



Министерство образования Республики Беларусь

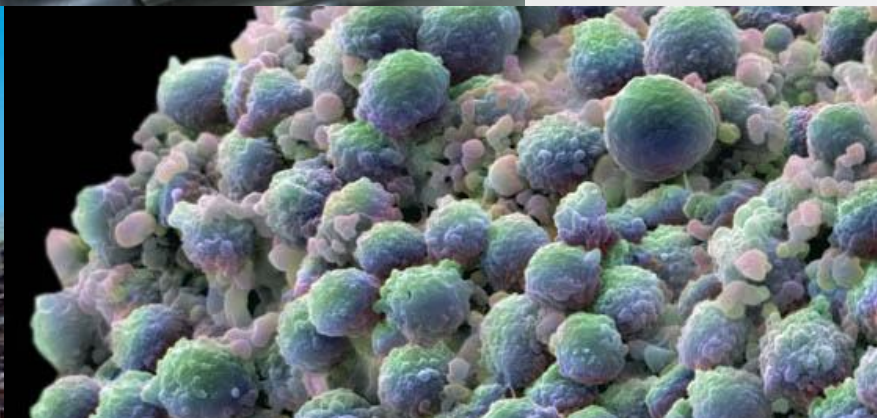
Учреждение образования «БЕЛОРУССКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»



Международная научно-техническая конференция  
молодых ученых

## «Иновационные материалы и технологии – 2020»

г. Минск, Республика Беларусь  
09-10 января 2020 г.



**International Scientific and Technical Conference  
of Young Scientists  
“Innovation Materials and Technologies”**

January 09-10, 2020  
Minsk, Republic of Belarus

УДК001.895

ББК72.4

И66

**Инновационные материалы и технологии** : материалы Междунар. науч.-техн. конф. молодых ученых, г. Минск, 9–10 янв. 2020г. – Минск : БГТУ, 2020. – 635 с.  
ISBN 978-985-530-724-3

Сборник составлен по материалам докладов международной научно-технической конференции молодых ученых. В представленных материалах отражены современные тенденции синтеза и исследования новых неорганических веществ и материалов, наноматериалов, электрохимических процессов, методы и средства химического анализа, контроля и исследования веществ и материалов.

Сборник рассчитан на использование работниками и научными сотрудниками, занимающимися вопросами в области синтеза новых веществ и материалов, электрохимических процессов, разработки методов химического анализа и контроля, аспирантами и студентами соответствующих специальностей.

Редакционная коллегия:

Главный редактор

ректор, д-р техн. наук, проф. И.В. Войтов

Члены редколлегии:

почетный ректор, канд. хим. наук, проф.

И.М. Жарский

зав. кафедрой Х,ТЭХПиМЭТ, канд. хим.

наук, доц. А.А. Черник

ISBN 978-985-530-724-3

© УО «Белорусский государственный  
технологический университет», 2020

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ  
ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ МЕДИ ИЗ СТОЧНЫХ  
ВОД**

В Украине есть острая потребность в меди, которая используется очень широко в электротехнической промышленности и других отраслях. В то же время в Украине неизвестны разведанные месторождения медных руд. Перспективные и прогнозные ресурсы медных руд оценены: в Волынском регионе, на Донбассе и в Днепровско-донецкой впадине в пределах Украинского щита в Средне-Приднепровском и Волынском регионах. Общие ресурсы руд Волынского района со средним содержанием меди 1,0 % оцениваются в 28 млн.т металла. Все изложенное свидетельствует о недостатке залежей медных руд в Украине. Ежегодные потребности Украины в этом металле составляют приблизительно 120—140 тысяч тонн, двадцать процентов из которых обеспечиваются собственным медным утилем, а остальные потребности в виде черновой меди приходится завозить из соседних России и Польши.

В Украине минерально-сырьевая база цветной металлургии недостаточна, и много предприятий этой отрасли работают на привозном сырье или переплавляют утиль цветных металлов. При размещении этих предприятий также учитываются потребительский, транспортный и экологический факторы. Цветная металлургия является загрязнителем окружающей среды и главным источником поступления тяжелых металлов.

Специфика твердых отходов производства заключается в том, что в малых количествах они не оказывают заметного влияния на окружающую среду, а в больших сосредоточениях становятся экологическим бедствием. Проблема утилизации отходов промышленного и бытового происхождения приобретает в данное время все более острый характер в связи с тем, что объемы генерирования отходов постоянно возрастают, тогда как темпы их переработки несравненно малы. В результате к настоящему времени накоплены сотни миллионов тонн разных твердых отходов, которые необходимо перерабатывать и обезвреживать. Масштабы ежегодного продуцирования и накопления твердых отходов требуют создания мощных перерабатывающих установок производительностью, измеренной миллионами тонн в год с их промышленным освоением.

