

**НАСЛІДКИ ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ ШЛАМАМИ ЦЕХІВ ДРУКОВАНИХ ПЛАТ ТА ГАЛЬВАНІКИ****А. А. Нестер**

Хмельницький національний університет,

вул. Інститутська 11, Хмельницький, 29016, Україна. E-mail: nesteranatol111@gmail.com

Стаття присвячена дослідженням стану території підприємства, яке виробляє друковані плати і володіє гальванічними цехами для забезпечення виробництва. Коротко викладені основні аспекти негативного впливу відходів виробництва плат і гальваніки на навколишнє середовище. Як приклад розглядається стан з утворенням шламів при роботі ліній травлення друкованих плат при нормальній роботі на повну потужність. Так при продуктивності лінії травлення 12 м<sup>2</sup>/год кількість шламів при місячній роботі в одну зміну складе приблизно 2200 кг. Це приводить до накопичення на територіях підприємств значних кількостей небезпечних відходів, які практично шкодять ґрунтам, навколишньому середовищу. Щоб уникнути накопичення шламів на території підприємств пропонується використовувати технологію регенерації відпрацьованих розчинів травлення, при якій виділений метал використовується як вторинна сировина для виробництва міді, а регенований розчин повторно використовується для травлення друкованих плат. Проведено розрахунки та виконано прогноз забруднення ґрунтів шламами друкованих плат і гальваніки названих виробництв, що дозволяє намічати шляхи для підвищення екологічної безпеки території підприємств виробництва плат і гальваніки.

**Ключові слова:** утилізація, регенерація, травильні розчини, екологічна небезпека, шлами, друковані плати, прогноз.

**ПОСЛЕДСТВИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГРУНТОВ ШЛАМАМИ ЦЕХОВ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ И ГАЛЬВАНИКИ****А. А. Нестер**

Хмельницький національний університет,

ул. Институтская 11, Хмельницкий, 29016, Украина. E-mail: nesteranatol111@gmail.com

Статья посвящена исследованиям состояния территорий предприятия производящего печатные платы и обладающего гальваническими цехами для обеспечения производства. Кратко изложены основные аспекты негативного влияния отходов производства плат и гальваники на окружающую среду. В качестве примера рассматривается состояние с образованием шламов при работе линий травления печатных плат при нормальной работе на полную мощность. Так при производительности линии травления 12 м<sup>2</sup>/ч количество шламов при месячной работе в одну смену составит приблизительно 2200 кг. Это приводит к накоплению на территориях предприятий значительных количеств опасных отходов, которые практически наносят вред ґрунтам, окружающей среде. Чтобы избежать накопления шламов на территории предприятий предлагается использовать технологию регенерации отработанных растворов травления, при которой выделен металл используется как вторичное сырье для производства меди, а регенерированный раствор повторно используется для травления печатных плат. Проведены расчеты и выполнен прогноз загрязнения ґрунтов шламами печатных плат и гальваники названных производств, что позволяет намечать пути для повышения экологической безопасности территорий предприятий производства плат и гальваники.

**Ключевые слова:** утилізація, регенерація, травильні розчини, екологічна небезпека, шлами, печатні плати, масоперенос, прогноз

**АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ.** Навколишнє середовище вважається безпечним, коли його стан відповідає встановленим у законодавстві критеріям, стандартам, лімітам і нормативам, які стосуються його чистоти (не забруднення), ресурсовмісткості (не втоми), екологічної стійкості, санітарним вимогам, здатності задовольняти інтереси громадян.

