дождевых стоков взвешенных веществ можно использовать отстойники различных конструкций (горизонтальные, радиальные, тонкослойные), а также нефтеловушки [6]. Для глубокой очистки дождевых сточных вод от нефтепродуктов и взвешенных веществ используются каркасно-засыпные фильтры с предварительной обработкой стоков реагентами [6, 7]. Хорошие результаты при доочистке дождевых стоков показывают фильтры с плавающей загрузкой [7].

В США широко применяется биологическая очистка поверхностных стоков с использованием биофильтров, биоконтакторов, мембранных биореакторов и очистных лагун [11].

В работе [12] приведен ряд гидроциклонных установок, предназначенных для очистки сточных вод от нефтепродуктов и взвешенных веществ.

Возможна очистка ливневых стоков от взвешенных веществ в напорных гидроциклонах различных конструкций [13-18].

ОАО «НИИ ВОДГЕО» разработана схема сооружений очистки ливневых стоков, [3], представленная на рис. 1. В состав сооружений входят: блок предварительной очистки 1, блок отстаивания 2, блок фильтрования 3 и блок доочистки 4. Загрязненные поверхностные стоки самотеком поступают в блок 1 по трубопроводу 5. Блок предварительной очистки 1 предназначен для удаления взвешенных веществ с гидравлической крупностью более 15 мм/с. Он представляет собой песколовку или аккумулирующий резервуар с предварительным осветлением стоков. Осадок, образующийся в блоке 1, отводится по трубопроводу 6 в песковые бункера [3].

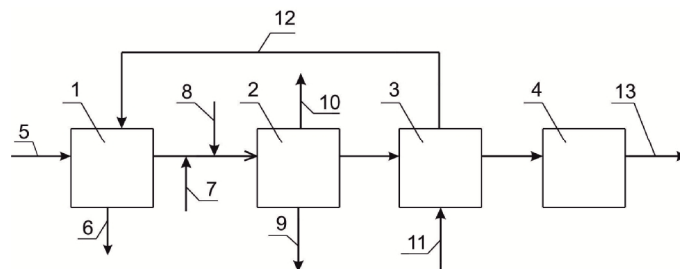


Рис. 1. Схема сооружений очистки дождевых стоков

Блок отстаивания 2 представляет собой нефтеловушку или тонкослойный отстойник. Для повышения эффективности в поверхностные стоки по линии 7 подается раствор коагулянтов, а по линии 8 – раствор флокулянтов. Осадок из блока 2 периодически отводится по трубопроводу 9, а уловленные нефтепродукты – по трубопроводу 10 [3].

Блок 3 представляет собой фильтровальную станцию, состоящую из скорых безнапорных (открытых) или напорных фильтров с зернистой загрузкой (кварцевый песок, антрацит гранитная крошка). Промывка фильтров осуществляется фильтратом, который подается в эти аппараты по трубопроводу 11. Загрязненные промывные стоки под остаточным давлением по трубопроводу 12 отводятся в аккумулирующий резервуар 1 [3]. Глубокая очистка поверхностных стоков от нефтепродуктов осуществляется в блоке 4. Он представляет собой либо адсорбционный фильтр, либо установку с мембранным разделением. Очищенные поверхностные стоки отводятся по трубопроводу 13.

Анализ качественных характеристик дождевых стоков г. Казани позволил предложить технологическую схему установки для их очистки, разработанную в Казанском государственном архитектурно-строительном университете (КГАСУ). Схема установки приведена на рис. 2.

