



Матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції  
«Екологія. Людина. Суспільство» (5 червня 2024 р., м. Київ, Україна)

Handbook of the XXIV International Science Conference  
«Ecology. Human. Society» (June 5, 2024, Kyiv, Ukraine)

ISSN (Online) 2710-3315

<https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.303733>

## ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РЕГЕНЕРАЦІЇ РОЗЧИНІВ ТРАВЛЕННЯ З МЕТОЮ ОТРИМАННЯ ОСАДУ ЗАДАНОГО СКЛАДУ ДЛЯ УТИЛІЗАЦІЇ

Микола ЯЦКОВ<sup>1,2</sup>, Наталія КОРЧИК<sup>1</sup>, Надія БУДЕНКОВА<sup>1</sup>, Оксана МИСІНА<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Національний університет водного господарства та природокористування

вул. Соборна, 11, м. Рівне, 33028, Україна

<sup>2</sup>ВСП «Рівненський технічний фаховий коледж НУВГП»

вул. Вишиванка, 35, м. Рівне, 33028, Україна

e-mail: [o.i.mysina@nuwm.edu.ua](mailto:o.i.mysina@nuwm.edu.ua)

### Анотація

Представлені результати досліджень щодо можливості отримання осадів заданого складу та зменшення витрат хімічних реагентів у порівнянні з традиційними схемами очищення. Показано систематизацію елементів технологічної схеми, що передбачає очищення концентрованих стічних вод ділянки травлення в комбінованих системах з отриманням осадів заданого складу і є основою для реалізації ресурсозберігаючої технології. Встановлені параметри стану ( $pH=3-4$ ,  $Eh=+0,3-+0,33$  В і  $rH_2=16,3-19,38$  В) та технологічні параметри (ступінь вилучення феруму  $\psi=0,8$ , витрата реагенту (від стехіометричної норми)  $V=0,8$ ). Такі параметри забезпечують належні умови окиснення органічних сполук та їх співосадження з нерозчинними гідроксисполуками феруму (максимальний ступінь вилучення органічних домішок складає 86 %). В результаті досліджень очищення концентрованих ферумовмісних стічних вод отриманий осад, готовий для подальшої утилізації шляхом переробки. Цей осад за складом відповідає природному мінералу лімоніту  $FeO(OH)$  ( $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$ ) і утворюється при значеннях  $pH$  від 3,5 до 7,5 із значенням  $rH_2$  від 26 В до 21 В та при технологічних параметрах регенерації  $pH=4,0-4,6$ ;  $rH_2=23,34-32,25$  В.

**Ключові слова:** розчини травлення, регенерація, параметри, осад заданого складу.

Гальванічні та інші висококонцентровані металовмісні відходи під дією зовнішніх фізико-хімічних факторів переходять у розчинні форми і проникають у ґрунти та дренажні води, забруднюючи навколишнє природне середовище [1]. У більшості країн висококонцентровані металовмісні відходи у формі осадів підлягають захороненню на території підприємства чи на спеціальних полігонах після їх підготовчої обробки для транспортування [2]. Система попередньої підготовки до транспортування вимагає ряду додаткового технологічного обладнання для ущільнення, зневоднення, сушіння осадів тощо. Процес є багатостадійним та потребує додаткових витрат на реагенти.

Відомо, що в найбільш поширених технологіях очищення концентрованих стічних вод ділянки травлення від йонів феруму немає характеристики отриманих осадів та їх складу. При цьому всі рекомендації для отримання осадів носять лише загальний характер та не враховують основні технологічні параметри для одержання осадів заданого складу і необхідних властивостей. У процесі хімічного осадження йонів важких металів із стічних вод

## Матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції «Екологія. Людина. Суспільство» (5 червня 2024 р., м. Київ, Україна)

гальванічного виробництва, утворюються осади, хімічний склад яких залежить від співвідношення реагентів, тобто надлишку чи їх стехіометричної кількості. Донині рекомендують розраховувати витрату реагентів за стехіометричною нормою з використанням на практиці їх надлишку. Але осад часто складається не лише із нерозчинного гідроксиду металу, а із комплексних основних солей та надлишку реагенту. Отже, на основі аналізу літературних джерел можна зробити висновки, що не дослідженими залишаються технологічні параметри регенерації концентрованих розчинів травлення для одержання осадів рекомендованого складу.

