

УДК 664

Результаты экологического обследования очистных сооружений предприятия по производству алюминиевой тары для напитков

Канд. техн. наук **Ульянов Н.Б.**, *канд. хим. наук* **Томилов С.Б.**

Клейменова М.Э., Семьина Г. А., Смирнова С.В.

kafedra_promekologia@yandex.ru

Университет ИТМО

191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

Ильиных К.В., Шульц А.А.

Anna.Shults@rexam.com

ООО «Рексам-Всеволожск»

В настоящее время для розлива и упаковки различных напитков, выпускаемых пищевой промышленностью, широко используется алюминиевая тара (банки) вместимостью 0,33-0,5 литров. Для выпуска этой тары в нашей стране построено несколько предприятий, оснащенных комплексными очистными сооружениями, на которых в последние годы обостряется проблема качества очистки производственных сточных вод. Проблема недостаточно глубокой очистки сточных вод вызвана тем, что надзорными органами введен новый показатель качества очистки - кратность разбавления. До введения этого показателя существующие системы очистки производственных стоков в основном удовлетворяли требованиям законодательства. В статье приводятся результаты экологического обследования для определения эффективности очистки и получения рекомендаций по совершенствованию комплекса очистных сооружений предприятия.

Ключевые слова: экологическое обследование, комплекс очистных сооружений, кратность разбавления, эффективность очистки, концентрация загрязняющих веществ, сточные воды.

The Results of Environmental Investigation of Waste Water Facilities for Production of Aluminum Beverages for Containers

Ph.D. **Ulyanov N.B.**, *Ph.D.* **Tomilov S.B.**,

Kleimenova M.E., Semina G.A., Smirnova S.V.

kafedra_promekologia@yandex.ru

ITMO University 191002,

191002, Russia, St. Petersburg, Lomonosov str., 9

Ilyinykh K.V., Schultz A.A.

LLC "Rexam Vsevolzhsk"

Currently, for bottling and packaging of beverages produced by the food industry, it is widely used aluminum packaging (cans) with a capacity of 0,33-0,5 liters. In the country several enterprises equipped with complex waste waters treatment facilities were built, where in recent years the problem of quality of wastewater purification has been increased. The problem of insufficient waste water treatment due to the fact that the supervisory authorities introduced a new indicator of quality of cleaning – the multiplicity of dilution. Prior to the introduction the performance of existing systems for treating industrial waste waters basically met to the requirements of the legislation. The article presents the results of environmental investigation to determine the effectiveness of treatment and advice to improve the treatment facilities of the enterprise.

Keywords: environmental investigation, complex waste waters treatment plant, deep cleaning, multiplicity of dilution, concentration of pollutants, waste waters.

В составе комплекса очистных сооружений (КОС) предприятия по производству алюминиевой тары для напитков было проведено экологическое обследование линии очистки производственного стока. В соответствии с проектом на предприятии была выполнена раздельная схема водоотведения стоков. Производственные сточные воды направляются в систему очистки и далее в горколлектор. Хозяйственно-бытовые сточные воды после сбора от всех приемников стоков отводятся в горколлектор без очистки, а поверхностные стоки собираются вместе и направляются в систему очистки ливневых стоков, после чего сбрасываются на рельеф местности. Особенностью принятой системы водоотведения является то обстоятельство, что производственные стоки, прошедшие очистку, смешиваются с неочищенными хозяйственно-бытовыми сточными водами и только затем, после прохождения контрольного колодца, сбрасываются в горколлектор. По-видимому, такое решение было принято для того, чтобы обеспечить необходимое соотношение биохимического потребления кислорода (БПК) к химическому потреблению кислорода (ХПК), продиктованному условием приема стоков в горколлектор $\text{БПК/ХПК} \geq 0,75$.

Как известно, на качество очистки стоков влияет состав сточных вод, подаваемых на очистку, технологическая схема, сооружения и аппараты очистки, а также их технологические параметры и режимы работы.

