



**«Веснік Гродзенскага дзяржаўнага ўніверсітэта імя Янкі Купалы»
Серыя 6. Тэхніка»**

Заснавальнік – Установа адукацыі «Гродзенскі дзяржаўны ўніверсітэт імя Янкі Купалы».

Часопіс зарэгістраваны ў Міністэрстве інфармацыі Рэспублікі Беларусь.

Пасведчанне № 1463 ад 01.07.2011.

Навуковы, вытворча-практычны часопіс

Выдаецца з ліпеня 2011 года, выходзіць раз у паўгоддзе.

**“Vesnik Hrodzenskaha Dziarzhauhana Universiteta Imia Ianki Kupaly.
Seryia 6. Tekhnika”**

*“Часопіс уключае ў Пералік навуковых выданняў Рэспублікі Беларусь
для апублікавання вынікаў дысертацыйных даследаванняў,
а таксама*

ўваходзіць у навукаметрычную базу дадзеных «Расійскі індэкс навуковага цытавання»

Часопіс асвятляе пытанні фізікі кандэнсаванага стану (тэхнічныя навукі), матэрыялазнаўства і тэхналогіі матэрыялаў, трэння і зносу ў машынах, тэхналогіі і абсталявання механічнай і фізіка-тэхнічнай апрацоўкі, матэматычнага мадэлявання, лікавых метадаў і комплексаў праграм, парашковай металургіі і кампазіцыйных матэрыялаў, нанатэхналогіі і нанаматэрыялаў, тэхналогіі і перапрацоўкі палімераў і кампазітаў, працэсаў і апаратаў харчавых вытворчасцей, машын, аграгатаў і працэсаў, будаўнічых матэрыялаў і вырабаў, гісторыі навукі і тэхнікі. Публікуюцца таксама рэцэнзіі, артыкулы, прысвечаныя вядомым беларускім вучоным, хроніка навуковага жыцця ГрДУ імя Янкі Купалы, іншыя матэрыялы.

Артыкулы друкуюцца на беларускай, рускай, нямецкай і англійскай мовах.

Разлічаны на спецыялістаў і шырокае кола чытачоў.

Нашы падпісныя індэксы: для індывідуальных падпісчыкаў – 00680, для арганізацый – 006802.

Адрас рэдакцыі: вул. Ажэшкі, 22,
230023, г. Гродна, Рэспубліка Беларусь.
Тэл./Факс: 8(0152) 73-19-10.

Адрас для карэспандэнцыі: вул. Леніна, 4,
230025, г. Гродна, Рэспубліка Беларусь.
Тэл.: 8(0152) 77-21-47, +375 33 6893315,
e-mail: vesnik@grsu.by

Адрас вэб-сайта: <http://vesnik.grsu.by>

Рэдактар: К. М. Дараховіч. Карэктар: Т. В. Комар.
Падрыхтоўка арыгінал-макета: Т. А. Пахомава.

Падпісана да друку 13.11.018. Фармаг 70 × 108 ½ Папера афсетная. Рызаграфія.
Ум. друк. арк. 11,03. Ул.-выд. арк. 13,39. Тыраж 100 экз. Заказ 083.

Надрукавана на тэхніцы выдавецкага цэнтра
Установы адукацыі «Гродзенскі дзяржаўны ўніверсітэт імя Янкі Купалы».
ЛП № 02330/146 да 30.04.2019.
Зав. Тэлеграфны, 15а, 230023, г. Гродна. Тэл.: 8(0152) 72-12-96, e-mail: pko_izdat@grsu.by