Таким чином, актуальним є вирішення проблеми отримання осадів заданого складу та зниження витрат хімічних реагентів при очищенні концентрованих стічних вод ділянки травлення в комбінованих системах.

Об'єктом дослідження були модельні розчини, відпрацьовані сульфатнокислі та хлориднокислі розчини травлення, знежирення сталей підприємства ТзОВ «Завод метизних виробів» (Україна). Модельні розчини містять йони феруму із концентрацією від 0,02 моль/л до 0,7 моль/л та кислоти сульфатну і хлоридну з концентрацією від 5,5 моль/л до 2 моль/л відповідно. Ці модельні розчини є аналогами технологічних висококонцентрованих розчинів та стічних вод ділянки травлення. Дослідження термодинамічної стійкості сполук феруму в умовах хімічного осадження, кінетичних параметрів очищення та основних технологічних параметрів отримання осадів заданого складу проводили у лабораторних умовах. Показники окисно-відновної рівноваги за показником  $rH_2$  та дослідження складу розчинів травлення лужним реагентом проводили у дослідно-промислових умовах. Кислотно-основні та окисно-відновні властивості концентрованих стічних вод ділянки травлення та умови їх обробки з метою очищення, регенерації, утилізації, вивчали методами потенціометричного титрування та хімічного осадження в реакторі періодичної дії при інтенсивному перемішуванні реагуючих речовин. Кількісні дослідження на вміст йонів феруму проводили у лабораторних умовах методом фотометричного визначення з сульфосаліциловою кислотою. Потенціометричне титрування проводили у лабораторних умовах на потенціометрі марки ЕВ 74 та у промислово-дослідних умовах з використанням портативного рН-метра рН 602 (Україна).

**Таблиця 1.** Показники окисно-відновної рівноваги процесу регенерації розчинів травлення

Витрата 20% NaOH, мл	pH	Eh без H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , В	Eh з H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , мВ
125	0	–	–
250	0,35	0,500	–
300	0,7	–	0,500
325	2,4	–	0,720
350	4,4	–0,110	0,680
400	4,6	–	0,410
450	4,9	–	–
550	5,3	–0,120	–
650	9	–0,460	0,110