Условия образования сточных вод на очистных сооружениях

Основной производственный процесс на предприятии включает в себя следующие процессы: вырубку заготовки из алюминиевой ленты, получение заготовки (чашки) методом штамповки; вытяжку и утончение заготовок (чашек) с помощью корпусообразующих машин; выравнивание открытой кромки банки с помощью кромкообрезных ножниц; мойку готовых банок в моечной машине; промывку банок специально приготовленной деионизированной водой; сушку банок; нанесение на банку рисунка с помощью установки офсетной печати; нанесение на наружную и внутреннюю поверхности банки покровного и внутреннего лака; формирование шейки банки на шейкообразующей машине; автоматизированный контроль качества банок и автоматизированную систему укладки и упаковки готовых пустых банок.

На стадиях производства поверхности заготовки банки контактируют с различными веществами, большая часть которых затем попадает в производственный сток. Перед операцией вырубки на поверхность алюминиевой ленты наносится тонкий слой смазочного масла. На стадии вытяжки, для поглощения избыточного тепла при формовке заготовки в корпусообразующей машине, подается водный раствор технического масла, выполняющего функцию смазочно-охлаждающей жидкости.

Смазочно-охлаждающая жидкость (СОЖ), загрязненная остатками смазочного масла, скрапом и грязью, поступает в установку регенерации, в которой поток СОЖ делится на две части - очищенную СОЖ, возвращаемую в производство, и загрязненную СОЖ. Последняя передается в емкость для сбора СОЖ, и затем вывозится с территории предприятия. В моечной машине банки подвергаются многоступенчатой мойке кислотными моющими растворами. В процессе мойки используется четыре типа моющих растворов, которые, после использования, сбрасываются в канализацию. После мойки банки промываются деионизированной водой, которая также сливается после применения в канализацию. На участке покраски банок периодически производится очистка и удаление остатков краски и смазки с поверхностей окрасочных емкостей. Очистка производится с помощью водных растворов чистящих средств (каустик, изопропиловый спирт) при температуре 80 °С. Отработанный моечный раствор вместе с остатком лакокрасочных материалов также сбрасывается в производственную канализацию.

Образовавшиеся сточные воды имеют сложный состав, содержащий взвешенные вещества различного происхождения, СПАВ (анионные и неионогенные), масла, жиры, нефтепродукты; тонкодисперсные частицы металлов (в основном алюминия), ионы металлов (так как эти частицы металлов взаимодействуют с кислотами, щелочами и другими растворителями), галогениды.

Производственные стоки со всех участков направляются в приямок нейтрализации, расположенный в помещении для хранения химикатов станции деионизации. Стоки имеют кислую реакцию $\text{pH} = 2-2,5$. Приямок нейтрализации оборудован перемешивающим контуром с насосами и линией рН-метра. В помещении нейтрализации расположены емкости для приготовления и хранения растворов гидроксида натрия и раствора хлорида калия.

Дозирование нейтрализующих агентов осуществляется автоматически по показаниям рН-метра с помощью насосов-дозаторов, подающих реагенты в приемок нейтрализации. Из приемка сток с реакцией рН от 4,5 до 5,0 перекачивается в приемную емкость очистных сооружений.

Схема очистных сооружений предприятия приведена на рис 1. Очистные сооружения включают в себя сооружения для предварительной реагентной обработки сточных вод и усреднения состава, установки физико-химической очистки: блок анодного окисления (БАО), установки электрохимической очистки (ЭХО), фильтры механической (Ф) и сорбционной очистки стоков (А), промежуточные емкости и насосы, выпрямители (ИП) для электропитания установок очистки постоянным током.

В дополнение к типовому решению очистных сооружений разработчиком была предусмотрена предварительная обработка стоков реагентами. Предварительная обработка заключается в нейтрализации стоков и доведении рН до 7, введении в сточную воду флокулянтов. В результате происходит образование осадков, включающих соединения тяжелых металлов и галогенидов, характерных для полученного значения рН. Нефтепродукты, масла, ПАВ и растворенные органические вещества не претерпевают изменений в своем составе.

