

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ОБОРОТНАЯ СИСТЕМА ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА ПРОИЗВОДСТВ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ И ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ НА ПРИМЕРЕ ОАО «БЭМЗ»

В. В. Мороз¹, Е. А. Урецкий²

¹ К. т. н., доцент, доцент кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов учреждения образования «Брестский государственный технический университет», Брест, Беларусь, e-mail: vovavall@mail.ru
² Инженер-эколог, Брест, Беларусь, e-mail: euretsky@yandex.by

Реферат

Результаты экспериментальных исследований, подтверждённых производственными испытаниями, позволили разработать и внедрить на ОАО «БЭМЗ» ресурсосберегающую оборотную систему водного хозяйства. Совершенствование производств, образующих сточные воды при производстве защитных покрытий (ПЗП) и производстве печатных плат (ППП) ОАО «БЭМЗ», позволило многократно сократить потребность в свежей воде на технологические нужды и вынос токсичных химикатов в сточные воды. Эта система позволяет экономично использовать возвращенную очищенную сточную воду, в зависимости от её качества, отдельными потоками как на собственные нужды очистных сооружений, так и в основное производство, кроме того разработан способ утилизации осадка при изготовлении стеновой керамики.

Проведенное рациональное формирование потоков сточных вод у мест их образования, позволило использовать не утилизируемые в основном производстве отработанные технологические растворы (ОТР) в качестве покупных реагентов для проведения процессов очистки сточных вод

Ключевые слова: pH, ионы тяжелых и цветных металлов, химический реактор, фильтры, электродиализ, реагенты, технологические трубопроводы, электроды, осадок, керамика.

RESOURCE-SAVING CIRCULATION SYSTEM OF WATER SANCTIONS PRODUCTIONS OF PROTECTIVE COATINGS AND PRINTED BOARDS ON EXAMPLE OJSC "BEMZ"

V. V. Moroz, E. A. Urecky

Abstract

Improvement of the production facilities that generate wastewater in the production of protective coatings (PZP) and the production of printed circuit boards (PCB) of OJSC «BEMZ» has made it possible to significantly reduce the need for fresh water for technological needs and the removal of toxic chemicals into wastewater. The results of experimental studies, confirmed by production tests, made it possible to develop and implement a resource-saving circulating water system at OJSC «BEMZ». This system makes it possible to economically use the returned purified waste water, depending on its quality, in separate streams, both for the own needs of treatment facilities and for the main production, in addition, a method has been developed for the disposal of sludge in the manufacture of wall ceramics.

The rational formation of wastewater flows at the places of their formation allows the use of waste technological solutions (WTS) that are not utilized in the main production as purchased reagents for carrying out wastewater treatment processes.

Keywords: pH, filtration, frame-filling filter, regeneration, frame, dirt holding capacity, sediment, sorption.

Введение

Составной и важнейшей частью безотходной технологии для всех отраслей промышленности являются замкнутые с малым образованием или без образования сточных вод и безотходные системы водного хозяйства промышленных предприятий.

Создание таких систем вызывает необходимость внедрения не только безводных и маловодных технологических процессов, но и новых более совершенных процессов и аппаратов. Эти технологии должны существенно уменьшить количество и концентрацию загрязнённых сточных вод, а также способствовать внедрению принципиально новых систем водного хозяйства предприятий, методов, сооружений, аппаратов и схем обработки сточных вод с повторным использованием очищенной воды в производстве и одновременной утилизацией ценных компонентов сточных вод.

Основная часть. (Анализ материалов и результаты исследований)

На ОАО «БЭМЗ» (ОАО «Брестский электромеханический завод») создано полной оборотной системы водоснабжения предшествовало создание рациональной технологии совместной очистки сточных вод ПЗП (производство защитных покрытий) и ППП (производство печатных плат) с частичным водооборотом (рис. 1).

Состав общего потока сточных вод ПЗП и ППП до и после очистки приведён в табл. 1, а сравнение показателей рациональной и проектной технологии обработки сточных вод на ОАО «БЭМЗ» приведены в табл. 2, в которой проведено сравнение технологий.

