

ИССЛЕДОВАНИЕ, РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ МАЛОЗАТРАТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД, ЗАГРЯЗНЕННЫХ СОЕДИНЕНИЯМИ СВИНЦА

В. В. Мороз¹, Е. А. Урецкий², Э. И. Михневич³

¹ К. т. н., доцент, доцент кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов

УО «Брестский государственный технический университет», Брест, Беларусь, e-mail: vovavall@mail.ru

² Инженер-эколог РУП «Белорусский государственный проектный институт», Витебск, Беларусь, e-mail: euretsky@yandex.by

³ Д. т. н., профессор кафедры водоснабжения и водоотведения УО «Белорусский национальный технический университет», Минск, Беларусь, e-mail: ed_mik_bia@tut.by

Реферат

Проведены исследования и выполнена разработка ресурсосберегающей технология очистки сточных вод, загрязнённых соединениями свинца. Предлагаемая технология «попутная», т. е. она реализуется в рамках традиционной реагентной технологии очистки сточных вод производств защитных покрытий и печатных плат без дополнительных технологических линий, при тех же параметрах проведения процесса и теми же реагентами. Внедренная технология на Гомельском заводе ОАО «Коралл» позволяет при минимальных затратах достичь предельно допустимую концентрацию свинца на выпусках предприятия в городскую хозяйственно-бытовую канализацию, установленную контролирующими организациями.

Ключевые слова: свинец, сточная жидкость, pH, усреднитель, реактор, осветлитель, осадок.

RESEARCH, DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF LOW-COST TECHNOLOGY FOR POLLUTED WASTEWATER TREATMENT LEAD COMPOUNDS

V. V. Moroz, E. A. Uretsky, E. I. Mikhnevich

Abstract

Research has been carried out and the development of a resource-saving technology for the treatment of wastewater contaminated with lead compounds has been carried out. The proposed technology is "associated", i.e. it is implemented within the framework of the traditional chemical wastewater treatment technology for the production of protective coatings and printed circuit boards without additional technological lines, with the same process parameters and the same reagents. The implemented technology at the Gomel plant of JSC «Korall» allows, at minimal cost, to achieve the maximum allowable concentration of lead on the outlets of the enterprise into the municipal sewerage system, established by controlling organizations.

Keywords: lead, waste liquid, pH, averager, reactor, clarifier, sediment.

Введение

Свинец и его соединения очень токсичны, поэтому необходимо удалять из сточных вод даже их следы. Как известно, ионы свинца (II) нарушают обмен веществ и являются ингибиторами ферментов. Особенно опасно их воздействие на маленьких детей, вызывающее умственную отсталость и хроническое заболевание мозга. Воздействие свинца на организм человека тяжёлое и долговременное. Он способен замещать кальций в костях и оставаться постоянным источником отравления организма в течение длительного времени [1].

Из-за высокой токсичности свинца контролирующиеся организации по этому ингредиенту предъявляют к промышленным сточным водам предприятий на выпуске в канализацию особенно жёсткие требования.

В настоящее время для нейтрализации сточных вод, содержащих свинец, используются: реагентный (физико-химический), ионообменный, электродиализный, сорбционный, обратноточный, электрохимический и экстракционный методы [2]. Все они крайне неравноценны как по эффективности извлечения свинца, так и по экономическим показателям [3–6].

Целью проведённой работы являлось исследование, разработка и внедрение ресурсосберегающей технологии очистки сточных вод, загрязнённых соединениями свинца, для предприятий, на которых они образуются.

Основная часть. Лабораторные и производственные исследования, позволяющие разработать и внедрить технологию очистки сточных вод от соединений свинца

Лабораторные исследования проводились с целью выявления наиболее приемлемой для производственников технологии обработки сточных вод, загрязнённых свинцом [6–8].

Исследовались следующие варианты технологий:

1. Локальная обработка «известковым молоком» усреднённых, содержащих свинец промывных и концентрированных сточных вод, с последующим отстаиванием и фильтрованием (рисунок 1).
2. Совместная обработка «известковым молоком» промывных кислотно-щелочных и содержащих свинец сточных вод с декантатом предварительно очищенных, содержащих свинец, отработанных технологических растворов (ОТР) и последующим отстаиванием и фильтрованием (рисунок 2).
3. Совместная обработка «известковым молоком» промывных кислотно-щелочных, содержащих свинец сточных вод и дозируемых, загрязнённых свинцом ОТР, с последующим отстаиванием и фильтрованием (рисунок 3).

