


Міністерство освіти і науки України
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Факультет механічний
Кафедра метрології та безпеки життєдіяльності

ДИПЛОМНА РОБОТА
бакалавра

РОЗРОБЛЕННЯ МЕТОДИКИ ВИМІРЮВАННЯ ПОКАЗНИКІВ АДСОРБЦІЇ
ОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН

Завідувач кафедри: канд. техн. наук, доцент  О. І. Богатов

Нормоконтролер: канд. техн. наук  М. В. Москаленко

Керівник: канд. техн. наук, доцент  І. В. Грайворонська

Студент гр. ММ-41-19  Г. О. Звягін

Харків-2023

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Факультет Механічний

Кафедра: Метрології та безпеки життєдіяльності

Освітньо-кваліфікаційний рівень: бакалавр

Галузь знань: 15 «Автоматизація та приладобудування»

Спеціальність: 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри метрології та БЖД



О. І. Богатов

«31» березня 2023 р.

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Звягіну Георгію Олександровичу

1. Тема роботи: «Розроблення методики вимірювання показників адсорбції органічних речовин»

Керівник роботи: Грайворонська Інна Валеріївна, к.т.н., доцент.
затвержені наказом вищого навчального закладу від «31» березня 2023 року № 31.



2. Строк подання студентом роботи «11» червня 2023 р.

3. Вихідні дані до роботи: звіт з переддипломної практики.

4. Перелік питань, які потрібно розробити: 1) Дослідження сорбційних властивостей шлаків. 2) Розроблення методики вимірювання сорбційних показників металургійних шлаків. 3) Розроблення методики вимірювання показників адсорбції шлаковим сорбентом. 4) Охорона праці при роботі з контрольно-вимірювальними приладами. 5) Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): не передбачено

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
4 Охорона праці	Кравцов М. М., доцент кафедри МБЖД	 22.05.2023	 29.05.2023

7. Дата видачі завдання «03» квітня 2023 р.**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**


№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Дослідження сорбційних властивостей шлаків	03.04.2023	
2	Розроблення методики вимірювання сорбційних показників металургійних шлаків	24.04.2023	
3	Розроблення методики вимірювання показників адсорбції шлаковим сорбентом	08.05.2023	
4	Охорона праці при роботі з контрольно-вимірювальними приладами	22.05.2023	
5	Висновки	29.05.2023	
6	Оформлення та подання роботи	11.06.2023	

Студент


 (підпис)
Звягін Г. О.

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)


 (підпис)
Грайворонська І. В.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Дипломна робота: 48 сторінок, 14 рисунків, 5 таблиць, 7 джерел, 1 додаток.
АДСОРБЦІЯ, ВИМІРЮВАННЯ, МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ,
МЕТАЛУРГІЙНІ ШЛАКИ, МЕТОДИКА, СОРБЕНТИ.

Об'єкт дослідження – розроблення методики вимірювання показників адсорбції органічних речовин, що дозволяє за кількісними показниками описати процес адсорбції, прогнозувати перспективи застосування шлаків в сорбційних технологіях та визначення методів дослідження щодо необхідності вивчення мінералогічного, складу шлаків, будови їх поверхні, властивостей, що стосуються радіоактивності та сорбції.

Методи дослідження: рентгенофазовий, гамма-спектрометричний, спектрофотометричний, електронно-зондовий мікроаналіз та розрахункові.

Завдання дослідження: визначення сорбційних характеристик металургійних шлаків, вимірювання їх показників адсорбції та розроблення методики вимірювання показників адсорбції органічних речовин.

Розроблено метод, який використовує математичне моделювання для вимірювання показників адсорбції шлаковим сорбентом, заснованим на діопсиді, що дозволяє кількісним способом описати процес адсорбції, прогнозувати перспективи застосування шлаків в сорбційних технологіях і протікання сорбційної очистки промислових стічних вод в реалістичних умовах в широкому інтервалі параметрів процесу. Для математичного моделювання процесу адсорбції було використано програмний комплекс MATLAB і його Toolbox (математичний пакет), який містить набір спеціалізованих математичних функцій.

Розроблена методика досліджень властивостей металургійних шлаків має на меті скоротити час проведення досліджень, забезпечити більш ефективно й повне вивчення сорбційних властивостей відходів, визначити перспективи використання шлаків у сорбційних технологіях очищення промислових стічних вод, а також зберегти матеріальні ресурси при проведенні досліджень та подальшому використанні адсорбентів техногенного походження.

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1 Дослідження сорбційних властивостей шлаків	8
1.1 Активація шлаку ПФНК виробництва сплавів FeNi.....	9
1.2 Активація шлаку НЗФ виробництва сплавів FeSiMn	13
1.3 Активація гранульованого шлаку ВАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг».....	15
1.4 Процеси вилуговування в рідку фазу компонентів шлаків та десорбції поглинених сорбатів	15
2 Розробка методики вимірювання сорбційних показників металургійних шлаків	19
3 Розробка методики вимірювання показників адсорбції шлаковим сорбентом ...	25
3.1 Вплив співвідношення «сорбат : шлак» і часу на адсорбцію МС	26
3.2 Вплив рН розчину сорбату і часу на протікання адсорбції МС	29
4 Охорона праці при роботі з контрольно-вимірювальними приладами.....	32
Висновки	39
Перелік посилань.....	40
Додаток А Ілюстративний матеріал до дипломної роботи.....	41

ВСТУП

Вимірювання фізичних величин зазвичай здійснюється шляхом проведення експерименту та використання спеціальних технічних засобів для обчислень. В залежності від типу вимірюваних величин, необхідної точності, умов експерименту та потрібної інформації використовуються різноманітні засоби вимірювальної техніки, які генерують сигнали вимірювальної інформації. Будь-яка фізична величина, що підлягає вимірюванню, перетворюється засобами вимірювання на відповідний сигнал, який спостерігач може сприймати безпосередньо на шкалі приладу або, після перетворення та обробки, передається через засоби зв'язку у вигляді сигналу іншої фізичної величини. Наприклад, вимірювання температури, тиску та густини супроводжуються перетворенням вимірюваної величини на сигнал (електричний, пневматичний, механічний), який за допомогою засобів відображення видає значення вимірюваної величини на шкалі приладу.

Вимірювання є одним із головних джерел отримання кількісної інформації про досліджувані об'єкти різного характеру та походження.

Проблеми, пов'язані з безпекою життєдіяльності, мають широкий спектр і потребують комплексного підходу для їх вирішення. У поточний момент особливо важливим є покращення екологічної ситуації в районах, де накопичуються металургійні шлаки, та забезпечення екологічної безпеки шляхом зменшення обсягів стоків при використанні металургійних шлаків у технологіях очищення [1, 2].

Особливо важливим є використання цінних компонентів, які містяться в металургійних шлаках [3]. На сучасному рівні технологій, ці відходи мають велику ресурсну цінність, оцінювану приблизно в 120 - 150 мільйонів тонн щорічно, що представляє значний резерв та може стати основою для заміни критичних імпортованих компонентів України. Ці відходи утворюють техногенні родовища, які, за різними оцінками, можуть бути використані для промислового

освоєння. Для визначення ресурсної цінності шлакових відходів необхідно вивчати основні властивості екологічно небезпечних відвалів підприємств [4].

Для досягнення поставлених цілей застосовували комплекс сучасних методів, як теоретичних, так і експериментальних досліджень.

Мінералогічний склад техногенної сировини був встановлений шляхом проведення рентгенофазового і петрографічного аналізу. Для вивчення елементного складу і морфології поверхні частинок шлаків був використаний метод електронно-зондового мікроаналізу на скануючому електронному мікроскопі. Показники радіаційної активності шлаків були встановлені за допомогою гамма-спектрометрії. Характер та стан поверхневих функціональних груп шлакових частинок були визначені за допомогою ІЧ-спектрофотометрії. Адсорбційні властивості зразків були вивчені за допомогою спектрофотометрії, хроматографії, флуориметрії та методом вимірювання загального вмісту вуглецю. Вимивання власних компонентів шлаку у розчині та процеси десорбції поглинених сорбатів були досліджені за допомогою капілярного електрофорезу.

Впровадження екологічно-ефективних технологій сприяє активізації заходів з охорони довкілля, зокрема, виявленням потенціалу та цінності металургійних шлаків (ТОВ Побужський феронікелевий комбінат (ПФНК), ПАТ Нікопольський завод феросплавів (НЗФ) та ВАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»)), аргументацією доцільності їх утилізації як технічних матеріалів та сорбентів для очищення промислових стічних вод.

1 ДОСЛІДЖЕННЯ СОРБЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ШЛАКІВ

Сорбційні властивості шлаків оцінені в режимі статичних і динамічних умов шляхом зміни концентрацій поглинаючих речовин (сорбатів) у розчині.

Проведено дослідження сорбційних властивостей шлаків щодо органічних речовин за допомогою спектрофотометричного методу з використанням приладу SPEKOL 11. Дослідження проводилися для дистильованої води при двох різних довжинах хвилі - λ дорівнює 620 нм та 500 нм - залежно від забарвлення розчину. У якості сорбатів використовувалися метиленовий синій (МС), Конго червоний (КК) та метилвіолет (МВ). При довжині хвилі $\lambda = 620$ нм вимірювали оптичну щільність (D) розчинів МС (синього забарвлення) та МВ (фіолетового забарвлення). При довжині хвилі $\lambda = 500$ нм вимірювали D розчинів КК (червоного забарвлення). Концентрації органічних сполук визначалися за допомогою калібрувальної кривої, побудованої на основі залежності D розчинів від їх концентрації. Границя основної похибки становила 5 %. Величину адсорбції шлаку (a) розраховували за використанням наступної формули:

$$a = \frac{(C_1 - C_2) \cdot V}{m}, \text{ мг / г}, \quad (1.1)$$

де C_1 та C_2 – відповідно концентрації сорбату до та після сорбції, мг/дм³;

V – об'єм розчину, дм³;

m – маса сорбенту, г.

Методом капілярного електрофорезу, що базується на розділенні компонентів складної суміші в кварцовому капілярі під впливом електричного поля, проводилося визначення концентрацій катіонів та аніонів у водній фазі. Для цих досліджень використовувався прилад під назвою «Капель-104Т».

1.1 Активація шлаку ПФНК виробництва сплавів FeNi

Шлак перед проведенням сорбції піддали попередній обробці, витримуючи його протягом 24 годин у воді, кислотних або лужних розчинах NaOH за різних температурних умов. Сорбцію проводили в статичних умовах. Відношення «шлак: розчин МС» становило 5 г до 100 см³ ($C_{МС} = 0,01$ г/дм³). Тривалість сорбції тривала 3 доби, що було достатньо для досягнення обмінної рівноваги між органічною речовиною та неорганічним сорбентом. Результати експерименту можна знайти в таблиці 1.1.