Это целесообразно осуществлять на базе уже имеющихся проектов, освоенных передовыми странами. Специфика твердых отходов производства заключается в том, что в малых количествах они не оказывают заметного влияния на окружающую среду, а в больших сосредоточениях становятся экологическим бедствием.

В то же время источником пополнения ресурсов утиля цветных металлов частично может стать производство плат и гальваники, где медь используется в качестве проводникового материала и стравливается в процессе подготовки поверхности к использованию (нанесение рисунка и стравливание).

Обследования показали, что предприятиями, которые занимаются изготовлением печатных плат сбрасывается в сточные воды целый спектр металлов – медь, железо, никель, хром и т.д. Так при годовой односменной работе линии травления печатных плат производительностью  $14 \text{ м}^2/\text{час}$  будет изготовлено почти  $28000 \text{ м}^2$  заготовок, а количество выделенного металла (меди) составит приблизительно 14 тн, что при цене 85 грн/кг составит  $14000 \text{ кг} \cdot 85 \text{ грн/кг} = 1190000 \text{ грн}$ . Или в долларовом эквиваленте \$44000.

Этот металл может быть повторно использован при использовании решений электрохимической регенерации травильных растворов одновременно с основным процессом. Так количество металла, которое будет стравливаться при возобновлении промышленного производства плат может составить (при односменной работе и количестве линий в работе 350 шт)  $14000 \text{ кг} \cdot 350 = 4900000 \text{ кг} = 4900 \text{ тн}$ .

Негативной стороной производства печатных плат может стать образование шламов. Для примера рассмотрим состояние с образованием шламов при работе линий травления печатных плат. При производительности линии травления  $14 \text{ м}^2/\text{ч}$  количество шламов за 8 ч работы достигнет величины более 110 кг, что при месячной односменной работе составит 2400-2500 кг.

Современные предприятия, которые в лучшее для производства время, вырабатывали приблизительно  $4 \cdot 10^3 \text{ м}^2$  плат, накопили на своей территории по 1000-3000 тонн и более в виде шламов, которые сохраняются в емкостях, полиэтиленовых мешках и попадают под действие атмосферных осадков. В процессе действия на них атмосферных осадков соли вымываются и переходят в грунт, поверхностные воды, загрязняя окружающую среду и повышая уровень экологической опасности. Поэтому электрохимическая регенерация растворов является основой для получения медного сырья и повышения экологической безопасности территорий производства плат.

Учитывая факт создания оборудования, которое представляется экологически безопасным и энергосберегающим, мы имеем возможность оценить, как обеспечиваются экономические показатели

созданного на основе данного исследования оборудование. При этом мы должны учитывать конкретные параметры установок, которые создают возможность повторного использования водных растворов без сброса на очистные сооружения, как предприятия, так и города.

При определении экономической целесообразности мы должны выходить из критерия уменьшения нанесения вреда окружающей среде. Расчет экономической эффективности от внедрения нового оборудования проводился на годовую программу производства заготовок и в долларовом эквиваленте составил **\$63000**. Внедрение новой технологии очистки сточных вод только одной установкой, кроме экономического эффекта, улучшит состояние окружающей среды и даст возможность реализации экологически безопасного процесса утилизации меди.

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

$$K_i = \frac{ПДК_i}{(S + C_B)_i}, \quad (1)$$

где,  $K_i$  - индекс опасности;  $ПДК_i$  - 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 табл.1.

Таблица 1.

Результаты расчета суммарного индекса опасности шлама

Группа веществ	$ПДК_i$ мг/кг	$(S + C_B)_i$ мг/кг	$K_i$
Соединения меди	3	73,98	0,040
		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 (см. табл.2).

Таблица 2.

Результаты расчета суммарного индекса опасности шлама производства плат и гальваники после внедрения мероприятий удаления меди

Группа веществ	$ПДК_i$ , мг/кг	$(S + C_B)_i$ , мг/кг	$K_i$
Соединения меди	3	0,01	300,0
		0,03	100,0

**Выводы.** Проблема повышения экологической безопасности территорий, поддающихся техногенной нагрузке в процессе производства плат и гальваники, требует комплексного подхода для ее решения, которое заключается как в превентивном, так и в комплексе предохранительных ликвидационных мер.