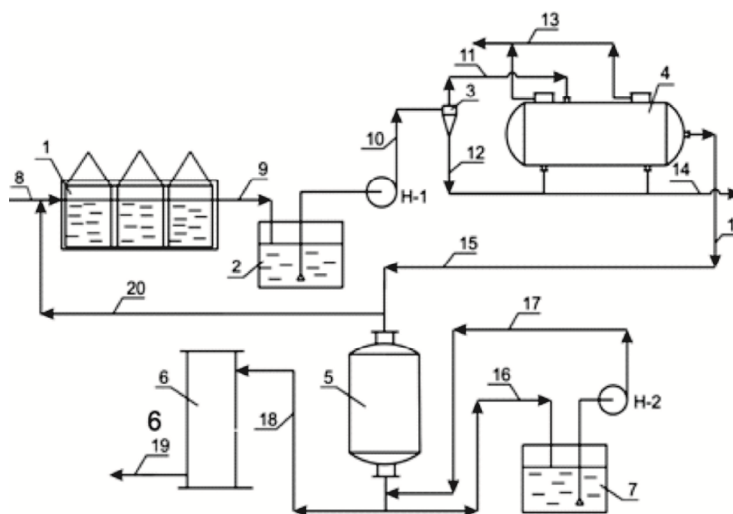


Рис. 2. Схема установки КГАСУ для очистки дождевых стоков

В состав установки очистки дождевых стоков входят: горизонтальная песколовка с «ложным» днищем 1, промежуточная емкость 2, батарея напорных двухпродуктовых цилиндроконических гидроциклонов 3, напорный горизонтальный тонкослойный отстойник 4, скорые напорные фильтры с зернистой двухслойной загрузкой 5, напорные адсорбционные фильтры 6, резервуар для промывной воды 7 [1, 2]. Дождевые стоки самотеком по трубопроводу 8 поступают в песколовку 1, в которой осуществляется отделение от ливневых сточных вод наиболее крупных частиц взвеси. Очищенная вода из песколовки по трубопроводу 9 самотеком поступает в емкость 2, из которой она насосом Н-1 по трубопроводу 10 подается в батарею напорных гидроциклонов 3, в которых осуществляется очистка дождевых сточных вод от взвешенных веществ [1, 2]. Очищенная вода из верхнего слива гидроциклонов под избыточным давлением по трубопроводу 11 поступает на обработку в тонкослойный отстойник 4. Нижний слив гидроциклонов (сильно загрязненные взвешенными веществами стоки) под избыточным давлением отводится по трубопроводу 12.

В тонкослойном отстойнике 4 осуществляется очистка ливневых стоков от взвешенных веществ и нефтепродуктов. Уловленные в отстойнике 4 нефтепродукты под избыточным давлением периодически удаляются по трубопроводу 13. Образующийся в отстойнике 4 осадок под избыточным давлением периодически удаляется по трубопроводу 14. Очищенная вода отводится из отстойника 4 под избыточным давлением по трубопроводу 15 на доочистку в напорные вертикальные фильтры 5, загруженные дробленым антрацитом или керамзитом, а также кварцевым песком. Промывка фильтров 5 осуществляется фильтратом, который поступает в резервуар 7 по трубопроводу 16. Вода на промывку фильтров 5 подается насосами Н-2 по трубопроводу 17. Очищенная вода из фильтров 5 под избыточным давлением по трубопроводу 18 поступает на глубокую очистку от нефтепродуктов в напорные адсорбционные фильтры 6. В качестве сорбента в них применяются древесные активированные угли. Очищенные дождевые стоки отводятся из адсорбционных фильтров 6 по трубопроводу 19. Промывная вода из фильтров по трубопроводу 20 отводится в начало сооружений.

Данная установка позволяет уменьшить концентрацию взвешенных веществ в дождевых сточных водах с 1200-1500 до 5 мг/л, содержание нефтепродуктов снизить с 90-120 до 0,5 мг/л, а БПК_{полн} данных стоков снизить с 20-30 до 3-5 мг/л.