Длительная эксплуатация доказала надёжность разработанной технологии очистки сточных вод и заметную эффективность по сравнению с принятой ранее проектной технологией [1].

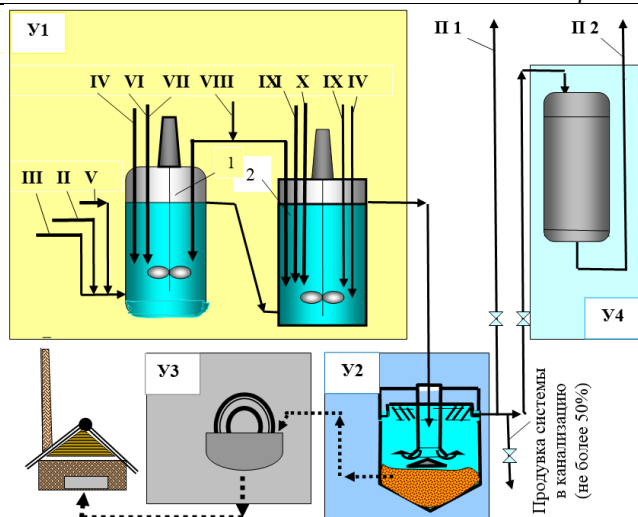
На основании проведенных исследований осуществлено рациональное формирование потоков сточных вод у мест их образования,

позволяющее использовать не утилизируемые в основном производстве отработанные технологические растворы (ОТР) в качестве покупных реагентов для проведения процессов очистки сточных вод, а также разработать и внедрить «попутные» технологии обезвреживания сточных вод ПЗП и ППП, содержащие фтор, свинец комплексные соединения меди и лакокрасочные загрязнения.

Таблица 1

№№ п/п	Наименование ингредиента	Единица измерения	Средний, доверительный интервал концентраций		Наблюдаемый максимум после отстойника	
			до	после	до	после
1	2	3	4	5	6	7
1	Хром (VI)	мг/дм ³	90–110	–	120	отс.
2	Хром общ.	мг/дм ³	не опр.	08-1,6	не опр.	1,7
3	Цинк	мг/дм ³	21–28	следы	32,1	0,2
4	Никель	мг/дм ³	2,2–4,9	–	5,20	0,1
5	Железо	мг/дм ³	41–58	0,2-1,0	63,0	1,5
6	Медь	мг/дм ³	12-45	0,1-0,4	64,0	0,5
7	Кислота	мг-экв/дм ³	7,9–9,1	–	10,8	–
8	Щёлочь	мг-экв/дм ³	3–4,2	–	5,25	–
9	pH		не опр.	8,1–8,4	не опр.	8,6
10	ХПК	мг/дм ³	1500–2000	12–18	2500	21,6

Термин «попутные технологии» введен МГПИ. Под понятием «попутные технологии» понимаются такие технологии, в которых обработка сточных вод осуществляется в рамках сложившихся очистных сооружений, на том же оборудовании, теми же реагентами, а также при тех же параметрах проведения традиционной реагентной технологии их очистки [3].



I – кислотно-щелочные промывные сточные воды; II – промывные сточные воды, содержащие комплексные соединения ТМ; III – промывные хромсодержащие сточные воды; IV – фторсодержащие промывные сточные воды; V – краскосодержащие сточные воды; VI – растворы, содержащие товарный восстановитель (резервные); VII – кислый раствор, содержащий восстановитель; VIII – кислые растворы без окислителей; IX – кислые растворы с окислителями; X – щелочные ОТР + раствор CaO; 1 – реактор нейтрализации всех видов стоков; 2 – реактор восстановления хрома; U1 – реакторный узел нейтрализации сточных вод; U2 – узел осветления сточных вод в вертикальных отстойниках, оборудованный полочными вставками U3 – узел обезвоживания осадка; U4 – узел осветления сточных вод на механических и сорбционных фильтрах; П1 – поток воды, осветлённой в отстойниках, направляемый для использования в гидрофильтрах покрасочных камер и для нужд очистных сооружений; П2 – поток отфильтрованной воды, направляемый для использования для ответственных промывочных деталей в гальваническое и покрасочное производство