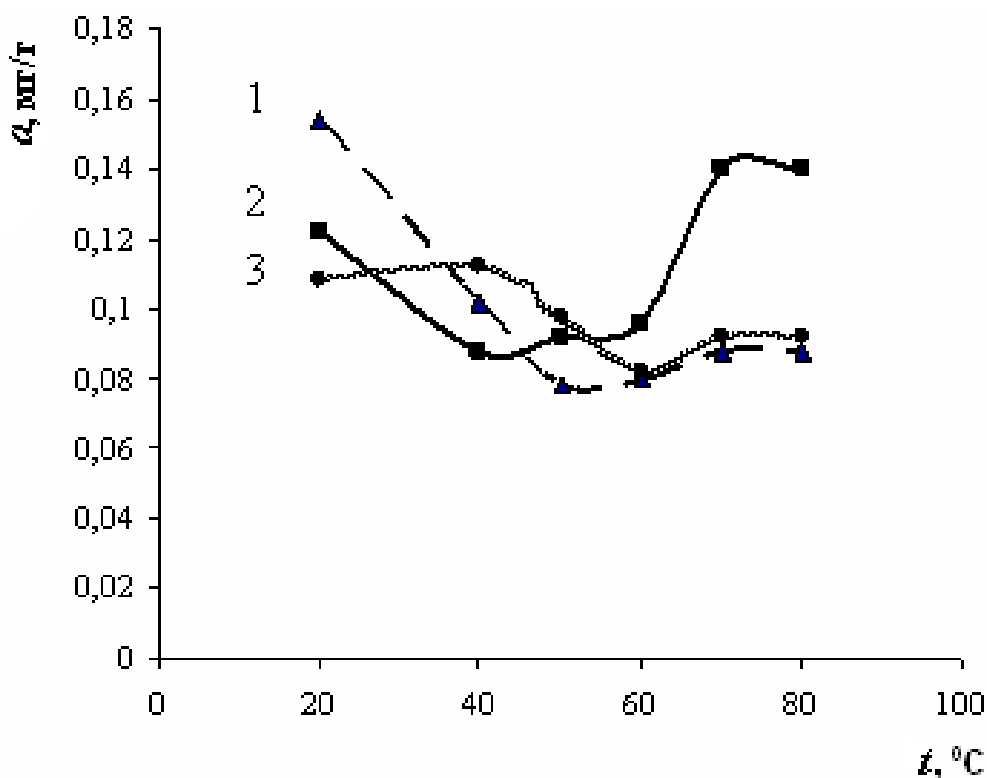
Таблиця 1.1 – Зміна величини адсорбції МС шлаком ПФНК при його кислотній та лужній активації. Початкова концентрація МС $C = 0,01$ г/дм³

Попередня активація в розчині	t °С	Масова концентрація МС після сорбції, г/дм ³	Ефективність вилучення МС з розчину, %	a шлаку, мг/г
1 моль/л HCl	20	0,0028	72	0,144
1 моль/л HNO ₃	20	0,0028	72	0,144
0,5 моль/л H₂SO₄	20	0,0023	77	0,154
0,25 моль/л H ₂ SO ₄	20	0,0031	69	0,138
0,125 моль/л H ₂ SO ₄	20	0,0032	68	0,136
0,05 моль/л H ₂ SO ₄	20	0,0033	67	0,134
0,025 моль/л H ₂ SO ₄	20	0,0038	62	0,124
0,005 моль/л H ₂ SO ₄	20	0,0039	61	0,122
0,5 моль/л H ₂ SO ₄	40	0,0049	51	0,102
0,5 моль/л H ₂ SO ₄	50	0,0061	39	0,078
0,5 моль/л H ₂ SO ₄	60	0,006	40	0,08
0,5 моль/л H ₂ SO ₄	70-80	0,0056	44	0,088
1 моль/л NaOH	20	0,0039	61	0,122
1 моль/л NaOH	40	0,0056	44	0,088
1 моль/л NaOH	50	0,0054	47	0,092
1 моль/л NaOH	60	0,0052	48	0,096
1 моль/л NaOH	70-80	0,003	70	0,14
H ₂ O	20	0,0046	54	0,108
H ₂ O	40	0,0044	56	0,112
H ₂ O	50	0,0051	49	0,098
H ₂ O	60	0,0059	41	0,082
H ₂ O	70-80	0,0054	46	0,092
H ₂ O (пар)	100	0,0045	55	0,110

Кислотна активація шлаку для використання як адсорбенту МС проявляє більшу ефективність порівняно з лужною обробкою або звичайною обробкою водою. У досліджених кислотах найвищу ефективність видалення МС з розчину досягають після попередньої активації шлаку у 0,5 моль/л розчині сірчаної кислоти. Ймовірно, концентрація кислоти 0,5 моль/л є найбільш оптимальною, оскільки підвищення концентрації може призводити до непотрібного споживання реагенту, а зниження концентрації зменшує активну поверхню шлаку.

Було проведено дослідження залежності ефективності активації шлаку від температури. При активації шлаку водою ефективність a й видалення МС з рідинної фази змінюється незначно. Максимальна ефективність активації спостерігається при температурі 40 °С, але при цьому значення a збільшується лише на 3,7 % в порівнянні зі значенням при 20 °С. Обробка паром протягом 1 години призводить до значення $a \approx 0,11$ мг/г, що подібне до значення при 20 °С. Крім того, структура шлаку змінюється, стаючи пилоподібною. Цей фактор не сприяє використанню шлаку як адсорбенту для питної води.

При активації шлаку у розчині кислоти найнижче значення адсорбції МС спостерігається в діапазоні температур від 50 °С до 60 °С. Збільшення температури до (70 - 80) °С призводить до незначного зростання адсорбції. Найвище значення адсорбції спостерігається при температурі 20 °С (рисунок 1.1).

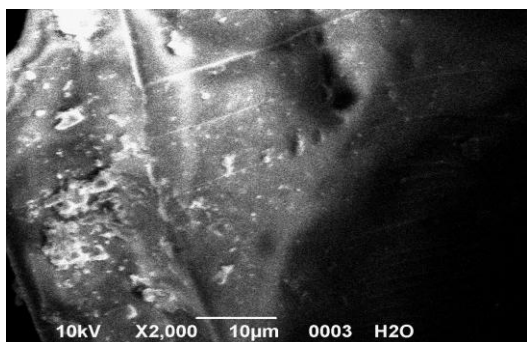


1 – в розчині 0,5 моль/л H_2SO_4 ; 2 – в розчині 1 моль/л NaOH ;
3 – у воді при різних температурах

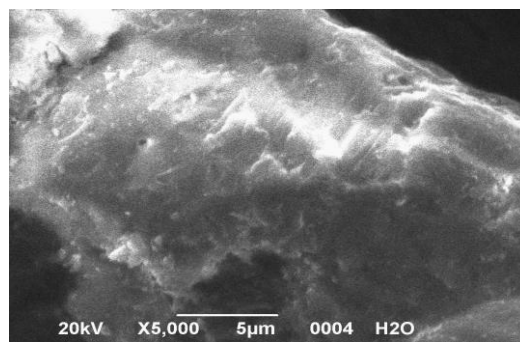
Рисунок 1.1 – Зміна величини адсорбції МС шлаком ПФНК при його активації:

Для розчину луку спостерігається мінімальна значення адсорбції (a) в температурному діапазоні від 40 °C до 50 °C, тоді як найвище значення адсорбції досягається при температурі від 70 °C до 80 °C (рисунок 1.1). Важливо зазначити, що величина цього максимуму, яка складає 0,14 мг/г, нижча ніж для кислотної активації при температурі 20 °C (0,154 мг/г), що вказує на зниження ефективності вилучення МС з розчину на 7 %. Таким чином, найбільш доцільним вибором є хімічна кислотна активація шлаку при температурі 20 °C.

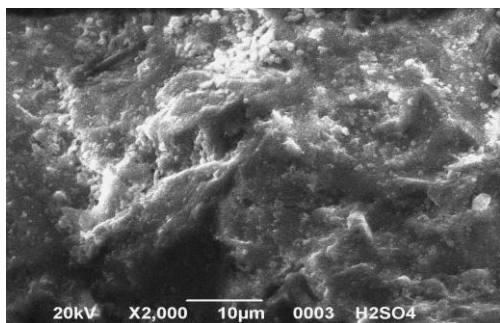
Мікроскопічні дослідження виявили зміни в поверхні шлаку після активації в розчинах кислоти і луки (рисунок 1.2).



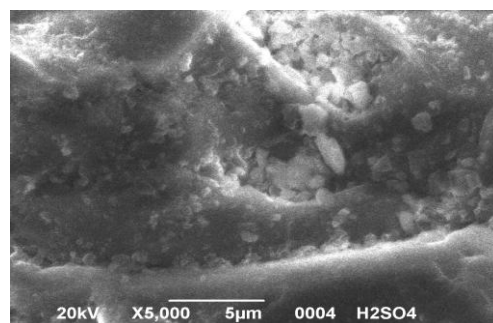
а



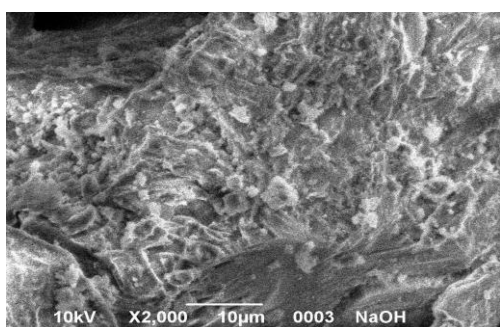
б



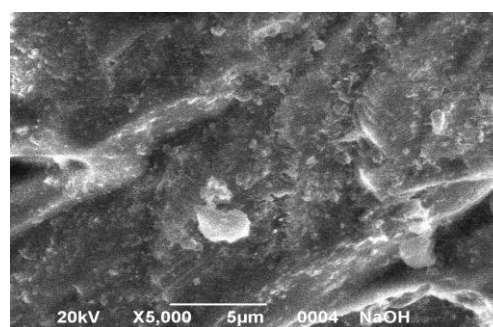
в



г



д



е

а, б – водою; в, г – 0,5 моль/л H_2SO_4 ; д, е – 1 моль/л $NaOH$ при збільшеннях:

а, в, д – 2000;

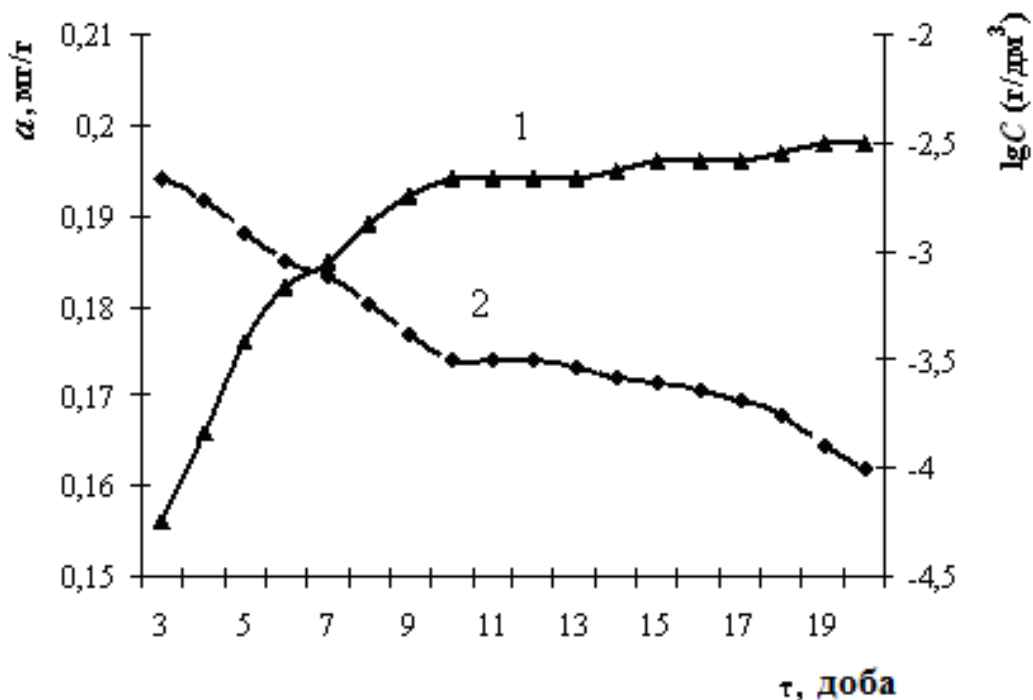
б, г, е – 5000

Рисунок 1.2 – Мікрофотографії поверхні шлаку ПФНК при його активації:

При обробці в розчинах кислоти H_2SO_4 (рисунок 1.2, в, г) та луги $NaOH$ (рисунок 1.2, д, е), поверхня шлаку розпушується більш інтенсивно, в той час як обробка водою майже не призводить до змін поверхні.

