

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД КРУПНОГО МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ, СБРАСЫВАЕМЫХ В БАССЕЙН РЕКИ ВОЛГА

© 2014 Е.В. Алекина, И.А. Сумарченкова

Самарский государственный технический университет

Поступила в редакцию 13.01.2014

Рассмотрены экологические аспекты очистки сточных вод крупного машиностроительного предприятия. Показана принципиальная схема очистки сточных вод, состоящая из трёх основных узлов: узла обезвреживания хромсодержащих стоков; узла переработки концентрированных стоков и узла переработки смешанных производственных стоков.

Ключевые слова: сточные воды, предприятие, очистка

Экологическая ситуация в бассейне реки Волга создается многими факторами в том числе сточными водами большинства промышленных предприятий [1-8]. На машиностроительном предприятии образуется большое количество сточных вод на гальванических участках и участках травления [1, 5, 7, 8]. Для их очистки используются очистные сооружения по обезвреживанию кислотно-щелочных, хром- и цианосодержащих стоков. Целью работы является оценка эффективности очистки с целью ее оптимизации на примере крупного машиностроительного предприятия.

В настоящее время все образующиеся на крупном машиностроительном предприятии сточные воды отводятся по 3-м существующим системам:

- ливневая канализация;
- промышленная канализация;
- хозяйственно-фекальная канализация.

В ливневую канализацию поступают поверхностные (ливневые и талые), а также условно чистые сточные воды, которые без очистки сбрасываются в реку.

Промывные кислотно-щелочные сточные воды с гальванических участков и участков травления, обезвреженные хромсодержащие и цианосодержащие стоки по системе промышленной канализации поступают на станцию нейтрализации. Очищенные промышленные стоки поступают в хоз.-фекальную канализацию, смешиваются с хоз.-фекальными сточными водами и сбрасываются в сети МП «Самара-Водоканал».

Производственные кислотно-щелочные сточные воды по системе промышленной канализации поступают на станцию нейтрализации (очистные сооружения), принципиальная схема которой показана на рис. 2.

В состав очистных сооружений для очистки кислотно-щелочных стоков входит следующее оборудование: насосная станция, колодец-гаситель; 2-х секционный нейтрализатор; 2-х секционный горизонтальный отстойник-нефтеловушка; 4 автоматических камерных фильтр-пресс; накопитель отработанных кислых электролитов; накопитель отработанных щелочных электролитов. Промывные сточные воды собираются в накопителе, перекачиваются в нейтрализатор. По показаниям рН-метра в нейтрализатор дозируются кислота или щелочь для корректировки рН до значения 9,0. Нейтрализованные стоки поступают в горизонтальный отстойник, где происходит разделение суспензии на осветленную часть и осадок. Осадок периодически выводится для обезвреживания на фильтр-прессах. Осветленная часть сливается в заводскую хозяйственно-фекальную канализацию.

Для обезвреживания производственных цианосодержащих сточных вод используются озонаторные установки. Концентрация цианидов CN^- в поступающих на установку стоках составляет 5-50 мг/л. В обезвреженных стоках цианиды не обнаруживаются. Очищенные стоки сливаются в промышленную канализацию и поступают на очистные сооружения вместе с основным потоком.

Производственные *хромсодержащие* сточные воды собираются в отдельных емкостях, откуда перекачиваются для последующей обработки на электрокоагуляционной установке в емкость. Концентрация хрома шестивалентного (Cr^{6+}) в стоках достигает 500 мг/л и выше. Для снижения концентрации хрома до 50 мг/л стоки разбавляют водопроводной водой в другой емкости. Разбавленный сток подается на электрокоагуляционную установку, состоящую из приемного резервуара-усреднителя, накопителей сточных вод и щелочи, баков для растворов $NaCl$, 6 элект-

Алекина Елена Викторовна, доцент. E-mail: bjd@list.ru
Сумарченкова Ирина Александровна, доцент.
E-mail: bjd@list.ru

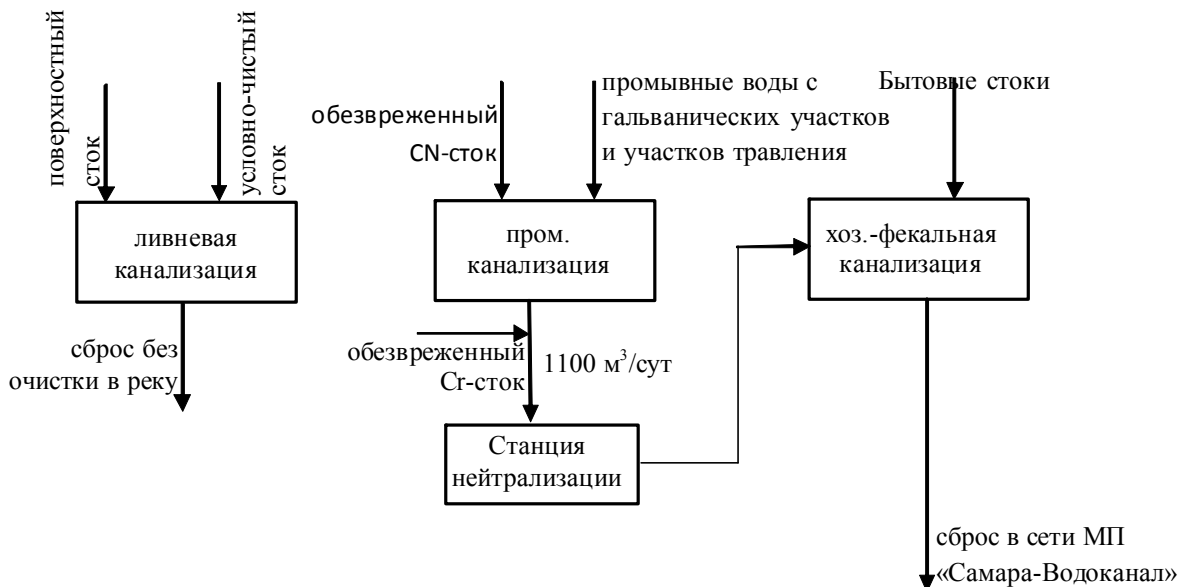


Рис. 1. Принципиальная схема отвода формирующихся на предприятии сточных вод

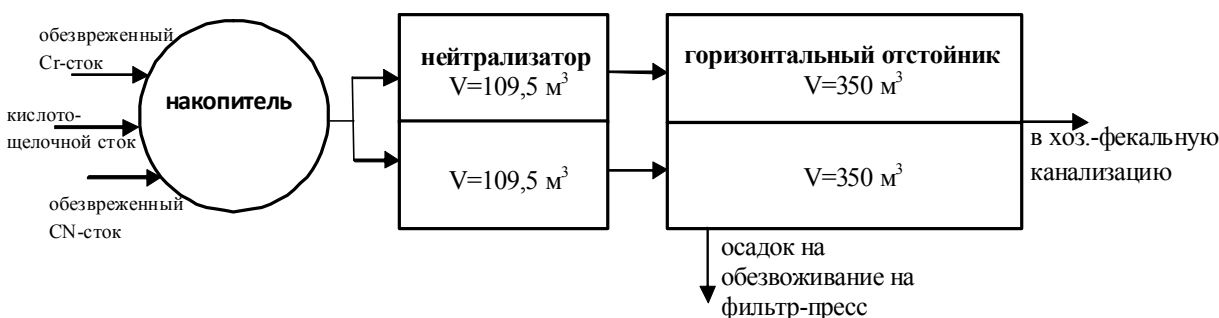


Рис. 2. Принципиальная технологическая схема очистных сооружений (станции нейтрализации)

рокоагуляторов, источников питания, насосов. Обезвреженный хромсодержащий сток собирается в емкости, откуда подается в накопитель очистных сооружений, где смешивается и очищается вместе с основным потоком.

Проведено обследование и анализ водоотведения предприятия ФГУП «ГПН РКЦ «ЦСКБ-Прогресс» с целью определения основных загрязняющих факторов и выделения потоков, формирующих объем производственных сточных вод. За период 2005-2010 гг. были отобраны пробы и проведены исследования на содержание в воде соединений алюминия, цинка, меди, железа и др. в сточных вод, прошедших очистные сооружения перед сбросом в системы канализации МП «Самара-Водоканал».

Результаты исследований представлены в табл. 1.