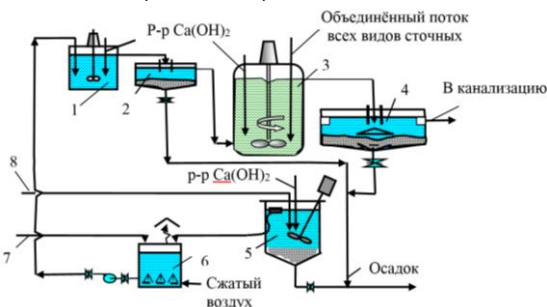
Рисунок 1 – Блок-схема рациональной технологии совместной очистки сточных вод ПЗП и ППП с частичным оборотом сточных вод

Таблица 2

Наименование показателей	Един. изм.	Новая технология	По проекту
1	2	3	4
1. Общее количество единиц используемого основного оборудования	компл.	21	54 (81)
2. В т. ч. реакторов разного типа	компл.	5	14 (10)
3. Установленная мощность	кВт.	190	345 (1500)
4. Время обработки сточных вод в технологической линии (без отстаивания)	мин.	до 5	более 40
5. Среднее содержание загрязняющих компонентов в осветленных сточных водах: взвешенных веществ:	мг/дм ³ .	10–20	20–40
– хром общ.;	мг/дм ³	0,8–1,6	до 2,5
– медь;	мг/дм ³	до 0,3	0,5
– железо;	мг/дм ³	до 1,0	3–4
– ХПК	мг/дм ³	12–18	до 2500
6. Общее солесодержание	мг/дм ³ .	550–800	1500–2500
7. Относительный объем осадка в отстойнике после 2-х часового отстаивания	%	до 2-4	до 12
8. Влажность осадка до и после обезвоживания	%	89/65	96/78
9. Время работы вакуум-фильтров	час/год	400	3200
10. Потребность в автотранспорте	тонн км/год	8800	102000
11. Общий расход товарных реагентов	тонн/год	40	500
12. Обслуживающий персонал	ед.	11	41
13. Расход свежей воды на разбавление сточных вод покрасочного отделения	тыс. м ³ /год	–	10000

Результаты

Разработка и внедрение «попутной технологии» очистки фторсодержащих сточных вод реагентным способом. На основании проведенных исследований для обработки сточных вод, содержащих фтор, принята «попутная технология». Схема обработки фторсодержащих сточных вод приведена на рис. 2.



1 – реактор 1-й ступени; 2 – отстойник 1-й ступени сточных вод, содержащих фтор; 3 – реактор-нейтрализатор всех видов сточных вод; 4 – отстойник всех видов сточных вод; 5 – реактор-декантатор фторсодержащих ОТР; 6 – приемная ёмкость промывных фторсодержащих стоков и декантата из поз. 6; 7 – фторсодержащие промывные сточные воды; 8 – ОТР, содержащие фтор

Рисунок 2 – Схема «попутной» технологии обработки фторсодержащих сточных вод

Важным условием при совместной обработке фтор- и кислотно-щелочных сточных вод является полное исключение попадания

концентрированных отработанных фторсодержащих растворов в промывные воды. ОТР, содержащие фториды, необходимо собирать в отдельный накопитель для последующей обработки по традиционной технологии [1, 2].

Рациональная технология очистки фторсодержащих сточных вод реагентным способом внедрена и успешно функционирует на ОАО «БЭМЗ».

Внедрение рациональной технологии очистки фторсодержащих сточных вод реагентным способом позволило:

1. Отказаться от второй ступени очистки фторсодержащих сточных вод.
2. Значительно снизить аппаратное оформление способа очистки сточных вод от фтора.
3. Обойтись без товарных реагентов Al₂(SO₄) и Na₂HPO₄·12H₂O.
4. Многократно снизить вторичное загрязнение сточных вод алюминием и фосфатами.

