

УДК 628.543.1

АНАЛИЗ ВОДОПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ И МОНИТОРИНГ СБРОСА ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОКОВ В КАНАЛИЗАЦИЮ ГОРОДА**Крылова Л.А., Яковлева О.В., Морозенко М.И.***Калужский филиал МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, e-mail: lyub.al.krylova@mail.ru, yakowlewaolga24@mail.ru, morozenko_mi@mail.ru*

Настоящая статья посвящена исследованию формирования состава сточных вод, сбрасываемых в канализацию города с последующим поступлением их на городские очистные сооружения г. Калуги. Определены основные категории водопользователей, поставляющих сточные воды на городские очистные сооружения. Крупными водопользователями являются предприятия пищевой промышленности, автопредприятия и автомойки, а также предприятия промышленного комплекса города. Проанализированы применяемые системы очистки, а также количественные и качественные характеристики сбросов сточных вод водопользователей. Проведен анализ состояния поступающих от них в городскую сеть стоков и определено влияние сточных вод на процессы очистки. В особую группу выделены предприятия приборо-, машиностроения и исследованы характеристики сбросов сточных вод восемнадцати наиболее крупных предприятий данного профиля. Проводимое исследование было направлено на выявление основных факторов, от которых напрямую зависит состав производственных стоков и их качество. Сточные воды данных предприятий имеют аналогичные характеристики сбросов. Установлено, что по массовому содержанию в сточных водах предприятий приборо- и машиностроения преобладают ионы тяжелых металлов, синтетические поверхностно-активные вещества, содержатся нефтепродукты. Проведен анализ применяемых методов очистки стоков гальванических цехов и действующих на предприятиях технологических схем на очистных сооружениях. Показано, что повсеместно используется реагентный метод очистки. Мониторинг сброса промышленных сточных вод показал отрицательное влияние сбросов промышленных предприятий на состав сточных вод, поступающих на городские очистные сооружения, ввиду несоблюдения требований предельно допустимого сброса загрязняющих веществ в систему водоотведения.

Ключевые слова: водопользование, промышленные сточные воды, характеристика сброса сточных вод, мониторинг, очистные сооружения

ANALYSIS OF WATER USERS AND MONITORING OF DISCHARGES OF INDUSTRIAL EFFLUENTS INTO CITY SEWERS**Krylova L.A., Yakovleva O.V., Morozenko M.I.***Kaluga Branch of the Bauman MSTU, Kaluga, e-mail: lyub.al.krylova@mail.ru, yakowlewaolga24@mail.ru, morozenko_mi@mail.ru*

This article is devoted to the study of the formation of the composition of the wastewater discharged into the Sewerage system of the city with the subsequent their entering into the city sewage treatment plant city of Kaluga. The main categories of water users supplying waste water to municipal treatment facilities are defined. Large water users are the enterprises of food industry, automobile enterprises and car washes, as well as enterprises of the industrial complex of the city. The applied treatment systems, as well as quantitative and qualitative characteristics of wastewater discharges of water users are analyzed. The analysis of the state of the municipal sewage coming from them is carried out and the influence of sewage on the treatment processes is determined. In a special group of enterprises allocated instrumentation and engineering and studied characteristics of wastewater discharges eighteen of the largest enterprises in this profile. The study was aimed at identifying the main factors that directly affect the composition of industrial effluents and their quality. Wastewater of these enterprises has similar characteristics of discharges. It has been established that the mass content in the wastewater enterprises of instrument and engineering is dominated by ions of heavy metals, synthetic surface – active substances, contain petroleum products. The analysis of methods for treatment of wastewater from electroplating facilities operating in the enterprises of technological schemes for wastewater treatment plants. It is shown that the reagent cleaning method is widely used. Monitoring of industrial wastewater discharge showed the negative impact of industrial wastewater discharges on the composition of wastewater entering the municipal wastewater treatment facilities due to non – compliance with the requirements of the maximum permissible discharge of pollutants into the wastewater disposal system.