Исследования проводились на установке, приведенной на рисунке 4.

Контроль pH-среды осуществлялся с помощью иономера ЭВ-74. Концентрация свинца (II) определялась на полярографе марки ПУ-1. Исследования проводились на натуральных стоках. Варьирование концентрации свинца в исследуемых образцах достигалось путем добавления к ним азотнокислого свинца. Осаждение гидроксидов свинца осуществлялось «известковым молоком» с концентрацией кальция (II) около 1 г/л. Дозирование «известкового молока» в реакционную смесь производилось капельным способом по показаниям иономера ЭВ-74 при постоянно работающей магнитной мешалке. Контакт сточной жидкости с известковым молоком составлял 10 минут. Далее смесь переливалась в мерный цилиндр и отстаивалась в течение двух часов. Декантат фильтровался на лабораторных фильтрах.

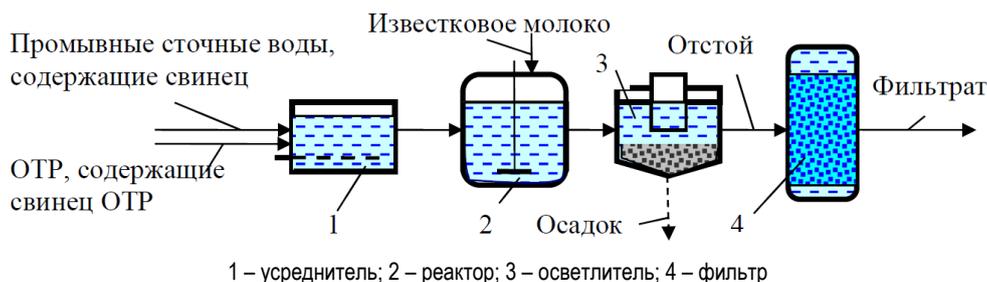


Рисунок 1 – Схема локальной обработки «известковым молоком» содержащих свинец усредненных промывных и концентрированных сточных вод с последующим фильтрованием и отстаиванием

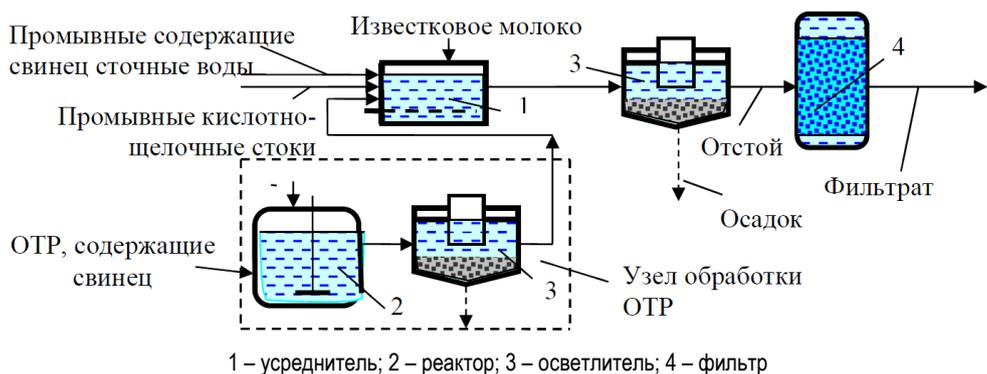


Рисунок 2 – Схема совместной обработки «известковым молоком» промывных кислотно-щелочных и содержащих свинец сточных вод с декантатом предварительно обработанных ОТР, содержащих свинец