Список библиографических ссылок

1. Адельшин А. Б., Бусарев А. В., Селюгин А. С. Исследование очистки поверхностных стоков // Вода: химия и экология. 2014. № 8. С. 113–117.
2. Бусарев А. В., Селюгин А. С., Каюмов Ф. Ф. К вопросу очистки поверхностных стоков в гидроциклонных установках // Современные наукоемкие технологии. 2016. № 10. С. 229–232.
3. Рекомендации по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока с селитебных территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в объекты. М. : ОАО «НИИ ВОДГЕО», 2014. 88 с.
4. Лурье Ю. Ю., Рыбникова А. И. Анализ производственных сточных вод. М. : Химия, 1984. 448 с.
5. Алексеев Л. С. Контроль качества воды. М. : Инфра-М, 2015. 159 с.
6. Карманов А. П., Палина И. Н. Технология очистки сточных вод. Сыктывкар : СЛИ, 2017. 207 с.
7. Лонданг Й., Розенвинкель К. Х. Очистка промышленных сточных вод. СПб.: Научные основы и технологии, 2012. 376 с.
8. Ливневые очистные сооружения с модифицированным активированным углем // Сайт «Очистные. ком». 2017. URL: <http://ochistnie.com/stormrunoff.html> (дата обращения: 26.06.2017).
9. Установки очистки ливневых, талых и производственных сточных вод ВЕКСа®, ВЕКСа-М®, Руководство по эксплуатации. Паспорт. Ростов: ООО «ВИТЭКО», 2017. 31 с.

10. Блочно-модульные ливневые очистные сооружения серии УОП-М // Сайт НИИЭМ МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2017. URL: http://voda-proekt.narod.ru/livn_oborud.html. (дата обращения: 26.06.2017).
11. Бусарев А. В., Селюгин А. С., Гареев Б. М. К вопросу использования нанотехнологий для глубокой очистки сточных вод : сб. ст. мат. научно-практ. конф. – Prospects for the development of fundamental and applied science. Т. 2, Прага (Чешская Республика), 2016. С. 12–18.
12. Адельшин А. А., Адельшин А. Б., Урмитова Н. С. Гидродинамическая очистка нефтепромысловых сточных вод на основе применения закрученных потоков. Казань : КГАСУ, 2011. 245 с.
13. Zhu G., Liov J. L. Experimental study of particle separation and the fish-hook effect in a mini hydrocyclone // Chemical Engineering Science. Vol. 111. P. 94–105.
14. Dueck J., Farghaly M., Neesse Th. The theoretical partition curve of the hydrocyclone // Minerals Engineering. 2014. Vol. 62. P. 25–30.
15. Duesk J., Krokhina A., Minkov T. Experimental and numerical investigation of hydrodynamic characteristics of the hydrocyclone with water injection // Separation processes: summaries of 19th International Congress of Chemical and Process Engineering CHISA. Prague, Czech Republic, 2010. P. 800–801.
16. Dueck J., Neesse Th., Minkov L. Mechanism of hydrocyclone separation with water injection // Minerals Engineering. 2010. Vol. 23, № 4. P. 289–294.
17. Xu P., Wu Z., Mujumdar A.S., Yu B. Innovative hydrocyclone unlet desings to reduced wear in mineral dewatering processed. Dryng technology. 2011. v. 27. P. 1–11.
18. Nageswararao K., Medronho R.A. Fish hook effect in centrifugal classifiers – a further analysis // International Journal of Mineral Processing. 2014. Vol. 132. P. 43–58.

Busarev A.V. – candidate of technical science, associate professor

E-mail: redner1@myrambler.ru

Selyugin A.S. – candidate of technical science, associate professor

E-mail: a.selyugin@inbox.ru

Kayumov F.F. – post-graduate student

E-mail: kayum.91@mail.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Ibatullin L.H. – senior dispatcher

E-mail: amir-hana@mail.ru

Municipal Unitary Enterprise «Vodokanal» of Kazan

The organization address: 420015, Russia, Kazan, Maksima Gorkogo st., 34

The determination of the quality of rainwater runoff on the example of Kazan

Abstract

Problem statement. The purpose of the research is to identify the qualitative indicators of rainwater in Kazan, as well as to develop a technology for their purification.