То есть предприятиями должны разрабатываться комплексы мероприятий по обращению с отходами, среди которых могут быть наиболее экологически безопасными и экономически эффективными повторное использование отдельных составляющих, а также использование шламов, с получением строительных материалов, удобрения сельскохозяйственных угодий, под жестким контролем соответствующих экологических служб предприятий и государственных органов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гірничий Закон України від 6.10.1999 №1127-XIV // Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1999, № 50, ст.433 [Электронный ресурс] // Верховна Рада України-1994-2018-Режим доступа <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/1127-14> - дата доступа 28.03.2018
2. Мала гірнича енциклопедія : у 3 т. / В. С. Білецький [і др.]. за ред. В. С. Білецького. — Донецьк : Східний видавничий дім, 2004—2013.
3. Кольорова металургія України. / І.Ф. Червоний [і др.]. за ред І.Ф. Червоного Т. 1, ч. 1: монографія. – Запоріжжя: ЗДІА, 2014.- 380 с.
4. Нестер А.А. Монографія. Очистка стічних вод виробництва друкованих плат / А.А. Нестер. Видавництво Хмельницького національного університету, 2016. 219 с.
5. Вредные химические вещества: Неорганические соединения элементов I - IV групп: Справочник / В.А.Филов. под общей ред. В.А.Филова. - Л.: "Химия", Ленинградское отделение. - 1988. - 512 с.

<i>Т.Х. Нгуен, Ю.В. Конюхов, В.М. Нгуен</i> Регулирование дисперсности нанопорошков Fe, Co, Ni применением в ходе их синтеза поверхностно-активных веществ.....	464
<i>В.А. Небольсин, Н. Свайкат, Л.В. Ожогина</i> Синтез и характеристика нитевидных нанокристаллов кремния для фотовольтаики.....	468
<i>А.А. Нестер</i> Использование электрохимической технологии для извлечения меди из сточных вод.....	472
<i>А.А. Никитина, З.А. Михайловская, Е.С. Буянова</i> Синтез и исследования свойств шеелитоподобных соединений на основе молибдатов стронция и кальция допированных ванадием и висмутом.....	476
<i>А.А. Осипенко, А.В. Плющенко</i> Поверхностно сорбирующие органо-неорганические сорбенты со свойствами искусственных рецепторов для эфферентной терапии.....	479
<i>А.С. Панюта, И.С. Гаркушина, Л.Н. Боровикова, О.А. Писарев</i> Гранульные органо-неорганические Se-содержащие сорбенты, модифицированные борной кислотой.....	483
<i>Ю.В. Папина, А.Ю. Годымчук</i> Взаимодействие наночастиц ZnO с аминокислотной кислотой в широком диапазоне pH.....	487
<i>М.В. Пилипенко</i> Железо- и цинк-содержащие каталитические материалы из осадков станций обезжелезивания.....	491
<i>С.В. Плегунова, А.Ю. Годымчук, А.В. Куровский</i> Агрегация наночастиц в растворах гуминовых кислот.....	494
<i>А.О. Плотникова, Д.А. Шелехова</i> Кислотно-основные свойства 5,10,15,20-тетрафенил-21-оксо-порфирина и 5,10,15,20-тетрафенил-21-тиа-порфирина.....	498
<i>В.М. Подгорнов, В.С. Шабельский, Р.П. Лисицкая</i> Пьезокварцевые микровесы для определения легколетучих углеводородов в жидких топливах.....	501
<i>А.В. Поздин, Д.Д. Смирнова, Л.Н. Маскаева</i> Термодинамический анализ условий химического осаждения твердых растворов замещения в системе PbSe–CdSe.....	505
<i>М.Р. Содикова</i> Разработка и расширение ассортимента ингибиторов коррозии и их электрохимические исследования.....	509
<i>А.В. Солдатенко</i> Низкочастотный генератор электрических импульсов для ионно-плазменной модификации материалов в плазме импульсного тлеющего разряда.....	512
<i>Д. А. Сотников, В. В. Глушко, Д. О. Мезенцев, Э. С. Якупов</i> Получение пленок нитрида титана методом магнетронного распыления.....	515
<i>Д. А. Сотников, Е. Н. Галаганова, Д. О. Мезенцев, Э.С. Якупов</i> Модернизация магнетронной распылительной системы для увеличения чистоты наноразмерных покрытий.....	517
<i>В.Э. Суровая</i> Влияние термообработки на оптические свойства системы Ga – MoO <sub>3</sub> .....	519
<i>О.Е. Тарасенко, Э.Л. Сысоева, Р.И. Ташиязов, Е.В. Третьяченко, М.А. Викулова</i> Синтез голландитоподобных твердых растворов на основе сложных титанатов калия алюминия.....	523
<i>В.В. Ткач, М. В. Кушнир, Силвио С. Де Оливейра, Лусинда В. Дуж Рейш, Я. Г. Иванушко, П. И. Ягодинец, О. В. Луганская, Жолт А. Кормош</i> Электроокисление ацетальдегида в глиоксаль на модифицированных сквараиновых красителях. Теоретическое описание.....	526

Научное издание

**МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-  
ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ МОЛОДЫХ  
УЧЕНЫХ**

**ИННОВАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
И ТЕХНОЛОГИИ – 2020**

В авторской редакции  
Ответственный за выпуск *О.А. Алисиенок*  
Компьютерная верстка *М.А. Осипенко, О.А. Алисиенок*

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.