Разработка и внедрение «попутной технологии» обработки сточных вод, загрязнённых соединениями свинца. На основании проведенных исследований для обработки стоков, содержащих свинец, принята «попутная технология» [5]. Технология приведена на рис. 3.

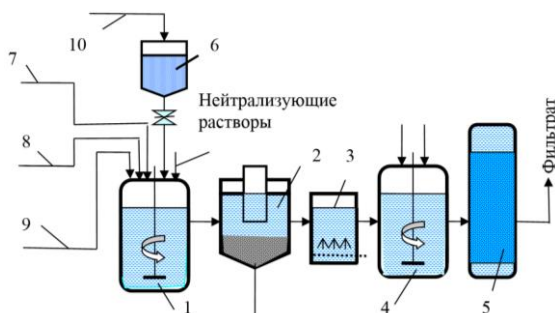
Для снижения концентрации свинца в обрабатываемых сточных водах до требуемой используется:

- сорбционная способность оксигидратного коллектора, образующегося в процессе нейтрализации всех видов сточных вод, содержащих тяжёлые металлы;
- эффект соосаждения;
- выравнивание концентраций свинца в объединённых сточных водах за счёт выделения ОТР из промывных сточных вод, а значит и более совершенного усреднения и, соответственно, многократного уменьшения пиковых концентраций перед смесителями.

Промывные сточные воды, содержащие свинец, выделенные из фторсодержащих сточных вод, сбрасываются в линию кислотно-щелочных сточных вод и обезвреживаются вместе с ними «попутно».

Что же касается ОТР, содержащих свинец, то эти ОТР выделяют из промывных сточных вод в отдельный поток и самотёком (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 реактора-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 $0,02 \text{ мг/дм}^3$, что более чем достаточно для эффективной очистки стоков от свинца.

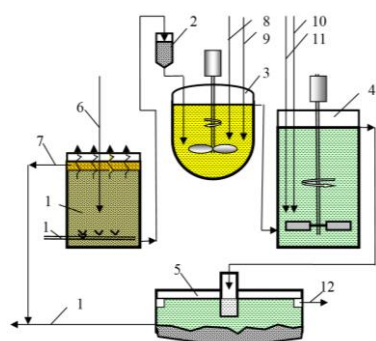
Расчётные данные подтверждены на Гомельском заводе «Коралл». Обработка сточных вод «попутной технологией» позволяет при минимальных затратах достичь концентрации свинца на выпусках предприятия в городскую хозяйственно-бытовую канализацию, установленных контролирующими организациями.



- 1 – реактор-нейтрализатор всех видов сточных вод; 2 – осветлитель;
- 3 – приёмный резервуар; 4 – корректор pH; 5 – блок механических фильтров;
- 6 – дозатор ОТР, содержащих свинец;
- 7 – промывные сточные воды содержащие свинец;
- 8 – кислотно-щелочные сточные воды;
- 9 – обработанные сточные воды содержащие хром;
- 10 – ОТР, содержащие свинец

Рисунок 3 – Формирование потоков сточных вод и схема «попутной технологии» обработки свинецсодержащих сточных вод

Разработка и внедрение «попутной» технологии обработки сточных вод, содержащих лакокрасочными загрязнениями. На основании проведенных исследований для обработки стоков, содержащих лакокрасочные загрязнения (ЛКМ), также была принята «попутная» технология рис. 4.