Keywords: water use, industrial wastewater, a characteristic of wastewater discharge, monitoring, treatment facilities

Среди острых экологических проблем особое место отводится качеству воды, однако в настоящее время наблюдается тенденция его ухудшения.

Большой вклад в процессы, связанные с ухудшением качества сточных вод, которые характеризуются, как правило, разнообразием сбросов по количественному и качественному составу, вносят промышленные комплексы городов [1].

Промышленные сточные воды содержат специфические загрязнения, способные оказывать отрицательное влияние на условия работы городских очистных сооружений. Сложность с очисткой промышленных сточных вод связана с наличием предприятий, каждое из которых применяет свойственную ему технологию для осуществления производственных процессов, что приводит к образованию сточных вод различного состава [2].

Увеличение объемов, изменение качества сбросов сточных вод промышленных предприятий несет, как правило, дополнительную нагрузку на городские очистные сооружения, усложняя их работу [3], поэтому отслеживание изменения характеристик сбросов является на сегодняшний день актуальным.

Крупнейший промышленный комплекс г. Калуги представлен внушительным количеством предприятий приборо- и машиностроения, которые сбрасывают на городские очистные сооружения сточные воды травильных и гальванических цехов. Со сточными водами на очистку поступает значительное количество загрязняющих веществ, которые представлены нефтепродуктами, СПАВ, сульфатами, хлоридами, фенолом, взвешенными веществами, соединениями азота, цинка, никеля, меди, железа, фосфора и т.д.

Цель исследования: определение основных водопользователей Калуги и исследование характеристик сбросов крупных предприятий приборо- и машиностроения на очистные сооружения города.

Материалы и методы исследования

В результате исследования установлено, что в г. Калуге около половины производимого объема продукции городской промышленности приходится на машиностроение, треть – на пищевую отрасль, 13% – энергетику [4]. Промышленная сфера в основном представлена такими производствами, как производство электромеханических устройств, производство телеграфной аппаратуры, машиностроение, производство автомобильного электрооборудования, турбостроение, производство радиолокационных узлов для ракетных комплексов, кораблей, производство железобетонных изделий.

Большинство этих предприятий и объектов нуждаются в модернизации очистных сооружений, а на некоторых крайне необходимо построить современные эффективные системы очистки сточных вод [5, 6].

Проведенный анализ показал, что стоки на городские очистные сооружения поступают от следующих категорий водопользователей: жилой сектор; муниципальные учреждения и офисы; промышленные предприятия приборо-, машиностроения; текстильная отрасль (швейные цеха); предприятия общественного питания (кафе, рестораны, столовые); предприятия бытового обслуживания (прачечные, химчистки); автомойки.

Самой многочисленной является группа предприятий пищевой промышленности, сточные воды которой характеризуются высокой степенью загрязнения. Стоки пищевых перерабатывающих предприятий (мясо, рыба, птица, молоко, сыры, торты, овощные консервы) обладают сходными характеристиками. Все они содержат большое количество белков и жиров, склонных к быстрому загниванию. Сбросы таких предприятий характеризуются повышенными значениями ХПК и БПК, значительным содержанием взвешенных веществ и высоким уровнем содержания жиров.

В г. Калуге значения БПК_{полн} в контрольных пробах сточных вод пищевых предприятий достигают от двукратного до десятикратного превышения норматива допустимого сброса в централизованную городскую сеть канализации.

Установленные на предприятиях жируловители не справляются полноценно с функцией задерживания фракции жира, это приводит в дальнейшем к снижению эффективности работы городских очистных сооружений (перекрываются прозоры решеток, снижается доступ атмосферного кислорода к микроорганизмам активного ила аэротенков и т.д.) [7].

Следующей категорией водопотребителей в городе являются автопредприятия и автомойки. Исследование показало, что сточные воды после мойки автомашин содержат традиционные загрязнения для таких предприятий, это взвешенные вещества, органические загрязнения, нефтепродукты, тяжелые металлы, СПАВ, реагенты, используемые для очистки дорог ото льда и снега. Следует отметить, что сточные воды автомоек содержат АПАВ с концентрацией, превышающей допустимый норматив, иногда более чем в 1000 раз.

Большинство современных автомобильных моек используют обратное водоснабжение (это снижает эксплуатационные затраты и не так пагубно сказывается на состоянии окружающей среды). Технология может состоять из процессов отстаивания, флотации, фильтрования. Но со временем и обратная вода накапливает загрязняющие вещества, сбрасывается в канализацию. Одной из установленных причин проблематичности выхода из данной ситуации является неудачная привязка очистных сооружений для автомоек, представленных компактными устройствами блочно-модульной модификации, которые не обеспечивают требуемую степень очистки сточных вод в конкретных условиях.

Особо следует выделить группу предприятий, отводящих промышленные сточные воды. К данной категории относятся производящие и обрабатывающие промышленные предприятия.

Вода на предприятиях приборо-, машиностроения г. Калуги используется во многих цехах. После использования она содержит специфические загрязнения, которые должны удаляться на очистных сооружениях предприятий. Однако анализ показал что 18 наиболее крупных предприятий приборо-, машиностроения г. Калуги отводят в систему канализации сточные воды, содержащие механические примеси, в том числе гидроксиды металлов; нефтепродукты; эмульсии; растворенные токсичные соединения органического и неорганического происхождения (ионы металлов, фенолы, сульфаты, сульфиды и др.), не соответствующие требованию предельно допустимого сброса (ПДС).

Проводимое исследование было направлено на выявление основных факторов, от которых зависит состав производственных стоков и их качество. Для этого по каждому предприятию проведен анализ по следующему алгоритму: установление вида деятельности/продукции; выявление сведений о наличии/составе локальных очистных сооружений (ЛОС); уточнение года ввода в эксплуатацию ЛОС; определение проектной мощности.

Проведенный анализ показал, что на рассматриваемых предприятиях предусмотрены традиционные локальные очистные сооружения для обезвреживания стоков

перед их сбросом в канализацию города. Можно утверждать, что повсеместно применяется реагентный метод очистки гальваносточков. Около 70% этих сооружений возведены еще в 1980-х гг., что свидетельствует об их моральном и физическом износе и, как следствие, низкой способности к очистке [8].

Результаты исследования и их обсуждение

В рамках исследования проведен анализ качественного и количественного состава сточных вод 18-ти предприятий приборо-, машиностроения города. Сточные воды предприятий имеют сходный качественный состав. Соответствие требованиям сброса в систему водоотведения контролируется организацией водопроводно-канализационного хозяйства и подведомственной ей базовой лабораторией сточных вод. Контроль ведется по наиболее характерным для этих отраслей промышленности показателям.

Однако в данной работе нами проведен анализ за период 2014–2016 гг. состава отводимых стоков по показателям «металлы», нефтепродукты и СПАВ, которые наиболее негативно влияют на работу сооружений биологической очистки г. Калуги [8].

Полученные результаты наглядно представлены на рис. 1–4.

Мониторинг показал, что предприятиями постоянно превышены показатели нормативов предельно допустимого сброса в сети города по никелю, железу, меди, цинку. Для наглядности приведены показатели сбросов по железу и цинку.

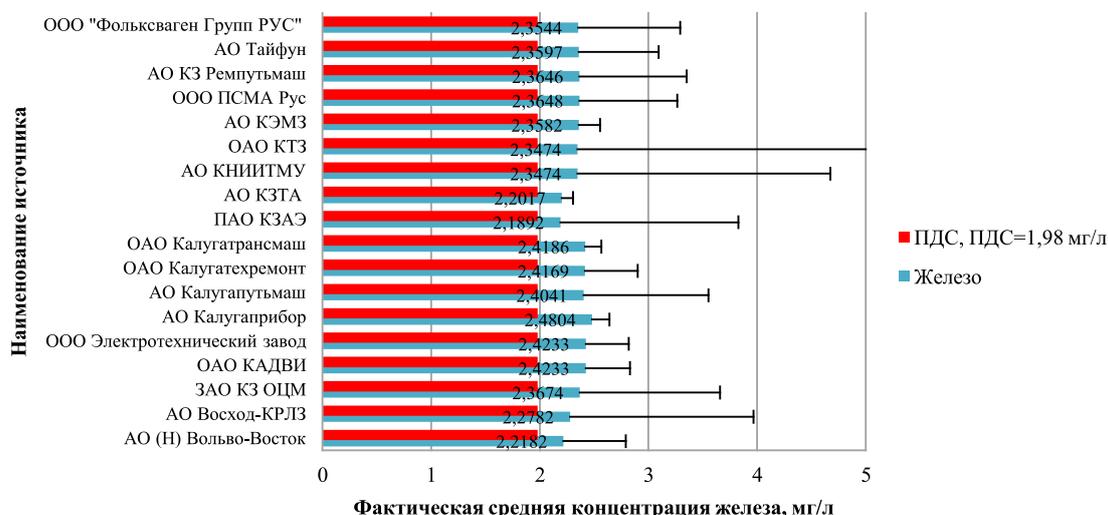


Рис. 1. Концентрации железа в стоках предприятий за исследуемый период

За исследуемый период, согласно полученным данным, все 18 предприятий города сбрасывали в канализационную сеть сточные воды с повышенным содержанием железа (рис. 1).

Существенны сбросы сточных вод предприятий по содержанию цинка (рис. 2), причем показатель ПДС не достигается ни одним из рассмотренных источников сброса сточных вод.

Такая же картина превышения ПДС, как показало исследование, наблюдается при сбросе предприятиями никеля и меди.

Практически на одном уровне находятся сбросы предприятиями СПАВ, наибольшие показатели сброса приходятся на ЗАО «КЗ по обработке цветных металлов», АО «Восход-КРЛЗ», ООО «Электротехнический завод» и ОАО «КАДВИ» (рис. 3).

В сточных водах предприятий приборостроения и машиностроения содержатся нефтепродукты. За исследуемый период наибольшие показатели сброса в сеть города приходятся на ПАО «КЗАЭ», АО (Н) «Вольво-Восток», АО «Калугаприбор» (рис. 4).

Для полноты представления характеристики сбросов сточных вод промпредприятиями в таблице приведена выборка данных по загрязнению по кварталам за 2016–2017 гг., которая является наглядным подтверждением наличия превышений по ряду показателей.

Сбросы сточных вод 18 предприятий приборостроения, машиностроения города содержат загрязнения, которые необходимо снижать на локальных очистных сооружениях. Однако данные сооружения, как показал проведенный мониторинг, работают в настоящее время неэффективно.

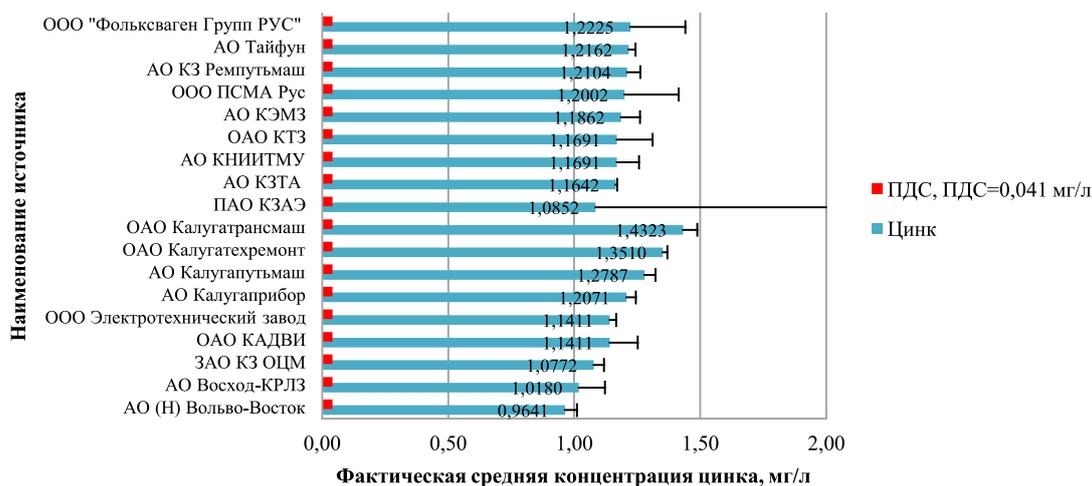


Рис. 2. Концентрации цинка в стоках предприятий за исследуемый период

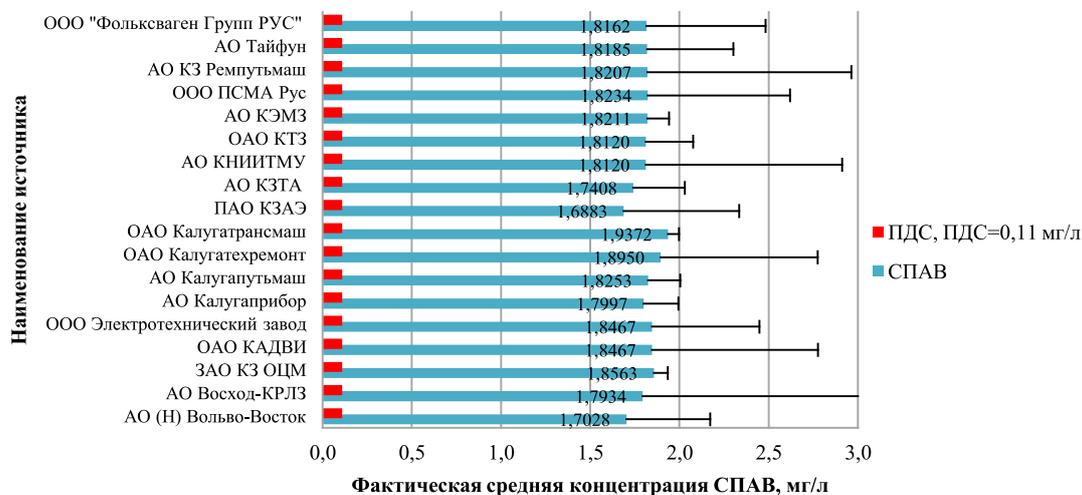


Рис. 3. Концентрации СПАВ в стоках предприятий за исследуемый период

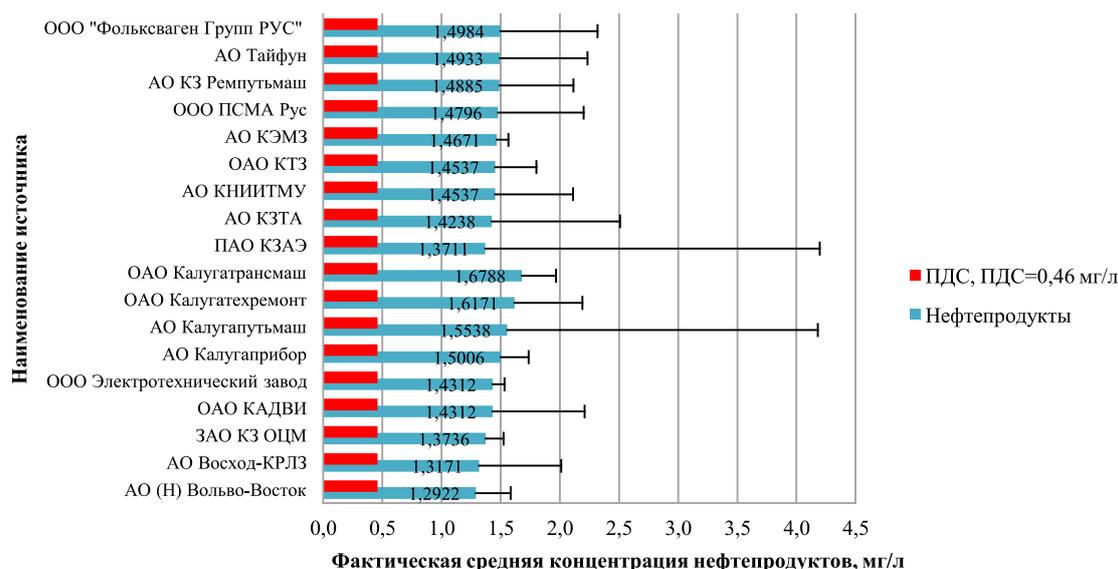


Рис. 4. Концентрации нефтепродуктов в стоках предприятий за исследуемый период

Показатели сброса сточных вод промпредприятий за 2016–2017 гг.

Предприятие	Показатель \ Период	2016				2017			
		1 кв. 2016	2 кв. 2016	3 кв. 2016	4 кв. 2016	1 кв. 2017	2 кв. 2017	3 кв. 2017	4 кв. 2017
АО «Калугаприбор»	Железо	1,280	0,660	1,010	0,680	2,176	3,210	2,348	2,484
	Медь	0,087	0,048	0,093	0,033	0,027	0,036	0,022	0,015
	Цинк	0,104	0,070	0,148	0,047	0,033	0,049	0,032	0,033
АО «Калугапутьмаш»	Железо	1,930	8,450	2,480	2,530	1,280	1,540	1,720	0,160
	Медь	0,015	0,053	0,025	0,030	0,006	0,013	0,088	0,210
	Цинк	0,026	0,064	0,029	0,270	0,018	0,023	0,078	0,009
ОАО «Калугатехремонт»	Железо	3,700	1,630	2,800	1,500	0,650	0,603	0,335	0,508
	Медь	0,041	0,009	0,032	0,006	0,050	0,031	0,024	0,031
	Цинк	0,082	0,015	0,091	0,011	0,038	0,033	0,025	0,031
ОАО «Калугатрансмаш»	Железо	0,560	0,430	0,490	0,107	0,422	1,170	0,590	1,500
	Медь	0,028	0,017	0,016	0,017	0,033	0,240	0,029	0,135
	Цинк	0,330	0,018	0,027	0,011	0,610	2,700	0,360	1,110
ПАО КЗАЭ	Железо	1,513	4,244	0,960	2,146	0,300	0,154	0,310	0,510
	Медь	0,168	0,135	0,037	0,040	0,008	0,006	0,015	0,015
	Цинк	1,614	0,310	0,065	0,339	0,018	0,016	0,023	0,016

Выводы

Исследование показало, что состав сточных вод, сбрасываемых в систему городской канализации, формируется в основном сбросами предприятий пищевой промышленности, автопредприятиями и автомойками, наиболее крупными предприятиями приборо- и машиностроения.

Мониторинг сброса промышленных сточных вод в городскую канализацию свидетельствует о нарушениях требований по соблюдению нормативов предельно допустимого сброса (ПДС). Показывает необходимость принятия и внедрения новых технологических решений в области очистки сточных вод предприятий приборо- и маши-

ностроения, которые будут способствовать нормализации работы городских очистных сооружений.

Список литературы / References

1. Федорова Е.А. Экологический мониторинг и совершенствование работы локальных очистных сооружений предприятий Нижегородской промышленной зоны // Приволжский научный журнал. 2013. № 4 (28). С. 136–143.
Fedorova E.A. Environmental monitoring and improvement of local treatment plants in Nizhny Novgorod industrial zone // *Privolzhskii nauchnyi zhurnal*. 2013. № 4. P. 136–143 (in Russian).
2. Городские очистные сооружения // Справочник строителя: интернет-журнал. URL: <http://p-projector.com/gorodskie-ochistnye-sooruzheniya> (дата обращения: 05.11.2018).
City treatment facilities // *Spravochnik stroitelia*. URL: <http://p-projector.com/gorodskie-ochistnye-sooruzheniya/> (date of access 05.11.2018) (in Russian).
3. Рязанов А.В., Бучнева Н.В. Анализ эффективности работы городских очистных сооружений по ряду приоритетных загрязнителей // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. 2014. Т.19. № 6. С. 2028–2032.
Riazanov A.V., Buchneva N.V. Analysis of the efficiency of municipal wastewater treatment plants on a number of priority pollutants // *Bulletin of Tambov University. Series: Natural and Technical Sciences*. 2014. Vol. 19. № 6. P. 2028-2032 (in Russian).
4. Крылова Л.А., Яковлева О.В., Стрельченко С.С., Корнюшин Ю.П. Мониторинг сброса промышленных стоков и их влияние на эффективность работы очистных сооружений // Научные технологии. 2017. Т. 18. № 10. С. 43–48.
Krylova L.A., Yakovleva O.V., Strelchenko S.S., Kornushin Yu.P. Monitoring of discharge of industrial effluents and their impact on the efficiency of treatment facilities in the city of Kaluga // *High technology*. 2017. V. 18. № 10. P. 43–48 (in Russian).
5. Крылова Л.А., Яковлева О.В. Пути реконструкции и модернизации сооружений биологической очистки сточных вод города // Научные технологии. 2017. Т. 18. № 6. С. 57–62.
Krylova L.A., Yakovleva O.V. Ways of reconstruction and modernization of biological wastewater treatment facilities of the city // *High technology*. 2017. V. 18. № 6. P. 57–62 (in Russian).
6. Сулова С.В. Сироткин А.С., Хузяшева Д.Г., Морозов В.И. Смешение отдельных потоков производственных сточных вод, загрязненных ионами тяжелых металлов и СПАВ, для их локальной обработки // Вестник Казанского технологического университета. 2011. № 6. С. 54–59.
Suslova S.V., Sirotkin A.S., Huzyasheva D.G., Morozov V.I. Mixing of separate streams of industrial wastewater contaminated with heavy metal ions and surfactants for their local treatment // *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*. 2011. № 6. P. 54–59 (in Russian).
7. Шубов Л.Я., Борисова О.Н., Доронкина И.Г. Повышение экоэффективности технологии очистки сточных вод // Сервис в России и за рубежом. 2014. № 1 (48) [Электронный ресурс]. URL: http://service-rusjournal.ru/index.php?do=cat&category=2014_1 (дата обращения: 08.11.2018) DOI: 10.12737/2559.
Shubov L.Ia., Borisova O.N., Doronkina I.G. On Improving the Eco-Efficiency of Wastewater Treatment Technologies // *Service in Russia and abroad*. 2014. № 1 (48). URL: http://service-rusjournal.ru/index.php?do=cat&category=2014_1 (date of access 09.01.2018) (in Russian).
8. Крылова Л.А., Яковлева О.В. Исследование изменения динамики состава сбросов сточных вод промпредприятий Калуги // Научные технологии в приборостроении и развитии инновационной деятельности в вузе: материалы регион. научно-технич. конф. Калуга: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018. С. 22–25.
Krylova L.A., Yakovleva O.V. Research of dynamics changes the composition of wastewater discharges of industrial enterprises of Kaluga // *Regional scientific-technical conference «High technologies in instrument and mechanical industries and development of innovative activity in the university»*. Kaluga: Publishing house of the MSTU. N.E. Bauman, 2018. P. 22–25 (in Russian).