

УДК 502.3

Придолоба А.В., магістрант

Нестер А.А., к.т.н., доцент

Кафедра будівництва та цивільної безпеки
Хмельницький національний університет**БЕЗПЕКА ТЕРИТОРІЙ ПІДПРИЄМСТВ ГАЛЬВАНІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА**

Статтю присвячено дослідженням наслідків виникнення ситуацій, пов'язаних з зберіганням відходів (шламів) на території підприємства, так і безпосередньо в процесі проведення технологічних процесів, для оцінювання небезпеки для здоров'я та життя людини. Проблема утилізації відходів промислового й побутового походження набуває в наш час усе більш гострого характеру у зв'язку з тим, що обсяги генерування відходів постійно зростають, тоді як темпи їхнього перероблення незрівнянно малі. У результаті до теперішнього часу накопичено сотні мільйонів тон різних твердих відходів, які необхідно переробляти й знешкоджувати. Масштаби щорічного продукування й нагромадження твердих відходів вимагають створення потужних переробних установок продуктивністю, вимірюваної мільйонами тонн у рік з їх промисловим освоєнням. Навколишнє середовище вважається безпечним, коли його стан відповідає встановленим у законодавстві критеріям, стандартам, лімітам і нормативам, які стосуються чистоти (не забруднення), не виснаженості, екологічній стійкості, санітарним вимогам, здатності задовольняти інтереси громадян. Рівень забруднення навколишнього середовища в районах розташування цехів виробництва плат, гальванічних і фарбувальних цехів, які є найбільшими джерелами екологічної небезпеки, належать до числа основних забруднювачів.

Питання оцінювання та управління ризиком в різних галузях виробництва України та передових держав набули актуальності та значущості сьогодні через широке використання хімічних елементів, недосконалість процесів знешкодження, утилізації відходів.

Метою роботи є оцінювання рівня небезпеки для здоров'я та життя людини внаслідок виникнення ситуацій, пов'язаних з гальванічними процесами та зберіганням відходів (шламів) на території підприємства.

Аварійні ситуації, що супроводжуються порушенням цілісності місць зберігання і призводять до попадання гальванічного шламу в довкілля, підвищують ризик для здоров'я людини. Отримані данні вказують на необхідність прийняття комплексу рішень щодо відвертання виникнення надзвичайних ситуацій, а також мінімізацію їх наслідків. Подальші дослідження повинні бути направлені на пошук альтернатив зберігання шламів на територіях підприємств, на перероблення відходів з видаленням цінних компонентів та повторним використанням розчинів у технологічних процесах.

Ключові слова: індекс безпеки, виробництво плат, утилізація відходів, екологічна безпека

The article is dedicated to the research of the consequences of emergencies related to the storage of waste (sludge) on the territory of the enterprise, as well as directly in the process of carrying out technological processes for the estimation of danger to health and human life. The problem of industrial and household waste recycling is becoming more serious problem nowadays taking into consideration constantly increasing volume of waste generation, while the rate of its processing is incomparably small. As a result, hundreds of millions of tons of various solid wastes must be recycled and disposed.

The scale of annual production and accumulation of solid waste requires the creation of powerful processing plants with a capacity of millions tons per year with their industrial development. The environment is considered to be safe when its condition meets legislated criteria, standards,

limits and standards established by legislation concerning cleanliness (not pollution), not exhaustion, environmental sustainability, sanitary requirements, ability to satisfy the interests of citizens. The level of environmental pollution in the areas of production of plates, galvanizing and painting plants, which are the greatest sources of environmental hazard, belongs to main pollutants.

The question of risk estimation and management in different production branches of Ukraine and leading countries nowadays became urgent and significant because of repeated use of chemical elements, imperfection of disinfection and utilization processes.

The work objective lies in estimation of hazard level to human health and life consequent on occurring emergencies, connected with galvanizing processes and waste conservation (sludge) on the territory of the enterprise.