По результатам исследований, приведенным в табл.1:

- установка для обезвреживания цианосодержащих сточных вод обеспечивает требуемую степень очистки;

- существующая установка обезвреживания хромсодержащих стоков обеспечивает эффективную очистку стоков от шестивалентного хрома (восстановление шестивалентного хрома до трехвалентного и высаживание его в виде гидроксида (отсутствие Cr^{6+} в воде на выходе из отстойника)), но вносит значительное количество железа в ходе процесса электрокоагуляции в общий поток сточных вод;

- к причинам низкой эффективности применяемой технологии очистки производственных кислотно-щелочных стоков следует отнести: неравномерность поступления стоков в отстойники вследствие малого объема накопителя, низкую величину рН нейтрализованных стоков, отсутствие обработки нейтрализованного раствора флокулянтам.

Для повышения эффективности системы очистки сточных вод ФГУП «ГПН РКЦ «ЦСКБ-Прогресс» и с целью создания замкнутого водооборота с возвратом очищенной воды на операции промывки необходима реконструкция существующей установки, состоящая из следую-

Таблица 1. Результаты анализа проб сточных вод

Показатель	Ед. изм.	Вход на ОС	Выход из ОС	Вход в ЭК	Выход из ЭК	К-С 1	К-С 45
рН	ед.рН	7,46	7,51	-	-	7,55	5,64
Жесткость общая	мг-экв/л	10,8	-	-	-	-	-
Кальций (Ca)	мг/л	149,0	-	-	-	-	-
Магний (Mg)	мг/л	40,2	-	-	-	-	-
Щелочность	мг-экв/л	4,7	4,6	-	-	6,0	-
Аммиак (NH ₄ ⁺)	мг/л	1,7	1,5	-	-	2,0	-
Нитраты (NO ₃ ⁻)	мг/л	48	37,5	-	-	1,5	-
Сульфаты (SO ₄ ²⁻)	мг/л	395	413	-	-	500	-
Фосфаты -орто (PO ₄ ³⁻)/-поли (PO ₄ ³⁻)	мг/л	0,02 / 0,56	0,01 / 0,04	-	-	0,1 / 0,14	-
Фториды (F ⁻)	мг/л	0,52	0,59	-	-	0,62	-
Хлориды (Cl ⁻)	мг/л	94	76	-	-	61	-
Цианиды (CN ⁻)	мг/л	0,001	0	-	-	0	-
Алюминий (Al)	мг/л	3,232	1,858	-	-	-	-
Железо (Fe _{общ.})	мг/л	9,5	10,5	0,36	290	0,76	-
Кадмий (Cd)	мг/л	0,069	0,026	-	-	0,005	-
Калий (K)	мг/л	5,14	4,96	-	-	1,36	-
Натрий (Na)	мг/л	146	118	-	-	119	-
Медь (Cu)	мг/л	0,063	0,027	-	-	0,002	-
Никель (Ni)	мг/л	0,087	0,042	-	-	0,0003	-
Свинец (Pb)	мг/л	0,102	0,147	-	-	0,055	-
Хром (Cr _{общ.})/(Cr ⁶⁺)	мг/л	0,554 / 0	0,596 / 0	34,5 / 34,5	31,0 / 0	0,008 / 0	-
Цинк (Zn)	мг/л	0,195	0,062	-	-	0,022	-
Олово (Sn)	мг/л	0,0013	-	-	-	-	-
Марганец (Mn)	мг/л	0,11	-	-	-	-	-
Кремний (Si)	мг/л	4,1	-	-	-	-	-

щих основных узлов: узел обезвреживания хром-содержащих стоков; узел переработки концентрированных стоков; узел переработки смешанных производственных стоков.

УЗЕЛ ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ ХРОМСОДЕРЖАЩИХ СТОКОВ

Принципиальная схема узла обезвреживания хромсодержащих сточных вод представлена на рис. 3.

Исходные сточные воды собираются в приемной емкости Е1, откуда насосом Н1 подаются в электрокоагулятор ЭК с растворимыми железными анодами, где происходит восстановление ионов шестивалентного хрома до трехвалентного и высаживание его в виде гидроксида.

Из электрокоагулятора водная суспензия через камеру смешения КС направляется в отстойник, снабженный тонкослойными элементами ТО для разделения суспензии на осветленную часть и осадок. Для улучшения процесса хлопьеобразования в суспензию перед камерой смешения КС из емкости Е2 насосом НД1 дозируется раствор флокулянта.