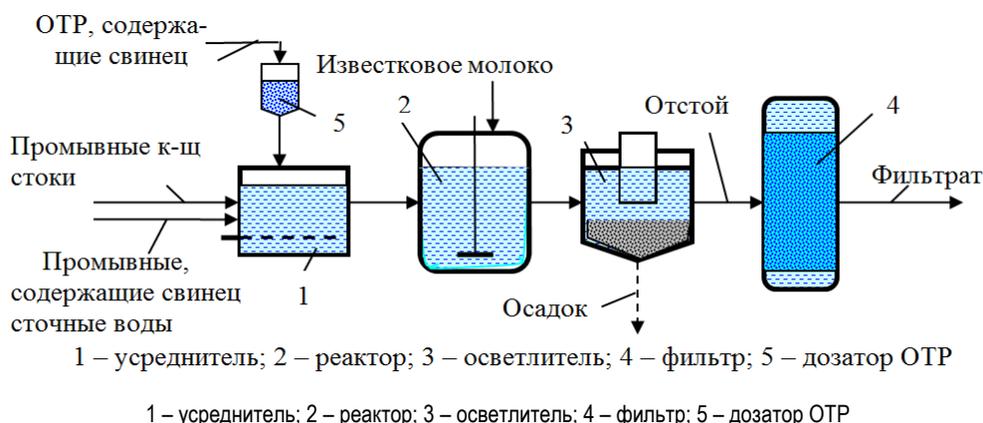


Рисунок 3 – Схема совместной обработки «известковым молоком» усреднённых кислотно-щелочных, содержащих свинец сточных вод и дозируемых, загрязнённых свинцом ОТР

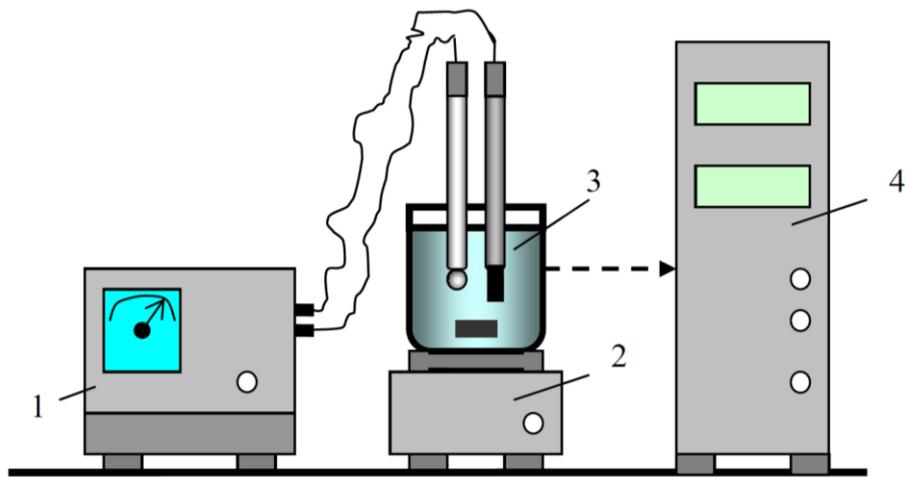


Рисунок 4 – Схема экспериментальной установки

Полученный фильтрат анализировался на полярографе на предмет определения в нем концентрации свинца. Результаты анализов сводились в таблицы 1–3.

Таблица 1 – Результаты локальной обработки «известковым молоком» смеси промывных и концентрированных сточных вод, содержащих свинец (технология № 1)

№ эксперимента	Исходные сточные воды		Обработанные сточные воды			
			отстой		фильтрат	
	pH	C_{Pb} , мг/л	pH	C_{Pb} , мг/л	pH	C_{Pb} , мг/л
1.	10,2	204	8,7	5,6	8,5	0,4
			8,9	8,9	8,7	0,52
			9,1	3,4	9,0	0,3
			9,4	3,8	9,2	0,31
2.	10,5	221	8,4	4,8	8,3	0,48
			8,7	8,2	8,6	0,51
			9,3	3,4	9,1	0,32
			9,4	3,5	9,2	0,34
3.	10,4	213	8,3	4,9	8,1	0,43
			8,7	6,4	8,5	0,42
			9,4	3,8	9,3	0,34

Таблица 2 – Результаты обработки «известковым молоком» смешанных в соотношении 1:1 промывных кислотнo-щелочных и содержащих свинец сточных вод (технология № 2)

№ эксперимента	Исходные сточные воды		Обработанные сточные воды			
			отстой		фильтрат	
	pH	C_{Pb} , мг/л	pH	C_{Pb} , мг/л	pH	C_{Pb} , мг/л
1.	10,2	204	8,7	5,6	8,5	0,4
			8,9	8,9	8,7	0,52
			9,1	3,4	9,0	0,3
			9,4	3,8	9,2	0,31
2.	10,5	221	8,4	4,8	8,3	0,48
			8,7	8,2	8,6	0,51
			9,3	3,4	9,1	0,32
			9,4	3,5	9,2	0,34
3.	10,4	213	8,3	4,9	8,1	0,43
			8,7	6,4	8,5	0,42
			9,4	3,8	9,3	0,34

Таблица 3 – Результаты обработки «известковым молоком» промывных кислотнo-щелочных содержащих свинец сточных вод и дозируемых содержащих свинец ОTR (технология № 3)