Максимальне значення a шлаку в статичних умовах було визначено в експерименті, де 5 г шлаку було витримано в 100 см^3 розчину МС з

концентрацією $0,01 \text{ г/дм}^3$ після кислотної активації, а оптична щільність розчину була виміряна протягом 20 днів. Результати цього експерименту представлені на рисунку 1.3. Протягом 10 днів було досягнуто значення $a = 0,194 \text{ мг/г}$, що відповідає $96,9 \%$ очищенню.



1 – a , мг/г; 2 – $\lg C$ (г/дм³)

Рисунок 1.3 – Зміна a шлаку ПФНК та концентрації сорбату МС в розчині у часі:

1.2 Активація шлаку НЗФ виробництва сплавів FeSiMn

Була проведена хімічна активація шлаку виробництва сплавів FeSiMn НЗФ за допомогою розчинів кислоти, лугу і витримки у воді протягом 1 доби. У всіх випадках співвідношення «Об'єм активуючого агента: шлак» становило 20 мл на 5 г шлаку. Адсорбцію МС проводили з розчинів масової концентрації $0,01 \text{ г/дм}^3$. Результати цього експерименту наведені в таблиці 1.2.

Обробка розчином $0,5 \text{ моль/л } \text{H}_2\text{SO}_4$ є найбільш ефективним методом хімічної активації. Ліміт досягається протягом 12 діб з ефективністю очищення розчину від МС на рівні 95% . Після лужної активації та обробки водою, максимальне значення a досягається протягом 27 діб з ефективністю очищення

розчину в діапазоні від 90 % до 96 %. Проте, для оцінки практичного використання статичної адсорбції, рекомендується використовувати кількісні критерії на менш тривалий проміжок часу. Протягом 3 діб, кислотно-активованій шлак досягає 97 % максимального значення а з ефективністю очищення розчину на рівні 92 %, що достатньо для видалення органічних сполук з промислових стічних вод. Адсорбція МС під час використання лужної та водної активації шлаку характеризується меншою ефективністю очищення розчину за однаковий проміжок часу, а саме 79 % та 72 %. Таким чином, оптимальним варіантом є використання кислотної активації шлаку.

Таблиця 1.2 – Вплив виду хімічної активації шлаку НЗФ виробництва сплавів FeSiMn на показники адсорбції МС: C – масова концентрація МС після сорбції, г/дм³; a – величина адсорбції шлаку, мг/г

Час активації	Вид активації					
	0,5 моль/л H ₂ SO ₄		1 моль/л NaOH		H ₂ O	
	Показники сорбції					
	C	a	C	a	C	a
4 год.	0,0014	0,172	–	–	–	–
6 год.	0,0012	0,176	–	–	–	–
24 год.	0,0009	0,182	–	–	–	–
48 год.	0,0008	0,184	–	–	–	–
3 доби	0,0008	0,184	0,0021	0,158	0,0028	0,144
5 діб	0,0008	0,184	0,0019	0,162	0,002	0,16
10 діб	0,0007	0,186	0,0016	0,168	0,0013	0,174
12 діб	0,0005	0,19	0,0014	0,172	0,0009	0,182
14 діб	0,0005	0,19	0,0013	0,174	0,0007	0,186
18 діб	0,0005	0,19	0,0013	0,174	0,0006	0,188
21 доба	–	–	0,0012	0,176	0,0005	0,19
27 діб	–	–	0,001	0,18	0,0004	0,192
31 доба	–	–	0,001	0,18	0,0004	0,192

1.3 Активація гранульованого шлаку ВАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»

Умови активації шлаку відповідають зазначеним вище. З таблиці 1.3 видно, що величина адсорбції МС не залежить від методу хімічної активації і в усіх випадках становить 0,2 мг/м. Найшвидша адсорбція спостерігається після кислотної активації шлаку, тоді як при обробці водою адсорбція протікає повільніше.

Однак різниця в швидкості адсорбції є незначною. З цього приводу, з метою економії хімічних реагентів та уникнення стадії промивки шлаку від активатора, можна рекомендувати передачу шлаку через попередню обробку водою.

Таблиця 1.3 – Вплив виду хімічної активації гранульованого шлаку ВАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» (фракція >10 мм) на показники адсорбції МС.

Час активації	Вид активації					
	0,5 моль/л H ₂ SO ₄		1 моль/л NaOH		H ₂ O	
	Показники сорбції					
	<i>C</i>	<i>A</i>	<i>C</i>	<i>a</i>	<i>C</i>	<i>a</i>
4 год.	–	–	–	–	0,0021	0,158
6 год.	–	–	–	–	0,0011	0,178
24 год.	–	–	–	–	0,0005	0,19
48 год.	–	–	–	–	0,00025	0,195
3 доби	0,0004	0,192	0,0005	0,19	0,00024	0,1952
5 діб	0	0,2	0,00025	0,195	0,00015	0,197
10 діб	–	–	0,0002	0,196	0	0,2
12 діб	–	–	0	0,2	–	–

1.4 Процеси вилуговування в рідку фазу компонентів шлаків та десорбції поглинених сорбатів

За умови, що шлаки не мають втрат окремих компонентів через вимивання, вилуговування або реакцію з рідиною фазою, можна успішно використовувати шлаки як адсорбенти. Щоб перевірити стійкість шлаків до впливу води, потрібно проводити тривалі експерименти, оскільки на практиці шлаки можна використовувати багаторазово до повного насичення *a* сорбенту.

Для ефективності адсорбційного процесу, важливо, щоб поглинені сорбати міцно утримувалися шлаковими сорбентами і не десорбувалися в розчині. Ця умова є важливим критерієм, оскільки запобігає можливому вторинному забрудненню очищених розчинів і допомагає вирішити питання щодо зберігання використаних шлакових адсорбентів або їх утилізації у будівельній промисловості.

Хоча діопсид не містить токсичних елементів у своєму складі, компоненти його мінералів можуть розчинятися при тривалому контакті з водою. Щоб вивчити цей процес, шлак був поміщений у воду й залишений там протягом одного місяця. Результати аналізу вихідної проби води порівняно з водою після взаємодії з шлаком наведено в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Вплив шлаку ПФНК виробництва феронікелю на іонний склад води після витримки

Іони	Масова концентрація, мг/дм ³			
	Контрольний зразок	Вода після витримки шлаку	Державний стандарт [6]	Санітарні правила і норми (ГДК) [7]
Cl ⁻	23,6	18,7	350	350
SO ₄ ²⁻	58,2	45,3	500	500
NO ₃ ⁻	1,8	0,7	45	45
K ⁺	5,6	2,9	не норм.	не норм.
Na ⁺	37,8	34,7	не норм.	не норм.
Mg ²⁺	1,54	2,1	не норм.	20
Sr ²⁺	< 0,5	< 0,5	7,0	7,0
Ca ²⁺	3,5	13,8	не норм.	не норм.
SiO ₃ ²⁻	0,135	2,93	не норм.	30
pH	6,65	8,15	-	-

Протягом 30 днів було проведено дослідження десорбції органічних барвників з шлаку після їх сорбції. Практично відсутність десорбції барвників з шлаку ПФНК підтверджує ефективність процесу адсорбції, навіть без попередньої активації шлаку у воді. Протягом місяця після сорбції, шлак був підданий

витримці у дистильованій воді, і масова концентрація барвників в воді збільшилась до $0,0003 \text{ г/дм}^3$, що відповідає зменшенню об'єму шлаку на 5,6 %. З цього можна зробити висновок, що адсорбція забезпечується формуванням міцних зв'язків.

Після 10-денної витримки у воді, шлак, попередньо активований в $0,5 \text{ моль/л}$ розчині H_2SO_4 , випускав МС у воду при концентрації $0,0001 \text{ г/дм}^3$. Продовження часу витримки шлаку від 10 до 30 діб не призводило до збільшення викиду МС з шлаку. Після 10-денної витримки шлаку, попередньо активованого в 1 моль/л розчині NaOH , МС десорбувався у воду при концентрації $0,0004 \text{ г/дм}^3$. Протягом наступних 20 діб спостерігалися незначні зміни концентрації МС, які знаходилися в межах похибки вимірювань.

Аналогічно, було проведено дослідження десорбції барвників КК і МВ з шлаку ПФНК. Після 10-денної витримки шлаку у воді після сорбції, максимальні масові концентрації сорбат залежали від виду активації: в розчині $0,5 \text{ моль/л}$ H_2SO_4 досягалися значення $0,0004 \text{ г/дм}^3$ для КК і 0 г/дм^3 для МВ; при використанні 1 моль/л розчину NaOH встановлювалися значення $0,0001 \text{ г/дм}^3$ для КК і $0,00008 \text{ г/дм}^3$ для МВ. Незначна десорбція органічних сполук з шлаку після сорбції забезпечує безпеку їх захоронення та утилізації у дорожній галузі.

При довготривалій витримці (1 місяць) шлаків НЗФ і «АрселорМіттал» у дистильованій воді спостерігається сорбція деяких катіонів і аніонів з води, а водночас відбувається вимивання цих катіонів і аніонів у воду. Результати аналізу контрольного зразка води та води після витримки шлаків в ній представлені в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Вплив шлаків НЗФ та «АрселорМіттал» на іонний склад води

Масова концентрація, мг/дм ³					
Іони	Контрольний зразок	Вода після витримки шлаку виробництва		Державний стандарт [6]	Санітарні правила і норми (ГДК) [7]
		НЗФ	«АрселорМіттал»		
Cl ⁻	12,6	13,7	16,9	350	350
SO ₄ ²⁻	4,8	21,7	21,1	500	500
NO ₃ ⁻	4,3	1,9	1,9	45	45
K ⁺	1,0	11,4	3,0	не норм.	не норм.
Na ⁺	3,7	11,0	12,7	не норм.	не норм.
Mg ²⁺	0,6	1,3	0,4	не норм.	20
Sr ²⁺	< 0,5	1,9	0,3	7,0	7,0
Ca ²⁺	11,3	27,4	57,4	не норм.	не норм.
Ba ²⁺	–	1,9	–	0,1	0,1
NH ₄ ⁺	–	1,3	0,6	не норм.	2,0
pH	8,0	8,7	11,5	–	–

Концентрації вищезгаданих іонів відповідають вимогам державного стандарту [6] та санітарним правилам і нормам [7], що означає, що норми для стічних вод щодо катіонів і аніонів не перевищуються, за винятком іону Ba²⁺. Після витримки шлаку НЗФ у воді, концентрація іону Ba²⁺ значно перевищує норму. Отже, даний вихідний матеріал можна рекомендувати як сорбент для очищення промислових стічних вод лише за умови використання системи оборотного водопостачання.

Підлогування води після витримки шлаків може пояснюватися переходом іонів силікату в розчин та їх гідролізом. Витримка шлаків у воді, які сорбували МС до досягнення максимального значення *a*, тривала протягом 30 діб, після чого у контрольних зразках води не було виявлено МС. Таким чином, відсутність десорбції МС з шлаків підтверджує ефективність адсорбції, що забезпечує безпеку їх захоронення та утилізацію.

2 РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ВИМІРЮВАННЯ СОРБЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ МЕТАЛУРГІЙНИХ ШЛАКІВ

Схема (рисунок 2.1) відображає основні послідовні кроки методики та можливі рекомендації, що базуються на їх результатах.