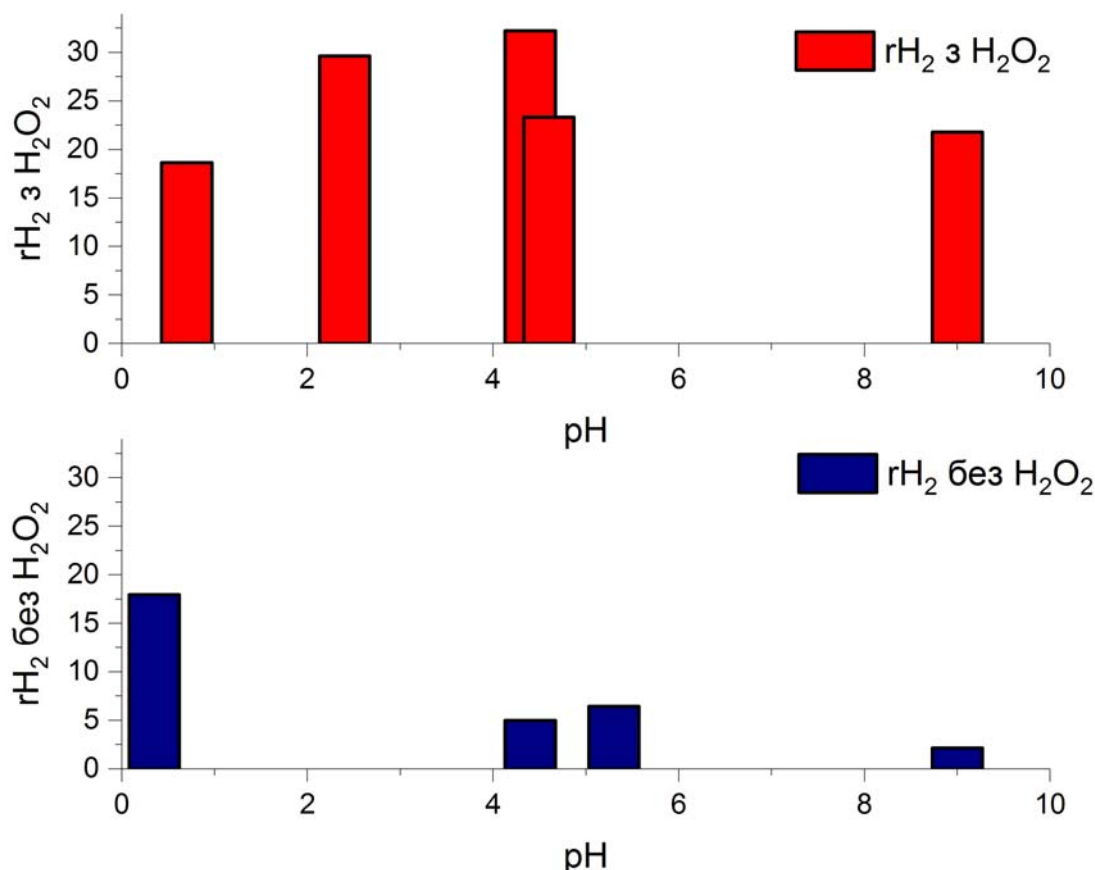


Рис. 1. Вплив гідроген пероксиду на окисно-відновну рівновагу в процесі регенерації розчину травлення

На підставі проведених раніше досліджень, які апробовані в публікаціях [3, 4–6] та в промислових умовах систематизовані елементи технологічної схеми, що передбачає очищення концентрованих стічних вод ділянки травлення в комбінованих системах з отриманням осадів заданого складу. В роботі проведені дослідження з визначення основних кінетичних та термодинамічних параметрів хімічного осадження, а саме: рН, Eh, ступінь перетворення (вилучення), швидкість (в інтервалі рН від –1 до 10,2). Для визначення умов максимального вилучення йонів феруму(III) та прогнозування основного складу осаду крім рН досліджувалася окисно-відновна рівновага за показником  $rH_2$  (таблиця 1, рисунок 1).

Відповідно до отриманих даних, можна зробити висновки, що дані умови регенерації розчинів травлення (рН=4,0–4,6;  $rH_2=23,34–32,25$  В) дозволяють отримати осад рекомендованого складу для утилізації, який відповідає природному мінералу лімоніту  $FeO \cdot nH_2O$  ( $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$ ).

У таблиці 2 представлені елементи технологічної схеми регенерації розчинів травлення з отриманням осаду готового для подальшої утилізації шляхом переробки.

**Таблиця 2.** Елементи технологічної схеми регенерації розчинів травлення з отриманням осаду готового для подальшої утилізації шляхом переробки

№	Тип установки	Типовий процес	Функція елемента (тип будови)	Графічне зображення
1	Реактор для перетворення в системі «рідина–осад»	Хімічний	Утворення конденсаційних осадів (шламів) при очистці стічних вод.	
2	Реактор для розділення	Гідромеханічний (фільтрування)	Розділення суспензії та зневоднення осаду	
3	Реактор для окислення в системі рідина–рідина	Хімічний	Відбувається дозування хімічного реагенту HCl	

Для створення технологічної схеми отримання осаду для утилізації рекомендовано направляти на локальні цикли регенерації у кількості 50 % від загального об'єму розчину травлення. Регенерація розчинів від операцій травлення здійснюється способом оброблення лужним реагентом та гідроген пероксидом в кислотно-окисному середовищі з метою осадження йонів феруму у формі гідроксосполук [5]. Схематично цей процес можна представити наступним чином:

- окиснення йонів феруму(II) до йонів феруму(III), що досягається при застосуванні гідроген пероксиду;
- утворення нерозчинних гідроксосполук  $Fe^{3+}$  при додаванні лужного реагенту до  $pH=4$  [3, 5].