№ эксперимента	Исходные сточные воды		Обработанные сточные воды				Эффект очистки, %
	pH	C_{Pb} , мг/л	отстой		фильтрат		
			pH	C_{Pb} , мг/л	pH	C_{Pb} , мг/л	
1.	2,2	96,3	8,4	2,4	8,2	1,2	98,75
			8,93	1,2	8,7	0,0	99,68
			9,1	2,15	9,0	0,15	99,84
			9,3	2,2	9,2	0,2	97,84
2.	2,8	89,2	8,2	2,6	8,0	0,3	99,66
			8,51	2,4	8,2	0,1	98,82
			9,1	2,3	9,05	0,15	98,83
			9,4	2,8	9,2	0,2	99,77
3	2,78	68,4	9,3	3,4	9,2	0,25	99,63
			9,5	2,8	9,4	0,15	99,78
			9,8	4,5	9,7	0,2	99,70

Зависимость остаточной концентрации свинца (II) от величины pH показана на рисунке 5.

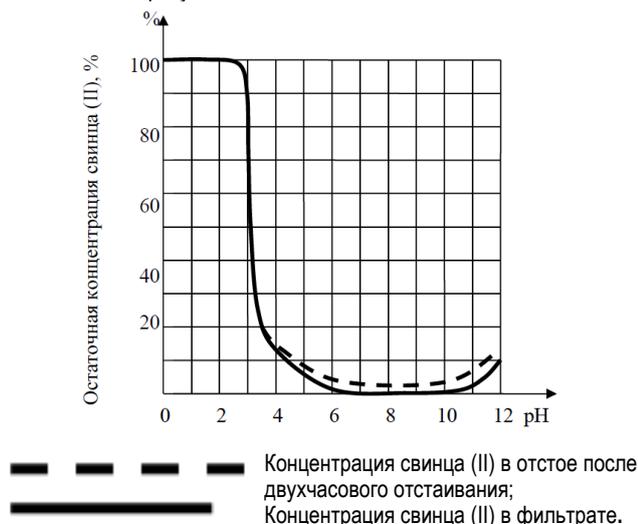


Рисунок 5 – Зависимость остаточной концентрации свинца (II) от величины pH

В процессе проводимых исследований было выявлено:

1. При локальной обработке содержащих свинец промывных и концентрированных стоков наблюдалось образование плохо осаждаемой взвеси и трудно-фильтруемого мелкодисперсного осадка.
2. Совместная обработка кислотно-щелочных и содержащих свинец сточных вод способствовала образованию более крупного и соответственно лучше осаждаемого осадка. Причем технология, предусматривающая дозирование содержащих свинец ОТР, более предпочтительна. При равной эффективности ее дешевле и проще реализовать.

На основании проведенных исследований для обработки сточных вод, содержащих свинец, принята «попутная технология», то есть технология, при которой обработка сточных вод, содержащих свинец, осуществляется в рамках очистных сооружений гальванического производства на том же оборудовании, теми же химикатами, при сохранении основных параметров ранее принятой традиционной реагентной технологии очистки сточных вод гальванического производства [9–11].

Для снижения концентрации свинца в обрабатываемых сточных водах до требуемой концентрации используется:

- сорбционная способность оксигидратного коллектора, образующегося в процессе нейтрализации сточных вод, содержащих тяжёлые металлы;

- эффект соосаждения;
- выравнивание концентраций свинца в объединённом стоке за счёт выделения ОТР из промывных сточных вод, а значит и более совершенного усреднения и, соответственно, многократного уменьшения пиковых концентраций перед смесителями.

В процессе исследований сложнейший механизм сорбции оксигидратным коллектором ионов и гидроксидов свинца не рассматривался. А был взят априорно как «чёрный ящик», обладающий совокупной сорбционной ёмкостью. При этом, как показали исследования, эта совокупная сорбционная ёмкость при худшем стечении обстоятельств значительно превышала достаточную (ОАО «Коралл»).

Для других объектов всегда необходимо проводить экспериментальную проверку достаточности сорбционной ёмкости оксигидратного коллектора для очистки сточных вод, содержащих свинец с помощью «попутной» технологии.

Как правило, на предприятиях, на которых имеется гальваническое производство, производство кинескопов, хрустала и т.п. сточные воды загрязнены и фтором. Это связано с тем, что травление всевозможных изделий осуществляется плавиковой кислотой.