Узел предварительной обработки стоков (рис. 1) включает в себя: емкость для усреднения состава и нейтрализации стоков 1, вместимостью 500 м³, емкость 2 для приготовления, хранения и подачи известкового молока, емкость 3 для приготовления, хранения и подачи раствора жидкого стекла, насосы-дозаторы Н2 и Н3 для подачи реагентов в емкость 1. Для перемешивания реагентов с водой в емкости 1 служит погружной насос Н1. От напорной линии насоса Н1 выполнен байпасный трубопровод, с установленным рН метром, по сигналу которого в емкость 1 подается насосом Н2 известковое молоко.

Нейтрализованный и усредненный по составу сток насосом Н4 перекачивается в емкость-усреднитель 4 вместимостью 30 м³, из которой насосом Н5 с постоянным расходом подается на вторую стадию очистки - в аппараты электрохимической и флотационной очистки.

Первым аппаратом по ходу движения воды является аппарат для электролиза воды - блок анодного окисления (БАО). На анодах происходит выделение атомарного кислорода, за счет выработки которого в очищаемой воде происходит частичное окисление растворенных органических веществ (спирты, альдегиды, полигликоли, неионные ПАВ). Кроме этого, производится разрушение растворенных комплексов тяжелых металлов с окислением комплексона. И, наконец, под действием электрического поля, осуществляется поляризация неполярных органических соединений.

После прохождения БАО поток очищаемой воды делится на две равные части, каждая из которых самотеком поступает в соответствующую установку электрохимической очистки (ЭХО).

Большая часть установки предназначена для флотационной очистки методом напорной флотации. Для газонасыщения воды растворенным воздухом используется бак-сатуратор (на схеме не показан), который устанавливается вблизи корпуса установки. Вода для сатурации забирается насосом (на схеме не показан), смешивается с воздухом на байпасной линии насоса с помощью эжектора, а затем водо-воздушная смесь поступает в сатуратор. Из сатуратора циркуляционный поток проходит в водораспределительные дырчатые трубки, расположенные вблизи днища корпуса установки.

При выходе струек жидкости из отверстий трубок происходит снижение давления, что сопровождается выделением воздуха из воды в виде мелких пузырьков. Пузырьки транспортируют скоагулированные частицы к поверхности жидкости. Слой пены, а вместе с ней и выделенные из воды загрязнения, удаляются с поверхности жидкости с помощью скребкового механизма. После установки ЭХО очищенный сток самотеком поступает в промежуточную емкость 5 – резервуар очищенной воды вместимостью 10 м³.

Третий узел системы очистки представляет собой блок сооружений фильтрационно-сорбционной доочистки. Он выполнен в две независимые линии. В каждой линии в одинаковых по размерам корпусах последовательно установлены фильтр механической очистки (Ф) и два адсорбционных фильтра (А).

Каждый из двух последовательно установленных адсорберов заполнен модифицированным азотсодержащим углем (МАУ).

Сточные воды подаются в блок фильтрации из емкости 5 с помощью насоса Н6 и последовательно проходят через фильтр Ф и адсорбционный фильтр А.

