



Коммунальное унитарное производственное предприятие  
«МИНСКВОДОКАНАЛ»

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**ПЕРЕДОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ  
В СИСТЕМАХ ВОДООТВЕДЕНИЯ  
НАСЕЛЕННЫХ МЕСТ**

**МАТЕРИАЛЫ  
МЕЖДУНАРОДНОЙ  
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ  
КОНФЕРЕНЦИИ**

12–13 февраля 2020 г.

Минск 2020

<i>Kyrii S., Kosogina I., Nechyporuk D.</i> Creation of effective coagulants from industrial waste .....	197
<i>Лиштван И.И., Цыганов А.Р., Томсон А.Э., Кунцевич В.Б., Царюк Т.Я., Калантаров М.Г.</i> Перспективы производства в Республике Беларусь активированных углей на основе торфа.....	199
<i>Mostovaya V.V., Bublienko N.A., Semenova E.I.</i> Sewage treatment of wineries .....	203
<i>Музыкин В.П.</i> Новые расчетные подходы к определению годовых объемов неучтенных расходов воды в водопроводно-канализационных системах .....	206
<i>Нестер А.А.</i> Очистка сточных вод операций травления печатных плат .....	210
<i>Nychyk O.V., Salavor O.M., Nikolaieva O.A.</i> The influence of food industry enterprises on the efficiency of city wastewater treatment.....	214
<i>Fedenko Yu.M., Blazhchuk I.O.</i> Determination of optimal dose of bentonite for sorption Zn(II) .....	217
<i>Fedenko Yu.M., Vecklin R.O.</i> Kinetics of sorption Zn(II) by bentonites	219

## **ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ОПЕРАЦИЙ ТРАВЛЕНИЯ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ**

Травильные характеристики растворов, в том числе и медно-аммиачных, снижаются по мере накопления в них стравленной меди, которая ведет к ухудшению характеристик изготовленных печатных плат. При высокой концентрации стравленной меди скорость травления настолько снижается, что последующее использование данного раствора становится невозможным [1].

Сброс «истощенных» травильных растворов служит источником загрязнения окружающей среды; возникает необходимость в расходах достаточно больших средств на нейтрализацию сточных вод. Кроме того, медь, которая перешла в раствор в процессе травления, теряется бесповоротно, а на изготовление свежего травильного раствора нужно большое количество ценных химикатов. Все это ведет к ухудшению эффективности производства печатных плат.

Одним из наиболее желаемых путей решения проблемы восстановления травильных свойств растворов является поддержка их постоянных составляющих в течение всего процесса травления, ликвидации сточных вод, удаления стравленной меди и проведения электрохимической регенерации травильных растворов. Возможность электрохимически регенерировать свойства растворов на основе хлорного железа и хлорной меди доказана работами зарубежных и отечественных исследователей [2].

В наше время сконструированы и внедрены в производство установки электрохимической регенерации данных растворов, которые исключают вредные сбросы и удаляют медь в виде порошка [3, 4]. Проведение электрохимической регенерации медно-аммиачных травильных растворов с добыванием меди в виде плотного осадка позволяет упростить конструкцию электролизера-регенератора: отпадает необходимость в блоке съема порошка, который имеет сложную конструкцию.

В патентной литературе описано множество средств регенерации травильных растворов, которые позволяют снизить расходы химикатов и провести утилизацию отходов. Методы регенерации, то есть возобновление рабочих характеристик травильных растворов, условно можно разделить на два: химический и электрохимический. Возможность

и эффективность того или другого метода зависит от раствора, который применяется. Растворы на основе хлорной меди и медного купороса (щелочные) имеют возможность регенерации.

При химическом способе регенерации раствор, который возобновляет свои травильные характеристики, необходимо постоянно удалять из процесса, что ведет к затратам на нейтрализацию сточных вод и к потере меди. Кроме того, корректировка раствора по всем компонентам связана с его постоянным анализом и не всегда возвращает раствору его начальные свойства. При таком виде химической регенерации, хотя и снижаются расходы ценных химикатов на приготовление раствора, стравленная медь все же теряется.