В результаті досліджень встановлені технологічні параметри регенерації розчинів травлення ( $pH=4,0-4,6$ ;  $U_{H_2}=23,34-32,25$  В), що дозволяють отримати осад рекомендованого складу для утилізації, який відповідає природному мінералу лімоніту  $FeOOH$  ( $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$ ).

### Література

1. Plyatsuk, L. and Melnik, A. (2008). Analysis of electroplating wastewater treatment in Ukraine. Transactions of Sumy State University, 2, 116–120.

2. Rajoria, S., Vashishtha, M., Sangal, V.K. Treatment of electroplating industry wastewater: a review on the various techniques. *Environ Sci Pollut Res* 29, 72196–72246 (2022). <https://doi.org/10.1007/s11356-022-18643-y>

3. Yatskov, M., Korchyk, N., Mysina, O., Budenkova, N. (2021). Creation of a combined system for treatment of iron-containing wastewater from etching operations. *Technology Audit and Production Reserves*, 6/3 (62), 21–26. DOI:<https://doi.org/10.15587/2706-5448.2021.247550>

4. Яцков, М. В., Корчик, Н. М., Пророк, О. А. (2023). Дослідження параметрів хімічного осадження феруму з рідких відходів з метою отримання осадів заданого складу і властивостей. *Вісник НУВГП. Технічні науки : зб. наук. праць. Рівне : НУВГП, 2(102), 94–107.* <https://doi.org/10.31713/vt220239>

5. Yatskov, M., Korchyk, N., Mysina, O., Budenkova, N. (2021). Improvement of the technological treatment scheme of iron-containing wastewater from etching operations. *EUREKA: Life Sciences*, (3), 21–28. DOI: <https://doi.org/10.21303/2504-5695.2021.001883>

6. Yatskov, M., Korchyk, N., Budenkova, N., Mysina, O. Development of a resource-saving technology for the treatment of ferrum-containing wastewater from etching operations. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2022. Vol.6, № 10(120). 16–26. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.267949>

**DETERMINATION OF THE REGENERATION PARAMETERS OF DIGESTION SOLUTIONS  
WITH THE PURPOSE OF OBTAINING SEDIMENT  
OF A SPECIFIED COMPOSITION FOR DISPOSAL**

**Mykola YATSKOV**

National University of Water and Environmental Engineering,  
Separated structural subdivision Rivne Technical Professional College  
of The National University of Water and Environmental Engineering, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0002-6231-6583>

**Nataliia KORCHYK**

National University of Water and Environmental Engineering , Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0003-4919-6510>

**Nadiia BUDENKOVA**

National University of Water and Environmental Engineering , Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0003-2176-3405>

**Oksana MYSINA**

National University of Water and Environmental Engineering , Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0003-2556-0947>

**DOI: <https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.303733>**

**Keywords:** *etching solutions, regeneration, parameters, sediment of a given composition.*

**Abstract**

The results of research on the possibility of obtaining sediments of a given composition and reducing the consumption of chemical reagents in comparison with traditional cleaning schemes are presented. Treatment of concentrated wastewater of the etching area in combined systems with obtaining sediments of a given composition and is the basis for the implementation of resource-saving technology. The parameters of the state ( $\text{pH}=3\text{--}4$ ,  $E_h=+0.3\text{--}+0.33$  V and  $rH_2=16.3\text{--}19.38$  V) and technological parameters (degree of ferrum extraction  $\psi=0.8$ , reagent consumption (from the stoichiometric norm)  $B=0.8$ ). Such parameters provide the proper conditions for the oxidation of organic compounds and their co-precipitation with insoluble hydroxocompounds of ferrum (the maximum degree of extraction of organic impurities is 86%). As a result of studies on the treatment of concentrated ferrum-containing wastewater, the obtained sludge is ready for further utilization by processing. The composition of this sediment corresponds to the natural mineral limonite  $\text{FeOOH}$  ( $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ) and is formed at pH values from 3.5 to 7.5 with an  $rH_2$  value from 26 V to 21 V and at technological regeneration parameters of  $\text{pH}=4.0\text{--}4.6$ ;  $rH_2=23,34\text{--}32,25$  B.