Том 8, № 2, 2018

Змест

Матэрыялазнаўства і тэхналогія матэрыялаў

- Овчинников Е. В., Эйсымонт Е. И., Лиопо В. А., Чекан Н. М., Акула И. П., Ховатов П. А. (Гродно – Минск, Беларусь).**
Физико-механические характеристики вакуумных покрытий, обработанных при криогенной температуре.....6
- Нестер А. А. (Хмельницкий, Украина).** Медь со сточных вод.....17
- Лежава А. Г., Барсуков В. Г. (Гродно, Беларусь).** Оценка взаимосвязи контактных давлений с показателями прочности углеродистых сталей при определении твердости методами Бринелля и Майера.....23
- Мишкель Е. В., Скаскевич А. А., Воропаева Е. Т. (Гродно, Беларусь).**
Применение технической керамики для изготовления оснастки, используемой при пайке в высоком вакууме.....32

Матэматычныя мадэляванне, лікавыя метады і комплексы праграм

- Барсуков В. Г., Барсуков В. В., Крупич Б., Лежава А. Г. (Беларусь – Польша).**
Моделирование и прогнозная оценка взаимосвязи фрикционных и деформационных свойств компактируемых дисперсных материалов когезионного типа.....41
- Жарнова В. В., Жарнова О. А. (Гродно, Беларусь).**
Техническая обработка цифровых рентгенограмм и МРТ-изображений шейного отдела позвоночника в ортостатическом положении.....49
- Дубовик И. А., Бойкачэв П. В., Янцевич М. А. (Минск, Беларусь).**
Оптимальный синтез частотно-избирательных цепей по заданному критерию.....57

Нанатэхналогіі і нанаматэрыялы

- Лешиц С. Д., Шупан П. И., Линник Д. А. (Гродно, Беларусь).**
Размерные и спектральные характеристики продуктов импульсной лазерной абляции магнетита.....69
- Сергиенко И. Г., Зноско К. Ф., Тарковский В. В. (Гродно, Беларусь).**
Электроосаждение меди из электролитов, модифицированных наночастицами, полученными электроразрядным разрушением твердофазного материала в жидкости.....78

Тэхналогія і перапрацоўка палімераў і кампазітаў

- Лашкина Е. В. (Гомель, Беларусь).** Влияние функциональных наполнителей на физико-химические свойства инсектицидных полимерных пленок.....89

Машыны, агрэгаты і працэсы

- Козловский В. И., Вайтехович П. Е. (Минск, Беларусь).**
Определение границы разделения материала в динамическом сепараторе горизонтальной бисерной мельницы.....99
- Белаш В. Ч., Зноско К. Ф. (Гродно, Беларусь).** Интеллектуальная система освещения с микропроцессорным управлением.....107

Нашы юбіляры

- Николай Антонович Кравченя (к 80-летию со дня рождения).....119

УДК 628.3

А. А. Нестер

МЕДЬ СО СТОЧНЫХ ВОД

Объектом исследования является возможность использования меди со сточных вод для производства плат и гальваники. Рассмотрено современное состояние добычи медных руд и производства меди в Украине. Целью работы является изучение необходимости уменьшить влияние сточных вод на окружающую среду. Результатом работы стало предложение использовать выделенную медь в качестве сырья для промышленности. В основной части изложены аспекты добычи полезных ископаемых (меди) шахтным и открытым способами. Приведены данные по разведанным запасам медных руд в Украине и реальные потребности в меди для успешной работы промышленных предприятий. В качестве примера рассмотрено состояние с образованием шламов при работе линий травления печатных плат при нормальной работе на полную мощность. Так, при производительности линии травления $14 \text{ м}^2/\text{ч}$ количество шламов при месячной работе в одну смену составит приблизительно 2400–2500 кг. Это приводит к накоплению на территориях предприятий значительного количества опасных отходов, которые практически наносят вред грунтам, окружающей среде. Коротко изложены основные аспекты негативного влияния отходов производства плат и гальваники на окружающую среду. Приведены расчеты суммарного индекса опасности шлама при существующем положении сбережения шламов на территории предприятий. Во избежание накопления шламов на территории предприятий предложено использовать технологию регенерации отработанных растворов травления, при которой выделенный металл используется в качестве вторичного сырья для производства меди, а регенерируемый раствор повторно используется для травления печатных плат. Полученные результаты могут быть применены в производстве печатных плат для уменьшения влияния отходов производства на окружающую среду, а также получения дешевого сырья из сточных вод промышленных предприятий.