Дослідження шлаків як сорбентів включають наступні стадії та методи, а також основні хімічні та екологічні характеристики та властивості:

1 стадія – підготовка проб твердих промислових відходів, включає такі кроки: відбір проб з відвалів та інших сховищ, розділення на гранулометричні фракції та подрібнення частинок шлаку до стану порошку. Відбір проб здійснюється за допомогою методу квартування. Розділення на фракції потрібно через різну твердість мінералів та варіацію мінералогічного та оксидного складу шлакових фракцій. Для збільшення поверхні шлакових частинок та їх сорбційної активності, шлак подрібнюють, особливо це важливо при вивченні сорбційних характеристик дрібнодисперсних фракцій. Подрібнення шлаку здійснюється за допомогою кількох типів дробарок: шлаковий камінь руйнують у щелепній (конусній) дробарці та подрібнюють у валковій дробарці. Проведення спільних досліджень є обов'язковими для всіх гранулометричних фракцій шлаків і включає етапи від 2-го до 5-го.

2 стадія – аналіз хімічного елементного і оксидного складу відходів здійснюється за допомогою таких методів, як електронно-зондовий мікроаналіз з використанням мікрорентгенівського аналізу, атомно-абсорбційна спектроскопія, капілярний електрофорез та хімічний спектральний аналіз.

Перспективи утилізації відходів як сорбентів визначаються наявністю чи відсутністю певних елементів. Використання шлакових адсорбентів є ефективним лише в разі відсутності токсичних елементів та великої кількості важких металів у їх складі. Для використання шлаків у виробництві сорбентів важливі такі характеристики: високий вміст елементів Ca, Si, Al, Fe, Mg, які утворюють алюмосилікати з розвиненою поверхнею, шаруватою структурою та аморфними речовинами. Алюмосилікати містять оксиди CaO, Al₂O₃, SiO₂, а також домішки

Fe_2O_3 . Тому для виробництва сорбентів рекомендується використовувати шлаки з високим вмістом цих мінералів. Кисотно-основні властивості шлаків характеризуються співвідношенням основних і кислотних оксидів у їх складі.

3 стадія – проводиться визначення мінералогічного складу шлаків. Рентгенофазовий аналіз надає інформацію про стан твердого тіла (кристалічний, аморфний, аморфний з кристалічними включеннями), якісний і кількісний фазовий склад матеріалу та особливості кристалічної структури. Поляризаційно-мікроскопічний аналіз використовується для визначення наявності з'єднань у аморфному стані, їх структури і текстури. Петрографічне дослідження дозволяє встановити склад усередненої проби шлаку.

Виявляють гранулометричні фракції шлаків, які містять підвищений вміст алюмосилікатів кальцію і магнію, що можуть проявляти активність у сорбції. Здійснюється аналіз перетворень окремих мінералів, які відбуваються при тривалій взаємодії з водою, і ідентифікуються продукти цих перетворень. Можливість використання відходів у виробництві сорбентів визначається наявністю алюмосилікатів у складі шлаків, відсутністю легкокорозивних з'єднань та високим вмістом сполук у високоактивному склоподібному стані.

На основі результатів рентгенофазового, мікрорентгенівського і петрографічного аналізів визначають масову частку SiO_2 у кристалічному та аморфному стані, а також загальний вміст SiO_2 . Ці дані використовуються для розрахунку вмісту аморфної фази у шлаку.

Стадії 4 і 5 необхідні, якщо попередні дослідження на стадіях 1-3 показали придатність шлаків як сорбентів.

4 стадія – визначення радіаційних характеристик відходів. Застосовується гамма-спектрометричний аналіз для визначення радіонуклідного складу шлаків, питомих активностей природних радіонуклідів і ефективних питомих активностей.

Використання шлаків як сорбентів обумовлене тим, що вони відносяться до I класу радіаційної небезпеки і не містять штучних радіонуклідів.

5 стадія – проводиться дослідження морфології поверхні. За допомогою растрової електронної мікроскопії визначається вигляд поверхні частинок вихідних і активованих гранулометричних фракцій відходів.

Для підвищення ефективності адсорбції частинок шлаків у водних середовищах, таких як питна вода, побутові і промислові стічні води, існує кілька факторів, що сприяють використанню певних гранулометричних фракцій шлаків як сорбентів. Ці фактори включають наступне: наявність великої поверхні частинок шлаків, яка розгалужена і має голчасту або пластинчасту форму, присутність шаруватих структур, значна кількість пор і порожнин, а також наявність гелеподібних утворень на поверхні.

Для вирішення питання про використання подрібнених шлаків як сорбентів, дослідження на стадіях 6 - 12 є необхідними, якщо попередні дослідження на стадіях 2 - 5 вже підтвердили придатність фракцій шлаків для цього застосування.

6 стадія – виконується процес хімічної активації шлаків. Ця активація шлаку здійснюється шляхом його обробки водою, розчинами різних кислот і лугів з різною концентрацією, а також при зміні температури. Тривалість активації становить 1 добу.

Після проведення додаткових експериментальних методів, таких як растрова електронна мікроскопія, ІЧ-спектрофотометрія та спектрофотометрія, були визначені оптимальні умови активації. Ці умови включають додатковий розвиток поверхні частинок шлаку, збільшення присутності аморфного стану та активних функціональних груп.

7 стадія – проводиться аналіз природи поверхневих функціональних груп шлаку. За допомогою ІЧ-спектрів поглинання встановлюється природа цих функціональних груп, а також проводиться оцінка їх поверхневої концентрації на напівкількісному рівні.

Алюмосилікати характеризуються наявністю молекул води, силосанових груп Si-O-Si і силанольних груп Si-OH на поверхні частинок. Ці силанольні групи можуть дисоціювати і впливати на заряд поверхні шлаку, а також визначати специфічні сорбційні властивості. Оптимізація активації шлаку може бути

досягнута шляхом встановлення зв'язку між видом хімічної активації і збільшенням кількості сорбційно-активних функціональних груп.

8 стадія – визначення електричного заряду поверхні частинок шлаку. Електрокінетичний потенціал поверхні твердих частинок шлаку залежить від природи мінералів шлаку, функціональних груп, а також їх здатності до дисоціації. Метод макроелектрофорезу дозволяє визначити величину ζ -потенціалу шляхом утворення стійкого золю високодисперсного шлаку з використанням підходящого дисперсійного середовища.

Знак заряду поверхні шлаку визначає природу сорбату: полярність їх молекул, знак заряду іонів та ін.

9 стадія – визначення вмісту органічних домішок у шлаках. Зважаючи на утворення металургійних шлаків при високих температурах, ймовірність наявності органічних домішок є низькою. Концентрацію органічних сполук можна визначити за допомогою УФ-спектроскопії.

Відсутність виливання органічних сполук з металургійних шлаків підтверджує їх високу якість як адсорбентів.

10 стадія – шлаки та вихідні матеріали після сорбції піддаються місячній обробці водою з метою перевірки розчинення, вилуговування або реакції компонентів шлаків з водою, а також для десорбції поглинутих сорбатів. Для подальшого дослідження застосовуються методи атомної абсорбції, капілярного електрофорезу та спектрофотометрії.

Практичне використання шлакових адсорбентів можливе, якщо компоненти шлаків не потрапляють до очищеної води. Відсутність десорбції поглинених з'єднань гарантує високу ефективність адсорбції та інтенсивність сорбційної взаємодії.

11 стадія – визначення сорбційної активності відходів. Сорбційна активність оцінюється за допомогою спектрофотометричних і титриметричних методів аналізу шляхом вимірювання поглинання органічних і неорганічних сполук у розчинах. Так само оцінюється зворотний процес – десорбція сорбату з шлаків після сорбції.

Висока здатність шлаків до адсорбції органічних сполук є ключовим фактором для їх використання як адсорбентів. Оцінка кількісних показників сорбції, таких як величина адсорбції і ефективність поглинання сорбату, є важливим критерієм.

12 стадія – проводиться визначення кількісних кінетичних і енергетичних показників адсорбції. Розрахунки базуються на первинних кінетичних даних, і для визначення порядку процесу застосовується графічний метод. За допомогою графічних залежностей визначають емпіричні константи швидкості процесу, періоди напівнасичення адсорбенту та формулюють рівняння адсорбційного процесу. Застосування математичних моделей дозволяє кількісно описати процес адсорбції і прогнозувати ефективність при зміні параметрів процесу.

Проведення 12 стадій дослідження сорбційних властивостей шлаків дозволяє отримати основні технологічні параметри процесу сорбційного очищення промислових стічних вод. На схемі (рисунок 2.1) показана методологія визначення корисних характеристик металургійних шлаків з метою їх практичного використання як сорбентів.

Таким чином, методика наукових досліджень властивостей металургійних шлаків дозволяє зменшити тривалість досліджень, більш ефективно та повноцінно вивчити сорбційні характеристики відходів, визначити перспективи використання шлаків у сорбційних технологіях очищення промислових стічних вод, а також зекономити матеріальні ресурси при проведенні досліджень та подальшому використанні адсорбентів техногенного походження.

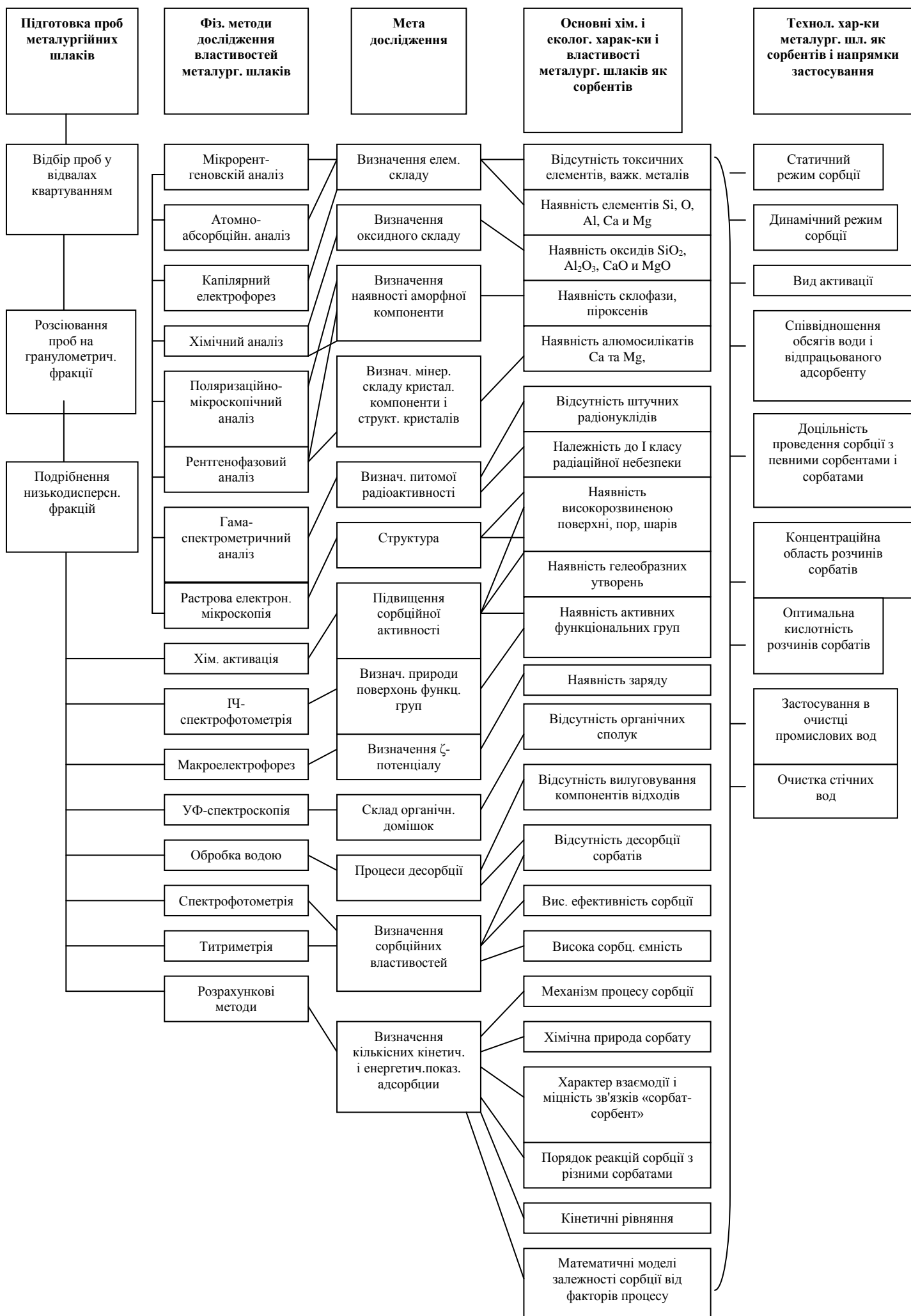


Рисунок 2.1 – Схема методики визначення корисних властивостей металургійних шлаків з метою їх практичного застосування в якості сорбентів