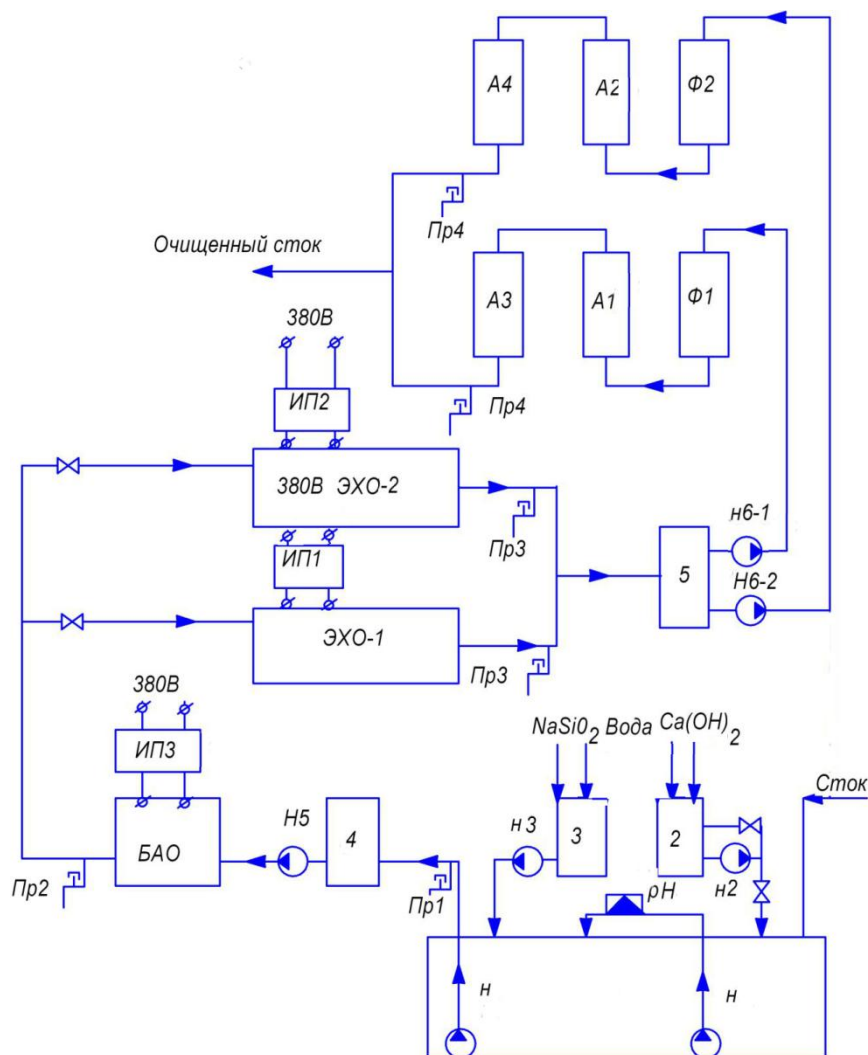


Рис.1. Технологическая схема очистки производственных сточных вод

1-емкость-нейтрализатор; 2-емкость известкового молока; 3-емкость жидкого стекла;
4- емкость- резервуар; 5- емкость очищенного стока; БАО - блок активного окисления; ЭХО -
установка электрохимической очистки; ИП-1-ИП-3 – источники электропитания;
Ф-1, Ф-2 – фильтры механической очистки; А1-А4 – сорбционные фильтры;
Н1- Н6-насосы; Пр1-Пр4– пробоотборники; рН-рН-метр

С помощью механического фильтра вода очищается от тонкодисперсных примесей взвешенных веществ и нефтепродуктов. В адсорбционных фильтрах происходит основная доочистка воды от нефтепродуктов, СПАВ и другой растворенной органики. Далее очищенная вода самотеком проходит через канализационную сеть предприятия до канализационного колодца.

Методика экологического обследования

При проведении обследования фиксировались: расход очищаемых вод; параметры источников электропитания блока анодного окисления и установок электрохимической очистки стоков. Отбирались средние пробы сточной воды в следующих точках (см рис. 1):

- после приемной емкости из напорного трубопровода (Пр1);
- из самотечного перепускного трубопровода между БАО и ЭХО (Пр2);
- из трубопровода, отводящего сток из установки ЭХО (Пр3);
- из трубопровода, отводящего очищенную воду из фильтрационного блока (Пр4).

Для составления средних проб для каждой точки отбора проводились отборы разовых проб (до 8 единиц). Разовые пробы смешивались и из полученной смеси отбирались средние пробы за рабочий день. При отборе

разовых проб из намеченных точек отбора соблюдалось условие, состоящее в том, что разность времени между отборами проб из точек отбора соответствовала расчетной продолжительности движения очищаемого стока между точками отбора.

В средних пробах определялись следующие показатели: химическое потребление кислорода (ХПК), содержание нефтепродуктов, поверхностно- активных веществ (СПАВ), алюминия, фторидов и кратность разбавления. Исследования проводились в лаборатории экомониторинга на кафедре промышленной экологии Университета ИТМО. Результаты анализа проб приведены в таблице 1.