Results. The main results of the study are to identify the physico-chemical characteristics of the rainwater sewage of Kazan, the analysis of which will allow us to offer the technology to clean them.

Conclusions. The significance of the results obtained for the construction industry is that the analysis of the qualitative indicators of rainwater in Kazan allowed to propose a technology for their purification.

Keywords: rainwater analysis, physico-chemical characteristics, methods of purification, purification plant, hydrocyclone installation.

References

1. Adelshin A. B., Busarev A. V., Selyugin A. S. Study treatment of surface runoff // *Voda: chimiya and ecologiya*, 2014. № 8. P. 113–117.
2. Busarev A. V., Selyugin A. S., Kayumov F. F. To the question of clearance of surface sewage in hydrocyclone units // *Sovremennye naukoemkieologii*. 2016. № 10. P. 229–232.
3. Recommendations on designing the systems of collection, disposal and treatment of surface runoff from residential areas, enterprises, and determining the conditions of issue in its objects. M. : OAO «NII VODGEO», 2014. 88 p.
4. Lurie Y. Y., Rybnikova A. I. The analysis of industrial waste waters. M. : Chimiya, 1984. 448 p.
5. Alekseev L. S. Water quality monitoring. M. : Infra-M, 2015. 159 p.
6. Karmanov A. P., Palina I. N. Wastewater technology. Syktyvkar : SLI, 2017. 207 p.
7. Landing Y., Rosenvinkel K. H. The treatment of industrial waste waters. SPb. : Nauchnyie osnovy i tehnologii, 2012. 376 p.
8. Storm water treatment plants with modified activated carbon // Website «Ochistnie.com». 2017. URL: <http://ochistnie.com/stormrunoff.html> (reference date: 26.06.2017).
9. Installation cleaning of storm water, snowmelt and industrial wastewater VEKSA®, VEKSA-M®. Manual. Passport. Rostov : VITEKO, 2017. 31 p.
10. Modular stormwater treatment facilities a series of UOP-M // Website NIEM MGTU im. N.E. Bauman. 2017. URL: http://voda-proekt.narod.ru/livn_oborud.html. (reference date: 26.06.2017).
11. Busarev A. V., Selyugin A. S., Gareev B. M. To the use of nanotechnology for waste water treatment : proceedings of the scientific-practical conference. – Prospects for the development of fundamental and applied science. Vol. 2, Prague (Czech Republic), 2016. P. 12–18.
12. Adelshin A. A., Adelshin A. B., Urmitova N. S. And hydrodynamic cleaning of oil field wastewater on the basis of application of swirling flows. Kazan : KGASU, 2011. 245 p.
13. Zhu G., Liov J. L. Experimental study of particle separation and the fish-hook effect in a mini hydrocyclone // *Chemical Engeneering Science*. Vol. 111. P. 94–105.
14. Dueck J., Farghaly M., Neesse Th. The theoretical partition curve of the hydrocyclone // *Minerals Engineering*. 2014. Vol. 62. P. 25–30.
15. Duesk J., Krokhina A., Minkov T. Experimental and numerical investigation of hydrodynamic characteristics of the hydrocyclone with water injection // *Separation processes: summaries of 19th International Congress of Chemical and Process Engineering CHISA*. Prague, Chech Republic, 2010. P. 800–801.
16. Dueck J., Neesse Th., Minkov L. Mechanism of hydrocyclone separation with water injection // *Minerals Engineering*. 2010. Vol. 23, № 4. P. 289–294.
17. Xu P., Wu Z., Mujumdar A. S., Yu B. Innovative hydrocyclone unlet desings to reduced wear in mineral dewatering processed. *Dryng technology*. 2011. v. 27. P. 1–11.
18. Nageswararao K., Medronho R. A. Fish hook effect in centrifugal classifiers – a further analysis // *International Journal of Mineral Processing*. 2014. Vol. 132. P. 43–58.