Проблема утилізації відходів промислового і побутового походження набуває в даний час все більш гострий характер у зв'язку з тим, що обсяги генерування відходів постійно зростають, тоді як темпи їх переробки незрівнянно малі. В результаті до теперішнього часу накопичені сотні мільйонів тонн різних твердих відходів, які необхідно переробляти і знешкоджувати. Масштаби щорічного

продукування і накопичення твердих відходів вимагають створення потужних переробних установок продуктивністю, яка вимірюється мільйонами тонн в рік з їх промисловим освоєнням. Це доцільно здійснювати на базі вже наявних проектів освоєних передовими країнами. Специфіка твердих відходів виробництва полягає в тому, що в малих кількостях вони не роблять помітного впливу на навколишнє середовище, а в великих скупченнях стають екологічним лихом. Тому в даний час в усьому світі активно ведуться дослідження та розробки техніки і технологій для переробки та знешкодження [1]. Проблема полягає в тому, що доведення пропозицій до практичної реалізації в

**Оцінка та прогнозування техногенного впливу на довкілля**

промисловості пов'язано з численними труднощами фінансового, соціального і технічного характеру.

Аналіз шламів гальвановиробництва, виробництва друкованих плат і шламів з шламонакопичувачів показав високий вміст в них металів [2-3]. Під впливом опадів, особливо кислотних дощів, відбувається поступове вторинне забруднення навколишнього середовища цими відходами. Велика обводненість території, пухкі водопроникні ґрунти ускладнюють вибір полігонів промислових відходів і обмежують їх площі, створюють умови для забруднення іонами важких металів не тільки прилеглих до місць складування ґрунтових покривів і поверхневих вод, а й підземних водних горизонтів [4]. В даний час в багатьох країнах світу все ще використовується метод знешкодження токсичних відходів шляхом захоронення на спеціальних полігонах з застосуванням захисних облицювальних матеріалів з глини, поліетилену, полівінілхлориду та інших відносно водостійких матеріалів. Економічним методом поховання опадів багатьох типів є хімічна фіксація, яка здійснюється дозуванням в шлам спеціальних агентів типу силікату натрію, цементу. В результаті цього токсичні речовини виявляються зафіксованими в твердій масі, але з часом може мати місце їх вимивання.

Серед рідких відходів є велика група важких металів, які широко застосовуються в різних промислових виробництвах, і, незважаючи на застосовувані способи очищення, сполуки важких металів проникають в промислові стічні води. Значна кількість цих сполук потрапляє у воду також через атмосферу.

Екологічна небезпека важких металів полягає в тому, що вони активно поглинаються фітопланктоном, а після цього потрапляють людині по харчовому ланцюгу. Свою частку в погіршення екологічного стану навколишнього середовища вносять підприємства, які використовують процеси виготовлення друкованих плат для забезпечення роботи сучасної електронної техніки. До таких підприємств належать виробництва: побутової; військової; автомобільної; космодромної техніки; техніки космічних апаратів, радіо і телебачення.

Характеризуючи стічні води виробництв друкованих плат, необхідно відзначити наступні фактори впливу металів, присутніх в цих водах, на здоров'я людини.

Мідь широко використовується у виробництві друкованих плат, будучи активним провідником. Головне джерело надходження міді в природне середовище в такому виробництві-стічні води операцій травлення міді для забезпечення рисунка, промивні води, шлами. Мідь є одним з незамінних елементів для організму людини. У деяких випадках дефіцит міді за симптомами подібний до хронічної інтоксикації. Сполуки міді володіють мутагенними властивостями.

При інтоксикації сполуками міді вражаються печінка, легені, розвивається гіпертонія, можливі розвиток алергії і розлади нервової системи. Мідь

малотоксична для людини і не має кумулятивних властивостей. Швидкість поглинання, утримання і вивід міді не призводять до підвищеного її вмісту в організмі. Але при хворобах, які викликають порушення цього механізму, тривала абсорбція міді може викликати захворювання-цироз печінки. Є відомості в медичній літературі про вплив міді на метаболізм штучно вигодовуваних новонароджених. Зафіксовані гострі отруєння людей в разі вживання міді з питною водою міді в дозах 0,14 мг/кг і вище [5].

Слабка токсичність міді пояснюється її проміжним положенням між м'якими і сильними кислотами за характером утворення зв'язків. Однак мідь гостротоксична для більшості прісних безхребетних. Тому ГДК питної води (за європейським стандартом-0,05, США та СНД - 1,0, ВООЗ - 2,0 мг/л) вища, ніж рибогосподарська величина ГДК - 0,01 мг/л. Сполуки міді з шламів при їх зберіганні можуть потрапляти в ґрунти на місцях зберігання. *Метою цієї роботи* є прогнозування прогнозу забруднення ґрунтів і порід на території складування шламів виробництва плат та гальваніки.

**МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.**

Для прикладу розглянемо стан з утворенням шламів при роботі ліній травлення друкованих плат. При продуктивності лінії травлення 12 м<sup>2</sup>/год кількість шламів за 8 год роботи досягне величини приблизно 100 кг, що при місячній роботі в одну зміну складе 2100-2200 кг.

Сучасні підприємства, які в кращий для виробництва час, виробляли приблизно 4•10<sup>3</sup> м<sup>2</sup> плат, накопичили на своїй території по 30-50 тонн і більше відходів за рік у вигляді шламів, які зберігаються в ємностях, поліетиленових мішках і потрапляють під дію атмосферних опадів. У процесі дії на них атмосферних опадів солі вимиваються і переходять в ґрунт, поверхневі води, забруднюючи навколишнє середовище і підвищуючи рівень екологічної небезпеки.

Щоб уникнути накопичення шламів на території підприємств пропонується використовувати технологію регенерації відпрацьованих розчинів травлення, при якій виділений метал використовується як вторинна сировина для виробництва міді, а регенований розчин повторно використовується для травлення друкованих плат.

Прогноз забруднення ґрунтів і порід на території складування шламів (до впровадження запропонованих рішень) пропонується виконати на основі положень викладених нижче.

При зберіганні солей від травлення плат і гальваніки ґрунти, на яких можуть лежати солі, засолюються і це призводить до негативних явищ. З огляду на викладене вище, нами виконано прогноз засолення ґрунтів і порід зони аерації на техногенно порушеній території на різні терміни. Солі від поверхні землі рухаються в нижче лежачі горизонти зони аерації за законами молекулярної дифузії. Відповідно до теорії фізико-хімічної гідродинаміки пористих середовищ цей процес можна описати

**Оцінка та прогнозування техногенного впливу на довкілля**

рівнянням руху і збереження маси речовини в похідних для вертикального масопереносу:

$$D_m \frac{d^2C}{dx^2} = n \frac{dC}{dt}, \quad (1)$$

де,  $D_m$ -коефіцієнт молекулярної дифузії, м<sup>2</sup>/доб;  $C$  -засоленість порід,% щільності сухого ґрунту;  $n$ -об'ємна вологість, частки одиниці;  $x$ -просторова координата, м;  $t$ -годинникова координата, доба

Аналітичне рішення рівняння (1) для завдання в такій постановці має вигляд:

$$Cx = (Cn - Co) \operatorname{erfc} \frac{x}{2\sqrt{\frac{D_m t}{n}}}, \quad (2)$$

де,  $Cx$ - прогнозна величина засоленості на глибині  $x_m$  від поверхні землі,%;

$Cn$ -засоленість на поверхні (насипний пласт солей),%;

$Co$ -засоленість ґрунту до початку складування,%;

$x$ -відстань розрахункових точок від початку координат, тобто від поверхні землі, м;  $t$ -термін прогнозного розрахунку, доба;

$\operatorname{erfc}$ -табульований експоненціальна функція;

$n$ -об'ємна вологість, частки од.

Схема області солепереносу представлена на рис.1 Рух солей здійснюється тільки по поровому простору. Пори займають 0,4 одиниці об'єму породи, тому максимальне значення  $Cn$ -складе 40 % на кордоні 1 роду-поверхні землі. У нашому випадку ми вибираємо для розрахунку розрахункові точки через 0,5 м до рівня ґрунтових вод.



Рисунок 1 – Схема області солепереносу

Для розуміння процесу визначимося з величинами засоленості: при наявності солей менше 0,3 % ґрунти вважаються засоленими, 0,3...0,5 % - ґрунти слабо засолені. Всі ґрунти утримують певну кількість солей. Засоленість вимірюється у відсотках сухого ґрунту.