Параметры электропитания установок электрической обработки сточных вод были фиксированными, поддерживались автоматически и составляли для блока БАО I= 300А, для установки ЭХО I=400 А, расход сточных вод был постоянным Q=20 м³/ч.

Концентрации основных загрязняющих веществ, поступающих на очистку, изменялись в следующих пределах: ХПК от 1915 до 3778 мг/л (среднее значение 2403 мг/л); нефтепродукты от 16,2 до 121 мг/л (среднее значение 58 мг/л); СПАВ от 86 до 356 мг/л (среднее значение 192 мг/л); алюминий от 700 до 1670 мг/л (среднее значение 1090 мг/л); фториды от 3,5 до 10 мг/л (среднее значение 6,1 мг/л).

Таблица 1

Результаты анализа проб

Дата отбора проб	Показатель	Концентрация, мг/л*			
		Точка 1- до очистки	Точка 2- после БАО	Точка 3- после ЭХО	Точка 4- после фильтров
10.07.2014	ХПК	-	-	-	-
	Фториды	6,40	6,30	7,27	8,47
	СПАВ	356	415	58	56,6
	Нефтепродукты	-	47,2	28	2,14
	Кратность разбавления	-	-	-	-
11.07.2014	ХПК	1954	1890	193	197
	Фториды	3,99	3,90	7,01	6,86
	СПАВ	251	251	76,6	47,1
	Нефтепродукты	16,2	60,3	2,02	0,47
	Кратность разбавления	1:500	1:1000	1:10	Без разбавления
14.07.2014	ХПК	1965	1922	188	188
	Фториды	9,73	9,82	10,77	11,67
	СПАВ	99,1	125	65,2	58,9
	Алюминий	900	1170	35	18
	Нефтепродукты	32,3	240	7,08	0,93
	Кратность разбавления	1:100	1:100	1:10	Без разбавления
15.07.2014	ХПК	1915	1926	188	193
	Фториды	6,97	6,19	12,88	12,90
	СПАВ	85,7	110	72,6	59,7
	Алюминий	1670	1730	33	25
	Нефтепродукты	121	144	2,41	0,25
	Кратность разбавления	1:100	1:100	1:10	Без разбавления
16.07.2014	ХПК	3778	3739	186	194
	Фториды	3,46	3,67	9,01	7,68

	СПАВ	166,5	258	50,9	46
	Алюминий	700	1100	41	19
	Нефтепродукты	62,0	-	2,56	0,51
	Кратность разбавления	1:100	1:100	1:10	Без разбавления

Примечание: * – Данные получены в результате усреднения по двум измерениям

Обсуждение результатов экологического обследования очистных сооружений

Как ожидалось, заметных результатов окисления примесей сточных вод в блоке анодного окисления не наблюдалось. По-видимому, его основное предназначение в рассматриваемой системе очистки – это нарушение устойчивости суспензий и эмульсий и последующей коагуляции за счет поляризационных явлений и частичного снятия электрического заряда частиц. Оценка окислительных возможностей БАО по результатам анализа проб показала, что средний эффект снижения концентрации ХПК в БАО соответствует уровню 1,6 %.

Работу модуля электрохимической очистки можно признать результативной. Технологические параметры работы установки при обследовании были следующими: плотность электрического тока на анодах $i=12,4 \text{ A/m}^2$ (для алюминиевых электродов обычно $i=10-30 \text{ A/m}^2$); удельное количество затраченного электричества $30 \text{ (A}\cdot\text{ч)/m}^3$; давление воздуха в сатураторе $P=0,6 \text{ МПа}$; продолжительность пребывания в блоке $\tau=39 \text{ мин}$.

Средний эффект очистки для установки ЭХО составил: по ХПК - 91%, по нефтепродуктам - 83%, по СПАВ - 69%, по алюминию - 96%.

В фильтрах механической очистки основную роль в изъятии загрязнения играет слой песка фракцией 0,8-1,6 мм, толщиной 0,75 м. Результаты работы этих сооружений оказались неудовлетворительными. Анализ отобранных проб на ХПК показывает, что значение ХПК не изменилось, что в свою очередь свидетельствует о том, что активный уголь в сорбционных фильтрах утратил свою адсорбционную способность.