Осветленная вода собирается в емкости Е3 и далее для тонкой очистки от следовых количеств тяжелых металлов направляется на узел доочистки в фильтр с зернистой загрузкой ФЗ, после чего осветленная вода подлежит дальнейшей переработке с основным потоком.

Промывка зернистого фильтра ФЗ осуществляется осветленной водой из емкости Е3 насосом НЗ. Загрязненная промывная вода отводится в голову процесса – в емкость Е1.

Осадок (суспензия гидроксидов металлов) из тонкослойного отстойника ТО выводится на узел обезвреживания очистных сооружений, куда также направляется и осадок из электрокоагулятора ЭК.

УЗЕЛ ПЕРЕРАБОТКИ КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ СТОКОВ

Принципиальная схема узла переработки концентрированных стоков представлена на рис. 4.

Концентрированные стоки в количестве 0,18 м³/ч поступают в емкость Е4, где осуществляется их нейтрализация растворами щелочи или кислоты, которые дозируются из емкостей Е5 и Е6 насосами НД2 и НД3 соответственно пропорцио-

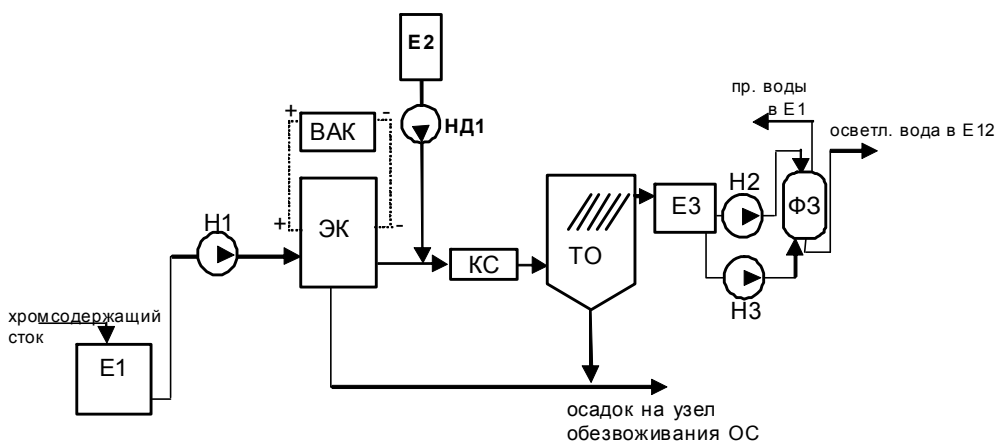


Рис. 3. Принципиальная схема узла обезвреживания хромосодержащих сточных вод

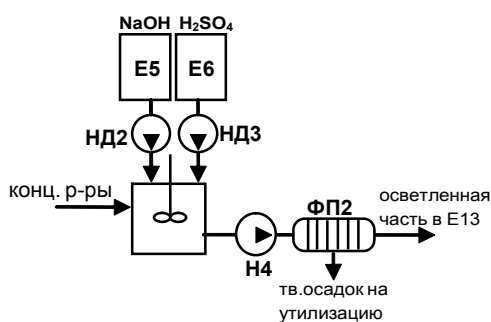


Рис. 4. Принципиальная схема узла переработки концентрированных стоков

нально показаниям рН-метра. Из емкости E4 образовавшаяся суспензия насосом Н4 подается на фильтр-пресс ФП2, где разделяется на осветленную часть и осадок. Осветленная часть подается в емкость E13 узла выпаривания, а осадок с влажностью до 80% направляется на утилизацию.

УЗЕЛ ПЕРЕРАБОТКИ СМЕШАННЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТОКОВ

Принципиальная схема 1-ой ступени установки очистки сточных вод представлена на рис. 5.

Исходные промывные воды собираются в накопителе E7, откуда насосом Н5 подаются в

тонкослойный отстойник ТО. С целью высаждения примесей тяжелых металлов производится реагентная обработка стоков. Для этого из емкости E8 насосом НД4 пропорционально показаниям рН-метра дозируется щелочь для доведения рН сточных вод до значения 9,5-10, а из емкости E9 насосом НД5 для улучшения процесса хлопьеобразования дозируется раствор флокулянта. В отстойнике, снабженном тонкослойными элементами ТО, суспензия делится на осветленную часть и осадок.