3 РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ВИМІРЮВАННЯ ПОКАЗНИКІВ АДСОРБЦІЇ ШЛАКОВИМ СОРБЕНТОМ

Для визначення ефективності та оптимальних умов сорбції існує кілька кількісних параметрів, таких як величина адсорбції (a) і ефективність сорбції (E). Ці параметри залежать від різних факторів, включаючи співвідношення між сорбатом і шлаковим сорбентом (n), орбінаиадсорбції (τ) та рН розчину сорбату. Для досягнення високої ефективності сорбції і встановлення оптимальних умов необхідно враховувати ці технологічні параметри. Ми розробили методику розрахунку показників адсорбції за допомогою математичного моделювання. Ця методика використовує числові експериментальні дані, отримані під час досліджень адсорбції органічного барвника МС шлаковим сорбентом, що базується на мінералі діопсиді, при зміні умов процесу, таких як співвідношення "МС: шлак", час та рН розчинів МС. Для математичного опису процесу адсорбції ми використали пакет прикладних програм MATLAB та його підсистему Toolbox, яка містить спеціалізовані математичні функції. Цей пакет дозволяє вирішувати технічні розрахунки та оптимізувати системи. Ми побудували рівняння регресії, використовуючи метод найменших квадратів, щоб одночасно врахувати вплив двох експериментальних факторів на величину адсорбції (a) і ефективність (E). Коефіцієнти рівнянь були отримані з 95 % імовірністю.

Процес розробки розрахунку показників адсорбції шлаковим сорбентом складався з двох етапів. Під час першого етапу були проаналізовані дані, що стосуються зміни кількісних показників адсорбції в залежності від експериментальних параметрів процесу. На другому етапі проводилася математична обробка експериментальних результатів за допомогою пакету прикладних програм MATLAB та його підсистеми Toolbox. Ця обробка дозволила отримати рівняння регресії для кількісних характеристик адсорбції від певних параметрів процесу, а також побудувати відповідні графічні залежності.

3.1 Вплив співвідношення «сорбат : шлак» і часу на адсорбцію МС

На першому етапі досліджень виявлено, що зі збільшенням кількості шлаку ефективність адсорбції збільшується, проте характер зростання різний для різних часових інтервалів процесу. Для початкового періоду адсорбції необхідне 5000-кратне перевищення кількості шлаку порівняно з кількістю органічного барвника (МС) для досягнення достатньої ефективності. За 5 днів аналогічна ефективність досягається при 1250-кратному перевищенні кількості шлаку, а при тривалості процесу 10 днів ефективна адсорбція відбувається при 1000-кратному надлишку сорбента.

При співвідношенні «МС: шлак» у значенні 2 мг/г після 11 днів спостерігається початок десорбції, тому таке співвідношення не рекомендується для тривалої адсорбції. Найвище значення показника адсорбції a дорівнює 1,17 мг/г – було зафіксовано на 11-й день, проте при цьому досягалась найнижча ефективність очищення, яка становила 58,5 %.

Рекомендовано використовувати співвідношення «МС: шлак» у значенні 1 мг/г, оскільки протягом перших 12 днів спостерігається найшвидше зростання значень показників адсорбції (a) і ефективності (E). При цьому досягається висока ефективність очищення на рівні 92 %, і значення показника адсорбції досягає 0,92 мг/г. Протягом 30 днів не спостерігається жодної десорбції, що свідчить про стабільність процесу адсорбції.

На другому етапі розробки методики було використано дані з числа первинних експериментальних результатів, які підтверджували відсутність десорбції МС. Ці дані були використані для отримання рівнянь, що описують залежність показників адсорбції (a) і ефективності (E) від часу сорбції (τ) і співвідношення «МС: шлак» (n).

Рівняння регресії « $a - \tau - n$ »:

$$a = 2,11 + 0,02222 \tau - 3,266 n - 0,0008168 \tau^2 + 0,01455 \tau \cdot n + 1,579 n^2. \quad (3.1)$$

На рисунку 3.1 показано графічне зображення цієї залежності, де червоним і помаранчевим кольором позначені умови адсорбції, що демонструють найбільшу ефективність, відповідні найвищим значенням показника адсорбції (n). Представлене рівняння є регресійним рівнянням другого порядку за параметрами процесу τ і n . Подальший детальний аналіз експериментальних даних та математичних підходів дозволив отримати регресійне рівняння третього порядку:

$$a = 5,938 + 0,03538 \tau - 17,87 n - 0,003823 \tau^2 + \\ + 0,07923 \tau \cdot n + 18,14 n^2 + 6,477 \cdot 10^{-5} \tau^3 - 0,0002236 \tau^2 \cdot n - \\ - 0,03111 \tau \cdot n^2 - 5,892 n^3. \quad (3.2)$$

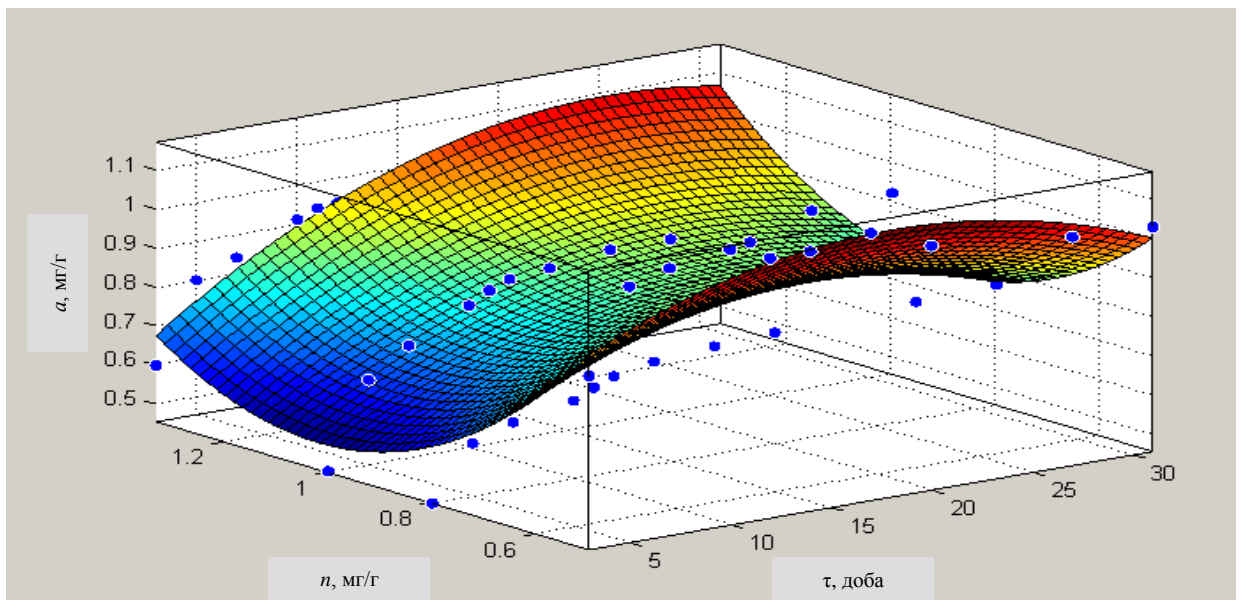


Рисунок 3.1 – Графічне зображення залежності $a = 2,11 + 0,02222 \tau - 3,266 n - 0,0008168 \tau^2 + 0,01455 \tau \cdot n + 1,579 n^2$

На рисунку 3.2 показано графічне представлення залежності, відображеної у рівнянні (3.2). У порівнянні з тривимірною залежністю на рисунку 3.1, поверхня на рисунку 3.2 має менш виражену кривизну та ширшу область оптимальних значень a . Рівняння регресії третього порядку (3.2) точніше відображає залежність « $a - \tau - n$ » і може бути рекомендоване для розрахунку значення a .

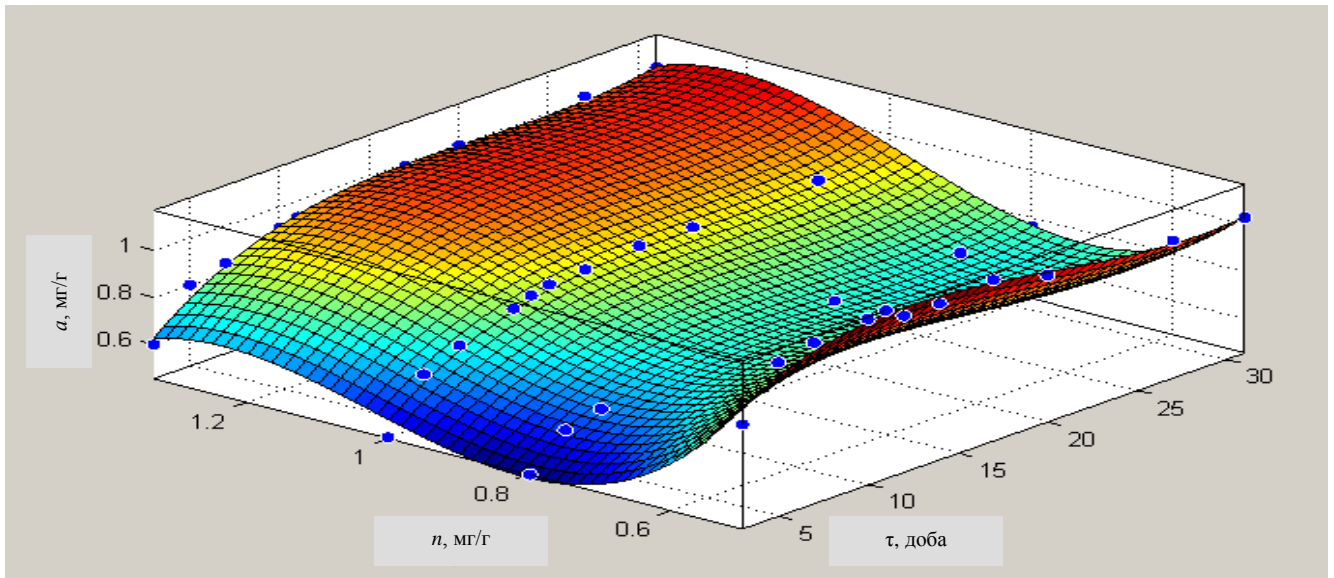


Рисунок 3.2 – Графічне зображення залежності $a = 5,938 + 0,03538 \tau - 17,87 n - 0,003823 \tau^2 + 0,07923 \tau \cdot n + 18,14 n^2 + 6,477 \cdot 10^{-5} \tau^3 - 0,0002236 \tau^2 \cdot n - 0,03111 \tau \cdot n^2 - 5,892 n^3$

Рівняння регресії другого порядку (3.3) для залежності ефективності вилучення сорбату МС (E) від τ і n « $E - \tau - n$ » виглядає наступним чином:

$$E = -52,64 + 2,256 \tau + 242,9 n - 0,07112 \tau^2 + 1,012 \tau \cdot n - 132,8 n^2 \quad (3.3)$$

і відображається графічною залежністю на рисунку 3.3. Графічне зображення на рисунку 3.3 показує, що широка область оптимальних значень ефективності вилучення (E) спостерігається в тих самих інтервалах значень часу (τ) і співвідношення "МС: шлак" (n), що й для залежності « $a - \tau - n$ ». Це підтверджує правильність вибору рівняння регресії третього порядку (3.2) для опису залежності « $a - \tau - n$ ».