Коли на поверхні ґрунту лежить сіль, це відповідає граничній умові першого роду. Для прогнозного розрахунку прийняті наступні вихідні дані:

$Co$  -засоленість ґрунту до початку складування складе 0,2 %;

$Dm$ -коефіцієнт молекулярної дифузії,  $(1-9) \cdot 10^{-5}$  м<sup>2</sup>/добу. При розрахунках рухомих солей значення приймають максимальними, тобто величиною  $9 \cdot 10^{-5} = 0,00009$  м<sup>2</sup>/доба;

$x$ -відстань розрахункових точок від початку координат, тобто від поверхні землі відстань складе 0,5 м;

$t$ -термін прогнозного розрахунку пропонується взяти рівним 1 рік (365 діб).

Підставляючи в формулу 2 вибрані величини отримаємо значення:

$$Cx = (Cn - Co) \operatorname{erfc} \frac{x}{2\sqrt{\frac{D_m t}{n}}} = (100\% - 0,2\%) \operatorname{erfc} \bullet$$

$$\bullet \frac{0,5}{2\sqrt{\frac{1 \cdot 10^{-5} \cdot 1 \cdot 365}{0,23}}} = 99,8 \operatorname{erfc} 1,98 = 99,8 \cdot 0,005 = 0,499$$

Для прогнозного розрахунку початок координат вибрано на поверхні землі, відстань між розрахунковими точками  $\Delta x = 0,5$  м, засоленість  $Co = 0,2\%$ ,  $Cn = 40,0\%$ ,  $n = 0,23$ ,  $Dm = 1 \cdot 10^{-5}$  м<sup>2</sup>/доба

Величина обумовлена розрахунком показує, що через 1 рік після відсипання солей верхній півметровий шар зони аерації перейде в категорію слабо і середньо засолених. У наступні роки вміст солей буде збільшуватися в часі і по глибині. Через 10 років сольовий профіль буде виглядати, як показано на рис.2. При такому вмісті солей повна відсутність будь-яких живих організмів і рослин гарантовано на довгі роки і після ліквідації складу.

**ВИСНОВКИ.** Основним результатом даної роботи є вдосконалення методу визначення наслідків забруднення ґрунтів шламами цехів друкованих плат та гальваніки. Для практичної реалізації проведених досліджень та їх висновків потрібна широка компанія роз'яснень на підприємствах, учбових закладах, які готують спеціалістів для роботи у визначених галузях, повноцінне інформування громадськості про стан та збереження відходів на територіях підприємств особливо тих, де йде виготовлення друкованих плат та існує гальванічне виробництво.

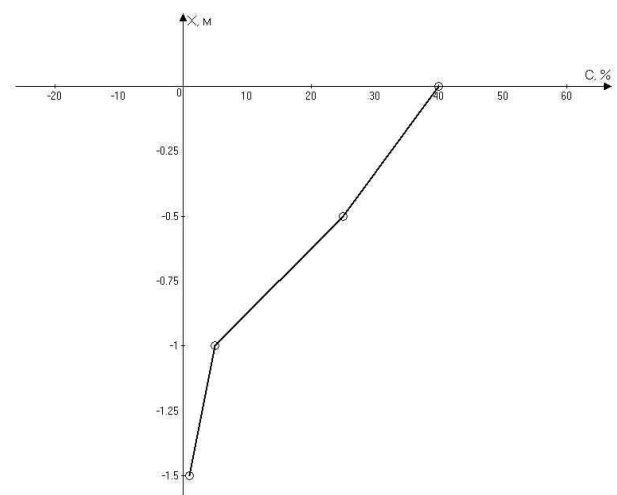


Рисунок 2 – Сольовий профіль через 10 років складування солей

Стаття дозволяє зрозуміти згубність зберігання шламів на території підприємства та дає напрямок робіт для розвитку технологій переробки та повторного використання травильних розчинів в процесі травлення друкованих плат

**Оцінка та прогнозування техногенного впливу на довкілля**

Підводячи підсумок викладеного матеріалу можна констатувати, що технологічні рішення, запропоновані в роботі, дозволять не допускати зберігання на території підприємств небезпечних шламів, що в свою чергу призведе до покращення екологічної ситуації.