Ключевые слова: медь, основной аспект, сточные воды, печатные платы, регенерация, негативная сторона.

Введение. Сегодня едва ли не наибольшее негативное влияние на окружающую среду среди всех отраслей промышленности оказывает добыча полезных ископаемых. Деятельность предприятий добывающей отрасли является постоянным источником техногенной опасности возникновения аварий, которые нередко создают чрезвычайные ситуации и загрязняют естественную среду. При этих условиях особенный вес приобретает соблюдение предприятиями требований действующего законодательства и мер экологической безопасности [1].

Для добычи руды открытым способом необходимо выполнить вскрышные работы с перемещением большого количества почв и других пород. Так, например, если 20–25 лет тому назад предельный коэффициент вскрышных работ принимался в размере 2–4 $\text{м}^3/\text{т}$, то в настоящее время при разработке месторождений со скальными горными породами он достигает 5–10 $\text{м}^3/\text{т}$, а при разработке пологопадающих месторождений с мягкими покрывающими породами – 20–25 $\text{м}^3/\text{т}$. В настоящее время открытая разработка залежей полезных ископаемых может выполняться на глубине до 250 м. Эти большие массы, которые нужно переместить, уложить, свидетельствуют о значительных затратах труда и материальных затратах [2].

Природоохранная деятельность в сфере использования недр регламентируется среди других Горным законом Украины, который определяет такие основные требования к проведению горных работ: обеспечение безопасного проведения горных работ; рациональная добыча, использование полезных ископаемых и охрана недр [1].

Анализ патентной и научно-технической литературы показал, что вопросами выделения меди из отработанных водных растворов и ее применения для повторного использования вплотную не занимаются. Известны лишь работы, в которых анализируются случаи влияния отходов на естественную среду [2].

Основная часть. В Украине есть острая потребность в меди, которая используется очень широко в электротехнической промышленности и других отраслях. В то же время

Нестер Анатолий Антонович, канд. техн. наук, доц., доц. каф. охраны труда и безопасности жизнедеятельности Хмельницкого национального университета (Украина).

Адрес для корреспонденции: ул. Институтская, 11, 29016, г. Хмельницкий, Украина; e-mail: nesteranatol111@gmail.com

в Украине неизвестны разведанные месторождения медных руд. Перспективные и прогнозные ресурсы медных руд оценены: в Волынском регионе, на Донбассе и в Днепроовско-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 тыс. т, 20 % из которых обеспечиваются собственным медным утилем, а остальные потребности в виде черновой меди приходится завозить из соседних России и Польши [3].

Сложность и острота проблемы предопределены тем, что украинские потребители, которые остро нуждаются в меди, вынуждены закупать значительную ее часть за пределами Украины и из-за отсутствия иностранной валюты сокращать производство товаров. В то же время имеющиеся в Украине мощности для производства проката меди и ее сплавов не загружены, поскольку нет медного сырья, а значительная часть медеместимого утиля и отходов по различным причинам экспортируется, невзирая на то, что экспорт проката меди и ее сплавов значительно эффективнее, чем экспорт утиля и отходов меди. На каждой тонне экспортированного проката, кроме сохранения рабочих мест, можно получать до 1000 долларов США валютной выручки дополнительно, т.е. 30–40 млн долларов в год [3].

Технология производства цветных металлов имеет свои особенности. Она связана с низкой концентрацией цветных металлов в руде в сравнении с железной (в рудах цветных металлов – лишь несколько процентов), а также наличием в руде нескольких металлов. Например, для получения меди используют руды с содержанием основного металла в среднем 2–3 %. Перевозить их далеко нецелесообразно. Поэтому выплавка меди осуществляется вблизи мест добычи. Сначала медные руды обогащают и получают медный концентрат с содержанием металла 35 %. Потом происходит плавка и продувка в конверторе для получения черновой меди, последний этап – очищение от примесей (рафинирование). При применении специальной технологии из медной руды можно получить и некоторые другие цветные металлы [3].

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 [3].

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 м²/час будет изготовлено почти 28 000 м² заготовок, а количество выделенного металла (меди) составит приблизительно 14 т, что при цене 85 грн/кг составит 14 000 кг · 85 грн/кг = 1 190 000 грн. Или в долларовом эквиваленте \$44 000.

Этот металл может быть повторно применен при использовании рекомендаций и решений, предложенных в данной работе. Так, количество металла, которое будет стравливаться при возобновлении промышленного производства плат, может составить (при односменной работе и количестве линий в работе 350 шт.) 14 000 кг · 350 = 4 900 000 кг = 4900 т.

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 м²/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 лучшем для производства время вырабатывали приблизительно $4 \cdot 10^3$ м² плат, накопили на своей территории по 50–150 т и более отходов за год в виде шламов, которые сохраняются в ёмкостях, 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.

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. Поэтому в данное время во всем мире активно ведутся исследования и разработки техники и технологий для переработки и обезвреживания [1]. Проблема заключается в том, что доведение предложений до практической реализации в промышленности связано с многочисленными трудностями финансового, социального и технического характера.

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 [1].

Анализ шламов гальванопроизводств, производства печатных плат и шламов из шламонакопителей показал высокое содержание в них металлов [2; 3]. Под влиянием осадков, особенно кислотных дождей, происходит постепенное вторичное загрязнение окружающей среды этими отходами. Большая обводненность территории, рыхлые водопроницаемые почвы затрудняют выбор полигонов промышленных отходов и ограничивают их площади, создают условия для загрязнения ионами тяжелых металлов не только прилегающих к местам складирования почвенных покровов и поверхностных вод, но и подземных водных горизонтов [4]. В настоящее время во многих странах мира все еще используется метод обезвреживания токсичных отходов путем захоронения на специальных полигонах с применением защитных облицовочных материалов из глины, полиэтилена, поливинилхлорида и других относительно водостойких материалов. Экономичным методом захоронения осадков многих типов является химическая фиксация, которая осуществляется дозировкой в шлам специальных агентов типа силиката натрия, цемента. В результате этого токсичные вещества оказываются зафиксированными в твердой массе, но со временем может иметь место их вымывание.

Среди жидких отходов есть большая группа тяжелых металлов, которые широко применяются в различных промышленных производствах, и, невзирая на применяемые способы очистки, соединения тяжелых металлов проникают в промышленные сточные воды. Значительное количество этих соединений попадает в воду также через атмосферу.

Экологическая опасность тяжелых металлов заключается в том, что они активно поглощаются фитопланктоном, а после этого попадают человеку по пищевой цепи.

Наиболее распространенным способом добычи металлических руд (в том числе медных) является открытая разработка месторождений, с помощью которой из недр выбирается свыше 2/3 всех полезных ископаемых. Это относительно дешевый способ разработки, который позволяет применять мощное и высокопродуктивное оборудование. Однако при проведении открытых работ на многие десятилетия из хозяйственного обращения изымаются огромные площади сельскохозяйственных и лесных угодий. Для доступа к месторождению из поверхности придется вынимать, перемещать и укладывать в отвалы пустые породы, объем которых в несколько раз превышает объем добытого полезного ископаемого [3].

Второй по значению способ разработки месторождений – подземный, на часть которого приходится около 20 % добычи железа, до 45 % добычи меди, до 70 % цинка, до 75 % олова и свинца, 100 % вольфрама. Расходы на добычу руды при подземной разработке месторождений заметно больше, чем при открытом способе. Однако он ведется на месторождениях, которые экономически нецелесообразно или технически невозможно разрабатывать открытым способом.

В связи с первоочередным истощением легкодоступных запасов металлических руд глубина разработок постепенно растет, увеличивая себестоимость подземной добычи. Тенденция увеличения глубины разработок прослеживается во всем мире. В Канаде добычу руд, которые содержат золото, медь, никель, ведут на глубинах 1800–2600 м, в США меди и золота – на глубинах 1700–3000 м, в Индии золото достают из глубины 3500 м.

В Южноафриканской Республике разрабатывается самое глубокое в мире месторождение, где работы ведутся на глубине свыше 4000 м. Подземная разработка в ряде случаев позволяет полностью сохранить земную поверхность, что обеспечивает значительное преимущество перед открытыми горными работами [3].

В то же время часть необходимого медного сырья можно получить не из недр, а с помощью очистки сточных вод производства плат и гальваники. Как показали результаты исследований, удаленная из сточных вод медь отвечает требованиям, которые позволяют использовать ее в дальнейшем для переплавки или для металлизации подложек при соответствующих технологических процессах [4].

На сегодняшнее время наиболее распространены реагентные технологии исключения металлов из воды, которые не обеспечивают необходимую эффективность очистки воды для ее повторного использования, приводят к образованию и накоплению токсичных шламов, которые продолжают накапливаться на территориях как действующих предприятий прежнего СССР, так и заново образованных.

Нерешенным остается вопрос утилизации регенерационных растворов, которые образуются при применении ионообменных технологий и которые позволяют создавать замкнутые системы водопользования в гальванических производствах [4].

С учетом факта создания оборудования, которое представляется экологически безопасным и энергосберегающим, мы имеем возможность оценить, как обеспечиваются экономические показатели созданного на основе данного исследования оборудования. 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 будет проводиться на годовую программу производства заготовок. Себестоимость годового выпуска продукции по проектируемому варианту будет состоять из следующих элементов:

$$C_2 = (C_1 - C_m - C_e + K_3 \cdot E_n),$$

где C_1 – себестоимость по базовому варианту; C_m – стоимость выделенного металла; C_e – стоимость сэкономленной воды; K_3 – капитальные расходы на дополнительное оборудование; E_n – нормативный коэффициент сравнительной экономической эффективности. Расчет проведен из условия годовой программы работы оборудования.

Экономический эффект от внедрения нового оборудования стоимостью 450 000 грн составит 1 700 000 грн, или в долларовом эквиваленте это составит \$63 000. То есть внедрение новой технологии очистки сточных вод только одной установкой может принести больше 1 000 000 грн (\$37 000) 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, нагромождение 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 [5]. Индекс опасности отдельного химического вещества определяется по формуле

$$K_i = \frac{ПДК_i}{(S + C_o)_i},$$

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_o – 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	$ПДК_i$, мг/кг	$(S + C_o)_p$, мг/кг	K_i
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).

В случае неконтролируемого сброса отработанных травильных растворов производства плат и гальваники в окружающую естественную среду можно выделить следующие показатели опасности, которые характеризуют процесс:

1. Химическое загрязнение среды (воздух, водоемы, почва).
2. Повышенная заболеваемость населения, особенно молодого поколения, связанная с загрязнением окружающей естественной среды; а также возможность летальных случаев.
3. Разрушение жилья населения, а также производственных сооружений, имущества и домов.

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

Группа веществ	$ПДК_i$, мг/кг	$(S + C_o)_p$, 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.

К первой группе методов стоит отнести технологические и управленческие мероприятия. Их задание заключается в предупреждении и снижении загрязнения окружающей среды путем применения экологически безопасных реагентов, приготовления растворов, которые позволяют уменьшить токсичность отходов.

В технологические процессы производства плат и гальваники должны включаться мероприятия по уменьшению негативного влияния отходов производства плат и гальваники на окружающую среду, а отходы, которые могут появляться в процессе производства, должны здесь же перерабатываться на необходимые для промышленности, сельского хозяйства и населения товары.