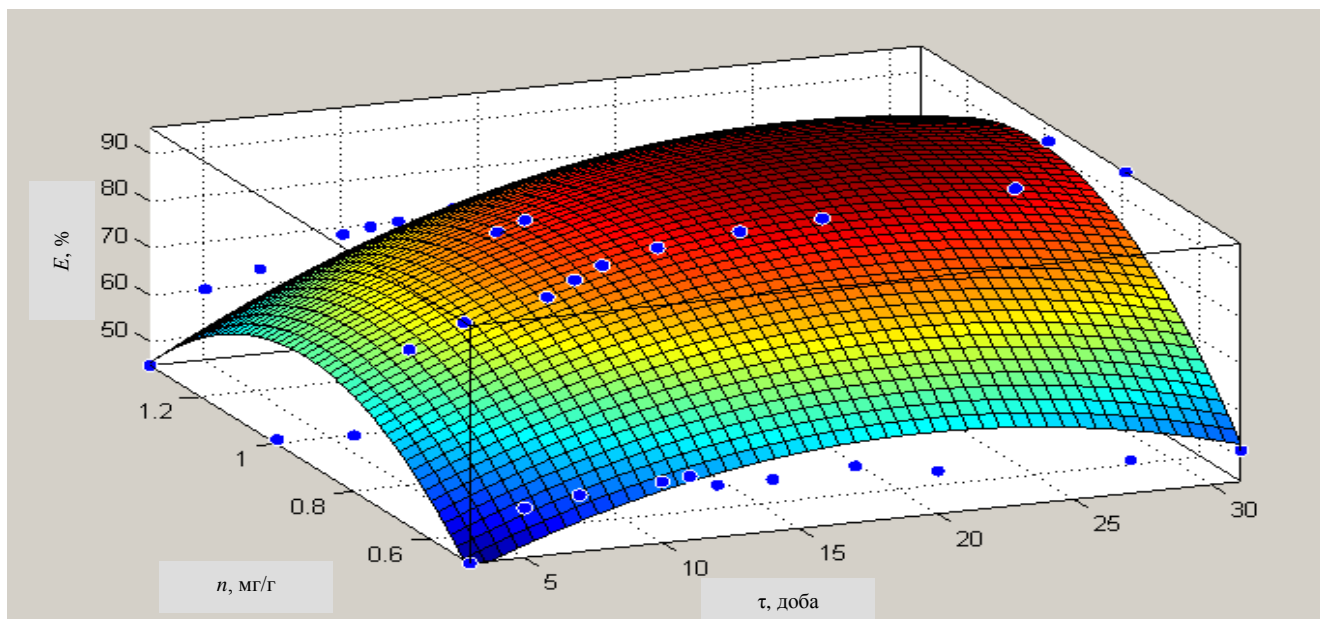


Рисунок 3.3 – Графічне зображення залежності $E = -52,64 + 2,256 \tau + 242,9 n - 0,07112 \tau^2 + 1,012 \tau \cdot n - 132,8 n^2$

3.2 Вплив рН розчину сорбату і часу на протікання адсорбції МС

На першому етапі виявлено, що рН водних розчинів має вплив на процес адсорбції, впливаючи на його кількісні показники. Адсорбція з розчинів з дуже кислим або лужним середовищем менш інтенсивна, ніж з нейтральних розчинів. Збільшення рН від 2,2 до 4,8 призводить до прискорення адсорбції, але подальше підвищення рН до 10,4 не впливає на швидкість адсорбції. Різниця в швидкості адсорбції з розчинів різного рН збільшується з часом. Практично повне вилучення МС з розчинів можливе за час не менше 7 діб при рН від 4,8 до 10,4. Ефективність вилучення МС протягом цього інтервалу становить від 89 % до 97 %, а її вихідна концентрація досягає (90 - 93) % від максимального значення. Адсорбція МС з дуже кислих розчинів виявляється складнішою порівняно з адсорбцією з нейтральних розчинів.

На другому етапі було отримано рівняння регресії другого порядку для залежності між змінними «а», рН та часом (τ):

$$a = -0,02022 + 0,0312 \text{ рН} + 0,02194 \tau - 0,002069 (\text{рН})^2 - 0,0002651 \text{ рН} \cdot \tau - 0,0009393 \tau^2, \quad (3.3)$$

яке відображається графічною залежністю на рисунку 3.4. Графічне зображення на рисунку 3.5 чітко підтверджує широку область оптимальних значень «*a*» і достовірність регресійної залежності.

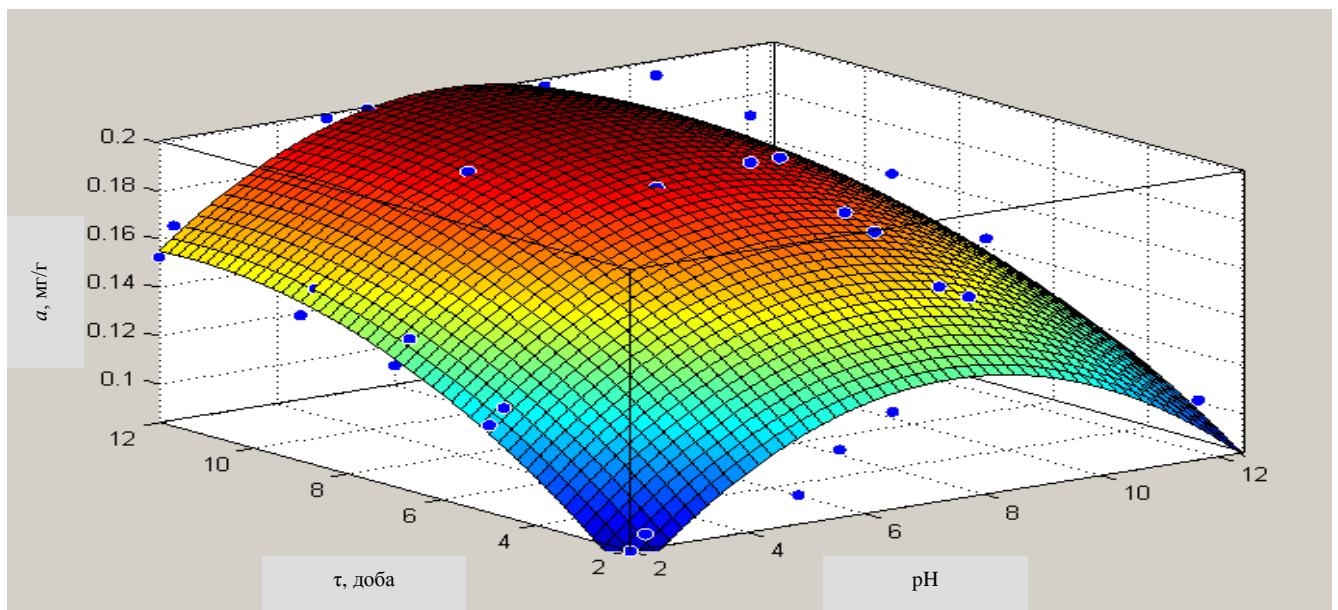


Рисунок 3.4 – Графічне зображення залежності $a = -0,02022 + 0,0312 \text{ рН} + 0,02194 \tau - 0,002069 (\text{рН})^2 - 0,0002651 \text{ рН} \cdot \tau - 0,0009393 \tau^2$

Залежність «*E* – рН – τ » виражається рівнянням регресії другого порядку:

$$E = -10,1 + 15,6 \text{ рН} + 10,97 \tau - 1,034 (\text{рН})^2 - 0,1324 \text{ рН} \cdot \tau - 0,4694 \tau^2, \quad (3.4)$$

подібна область оптимальних значень для «*E*» повністю співпадає з областю для «*a*», як показано на рисунку 3.4.

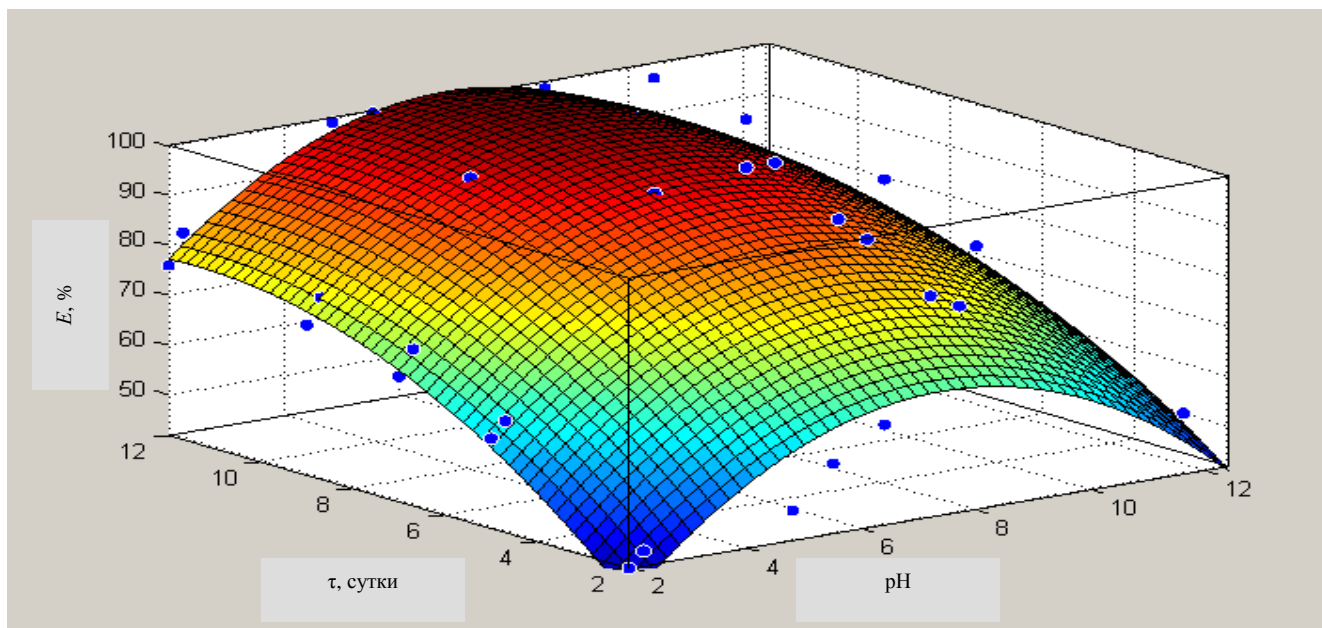


Рисунок 3.5 – Графічне зображення залежності $E = -10,1 + 15,6 \text{ pH} + 10,97 \tau - 1,034 (\text{pH})^2 - 0,1324 \text{ pH} \cdot \tau - 0,4694 \tau^2$

Методика, яка базується на достовірних рівняннях регресії та використовує шлаковий сорбент на основі діопсиду, включає ключові кількісні показники та параметри адсорбційного процесу. Вона дозволяє встановити оптимальні умови для адсорбції органічних сполук, розрахувати рівень адсорбції в статичному режимі та ефективність адсорбції за певних умов. Методика рекомендується для прогнозування ефективності сорбційної очистки промислових стічних вод у реальних умовах.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ПРИ РОБОТІ З КОНТРОЛЬНО-ВИМІРЮВАЛЬНИМИ ПРИЛАДАМИ

Для забезпечення безпечної експлуатації та запобігання аваріям та вибухам в пристроях та трубопроводах, що працюють під тиском, необхідно встановлювати запірну або запірно-регулювальну апаратуру, запобіжні пристрої, а також прилади для вимірювання тиску, температури та рівня рідини. Кількість, тип та розташування контрольно-вимірювальних приладів, запобіжних пристроїв та арматури визначаються проектувальною організацією з урахуванням конкретних умов експлуатації.