Emergencies, accompanied by storage area dismemberment and lead to galvanic sludge insertion into the environment, increasing risk for human health. Obtained level of carcinogenic risk and hazard index indicate on the necessity of carrying complex of resolutions concerning prevention of emergencies and minimizing their consequences. Following researches should be directed to search of alternatives of sludge storing on the territories of enterprises, to wastes utilization with separation of valued components and recurrent use of solutions in technological processes.

Keywords: hazard index, plate production, waste recycling, environmental safety

Вступ. 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.

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

З великого обсягу промислових викидів, що потрапляють у навколишнє середовище, на машинобудування припадає лише незначна його частина - 1-2%. У цей обсяг входять і викиди підприємств зайнятих випуском електронної продукції, окремих підприємств, що є значною складовою частиною машинобудівного комплексу. Рівень забруднення навколишнього середовища в районах гальванічних і фарбувальних цехів які є найбільшими джерелами екологічної небезпеки, належать до числа основних забруднювачів. Тому машинобудівний комплекс в цілому є потенційним забруднювачем навколишнього середовища: повітряного простору, поверхневих водних джерел, ґрунту [2].

Однак на машинобудівних підприємствах є основні цехи, що забезпечують технологічні процеси виробництва з дуже високим рівнем забруднення навколишнього середовища. До них відносяться: процеси, які використовують процеси спалювання палива; серед яких сушка деталей та виробів після покриття в сушильних приміщеннях з використанням в якості палива природного газу, ливарне виробництво. Загальний техногенний прес на Україну можна побачити в представленій таблиці [1].

Таблиця 1 – Техногенний прес на Україну

Параметри	Викиди забруднюючих речовин в атмосферу, тис.т				
	*2014 р	*2015 р	*2016 р	*2017 р	*2018 р
	5346	4521	4498,1	3974,1	3866,7
Водопостачання та водовідведення в Україні, млн. м ³					
Забрано води	11505	9699	9907	9224	11296
Скиди води	6354	5334	5612	4921	5210
в т.ч. забруднених	923	875	698	997	952
Утворення відходів, тис. т					
Всіх відходів	355000,4	312267,6	295870	366054	352333,9
в т.ч. відходи І-ІІІ класів небезпеки	739,7	587,3	621,0	605,3	627,4
Накопичення відходів	12205388	12505915	1239392	12442168	12972428,5
Примітка. * Інформація за 2014 - 2018 рр наведена без врахування тимчасово окупованих територій Автономної Республіки Крим і міста Севастополя та частини зони проведення антитерористичної операції					

Кількість відходів, як видно з таблиці, є значною і вимагає конкретних рішень по його зменшенню за рахунок утилізації, повторного використання.

Матеріал та результати досліджень. У світовій практиці накопичено значний досвід з питань запобігання несприятливого впливу токсичних промислових відходів на навколишнє середовище. Серед таких заходів належать їх захоронення на полігонах, а також використання в якості вторинної сировини в народному господарстві, зокрема, в будівельній індустрії. Поховання певних видів відходів на полігонах є невигідним в економічному сенсі через заняття сільськогосподарських угідь, а також спорудження дорогих спеціальних полігонів.

Поховання відходів небезпечно і з точки зору охорони навколишнього середовища, оскільки відходи, будучи продуктами з токсичними властивостями і нестабільного хімічного характеру, можуть мігрувати у повітряне середовище або ж у формі різноманітних розчинних сполук переходити в ґрунтові води, а потім асимілюватися в рослинах і потрапляти в корм тварин і в їжу людям. Більш перспективним є шлях утилізації ряду відходів у будівництво, а також їх використання в якості напівпродуктів у промисловості [3].