Средняя эффективность очистки сточных вод в фильтрационно-адсорбционном блоке сооружений составила по ХПК - без очистки; по нефтепродуктам - 85%; по СПАВ - 15,7%; по алюминию - 42,3%.

По очистным сооружениям в целом, показатели очищенного стока изменялись в следующих пределах: по ХПК от 188 до 197 (среднее значение 193 мг/л), не превышает допустимые концентрации (ДК); по нефтепродуктам от 0,25 до 2,14 мг/л (среднее значение 0,86 мг/л), превышение ДК (0,7 мг/л); по СПАВ от 46 до 59,7 (среднее значение 54 мг/л), превышение ДК по анионным СПАВ (1 мг/л); по алюминию от 18 до 25 мг/л (среднее значение 21 мг/л), превышение ДК (0,2 мг/л).

Результаты и выводы

Результаты экологического обследования очистных сооружений показали, что они не обеспечивают установленных нормативов по очистке сточных вод по СПАВ, нефтепродуктам и алюминию. Причины неудовлетворительной очистки, по-видимому, связаны со значительным расхождением исходных концентраций СПАВ и алюминия на стадии проектирования с фактическими концентрациями в сточных водах (табл. 2,3).

Таблица 2.

Характеристика сточных вод предприятия

№ п/п	Наименование загрязнителя	Концентрация, мг/л	
		До очистки (данные Заказчика)	После очистки на сооружениях, для сброса (норматив приема сточных вод)
1	2	3	4
1.	Взвешенные вещества	100	300
2.	БПК _{полн}	Нет данных	1000
3.	Жиры	Нет данных	60
4.	Цинк	0,43	0,07
5.	Хром +3	Отсутствует	0,5
6.	Хром +6	Отсутствует	0,1

7.	Азот аммонийный	Нет данных	18,0
8.	Хлориды	30	1000
9.	Сульфаты	600	500
10.	Нефтепродукты	250	0,7
11.	СПАВ (анионные)	2	1,0
12.	Фенолы	Отсутствует	0,04
13.	Железо общее	1,0	1,1
14.	Медь	0,6	0,02
15.	Никель	Отсутствует	0,04
16.	Свинец	Следы	0,3
17.	Кадмий	Отсутствует	0,003
18.	Ртуть	Отсутствует	0,0001
19.	Алюминий	3,5	0,2
20.	Марганец	0,5	0,07
21.	Фосфор фосфатов	Нет данных	2,0
22.	Сульфиды	Нет данных	1,5
23.	ХПК, мг O ₂ /л	1500-6500	1500
24.	pH	3,5-7,0	6-9
25.	Н-ПАВ	45	Не контролируется

Таблица 3

Состав сточных вод на стадии проектирования и по результатам экологического обследования

Показатель	Исходные данные на стадии проектирования	Фактическая концентрация в сточных водах
ХПК, мг/л	1500-6000	1915-3780 (совпадение)
Нефтепродукты, мг/л	250	16-121 (совпадение)
СПАВ (анионные и катионные), мг/л	47	110-415 (значительное превышение)
Алюминий, мг/л	3,5 мг/л	700-1670 (различие от 200 до 480 раз)

В результате выбор был сделан в пользу универсальной системы очистки, предназначенной для локальной очистки сточных вод, содержащих нефтепродукты, СПАВ, фенолы, спирты, различные взвеси и детергенты, тяжелые многозарядные ионы.

Данная технологическая схема на тот период времени была хорошо проработана в плане аппаратного оформления, имела заключение государственной экологической экспертизы, в котором содержалась рекомендация по ее широкому применению на производственных предприятиях. Впоследствии эта технологическая схема использовалась для локальной очистки самых разнообразных стоков, включая стоки пищевых предприятий и коммунальные стоки малых населенных пунктов.