При посудинах, які мають швидкозмінні затвори, необхідно встановлювати запобіжні пристрої, які запобігають активації посудини під тиском в разі неповного закриття кришки або відкриття її, якщо в посудині є тиск. Для контролю тиску та запобігання його перевищенню використовують пружинні або важільно-вантажні запобіжні клапани, які автоматично відкриваються, якщо тиск перевищує задане значення, регульоване гвинтом стиснення пружини або вантажем на важелі клапана. Для безпеки персоналу в разі активації запобіжного клапана використовують пристрої, що відводять пару або газ до безпечного місця. Важливо встановлювати запобіжні клапани безпосередньо між посудиною та запобіжним клапаном, і не допускається встановлення запірної арматури (кранів, засувок) між ними.

При обладнанні посудин для зберігання вибухо- та пожежонебезпечних речовин, речовин 1-го і 2-го класів небезпеки, а також випарників з вогневим або газовим обігрівом, важливо встановлювати зворотний клапан на підвідній лінії від насоса або компресора. Цей клапан автоматично закривається при наявності тиску у посудині і запобігає виходу речовини, якщо тиск у підвідній лінії падає. Якщо посудина підключена до джерела з живленням, де тиск перевищує робочий тиск у посудині, необхідно встановити редукційний клапан на підвідній лінії. Цей клапан автоматично підтримує заданий робочий тиск.

У випадку, коли необхідно контролювати рівень рідини в посудинах з межею поділу середовищ, використовуються показчики рівня рідини. У тих посудинах, які нагріваються полум'ям або гарячими газами і може відбутися зниження рівня рідини нижче допустимого, повинно бути встановлено не менше двох показчиків рівня, які працюють прямо. Кожен показчик рівня має вказувати допустимі верхні й нижні рівні. Крім показчиків рівня, на посудинах можуть бути встановлені звукові, світлові та інші сигналізатори і блокування, що реагують на рівень рідини.

Для кожної посудини або окремої камери з різними тисками необхідно встановлювати манометри – пристрої для вимірювання тиску. Манометри повинні мати клас точності не нижче: 2,5 – для посудин з робочим тиском до 2,5 МПа; 1,5 – для посудин з робочим тиском понад 2,5 МПа. Важливо вибрати манометри з шкалою, яка забезпечує вимірювання робочого тиску в другій третині шкали. На шкалу манометра додається червона риска, яка показує робочий тиск в посудині. Манометр встановлюється так, щоб його показники були чітко видні обслуговуючому персоналу.

Важливим є дотримання вимог та положень з охорони праці та техніки безпеки. Інструкція з охорони праці є головним документом, що встановлює для працівників правила поведінки на виробництві та вимоги безпечного виконання робіт. Знання інструкції з охорони праці обов'язково для працівників всіх розрядів і груп кваліфікації, а також їх безпосередніх керівників. Керівництво зобов'язано створити на робочому місці умови, що відповідають правилам та вимогам з охорони праці, забезпечити працівників засобами індивідуального та колективного захисту та організувати навчання з техніки безпеки. На кожному підприємстві повинні бути розроблені і доведені до відомості всім працівникам безпечні маршрути для переміщення по території підприємства до робочих місць та схеми евакуації в разі виникнення пожежі та аварійної ситуації.

Кожен працівник має дотримуватись вимог, викладених у інструкції з техніки безпеки. В разі нещасного випадку або виявлення порушень цих вимог, працівник повинен негайно повідомити свого безпосереднього керівника або,

якщо він відсутній, керівника вищого рівня. Працівник також несе особисту відповідальність за дотримання вимог техніки безпеки і повинен підтримувати чистоту та порядок на своєму робочому місці та зберігати засоби захисту, інструменти, пристосування, засоби пожежогасіння та документацію з охорони праці у належному стані.

У випадку аварії працівник повинен надати першу допомогу постраждалому до прибуття медичного персоналу. Якщо сам працівник постраждає, він повинен звернутися за медичною допомогою в медпункт або самостійно надати собі першу допомогу, залежно від тяжкості травми. Всі працівники повинні знати, де знаходиться аптечка і мати навички її використання.

Коли робітник виявляє несправні пристосування, інструменти або засоби захисту, він повідомляє про це свого безпосереднього керівника. Працювати з пошкодженими пристосуваннями, інструментами та засобами захисту заборонено.

Для уникнення контакту з електричним струмом необхідно утримуватися від наступання або торкання обірваних дротів.

Для запобігання впливу небезпечних і шкідливих факторів необхідно використовувати відповідні засоби захисту.

Для безпечної роботи з сірчаною кислотою рекомендується використовувати наступні засоби захисту: костюм з кислотостійкої тканини, прогумований фартух, гумові кислотостійкі чоботи та рукавички, кислотостійкі рукавиці, захисні герметичні окуляри або щиток з оргскла. Також можуть бути використані фільтруючі протигази марок В (жовта фільтруюча коробка), БКФ (фільтруюча коробка з захисним кольором та білою вертикальною смугою) або М (червона фільтруюча коробка), або шлангові протигази ПШ-1 та ПШ-2.

Під час взаємодії з їдким натрієм рекомендується використовувати наступні засоби захисту: бавовняний костюм, окуляри, що стійкі до лугів, гумові рукавички, що стійкі до кислот та лугів, прогумований фартух і гумові чоботи, що стійкі до кислот та лугів.

Під час перебування у приміщеннях з технічним обладнанням (за винятком керуючих щитів) обов'язково використовуйте захисний головний убір для захисту від удару випадковими предметами.

Забороняється: випробувати обладнання перед отриманням зміни; приходити на зміну у стані сп'яніння або споживати алкогольні напої під час робочого часу; покидати місце роботи без оформлення прийому та передачі зміни.

Забороняється робота механізмів або пристроїв без належної наявності або функціонування захисних пристроїв.

Забороняється виконання прибирання поблизу механізмів без належних захисних огорожень або з ненадійно закріпленими огороженнями.

Забороняється очищення, протирання або змащення обертових або рухомих частин механізмів, а також просування рук за огорожу для змащення і прибирання.

Здійснювати ремонт обладнання без вжиття попередніх заходів для запобігання його активації (включення двигуна, подачі води та інших процесів).

Не дозволяється використовувати руку або пальці як опору при намотуванні обтирального матеріалу на працюючі машини під час їх обслуговування.

Необхідно знаходитись на безпечній відстані від обертових механізмів під час їх запуску.

Концентровані кислоти і луги повинні бути зберігані в скляних пляшках з герметично закритими кришками, які пов'язують з горлечками пляшок. Пляшки слід зберігати в окремому приміщенні, розміщуючи їх на підлозі у спеціальних кошиках або на дерев'яних підкладках. На горлечках пляшок необхідно закріпити ярлики з відповідною позначкою. Якщо кислоти або луги розлилися, їх слід покрити піском, після чого видалити пісок з приміщення і тільки після цього проводити прибирання після нейтралізації. Нейтралізацію слід виконувати за допомогою розчину кальцинованої соди. У разі потрапляння кислоти на шкіру або в очі, негайно промийте їх великим струменем води, а потім промийте однівідсотковим розчином питної соди, після чого повідомте про це керівнику

зміни. Якщо луг потрапив на шкіру або в очі, треба негайно промити їх великим струменем води і потім промити тривідсотковим розчином борної кислоти.

Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях.

У разі виникнення аварійної ситуації, такої як ураження електричним струмом, падіння з висоти, термічні опіки та інші подібні події, можуть мати місце. Якщо така ситуація виникає, необхідно негайно припинити виконання роботи, обмежити доступ до небезпечної зони, забороняти проникнення сторонніх осіб туди та повідомити керівництво про сталось. Якщо є постраждалі, слід надати їм першу медичну допомогу, а у разі потреби викликати "швидку допомогу".

Надання першої медичної допомоги:

Надавання першої допомоги особам, які отримали ураження від електричного струму.

При отриманні ураження від електричного струму необхідно негайно звільнити постраждалого від впливу електричного струму шляхом відключення джерела живлення електроустановки, а у разі неможливості відключення, відтягнути його від струмоведучих деталей за допомогою одягу або застосувавши доступний ізоляційний матеріал.

Якщо у потерпілого відсутнє дихання та пульс, необхідно виконати штучне дихання та зовнішній масаж серця, приділяючи увагу зіницям. Розширені зіниці свідчать про гостре порушення кровообігу в мозку. В такій ситуації необхідно негайно розпочати реанімацію потерпілого і викликати швидку медичну допомогу.

Перша допомога при пораненні.

Для надання першої допомоги при пораненні потрібно розірвати індивідуальний пакет, накласти стерильний перев'язочний матеріал, який міститься у ньому, на поранене місце і зафіксувати його за допомогою бинта.

Якщо відсутній індивідуальний пакет, можна скористатись іншими засобами для перев'язки, такими як чиста носова хустинка, чиста полотняна ганчірка тощо. На частину ганчірки, що безпосередньо торкається рани, можна

капнути декілька крапель настойки йоду, щоб покрити площу більшу, ніж сама рана, а потім накласти ганчірку на поранене місце. Особливо важливо застосовувати настойку йоду за таким способом у разі забруднених ран.

Перша допомога при переломах, вивихах, ударах.

При переломах і вивихах кінцівок рекомендується зафіксувати пошкоджену кінцівку за допомогою шини, фанерної пластинки, палиці, картону або іншого подібного предмета. Для руки можна також використати підвішування за допомогою перев'язки або хустки до шиї і прибинтування до тулуба.

У випадку підозри на перелом черепа (несвідомий стан після удару голови, кровотеча з вух або роту), рекомендується застосовувати охолоджуючі засоби до голови, такі як холодну грілку з льодом або снігом, або проводити холодну примочку.

У випадку підозри на перелом хребта, рекомендується виконати наступні дії: помістити потерпілого на спеціальну дошку, уникати піднімання його тіла, або обернути потерпілого на живіт так, щоб обличчя було спрямоване вниз. Важливо враховувати, щоб не відбувався згин тулуба з метою запобігання ушкодженню спинного мозку.

У випадку перелому ребер, який проявляється болем при диханні, кашлі, чханні та рухах, рекомендується застосувати тісне обв'язування грудей або стягнути груди рушником під час видиху.

Надання першої допомоги при теплових опіках.

У випадку опіків від вогню, пари або гарячих предметів не слід розривати утворені бульбашки та перев'язувати опіки бинтом.

При опіках другого ступеня (утворення пухирів), обпечену ділянку можна обробити спиртом, марганцевим розчином або 5 %-ним розчином таніну.

При опіках другого ступеня, коли утворюються пухирі, рекомендується обробляти пошкоджену ділянку за допомогою спирту, марганцевого розчину або 5 %-го розчину таніну.