**ЛІТЕРАТУРА**

1. Сотрудничество для решения проблемы отходов // Материалы III Международной конференции.-Харьков, 2006. 251 с  
 2. Найденко, В. В. Очистка и утилизация промстоков гальванических производств / В. В.Найденко, Л. Н. Губанов; Нижегород. гос.

архитектур.-строит. ун-т. - Н.Новгород: ДЕКОМ, 1999. – 368 с.

3. Аблеева И.Ю., Оценка риска от аварийных ситуаций при бурении нефтяных скважин / И.Ю. Аблеева, Л.Д. Пляцук. Сборник тезисов докладов III Международной научно-практической конференции С. 198-201

4. Инженерная защита окружающей среды: Очистка вод. Утилизация отходов / Под ред. Ю.А.Бирмана, Н.Г.Вурдовой. - М.: Изд-во АСВ, 2002. – 296 с.

5. Богдановский Г.А. Химическая экология: Учебное пособие / Г. А. Богдановский Москва: Изд-во МГУ, 1994. 237 с.

**CONSEQUENCES OF SOIL CONTAMINATION WITH SLURRIES FROM SHOPS PRODUCING PRINTED CIRCUIT BOARDS AND ELECTROPLATING**

**A. Nester**

Khmelnytsky National University

vul. Institutskaya 11, Khmelnytsky, 29016, Ukraine. E-mail: nesteranatol111@gmail.com

**Purpose.** The task of the article is to carry out a forecast of soil contamination with slurries of printed circuit boards and electroplating. This allows to improve the ecological safety of territories of enterprises producing boards and electroplating. **Methodology.** The article uses mathematical methods of calculation according to the theory of porous media physicochemical hydrodynamics. This process is described by the equation of movement and conservation of mass of matter in vertical shifts. **Results.** The main result of the given work is to improve the method for determining consequences of soil contamination by sludge from PCB and electroplating producing shops. **Originality.** To avoid the accumulation of sludge in the territory of enterprises we propose to use the technology of spent etching solution regeneration where the selected metal is used as secondary raw materials for copper production and recovered solution is reused for etching printed circuit boards. This way almost no sludge is generated, or their quantity is negligible. **Practical value.** The article helps to understand the harmfulness of sludge storage in the enterprise and shows the working method to develop recycling technologies and reuse etching solution during etching PCB. *References 5, tables 1, figures 1.*

**Key words:** electroplating, ecological, negligible, mathematical methods

**REFERENCES**

1. Sotrudnichestvo dlya resheniya problemy othodov [Cooperation to solve the problem of waste] // Materialy III Mezhdunarodnoy konferentsii.-Kharkov, 2006. 251 s  
 2. Naydenko, V. V. and Gubanov, L. N. Ochistka i utilizatsiya promstokov galvanicheskikh proizvodstv [Cleaning and recycling of industrial electrochemical plants waste] / Nizhegor. gos. arhitektur.-stroit. un-t. - N.Novgorod: DEKOM, 1999. – 368 s.  
 3. Ableeva, I.Yu. and Plyatsuk, L.D. Otsenka riska ot avariynyih situatsiy pri burenii neftyanyh skvazhin [Assessment of risk from emergency situations during

oil wells drilling] / Sbornik tezisov докладов III Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii S. 198-201

4. Inzhenernaya zaschita okruzhayushey sredy: Ochistka vod. Utilizatsiya othodov [Engineering protection of the environment: Water purification. Recycling] / Pod red. Birmana ,Yu.A., Vurdovoy, N.G.. - М.: Изд-во ASV, 2002. – 296 s.

5. Bogdanovskiy, G.A. Himicheskaya ekologiya: Uchebnoe posobie [Chemical ecology: Textbook] / G. A. Bogdanovskiy Moskva: Изд-во МГУ, 1994. 237 s.