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.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гірничий Закон України від 06.10.1999 р. № 1127-XIV [Электронный ресурс] // Відомості Верховної Ради України (ВВР). – 1999. – № 50. – Ст. 433. – 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 [та ін.]; за ред. В. С. Білецького. – Донецьк : Східний видавничий дім, 2004–2013.
3. Кольорова металургія України : монографія / І. Ф. Червоний [та ін.]; за ред. І. Ф. Червоного. – Запоріжжя : ЗДІА, 2014. – Т. 1, ч. 1. – 380 с.
4. Нестер, А. А. Очистка стічних вод виробництва друкованих плат : монографія / А. А. Нестер. – Хмельницький : Вид-во Хмельницького нац. ун-ту, 2016. – 219 с.
5. Вредные химические вещества: Неорганические соединения элементов I–IV групп : справочник / В. А. Филов ; под общ. ред. В. А. Филова. – Л. : Химия, Ленинградское отделение, 1988. – 512 с.

Поступила в редакцию 04.05.18.

“Vesnik of Yanka Kupala State University of Grodno. Series 6. Engineering Science”

Vol. 8, No. 2, 2018, pp. 17–22

© Yanka Kupala State University of Grodno, 2018

Copper recovered from wastewaters

A. A. Nester

Khmelnitsky National University (Ukraine)

Insnituskaya St., 11, 29016, Khmelnytsky, Ukraine; e-mail: nesteranatol111@gmail.com

Abstract. The object of research is the possibility of recovering copper from wastewaters in order to produce boards and electroplating equipment. Modern conditions for copper extraction and production in Ukraine are considered. The aim of research is to study the need to reduce the effects of wastewaters on the environment. The research findings imply using recovered copper as raw material in industry. In the main part, the aspects of minerals (copper) extraction by underground mining or open cast mining are described. The data on explored reserves of copper ores in Ukraine and the real needs for copper required for effective operation of industrial enterprises are presented. As an example, it is considered the process of forming slurries during the operation of etching lines of printed circuit boards during normal operation at full power. Thus, when etched lines operate at 14 m² per hour, the amount of slurries within monthly work in one shift will be approximately 2400–2500 kg. As a result, significant quantities of hazardous wastes are accumulated on the territory of enterprises, that is harmful to the soil and the environment. The main aspects of negative effects of the wastes from produced boards and electroplating equipment on the environment are outlined. The summary index calculations on the danger of slurry at present conditions of storing slurries on the territory of enterprises are presented. In order to avoid the accumulation of slurries on the territory of enterprises, it is proposed to apply the technology of regenerating spent etched solutions, so that the recovered metal may be used as secondary raw material for copper production, and the regenerated solution may be reused for etching printed circuit boards. The research findings can be implemented in the production of printed circuit boards in order to reduce the effects of production wastes on the environment and obtain cheap raw materials from industrial wastewaters.

Keywords: copper, main aspect, wastewaters, printed circuit boards, regeneration, negative side.

References

1. Mountain Law of Ukraine from 06.10.1999 No. 1217-XIV [*Hirnychiy Zakon Ukrainy vid 06.10.1999 r. № 1127-XIV*]. *Bulletin of the Verkhovna Rada of Ukraine (BVR)*, 1999, No. 50, art. 433 [Electronic resource].
2. Biletski V. S. [et al.]. Small mineral encyclopedia : in 3 vol. [*Mala hirnycha entsyklopediia : u 3 t.*]; Ed. V. S. Biletski. Donetsk, 2004-2013.
3. Chervony I. F. [et al.]. Color metallurgy of Ukraine [*Kol'orova metalurhiia Ukrainy : monohrafiia*]; Ed. I. F. Chervony. Zaporizhzhya, 2014, vol. 1, part 1, 380 p.
4. Nester A. A. Wastewater treatment of PCB production [*Ochystka stichnykh vod vyrobnytstva drukovanykh plat : monohrafiia*]. Khmelnytsky, 2016. 219 p.
5. Filov V. A. Harmful chemicals: inorganic compounds of elements of I-IV groups [*Vrednye khimicheskie veschestva: Neorganicheskie soedineniia elementov I-IV grupp : spravochnik*]; Ed. V. A. Filov. Leningrad, 1988, 512 p.