Осветленная вода собирается в емкости E10 и далее для тонкой очистки от следовых количеств тяжелых металлов направляется на узел доочистки в фильтры с зернистой загрузкой Ф3, после чего осветленная вода подлежит переработке на 2-ой ступени очистки.

Промывка зернистого фильтра Ф3 осуществляется осветленной водой из емкости E11 насосом Н8. Загрязненная промывная вода отводится в голову процесса – в емкость E7.

Осадок (суспензия гидроксидов металлов) из тонкослойного отстойника ТО выводится на обезвоживание в осадкоуплотнитель ОУ и далее насосом Н6 подается на фильтр-пресс ФП.

Обезвоженный осадок после фильтр-пресса ФП с влажностью до 80% направляется на утили-

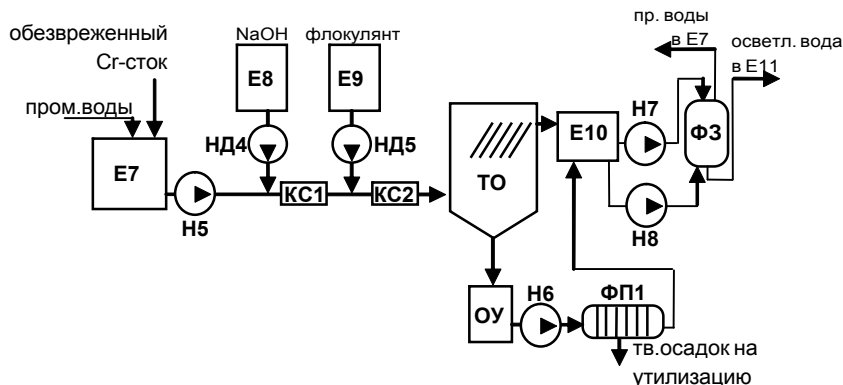


Рис. 5. Принципиальная схема блока предочистки (1-я ступень) установки очистки сточных вод и узла обработки концентрированных стоков

лизацию. Фильтрат после фильтр-пресса ФП направляется в емкость E10 и подвергается дальнейшей обработке с основным потоком.

Принципиальная схема 2-ой ступени установки для доочистки воды после электрокоагуляции представлена на рис.6.

Осветленная вода из емкости E11 через барьерный фильтр Ф насосом Н9 подается на первую ступень обратноосмотической мембранной установки ООМ1, укомплектованной рулонными мембранными элементами. В процессе разделения исходный поток делится на два: пермеат – очищенная и обессоленная до требуемых показателей вода и концентрат, содержащий сконцентрированные извлекаемые примеси. Очищенная вода собирается в емкости E12 и насосом Н10 подается на повторное использование на операции промывки. Концентрат первой ступени подвергается дополнительному доконцентрированию на второй ступени мембранной установки ООМ2. Для этого концентрат высоконапорным насосом Н11 подается на мембранные аппараты второй ступени, где происходит разделение потока на две части: фильтрат, который отводится в емкость E11, где смешивается с исходным потоком, и концентрат.

Концентрат обратного осмоса направляется на выпарную установку - энергосберегающий выпарной аппарат на базе 3-х ступенчатого испарительного блока с вертикально-трубчатыми пленочными испарителями. В испарителе используются теплообменные трубы специального профиля для интенсификации теплообмена и снижения отложений в трубах. Установка работает следующим образом: исходный раствор-концентрат поступает в кубовую часть испарителя ИП. В кубовой части циркуляционными насосами солевой раствор подается на верхние трубные решетки и через распределительные насадки поступает в теплообменные трубы. В трубах солевой раствор тонкой пленкой, испаряясь, стекает в кубовую часть испарителя: в первой ступени за счет тепла греющего пара от внешнего источни-

ка (магистральный пар или, при его отсутствии, от электропарогенератора), в последующих ступенях - за счет вторичного пара, образовавшегося в предыдущих ступенях испарителя. Солевой концентрат из последней ступени испарителя, упаренный до требуемой концентрации, выводится в сборник концентрата. Процесс выпаривания проходит при вакууме, в конденсаторе разрежение - до минус 0,09 МПа. Конденсат вторичного пара (дистиллят) выводится из установки в сборник дистиллята и далее возвращается в емкость фильтрата. Теплота конденсации пара последней ступени отводится охлаждающей (оборотной) водой в конденсаторе. Неконденсирующиеся газы из конденсатора вакуумным насосом ВН выводятся в атмосферу.