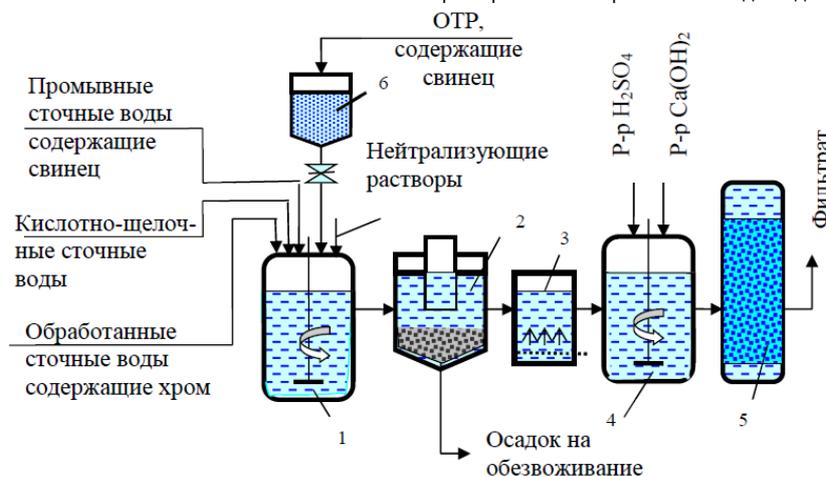
Традиционно этот поток сточных вод очищается от фтора на первой стадии очистки при pH = 10,5 - 11,0. При такой высокой щёлочности происходит растворение гидроксидов свинца и происходит вынос свинца из осветлителей. Поэтому сточные воды загрязнённые свинцом, выделяются из сточных вод содержащих фтор в самостоятельные потоки, чтобы обрабатываться методами, которые будут описаны ниже.

Промывные сточные воды, содержащие свинец, выделенные из сточных вод содержащих фтор, сбрасываются в линию кислотно-щелочных сточных вод и обезвреживаются вместе с ними «попутно» (рисунок 6).

Что же касается ОТР, содержащих свинец, то эти ОТР выделяются из промывных сточных вод в отдельный поток и самотечно (или в напорном режиме) поступают в приёмный резервуар-накопитель (поз.6), размещённый на очистных сооружениях. Принятая ёмкость обеспечивает пребывание этих ОТР в течение месяца, т. е. условно повышает усредняющую способность реактор-нейтрализатора всех видов сточных вод при равномерном подмешивании от нескольких часов до месяца. Как показывают расчёты, концентрация свинца при этом в общем стоке не будет превышать 0,02 мг/л, что более чем достаточно для эффективной очистки стоков от свинца.

Учитывая тот факт, что эффективность удержания взвесей горизонтальным отстойником, внедрённым на очистных сооружениях завода ОАО «Коралл», не превышала 60 %, технология предусматривает глубокое осветление прошедших отстаивание сточных вод методом фильтрования.

Для этого сточные воды после осветлителя направляются в сборник осветлённых сточных вод, оборудованный барботажным устройством. Из этого сборника сточные воды в напорном режиме подаются в линию корректора pH, оборудованного перемешивающим устройством. В эту же зону для поддержания pH = 9,0 – 9,2 подаются 1 %-ный раствор серной кислоты или 1 %-ный раствор извести. Откорректированные по pH сточные воды подаются на фильтрование.



1 – реактор-нейтрализатор всех видов сточных вод; 2 – осветлитель; 3 – приёмный резервуар; 4 – корректор pH; 5 – блок механических фильтров; 6 – дозатор ОТР, содержащих свинец

Рисунок 6 – Формирование потоков сточных вод и схема «попутной» технологии обработки сточных вод содержащих свинец

Заключение

1. Предлагаемая «попутная» технология очистки сточных вод от свинца позволяет при минимальных затратах достичь концентрации свинца на выпусках предприятия в городскую хозяйственно-бытовую канализацию, установленных контролирующими организациями г. Гомеля.
2. Внедрённая на ОАО «Коралл» г. Гомель «попутная» технология очистки сточных вод от свинца за длительный срок эксплуатации локальных очистных сооружений не допускала превышений ПДК, установленных контролирующими организациями города на выпуске в хозяйственно-бытовую канализации по этому ингредиенту.