- 1 – приёмный резервуар сточных вод с лакокрасочными загрязнениями; 2 – дозатор сточных вод с лакокрасочными загрязнениями;
- 3 – реактор совместной обработки хромсодержащих и сточных вод, содержащих лакокрасочные загрязнения;
- 4 – реактор-нейтрализатор; 5 – осветлитель; 6 – сточная вода, содержащая лакокрасочные загрязнения; 7 – пенный продукт;
- 8 – хромсодержащие сточные воды; 9 – кислые травильные растворы, содержащие железо (II); 10 – кислотно-щелочные сточные воды;
- 11 – нейтрализующий раствор; 12 – осветлённая вода;
- 13 – осадок на обезвоживание; 14 – сжатый воздух

Рисунок 4 – Попутная технология «Очистки сточных вод лакокрасочного производства»

Сточные воды, содержащие лакокрасочные загрязнения, предварительно барботируют сжатым воздухом. При этом отдувают летучие органические загрязнения, окисляют легко окисляемые загрязнения и отделяют образующийся пенный продукт. Затем перемешивают их с хромсодержащими сточными водами с целью дальнейшего окисления органических загрязнений, в присутствии катализирующего действия хрома, при pH 2–3, для достижения которого добавляют кислые отработанные технологические растворы травления черных металлов, содержащих железо (II) [3].

После этого добавляют нейтрализующие растворы до pH 8–8,5, проводят сорбцию органических загрязнений на образующемся оксигидратном коллекторе и осаждают взвесь в осветлителях.

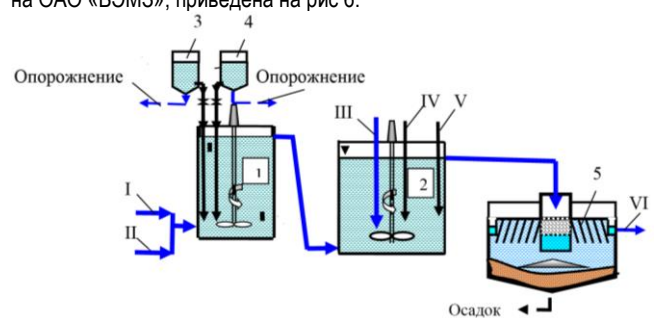
Разработка и внедрение «попутной технологии» очистки сточных вод, содержащих хром (VI) и комплексных соединений меди. На основании проведенных исследований для обработки сточных вод, содержащих комплексные соединения меди принята «попутная технология» совместной очистки сточных вод, содержащих хром (VI) и комплексные соединения меди. Технологическая схема приведена на рис. 5.

Схема реализуется следующим образом. Промывные сточные воды, содержащие комплексные соединения меди с концентрацией до 150 мг/дм^3 , и промывные сточные воды содержащие хром направляются непосредственно в реактор восстановления хрома (VI) в зону активного перемешивания, т. е. под мешалку. Обработка сточных вод осуществляется «попутно» с сточными водами содержащими хром, по ранее сложившейся технологией. В реакторе с помощью системы автоматического регулирования (САР) поддерживается кислыми ОТР величина pH = 2,5–2,7, а в отсутствии их – раствором товарной серной кислоты [4, 6].

Присутствующая в реакционной системе одновалентная медь окислялась до двухвалентной, восстанавливая хром (VI), частично уменьшает расход восстановителя, содержащегося в кислых ОТР или товарном реагенте-восстановителе. Полнота восстановления хрома (VI) контролируется с помощью стандартной САР, доработанной по авторскому свидетельству 956434.

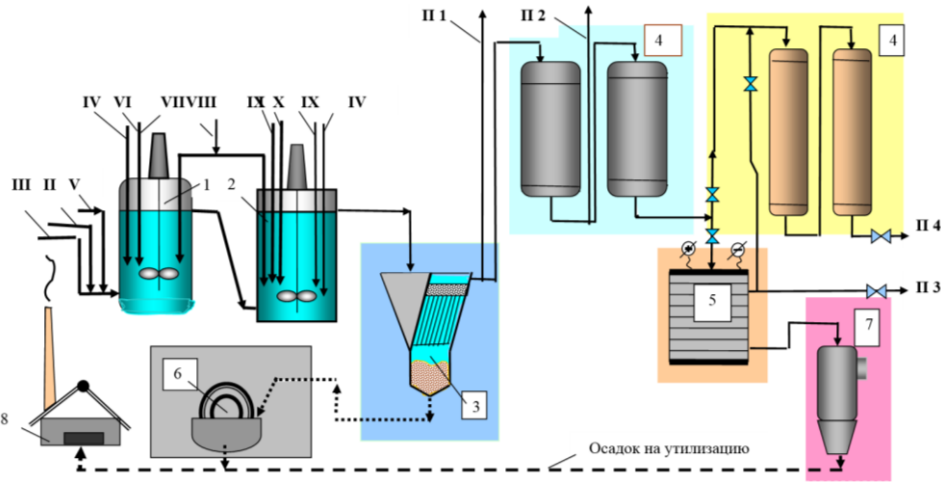
Обработанная смесь сточных вод из реактора восстановления сточных вод, содержащих хром, направляется в нижнюю зону реактора нейтрализации всех видов сточных вод. При этом разрушенные комплексные соединения меди в условиях значительного разбавления другими сточными больше не рекомбинируются.

После реактора-нейтрализатора обработанные сточные воды направляются в осветлители. Эффективность совместной очистки сточных вод, содержащих комплексные соединения меди и хром (VI), подтвердилась серией сквозных экспериментов, проведённых на очистных сооружениях ОАО «БЭМЗ». Блок-схема оборотной системы водоснабжения для ПЗП и ППП, разработанной и внедрённой на ОАО «БЭМЗ», приведена на рис. 6.



- I – сточные воды содержащие комплексные соединения меди;
- II – сточные воды, содержащие хром; II – кислотно-щелочные сточные воды; IV – раствор кислоты;
- V – раствор щёлочи; VI – осветленные сточные воды;
- 1 – реактор сточных вод, содержащих хром;
- 2 – реактор нейтрализации всех видов сточных вод;
- 3 – дозатор ОТР, содержащих железо (II) или резервный товарный восстановитель; 4 – дозатор кислых ОТР или резервный покупной; 5 – отстойник

Рисунок 5 – Схема «попутной технологии» очистки сточных вод, содержащих хром(VI) и комплексные соединения меди



I – кислотно-щелочные промывные стоки; II – промывные стоки, содержащие комплексные соединения ТМ;
 III – промывные хромсодержащие стоки; IV – фторсодержащие промывные стоки; V – краскосодержащие стоки;
 VI – растворы, содержащие товарный восстановитель (резервные); VII – кислый раствор, содержащий восстановитель;
 VIII – кислые растворы без окислителей; IX – кислые растворы с окислителями; X – Щелочные ОТР + раствор CaO;

1 – реактор нейтрализации всех видов стоков; 2 – реактор восстановления хрома; 3 – узел осветления стоков;
 4 – узел глубокого осветления стоков на механических и сорбционных фильтрах; 5 – узел деминерализации стоков методом электролиза;
 6 – узел обезвоживания осадка; 7 – узел термической обработки рассолов; 8 – объект утилизации осадков ПЗП и ППП

Рисунок 6 – Упрощённая технологическая схема совместной обработки стоков ПЗП и ППП на БЭМЗ

Примечание: узлы обработки ОТР, содержащих хром, комплексные соединения ТМ, фтор, условно не показаны

Заключение

В результате проведенных исследований определено оптимальное формирование потоков сточных вод у мест их образования, которое обеспечило внедрение в рамках традиционных очистных сооружений реагентного типа, малозатратные и эффективные «путные технологии» очистки сточных вод от фтора, свинца, комплексных соединений меди и лакокрасочных материалов, реализованные без сооружения дополнительных технологических линий, реагентов и при тех же параметрах ранее запроектированных процессов. При этом разработана и внедрена технология комплексного использования образующегося осадка в строительной индустрии. Полученная продукция (рядовой и многослойный кирпич, керамзит, керамическая плитка и пр.) проверена на экологическую безопасность и рекомендована к использованию Белорусским научно-исследовательским санитарно-гигиеническим институтом.

Список цитированных источников

1. Урецкий, Е. А. Опыт повторного использования сточных вод на предприятии приборо- и машиностроения / Е. А. Урецкий, Л. Д. Субботкин, В. В. Мороз // Сб. науч. трудов – Симферополь: НАПКС, 2018. – № 11 (63): Строительство и техногенная безопасность. – С. 98–103.
2. Урецкий, Е. А. Разработка и внедрение ресурсосберегающей технологии обезвреживания фторсодержащих сточных вод / Е. А. Урецкий, В. В. Мороз // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2020. – № 2 : Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – С. 37–41.
3. Мороз, В. В. Ресурсосберегающая технология очистки сточных вод лакокрасочного производства в приборо- и машиностроении / В. В. Мороз // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2014. – № 2 : Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – С. 78–81 : ил. – Библиогр.: с. 81 (8 назв.).
4. Мороз, В. В. Ресурсосберегающая технология очистки сточных вод от комплексных соединений меди / В. В. Мороз, Е. А. Урецкий // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2019. – № 2: Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – С. 109–112 : ил. – Библиогр.: С. 112–114.
5. Урецкий, Е. А. Ресурсосберегающая технология обработки сточных вод, загрязнённых соединениями свинца, в рамках традиционных очистных сооружений гальванического производства реагентного типа / В. В. Мороз, Е. А. Урецкий // Вода magazine. – 2018. – № 9 (133).

6. Урецкий, Е. А. Опыт утилизации осадка сточных вод предприятий машино- и приборостроения Беларуси в производстве керамических изделий / Е. А. Урецкий, В. В. Мороз // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2020. – № 2 : Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – С. 46–50.

References

1. Ureckij, E. A. Opyt povtornogo ispol'zovaniya stochnyh vod na predpriyatii priboro- i mashinostroeniya / E. A. Ureckij, L. D. Subbotkin, V. V. Moroz // Sb. nauch. trudov – Simferopol': NAPKS, 2018. – № 11 (63): Stroitel'stvo i tekhnogennaya bezopasnost'. – S. 98–103.
2. Ureckij, E. A. Razrabotka i vnedrenie resursoberegayushchey tekhnologii obezvrezhivaniya ftorsoderzhashchih stochnyh vod / E. A. Ureckij, V. V. Moroz // Vestnik Brestskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2020. – № 2 : Vodohozyajstvennoe stroitel'stvo, teploenergetika i geokologiya. – S. 37–41.
3. Moroz, V. V. Resursoberegayushchaya tekhnologiya ochistki stochnyh vod lakokrasochnogo proizvodstva v priboro- i mashinostroenii / V. V. Moroz // Vestnik Brestskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2014. – № 2 : Vodohozyajstvennoe stroitel'stvo, teploenergetika i geokologiya. – S. 78–81 : il. – Bibliogr.: s. 81 (8 nazv.).
4. Moroz, V. V. Resursoberegayushchaya tekhnologiya ochistki stochnyh vod ot kompleksnyh soedinenij medi / V. V. Moroz, E. A. Ureckij // Vestnik Brestskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2019. – № 2: Vodohozyajstvennoe stroitel'stvo, teploenergetika i geokologiya. – S. 109–112 : il. – Bibliogr.: S. 112–114.
5. Ureckij, E. A. Resursoberegayushchaya tekhnologiya obrabotki stochnyh vod, zagryaznyonnyh soedineniyami svinca, v ramkah traditsionnyh ochistnyh sooruzhenij gal'vanicheskogo proizvodstva reagentnogo tipa / V. V. Moroz, E. A. Ureckij // Voda magazine. – 2018. – № 9 (133).
6. Ureckij, E. A. Opyt utilizacii osadka stochnyh vod predpriyatij mashino- i priborostroenii Belarusi v proizvodstve keramicheskikh izdelij / E. A. Ureckij, V. V. Moroz // Vestnik Brestskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2020. – № 2 : Vodohozyajstvennoe stroitel'stvo, teploenergetika i geokologiya. – S. 46–50.

Материал поступил в редакцию 28.05.2021