В даний час близько 25 % вироблених в нашій країні хімічних відходів використовується повторно. У багатьох країнах світу накопичено досвід з рециркуляції металів, які містяться у відходах, до яких, зокрема, відносяться і відходи гальванічних виробництв. Наприклад, у ФРН повторне використання заліза досягає 38 %, олово – 34 % і цинку – 33 %; в США - міді – 43 %, у Великобританії - свинцю – 60 % і алюмінію – 33 % [2].

Однак, слід зазначити, що процеси рециркуляції металів з відходів економічно вигідні в тих випадках, коли їх концентрація досить висока, а технологія рециркуляції малоенергоємна. Гальванічні відходи, як правило, містять відносно невисокі концентрації кольорових цінних металів. Крім того, форма їх перебування у складі гальванічних відходів і близькість їх хімічних властивостей вимагають розуміння спеціальних хімічних методів виділення. Тому рециркуляція металів з гальванічних відходів є економічно не вигідним заходом. Єдиним, перспективним, які мають розвиток в інших країнах способом утилізації гальванічних відходів, є їх застосування в якості добавок у різних будівельних матеріалах [3].

Найбільшою небезпекою для навколишнього середовища володіють рухливі форми хімічних сполук, які визначають ступінь токсичності й шкідливості шлаків-відходів

виробництва плат та гальваніки. Речовини, що входять до складу відходів, можуть впливати на цитогенетичні характеристики ґрунтів, води та екосистеми [2]. Повна оцінка інтенсивності забруднення ґрунтів передбачає аналіз спільної дії факторів впливу при накопиченні та обліку міграційної здатності забруднюючих речовин. Основні напрямки впливу реагентів на ґрунт: фітотоксична дія аніонів, пряма фітотоксична дія водонерозчинних реагентів, зміни в складі поглинального комплексу ґрунту й руйнування структури ґрунту.

У місцях розміщення відходів існує сформована структура техногенних літохімічних ареалів, що проявляється в різному вмісті важких металів: цинку, нікелю, заліза й міді, залежно від особливостей технологічних процесів. На відстані до 0,3 км від місць розміщення шламів можливе перевищення фонові концентрації цинку (в мг/кг сухого ґрунту), нікелю (в мг/кг сухого ґрунту) і міді (в мг/кг сухого ґрунту) у ґрунті, що приводить до забруднення ґрунтів, вод, погіршення якості життя населення. Найбільшим недоліком процесу нейтралізації є утворення шламів та практика складування їх у шламонакопичувачі. Істотний вплив на здоров'я людей має компонентний склад шламу.

Аналіз шламів гальвановиробництва, виробництва друкованих плат і шламів з шламонакопичувачів показав високий вміст в них металів [2-3]. 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]. При продуктивності лінії 12 м²/год кількість шламів за 8 год роботи досягне величини більше 96 кг, що при місячній однозмінній роботі складе 2100-2150 кг.

Сучасні підприємства, які в кращий для виробництва час, виробляли приблизно 4·10³ м² плат, накопичили на своїй території по 1500-3000 тон відходів за рік в вигляді солей, які зберігаються в ємкостях, поліетиленових мішках та попадають під дію атмосферних осадів [5]. В процесі дії на них атмосферних осадів солі вимиваються та переходять в ґрунти, поверхневі води, забруднюючи навколишнє середовище та підвищуючи рівень екологічної небезпеки. Окремі підприємства шукають шляхи утилізації накопичених відходів, але через фінансові та технічні труднощі реальних успіхів не мають [6].

При оцінці небезпеки для навколишнього середовища шламу-відходів виробництва плат та гальваніки враховують міграційну здатність хімічних речовин у поверхневі й підземні води, нагромадження в ґрунті й рослинах, що виражають через розчинність хімічних сполук у воді. Токсичність відходів характеризується гранично допустимою концентрацією (ГДК) речовин у ґрунті і їхньому вмісті в загальній масі шламу. Індекс небезпеки окремої хімічної речовини визначається за формулою:

$$K_i = \frac{ГДК_i}{(S + C_{\epsilon})_i} \quad (1)$$

де, K_i -індекс небезпеки;

$ГДК_i$ - гранично допустима концентрація в ґрунті небезпечної хімічної речовини, що утримується у відходах, мг/кг ґрунту;

S - коефіцієнт розчинності хімічної речовини у воді;

C_{ϵ} - вміст хімічної речовини в загальній масі відходів, мг/кг;

i - порядковий номер даної речовини

За результатами проведеного в умовах реального виробництва друкованих плат та гальваніки на спектрометрі ElvaX Light SDD рентгенофлуоресцентного аналізу амонійноацетатної витяжки досліджуваного шламу підприємства з рН 4,5 серед рухливих форм важких металів були виявлені хром, залізо, нікель, мідь і цинк. Для визначення кількісного вмісту даних сполук у шламі виробництва плат та гальваніки використовувався атомно-абсорбційний спектрофотометр С115-М1.

Коефіцієнти розчинності у воді небезпечних хімічних речовин, які утримуються

у відходах виробництва плат та гальваніки, знаходили за довідковим даними, а значення гранично допустимих концентрацій їх у ґрунті - відповідно до нормативного документа (ГН 2.1.7. 2041 - 06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. Гигиенические нормативы).

Сумарний індекс небезпеки визначали за формулою:

$$K = \frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^n K_i \quad (2)$$

де n – кількість небезпечних хімічних речовин, які утримуються в шламі підприємства виробництва плат та гальваніки.

Вихідні дані для розрахунку сумарного індексу небезпеки шламу виробництва плат та гальваніки одного з підприємств м. Хмельницького (до впровадження пропозицій) представлені в таблиці 1.

Для покращення екологічної ситуації та в напрямку розвитку сучасних технологій на підприємстві була впроваджена технологія відновлення травильних розчинів, основою якої стала регенерація розчину з виділенням міді в вигляді металу, що може використовуватись в якості вторинної сировини. А травильний розчин з відновленими характеристиками направляється для подальшого використання в технологічному процесі.

Таблиця 2 – Результати розрахунку сумарного індексу небезпеки шламу виробництва плат та гальваніки

Група речовин	ПДК _i , мг/кг	(S + C _B) _i , мг/кг	K _i	K
Сполуки заліза	2,3	135,82	0,018	0,012<2
		70,5	0,034	
Сполуки міді	3	73,98	0,045	
		21,15	0,148	
Сполуки нікелю	4	63,82	0,065	
		37,58	0,108	
Сполуки хрому	6	33,95	0,175	
		63,22	0,098	
Сполуки цинку	23	357,15	0,065	
		54,25	0,418	

Після впровадження вказаних пропозицій по видаленню міді з травильного розчину та подальшому його використанню для операцій травлення різко падає кількість сполук міді, що виділялась у вигляді шламів (після впровадження в середньому менше 1 кг шламів в день).

Таблиця 3 – Результати розрахунку сумарного індексу небезпеки шламу виробництва плат та гальваніки після впровадження міроприємств видалення міді з травильного розчину

Група речовин	ПДК _i , мг/кг	(S + C _B) _i , мг/кг	K _i	K
Сполуки хрому	6	33,95	0,175	0,061<2
		63,22	0,098	
Сполуки заліза	2,3	135,82	0,018	
		70,5	0,034	
Сполуки міді	3	0,01	0,0	
		0,03	0,0	
Сполуки нікелю	4	63,82	0,065	
		37,58	0,108	
Сполуки цинку	23	357,15	0,065	
		54,25	0,418	

Кількість виділених шламів, що буде створюватись на очисних спорудах підприємства досягне мінімальних значень, величину яких можна обрахувати з таких положень:

- розчин буде працювати без змін 2-3 місяці і при заміні буде злито біля 300 літрів відпрацьованого розчину

- розчин утримує 25-30 кг міді, що менш 0,5 кг/добу, а в масі шламів складе 1 кг, що при загальній кількості шламів може не прийматись в розрахунок.