Список цитированных источников

1. Вредные вещества в промышленности. Справочник для химиков, инженеров и врачей : в 3-х т. / Под ред. засл. деят. науки проф. Н. В. Лазарева и докт. мед. наук Э. Н. Левиной. – Изд. 7-е, пер. и доп.– Л. : Химия. – 1976.
2. ВНИИ информации и технико-экономических исследований в электротехнике (Информэлектро). Обезвреживание свинца в промышленных выбросах. – М. : Аналитическая справка, 1988.
3. Degremont. Справочник по обработке воды: в 2-х т. : пер. с фр. – СПб. : Новый журнал, 2007. – 1696 с.
4. Очистка промышленных сточных вод: пер. с нем. – СПб : Новый журнал, 2012 – 384 с.
5. Справочник по современным методам и технологиям очистки природных и сточных вод и оборудованию / ДАНСЭЕ, отдел по Восточной Европе. – Копенгаген, 2001. – 253 с.
6. Новый справочник химика. Процессы и аппараты химических технологий. Ч II. – СПб : НПО. «Профессионал», 2006. – 916 с.
7. Лурье, Ю. Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод / Ю. Ю. Лурье. – М. : Химия, 1984. – 448 с.
8. Экспериментальные методы химической кинетики : учебное пособие / под ред. Н. М. Эмануэля, Г. Б. Сергеева. – М. : Высшая школа. – 1980. – 375с.
9. НИР «Брест-86». Исследование эффекта совместной обработки сточных вод гальванического производства и производства печатных плат. – Брест, 1987.
10. Урецкий, Е. А. Ресурсосберегающие технологии промышленного водоснабжения и водоотведения : монография / Е. А. Урецкий. – LAP LAMBERT Academic Publishing, Germany, 2014. – 360 с.
11. Урецкий, Е. А. Оптимизация существующих и разработка новых ресурсосберегающих технологий в водном хозяйстве предприятий приборо- и машиностроения : монография / Е. А. Урецкий, Е. С. Гогина, В. В. Мороз. – М. : АСВ, 2022. – 620 с.

References

1. Vrednye veshchestva v promyshlennosti. Spravochnik dlya himikov, inzhenerov i vra-chej : v 3-h t. / Pod red. zasl. deyat. nauki prof. N. V. Lazareva i dokt. med. nauk E. N. Levinoj. – Izd. 7-e, per. i dop.– L. : Himiya. – 1976.
2. VNIИ informacii i tekhniko-ekonomicheskikh issledovanij v elektrotekhnike (Informelektrо). Obezvrezhivanie svinca v promyshlennyh vybrosah. – M. : Analiticheskaya spravka, 1988.
3. Degremont. Spravochnik po obrabotke vo-dy: v 2-h t. : per. s fr. – SPb. : Novyj zhur-nal, 2007. – 1696 s.
4. Ochistka promyshlennyh stochnyh vod: per. s nem. – SPb : Novyj zhurnal, 2012 – 384 s.
5. Spravochnik po sovremennym metodam i tekhnolo-giyam ochistki prirodnyh i stochnyh vod i oborudova-niyu / DANSEE, otdel po Vos-tochnoj Evrope. – Kopen-gagen, 2001. – 253 s.
6. Novyj spravochnik himika. Processy i apparaty himicheskikh tekhnologij. CH II. – SPb : NPO. «Professional», 2006. – 916 s.
7. Lur'e, Yu. Yu. Analiticheskaya himiya promyshlennyh stochnyh vod / Yu. Yu. Lur'e. – M. : Himiya, 1984. – 448 s.
8. Eksperimental'nye metody himicheskoy kinetiki : uchebnoe posobie / pod red. N. M. Emanuelya, G. B. Sergeeva. – M. : Vysshaya shko-la. – 1980. – 375s.
9. NIR «Brest-86». Issledovanie effekta sovместnoj obrabotki stochnyh vod gal'vani-cheskogo proizvodstva i proizvodstva pechat-nyh plat. – Brest, 1987.
10. Ureckij, E. A. Resursosberegayushchie tekhnologii promyshlennogo vodосnabzheniya i vodootvedeniya : mo-nografiya / E. A. Ureckij. – LAP LAMBERT Aca-demic Publishing, Germany, 2014. – 360 s.
11. Ureckij, E. A. Optimizaciya sushchestvuyushchih i razrabotka novyh resursosberegayushchih tekhnologij v vodnom hozyajstve predpriyatij priboro- i mashino-stroeniya : monografiya / E. A. Ureckij, E. S. Gogina, V. V. Moroz. – M. : ASV, 2022. – 620 s.

Материал поступил 17.11.2022, одобрен 09.01.2023, принят к публикации 09.01.2023