В документации существующей системы очистки приводится расчет продолжительности работы адсорбционных фильтров до замены сорбента. В расчете указано значение суммарной концентрации всех органических веществ – 5 мг/л, что свидетельствует о предполагаемой глубокой очистке от остаточной концентрации загрязнений с помощью углеродных сорбентов. При этом значении срок службы фильтров по расчету составил 400 суток, и предприятию было указано проводить замену загрузки фильтров активированным углем МАУ один раз в год.

По результатам экологического обследования всех органических веществ концентрация по показателю БПК должна составлять $X_{ПК}/(2,5 \div 3) = 193/2,75 = 72$ мг/л. Тогда срок службы для адсорбционных фильтров до замены угля должен составлять (при адсорбционной емкости указанной разработчиком 280 г/г) $\tau = 5/72 * 400 = 28$ суток. В реальности этот период времени оказался вдвое меньше - 14 суток.

Стоки предприятия по производству алюминиевой тары для напитков имеют специфический состав, а принимаемые технические решения по очистным сооружениям должны учитывать специфику этого стока. По-видимому, эти стоки близки к образующимся в процессах обработки металлов, и основные технические решения по системе очистки должны приниматься с учетом существующего опыта в этой отрасли. [2,3,4]

В дальнейшем предполагается продолжение исследований по следующим направлениям:

1. Совершенствование работы существующих сооружений по очистке производственных сточных вод с целью повышения качества очистки и снижения затрат предприятия, связанных с обеспечением работы очистных сооружений за счет снижения расхода электроэнергии, расходов на реагенты и другие расходные материалы, электродные блоки.

2. Разработка системы оборотного водоснабжения производственных участков предприятия или предприятия в целом с выполнением технико-экономического обоснования возможных инвестиций, направленных на создание оборотной системы водоснабжения производства или на создание оборотного водоснабжения отдельных производственных участков;

3. Сравнение вариантов решений по показателям экономической и ресурсной эффективности.

Список литературы

1. Яковлев С.В., Краснобородько И.Г., Рогов В.М. Технология электрохимической очистки воды. – М.: Стройиздат, 1987. – 312 с.
2. Смирнов Д.Н., Генкин В.Е. очистка сточных вод в процессах обработки металлов. – М: Metallurgiya, 1989 – 224 с.
3. Макаров В.М., Беличенко Ю.П., Гладусов В.С., Чуфаровский А.И. Рациональное использование и очистка воды на машиностроительных предприятиях. – М.: Машиностроение, 1988 – 272 с.
4. Аксенов В.И. и др. Водное хозяйство промышленных предприятий: Справочное издание. Книга 2. – М.: Теплотехник, 2005. – 432 с.
5. Василенок В. Л., Кочегарова Т.С. Наилучшие доступные технологий в управлении экологическими рисками в целях обеспечения устойчивого развития предприятий отечественной металлургии // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия Экономика и экологический менеджмент. 2014. № 4.

References

1. Yakovlev S.V., Krasnoborod'ko I.G., Rogov V.M. Tekhnologiya elektrokhimicheskoi ochistki vody. – М.:Stroiizdat,1987. – 312p.
2. Smirnov D.N., Genkin V.E. ochistka stochnykh vod v protsessakh obrabotki metallov. – М: Metallurgiya,1989 – 224 p.
3. Makarov V.M., Belichenko Yu.P., Gladusov V.S., Chufarovskii A.I. Ratsional'noe ispol'zovanie i ochistka vody na mashinostroitel'nykh predpriyatiyakh. – М.: Mashinostroenie,1988 – 272p.
4. Aksenov V.I. i dr. Vodnoe khozyaistvo promyshlennykh predpriyatii: Spravochnoe izdanie. Kniga 2. – М.: Teplotekhnik, 2005. – 432 p.
5. Vasilenok V. L., Kochegarova T.S. Nailuchshie dostupnye tekhnologii v upravlenii ekologicheskimi riskami v tselyakh obespecheniya ustoichivogo razvitiya predpriyatii otechestvennoi metallurgii // Nauchnyi zhurnal NIU ITMO. Seriya Ekonomika i ekologicheskii menedzhment. 2014. № 4.