Проведений розрахунок показав зростання сумарного індексу небезпеки про що свідчить приведений нижче розрахунок. При цьому всі інші сполуки в шламах осталися в тих же кількостях, що знаходились в шламах до впровадження нового технологічного процесу травлення плат.

Проблема підвищення екологічної безпеки територій, які піддаються техногенному навантаженню в процесі виробництва плат та гальваніки, вимагає комплексного підходу для її вирішення, що полягає як у превентивному, так і в комплексі запобіжних ліквідаційних мір.

До першої групи методів варто віднести технологічні й управлінські заходи. Їх завдання полягає в попередженні й зниженні забруднення навколишнього середовища шляхом застосування екологічно безпечних реагентів, готування розчинів, які дозволяють зменшити токсичність відходів. В технологічні процеси виробництва плат та гальваніки повинні включатися заходи щодо зменшення негативного впливу відходів виробництва плат та гальваніки на навколишнє середовище, а відходи, які можуть з'являтися в процесі виробництва повинні тут же перероблятися на необхідні для промисловості, сільського господарства та населення товари.

Тобто підприємствами повинні розроблятися комплекси заходів щодо обігу з відходами, серед яких можуть бути найбільш екологічно безпечними і економічно ефективними використання шламів з одержанням будівельних матеріалів, удобрення сільськогосподарських угідь під суворим контролем відповідних екологічних служб підприємств та державних органів.

У випадку неконтрольованого скиду відпрацьованих травильних розчинів виробництва плат та гальваніки у навколишнє природне середовище можна виділити наступні показники небезпеки, які характеризують процес:

1. Хімічне забруднення середовища (повітря, водойми, ґрунт).

2. Підвищена захворюваність населення, особливо молодого покоління, пов'язана із забрудненням навколишнього природного середовища; а також можливість летальних випадків.

3. Руїнування житла населення, а також виробничих споруд, майна та будинків.

Висновки. Підводячи підсумок визначеному, можна рекомендувати на етапі визначення показників екологічної небезпеки технологічних процесів, обладнання, використовуваних матеріалів, реагентів додержуватися наступного порядку (алгоритму):

- визначення показників небезпеки (потенційно небезпечні матеріали, реагенти, відходи, стічні води);

- визначення можливих видів ризику;

- визначення хімічного складу шламів, матеріалів, реагентів та негативного впливу цих речовин на довкілля, здоров'я людини;

- визначення екологічного ризику, що може бути викликаний технологічними процесами.

Задачею подальших досліджень є оцінювання технологічних процесів з точки зору екологічної безпеки, тобто якісна оцінка екологічного ризику та визначення ступеня небезпеки технологічних процесів.

Список використаної літератури

1. Нестер, А.А., Очистка стічних вод виробництва друкованих плат. *Монографія*. - Видавництво Хмельницького національного університету. 2016 219 с.
2. Нестер, А.А. Евграшкіна, Г.П. Прогноз загрязнения машиностроительного предприятия шламами при производстве плат и гальваники. *Известия Тульского государственного университета. Технические науки*. 2017. Выпуск 6, С.193-200.
3. Сотрудничество для решения проблемы отходов. *Материалы III Международной конференции*. Харьков, 2006. 251 с
4. Найденко, В.В., Губанов, Л.Н. Очистка и утилизация промстоков гальванических производств. *Нижегор. гос. архитектур.-строит. ун-т*. Н.Новгород: ДЕКОМ, 1999. 368 с.
5. Инженерная защита окружающей среды: Очистка вод. Утилизация отходов.. Под ред. Ю.А.Бирмана, Н.Г.Вурдовой. Москва. *Изд-во АСВ*, 2002. 296 с.
6. Богдановский, Г.А. Химическая экология: Учебное пособие Москва: *Изд-во МГУ*, 1994. 237 с.