Кубовый концентрат, обогащенный солями до насыщенного состояния, поступает в приемную емкость поз. E_{кц} и, далее, направляется на узел кристаллизации при охлаждении или, при желании Заказчика, подается для дальнейшего концентрирования на 2-ю ступень выпаривания в роторно-пленочный испаритель для получения кристаллов солей в виде твердого осадка (на схеме не показан), которые подлежат утилизации.

Суспензия солей из емкости концентрата поз. E_{кц} насосом поз. Н_{кц} подается в емкость-кристаллизатор поз. Кр, снабженную перемешивающим устройством и змеевиком для охлаждения раствора насыщенных солей до температуры 20°C. Образующаяся суспензия поступает в осадительную центрифугу поз. Ц. В центрифуге поз. Ц под действием центробежной силы происходит дальнейшее сгущение и отделение солей от маточника (фугата). При этом фугат, представляющий собой насыщенный раствор солей, отводится в емкость концентрата на повторное выпаривание поз. E_{кц}, а кристаллы соли с влажностью 20% выгружаются в контейнеры и направляются на место складирования для последующей утилизации.

Данные по составу сточных вод приведены в табл. 2.

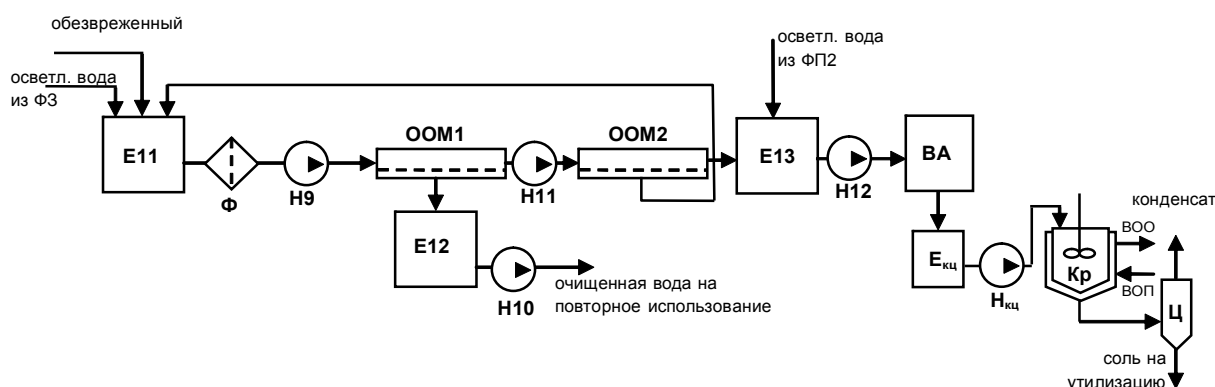


Рис. 6. Принципиальная схема блока доочистки (2-я ступень) установки очистки сточных вод

Таблица 2. Состав исходных и очищенных стоков

Показатель	Ед. изм.	Исходные сточные воды, мг/л	Очищенные сточные воды, мг/л	Категория 2 по ГОСТ 9.314-90 Вода для гальванического производства и схемы промывок
рН	ед. рН	7,46	6,5 – 7,5	6,5-8,5
Алюминий (Al)	мг /л	3,232	<0,05	-
Железо (Fe _{общ.})	мг/л	9,5	<0,05	0,1
Кадмий (Cd)	мг/л	0,069	<0,05	-
Медь (Cu)	мг/л	0,063	<0,25	0,3
Никель (Ni)	мг/л	0,087	<0,05	0,1
Свинец (Pb)	мг/л	0,102	<0,05	-
Хром С _{г.общ.}	мг/л	0,554	<0,03	0,5
Цинк (Zn)	мг/л	0,195	<0,5	1,5
Нитраты (NO ₃ ⁻)	мг/л	48	15	15
Сульфаты (SO ₄ ²⁻)	мг/л	395	50	50
Фосфаты -орто (PO ₄ ³⁻)/-поли (PO ₄ ³⁻)	мг/л	0,02/0,56	<0,5	3,5
Фториды (F ⁻)	мг/л	0,52	<0,5	-
Хлориды (Cl ⁻)	мг/л	94	35	35

ВЫВОДЫ

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Определено состояние существующего оборудования очистных сооружений и показаны причины неудовлетворительной работы и, как следствие, возникновение повышенных концентраций примесей в промышленном стоке предприятия.

2. Отобраны пробы сточных вод на входе и выходе из очистных сооружений, исходного и обезвреженного на установке электрокоагуляционной очистки хромсодержащего стока. Выполнен анализ отобранных проб на содержание загрязняющих примесей, подобрана схема очистки.

3. Для исключения сброса промывных вод в канализацию и организации замкнутого водоборота предлагается разработать проект и изготовить установку очистки сточных вод, состоящую из 3-х основных узлов: узла обезвреживания хромсодержащих стоков; узла переработки концентрированных стоков и узла переработки смешанных производственных стоков.

Реализация указанных мероприятий позволит решить следующие вопросы: создать замкнутый водоборот при степени использования воды в цикле не менее 95% ; обеспечить высокую эффективность очистки сточных вод с возвратом в производство фильтрата для повторного использования; достигнуть стабильности очистки за счет гибкости и высокой приспособляемости мембранной технологии очистки к изменению качественного и количественного состава сточных вод [1, 3, 5].

1. Анциферов А.В., Филенков В.М., Каплан А.Л., Васильев А.В. Реконструкция промышленных очистных сооружений с использованием биореактора // Безопасность в техносфере. 2009. № 3. С. 42-45.
2. Бондарева Т.Е., Максимов И.М., Заболотских В.В., Васильев А.В. Перспективы очистки Куйбышевского водохранилища и альтернативного использования биомассы водорослей в качестве биотоплива // В сборнике: ELPIT-2013. Экология и безопасность жизнедеятельности промышленно-транспортных комплексов: сборник трудов IV Международного экологического конгресса (VI Международной научно-технической конференции). Научный редактор: А.В. Васильев. 2013. Т. 2. С. 15-22.
3. Васильев А.В. Комплексный экологический мониторинг как фактор обеспечения экологической безопасности // Академический журнал Западной Сибири. 2014. Т. 10. № 2. С. 23.
4. Васильев А.В. Терроризм как угроза экологической безопасности // Вестник Волжского университета им. В.Н. Татищева. 2002. № 2 (ecology). С. 190-193.
5. Васильев А.В. Обеспечение экологической безопасности в условиях городского округа Тольятти: учебное пособие. Самара: Изд-во Самарского научного центра РАН, 2012. 201 с.
6. Васильев А.В., Заболотских В.В., Терещенко Ю.П., Васильев В.А. Общие подходы к биоиндексационной оценке водных экосистем по степени токсичности// В сборнике: ELPIT-2013. Экология и безопасность жизнедеятельности промышленно-транспортных комплексов: сборник трудов IV Международного экологического конгресса (VI Международной научно-технической конференции). Научный редактор: А.В. Васильев. 2013. Т. 4. С. 55-61.
7. Подуруева В.В., Васильев А.В. Экологическая политика и система экологического менеджмента ОАО "АВТОВАЗ" // В сборнике: Экология и безопас-

ность жизнедеятельности промышленно-транспортных комплексов: сборник пленарных докладов IV Международного экологического конгресса (VI Международной научно-технической конференции). Научный редактор: А.В. Васильев. 2013. С. 161-163.

8. *Vasilyev A.V., Khamidullova L.R., Podurueva V.V., Solovyov S.G.* Investigation of toxicity of waste water of "AVTOVAZ" company by using biological testing methods // Safety of Technogenic Environment. 2012. № 2. С. 72-75.

PROVISION OF ECOLOGICAL ASPECTS OF WASTEWATER TREATMENT OF THE BIG INDUSTRIAL COMPANY EMITTED IN THE VOLGA RIVER BASIN

© 2014 E.V. Alekina, I.A. Sumartchenkova

Samara State Technical University

The ecological aspects of wastewater treatment of a major engineering company. Shows a schematic diagram of wastewater treatment consisting of 3 main components: node clearance of chromium-containing waste; node processing concentrated wastewater processing and assembly of mixed industrial effluents.

Keywords: wastewater, enterprise, treatment