У випадку опіків третього ступеня (зруйнування шкіряної тканини), слід накрити рану стерильною пов'язкою та негайно звернутися до лікаря.

Перша допомога при кровотечі.

Для того, щоб зупинити кровотечу, необхідно:

- підняти поранену кінцівку вгору.

- закрити кровоточиву рану перев'язочним матеріалом (з пакета), зігнути у клубочок. Накласти його на рану, надавивши зверху, уникаючи прямого контакту з самою раною. Утримувати притиск протягом 4-5 хвилин. Якщо кровотеча зупинилася, то не знімаючи накладений матеріал, на нього можна покласти ще одну прокладку з іншого пакета або шматок вати, а потім забинтувати поранене місце з певним натиском);

- у випадку сильної кровотечі, яку не можна зупинити за допомогою пов'язки, застосовується метод здавлювання кровеносних судин, що живлять пошкоджену область. Це можна зробити шляхом згинання кінцівок в суглобах або застосування пальців, джгута або закрутки. У разі значної кровотечі необхідно негайно викликати лікаря.

У разі виникнення пожежі, слід негайно викликати пожежну команду та розпочати гасіння використовуючи наявні засоби пожежогасіння. Важливо дотримуватись всіх інструкцій та вказівок, що надає керівник робіт з ліквідації небезпеки.

ВИСНОВКИ

Проведено аналіз основних показників адсорбції металургійних шлаків, що вказує на важливість використання шлаків як ефективних сорбентів з урахуванням відсутності токсичних елементів.

Була розроблена методика наукових досліджень, яка дозволяє зменшити тривалість досліджень, більш ефективно та повно вивчити сорбційні властивості металургійних шлаків. Це дозволяє визначити перспективи використання шлаків у сорбційних технологіях очищення промислових стічних вод та зекономити матеріальні ресурси під час проведення досліджень та подальшого використання адсорбентів техногенного походження.

Розроблена методика вимірювання показників адсорбції органічних речовин, що ґрунтується на надійних регресійних рівняннях, включає основні кількісні параметри та характеристики протікання адсорбційного процесу. Ця методика дозволяє встановити оптимальні умови адсорбції органічних сполук, розрахувати величину адсорбції в статичному режимі і ефективність адсорбції в конкретних умовах. Рекомендується використовувати для прогнозування результатів сорбційної очистки промислових стічних вод у реальних умовах.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1 Ляшко І. І. Логістичні засади розроблення стратегії управління вторинними ресурсами / І. І. Ляшко // Збірник наукових статей XIII міжнародної науково-практичної конференції "Екологія та здоров'я людини. Охорона повітряного та водного басейнів. Утилізація відходів". УркДНТЦ "Енергосталь". – Харків: Райдер, 2005. – С. 188-193.

2. Амітан В. М. Регіональні аспекти управління ресурсозбереженням / В. М. Амітан, Н. М. Потапова // Менеджер. Вісник ДонДАУ. – 2002. – С. 115-120.

3. Касимов А. М. Сучасні проблеми та рішення в системі управління небезпечними відходами: навчальний посібник / А. М. Касимов, В. Т. Семенов, М. Г. Щербань, В. В. М'ясоїдов. – Харків: ХНАГХ, 2008. – 510 с.

4. Касимов А. М. Вивчення основних властивостей екологічно небезпечних відвалів Металургійних заводів / А. М. Касимов, О. А. Романовський // Вісник НТУ "ХПІ". – 2004. – № 47. – С. 9-13.

5. ГОСТ 27384-2002 Вода. Норми похибки вимірювань показників складу та властивостей.

6. СанПіН 2.1.5.980-00 Гігієнічні вимоги до охорони поверхневих вод.

7. Зеркалов Д. В. Безпека праці. Монографія. – К.: "Основа". 2012. – 637 с.

ДОДАТОК А

Ілюстративний матеріал до дипломної роботи

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Механічний факультет

Кафедра метрології та безпеки життєдіяльності

Ілюстративний матеріал до дипломної роботи

РОЗРОБЛЕННЯ МЕТОДИКИ ВИМІРЮВАННЯ ПОКАЗНИКІВ АДСОРБЦІЇ
ОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН

Завідувач кафедри: канд. техн. наук, доцент



О. І. Богатов

Нормоконтролер: канд. техн. наук



М. В. Москаленко

Керівник: канд. техн. наук, доцент



І. В. Грайворонська

Студент гр. ММ-41-19



Г. О. Звягін

Харків – 2023

Мета роботи – розроблення методики вимірювання показників адсорбції органічних речовин, що дозволяє за кількісними показниками описати процес адсорбції, прогнозувати перспективи примінення шлаків в сорбційних технологіях та визначення методів дослідження щодо необхідності вивчення мінералогічного, складу шлаків, будови їх поверхні, властивостей, що стосуються радіоактивності та сорбції.

Завдання дослідження: визначення сорбційних характеристик металургійних шлаків, вимірювання їх показників адсорбції та розроблення методики вимірювання показників адсорбції органічних речовин.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

РЕНТГЕНОФАЗОВИЙ АНАЛІЗ	ВИЯВЛЕННЯ МІНЕРАЛОГІЧНОГО СКЛАДУ КРИСТАЛІЧНОЇ КОМПОНЕНТИ ШЛАКУ ТА ОСОБЛИВОСТЕЙ КРИСТАЛІЧНОЇ СТРУКТУРИ
ПЕТРОГРАФІЧНИЙ АНАЛІЗ	ВИЯВЛЕННЯ МІНЕРАЛОГІЧНОГО СКЛАДУ ШЛАКУ ТА СКЛАДУ АМОРФНОЇ КОМПОНЕНТИ
ЕЛЕКТРОННО-ЗОНДОВИЙ МІКРОАНАЛІЗ	ВИЗНАЧЕННЯ ЕЛЕМЕНТНОГО ТА ОКСИДНОГО СКЛАДУ ШЛАКАУ ТА МОРФОЛОГІЇ ПОВЕРХНІ ЧАСТИНОК
ГАММА-СПЕКТРОМЕТРИЧНИЙ АНАЛІЗ	ВИЗНАЧЕННЯ РАДІОНУКЛІДНОГО СКЛАДУ ШЛАКУ ТА ЕФЕКТИВНОЇ ПИТОМОЇ АКТИВНОСТІ
СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧНИЙ АНАЛІЗ	ВИЗНАЧЕННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ ОРГАНІЧНИХ БАРВНИКІВ
РОЗРАХУНКОВІ МЕТОДИ	РОЗРАХУНОК ЧАСТКИ АМОРФНОГО СТАНУ ШЛАКУ

Величину адсорбції шлаку (a) розраховували за формулою:

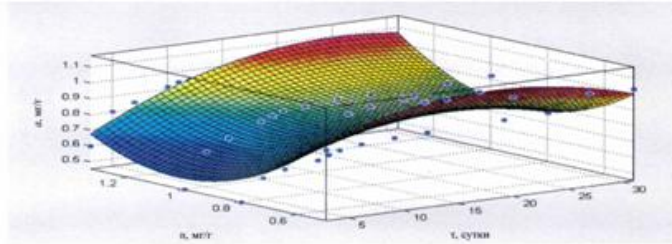
$$a = (C_1 - C_2) * V / m$$

де C_1 та C_2 – відповідно концентрації сорбату до та після сорбції, мг/дм³;

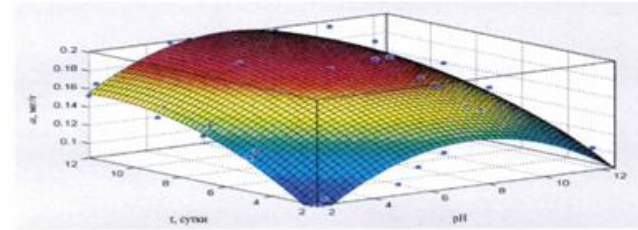
V – об'єм розчину, дм³;

m – маса сорбенту, г.

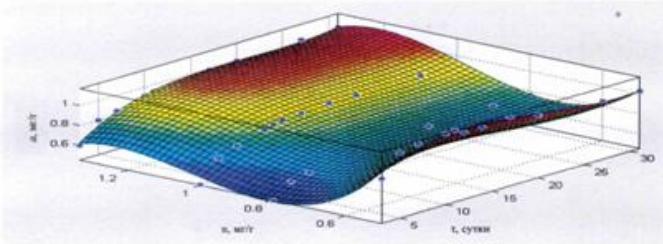
6



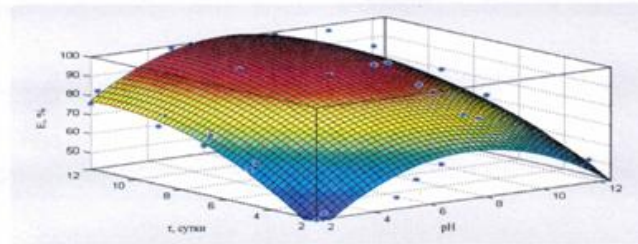
$$a = 2,11 + 0,02222 \tau - 3,266 n - 0,0008168 \tau^2 + 0,01455 \tau \cdot n + 1,579 n^2$$



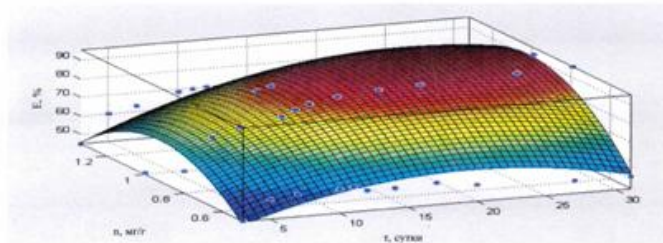
$$a = -0,02022 + 0,0312 \text{pH} + 0,02194 \tau - 0,002069 (\text{pH})^2 - 0,0002651 \text{pH} \cdot \tau - 0,0009393 \tau^2$$



$$a = 5,938 + 0,03538 \tau - 17,87 n - 0,003823 \tau^2 + 0,07923 \tau \cdot n + 18,14 n^2 + 6,477 \cdot 10^0,0002236 \tau^2 \cdot n - 0,03111 \tau \cdot n^2 - 5,892 n^3$$



$$E = -10,1 + 15,6 \text{pH} + 10,97 \tau - 1,034 (\text{pH})^2 - 0,1324 \text{pH} \cdot \tau - 0,4694 \tau^2$$



$$E = -52,64 + 2,256 \tau + 242,9 n - 0,07112 \tau^2 + 1,012 \tau \cdot n - 132,8 n^2$$

де:

τ - час сорбції;

pH - кислотність розчину сорбату;

n - співвідношення «сорбат: сорбент»;

E - ефективність вилучення сорбату з розчину

Червоним і помаранчевим кольором відзначені оптимальні умови адсорбції, відповідні найбільшим величинам адсорбції (a)

ВИСНОВКИ

Досліджено основні показники адсорбції металургійних шлаків.

Була розроблена методика наукових досліджень, яка дозволяє зменшити тривалість досліджень, більш ефективно та повно вивчити сорбційні властивості металургійних шлаків. Це дозволяє визначити перспективи використання шлаків у сорбційних технологіях очищення промислових стічних вод та зекономити матеріальні ресурси під час проведення досліджень та подальшого використання адсорбентів техногенного походження.

Розроблена методика вимірювання показників адсорбції органічних речовин, що ґрунтується на надійних регресійних рівняннях, включає основні кількісні параметри та характеристики протікання адсорбційного процесу. Ця методика дозволяє встановити оптимальні умови адсорбції органічних сполук, розрахувати величину адсорбції в статичному режимі і ефективність адсорбції в конкретних умовах. Рекомендується використовувати для прогнозування результатів сорбційної очистки промислових стічних вод у реальних умовах.