Наиболее экономически выгодным методом регенерации истощенных травильных растворов является электрохимический метод, при котором происходит одновременно добывание стравленной меди в чистом виде и возобновление травильных характеристик раствора. При этом способе экономическая эффективность обусловлена значительным снижением расходов на химикаты, уменьшением расходов на утилизацию отходов и возвращением меди в производство.

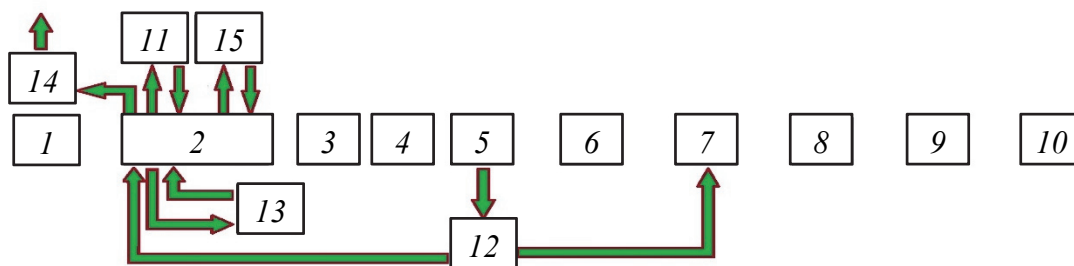
В существующей технологии после прохождения сточными водами очистных сооружений на территории предприятия остаются шламы, которые наносят вред окружающей среде как самого предприятия, так и государства, а также населению. Количество остающихся шламов составляет тысячи тонн. Они хранятся в таре, не приспособленной для длительного хранения, ведут к загрязнению грунтов и подземных вод, ухудшают экологическое состояние окружающей среды.

Нами разработаны технология и оборудование для регенерации сточных вод с выделением меди в виде плотных осадков, которая может быть направлена на повторное использование для переплавки.

Для предложенной схемы регенерации отработанного травильного раствора в качестве рабочих электродов использовались только твердые электроды – титан и графит.

Разработанная схема позволяет проводить регенерацию растворов в процессе травления и поддержку постоянной концентрации элементов, а значит, постоянной скорости травления плат. Одновременно схема такой линии позволяет использовать выделенную медь в процессах металлизации без сбросов сточных вод, не допуская при этом загрязнения окружающей среды. Схема линии с регенерационной установкой представлена на рисунке.

Исследование опытно-промышленной установки электрохимической регенерации травильных растворов проводили путем поиска рабочих режимов для разных концентраций.



1 – модуль загрузки; 2 – травильный модуль; 3 – модуль осветления; 4 – обзорный модуль; 5 – 3-й модуль каскадной промывки; 6 – 2-й модуль каскадной промывки; 7 – 1-й модуль каскадной промывки; 8 – модуль горячей сушки; 9 – модуль холодной сушки; 10 – модуль выгрузки; 11 – регенератор травильного раствора (установка выделения меди); 12 – регенератор промывных вод; 13 – фильтрационная установка; 14 – очистные сооружения предприятия; 15 – установка нанесения покрытий (при необходимости)

**Рисунок – Схема линии травления с отводом на регенерацию**

Определены также отдельные конструктивные и технологические элементы установки регенерации, которые можно представить следующими данными:

- 1) скорость потока раствора 2 см/с;
- 2) температура раствора 40 °С;
- 3) выход по току для меди за 3,5 ч не менее 64 %;
- 4) межэлектродное расстояние  $d = 20$  мм.

При оценке опасности для окружающей среды шламоотходов производства плат и гальваники учитывают миграционную способность химических веществ в поверхностные и подземные воды, концентрацию их в почве и растениях, которые выражают через растворимость химических соединений в воде. Токсичность отходов характеризуется предельно допустимой концентрацией (ПДК) веществ в почве и их содержанием в общей массе шлама. Индекс опасности отдельного химического вещества определяется по формуле

$$K_i = \frac{\text{ПДК}_i}{(S + C_B)_i},$$

где  $K_i$  – индекс опасности;  $\text{ПДК}_i$  – предельно допустимая концентрация в почве опасного химического вещества, которое содержится в отходах, мг/кг почвы;  $S$  – коэффициент растворимости химического вещества в воде;  $C_B$  – содержание химического вещества в общей массе отходов, мг/кг;  $i$  – порядковый номер данного вещества.

Результаты расчета суммарного индекса опасности шлама до удаления медных соединений на одном из предприятий Украины представлены в таблице 1.

**Таблица 1 – Результаты расчета суммарного индекса опасности шлама**

Группа веществ	ПДК <sub>i</sub> , мг/кг	(S + C <sub>B</sub> ) <sub>i</sub> , мг/кг	K <sub>i</sub>
Соединения меди	3	73,98	0,0405
		21,15	0,141

После удаления медных соединений из сточных вод (не преобразованных в шламы) суммарный индекс опасности становится практически таким, который не несет опасности (таблица 2).

**Таблица 2 – Результаты расчета суммарного индекса опасности шлама производства плат и гальваники после внедрения мероприятий удаления меди**

Группа веществ	ПДК <sub>i</sub> , мг/кг	(S + C <sub>B</sub> ) <sub>i</sub> , мг/кг	K <sub>i</sub>
Соединения меди	3	0,01	300,0
		0,03	100,0

В заключение сделаем следующие выводы.

1. Созданное оборудование улучшает экологическую обстановку в районе расположения предприятия, о чем свидетельствуют результаты расчета суммарного индекса опасности шлама.

2. Установка легко может быть подсоединена к действующему оборудованию или работать автономно.

3. Регенерация травильного раствора позволит получать медь для последующей переплавки, металлизации плат.

### Литература

1. Нестер, А.А. Очистка стічних вод виробництва друкованих плат: монографія / А.А. Нестер. – Хмельницький: Видавництво Хмельницького національного університету, 2016. – 219 с.

2. Клячкин, В.Н. Анализ стабильности химического состава сточных вод при производстве печатных плат / В.Н. Клячкин, К.С. Ширкунова, А.Д. Барт // Экология и промышленность России. – 2017. – Т. 23, № 5. – С. 47–51. – DOI: 10.18412/1816-0395-2019-5-47-51.

3. Пашаян, А.А. Утилизация гальванических стоков без образования гальваношламов / А.А. Пашаян, Д.А. Карманов // Экология и промышленность России. – 2018. – Т. 22, № 12. – С. 19–21. – DOI: org/10.18412/1816-0395-2018-12-19-21.

4. Дорохина, Е.Ю. Экономика замкнутых циклов: проблемы и пути развития / Е.Ю. Дорохина, С.Г. Харченко // Экология и промышленность России. – 2017. – Т. 21, № 3. – С. 50–55. DOI: org/10.18412/1816-0395-2017-3-50-55.

Научное издание

**ПЕРЕДОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ  
В СИСТЕМАХ ВОДООТВЕДЕНИЯ  
НАСЕЛЕННЫХ МЕСТ**

**МАТЕРИАЛЫ  
Международной научно-практической  
конференции**

Редакторы: *Е.С. Ватевичкина, Е.И. Гоман,  
О.П. Приходько, Т.Е. Самсанович*

Компьютерная верстка: *Е.В. Ильченко, А.А. Селиванова*

Корректоры: *Е.С. Ватевичкина, О.П. Приходько,  
Т.Е. Самсанович*

Подписано в печать 05.02.2020. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать ризографическая.  
Усл. печ. л. 12,9. Уч.-изд. л. 13,2.  
Тираж 150 экз. Заказ 32.

Издатель и полиграфическое исполнение:  
УО «Белорусский государственный технологический университет».  
Свидетельство о государственной регистрации издателя,  
изготовителя, распространителя печатных изданий  
№ 1/227 от 20.03.2014.  
Ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск.