

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет

БАРСУКОВА ГАННА ВОЛОДИМИРІВНА

УДК 504.064.4+661.872.22

ЗНИЖЕННЯ ТЕХНОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА НАВКОЛИШНЄ
СЕРЕДОВИЩЕ ПРИ УТИЛІЗАЦІЇ ЗАЛІЗНОГО КУПОРОСУ ВИРОБНИЦТВА
ПІГМЕНТНОГО ДВООКИСУ ТИТАНУ

21.06.01 – екологічна безпека

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Суми – 2017

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Сумському державному університеті на кафедрі прикладної екології Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник
Вакал Сергій Васильович,
Державне підприємство «Сумський державний науково-дослідний інститут мінеральних добрив і пігментів» Міністерства економічного розвитку і торгівлі України, директор.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, доцент
Вамболь Віола Владиславівна,
Національний університет цивільного захисту України
Державної служби України з надзвичайних ситуацій,
кафедра охорони праці та техногенно-екологічної безпеки, професор;

кандидат технічних наук, доцент
Мельник Олена Сергіївна,
Глухівський національний педагогічний університет імені Олександра Довженка Міністерства освіти і науки України, кафедра безпеки життєдіяльності, фізичного виховання та здоров'я людини, завідувач кафедри.

Захист відбудеться «02» червня 2017 р. о 14 год. 00 хв. на засіданні спеціалізованої вченої ради К 55.051.04 в Сумському державному університеті за адресою: 40007, м. Суми, вул. Римського-Корсакова, 2, корп. Ц, ауд. 204.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Сумського державного університету України за адресою: 40007, м. Суми, вул. Римського-Корсакова, 2.

Автореферат розіслано «28» квітня 2017 року.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради К 55.051.04
кандидат технічних наук, доцент



Л. Л. Гурець

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Вирішення проблеми підвищення рівня екологічної безпеки для сталого розвитку держави можливе лише за умови проведення природоохоронних заходів на промислових підприємствах. Для цього діючі підприємства, діяльність яких призводить до забруднення природного середовища, повинні впроваджувати екологічно орієнтовані технології для очищення шкідливих викидів. Хімічна промисловість є однією з основних галузей промисловості, яка характеризується значними обсягами виробництва, великою кількістю складних, багатостадійних технологічних процесів, що призводять до утворення великої кількості відходів та забруднювальних речовин на різних стадіях виробництва.

Накопичення такого багатотоннажного відходу, як залізний купорос, належить до низки екологічних проблем регіонів, де розміщені підприємства з виробництва пігментного двоокису титану. Залізний купорос містить значну кількість вільної сірчаної кислоти, яка з ґрунтовими водами розноситься на великі площі земель, засолюючи їх, змінюючи структуру ґрунтів, забруднюючи іонами титану та хрому, що є складовими відходу, та завдяки сприятливим метеорологічним умовам поширюється у вигляді кислих опадів на далекі відстані, завдаючи шкоди екосистемам.

Таким чином, актуально знешкодити залізний купорос як чинника формування екологічної небезпеки в техногенно навантажених регіонах, бо він є загрозою як для здоров'я людини, так і для навколишнього середовища.

Відвал накопичення залізного купоросу на ПАТ «Сумихімпром» має масштаби техногенного родовища, що не переробляється через відсутність необхідної технології. Ситуація ускладнюється тим, що зберігається значна різниця між обсягами накопичення відходу та обсягом його знешкодження й використання. Враховуючи перспективи збільшення виробництва двоокису титану в Україні, актуально залучати сірчанокиисле залізо (II) як техногенну сировину.

Виходячи з вище сказаного, отримання залізородних окатишів для металургійної промисловості дозволить скоротити добування залізної руди та покращити стан навколишнього середовища регіонів, де розміщені підприємства з виробництва двоокису титану.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконувалася на кафедрі прикладної екології Сумського державного університету за тематикою «Розроблення шляхів поліпшення екологічної ситуації міст і промислових зон» згідно з науково-технічною програмою Міністерства освіти і науки України (номер державної реєстрації 0111U006335), та «Зниження техногенного навантаження на навколишнє середовище підприємств хімічної, машинобудівної промисловості та теплоенергетики» (номер державної реєстрації 0116U006606) й відповідно до плану науково-дослідних робіт ДП «СДНДІ МінДіП» для підприємства ПАТ «Сумихімпром», пов'язаних із тематикою «Утилізація залізного купоросу» № 117.05.01.07, а також в межах господарської розрахункової тематики «Исследование и разработка ресурсосберегающей технологии переработки отходов производства ПАО «Сумыхимпром» (номер державної реєстрації 0108U007350).

Мета і завдання дослідження. Метою дисертаційної роботи є зниження техногенного навантаження на ґрунтові екосистеми від кислих відходів виробництва пігментного двоокису титану шляхом розроблення технології утилізації залізного купоросу з отриманням пасти оксидів-гідроксидів заліза (ОГЗ) та розчину сульфату амонію як цільових продуктів.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити такі завдання:

- дослідити вплив залізного купоросу на довкілля;
- дослідити характеристики залізного купоросу як чинника формування екологічної небезпеки в умовах конкретного підприємства хімічної промисловості;
- розробити математичну модель інфільтрації кислих розчинів, які утворюються під час розчинення твердих відходів, що містять сірчану кислоту, у ґрунтові екосистеми;
- визначити необхідні параметри технології перероблення одноводного залізного купоросу на розчин сульфату амонію й пасту ОГЗ шляхом проведення лабораторно-технологічного дослідження;
- визначити основні вимоги до залізородних окатишів як до залізної руди;
- обґрунтувати й розробити технологічну схему перероблення залізного купоросу;
- розрахувати техніко-економічні показники розробки.

Об'єкт дослідження – техногенний вплив відвалу залізного купоросу виробництва пігментного двоокису титану на навколишнє середовище.

Предмет дослідження – процес утилізації залізного купоросу виробництва пігментного двоокису титану.

Методи дослідження. Теоретичні та практичні аспекти дисертації базуються на використанні хімічного та математичного моделювання досліджуваних процесів. Використано хімічні методи для отримання пасти ОГЗ, а також експериментальні методи дослідження ефективності роботи цієї технології. У роботі використані фізичні та хімічні методи для визначення складу відходу, визначення необхідних параметрів технології переробки одноводного залізного купоросу на розчин сульфату амонію й пасту ОГЗ завдяки методам хімічного аналізу. Теоретичні розрахунки та обробку експериментальних даних виконували із застосуванням комп'ютерних програм Mathematika 8.0; Statistica 6.0; Microsoft Excel.

Наукова новизна одержаних результатів. З метою підвищення рівня екологічної безпеки та на основі виконаних теоретичних і експериментальних досліджень одержані такі наукові результати:

- вперше проведено оцінку техногенного впливу кислих відходів титанового виробництва району відвалу залізного купоросу на ґрунтові екосистеми;
- вперше проведено комплексне дослідження впливу залізного купоросу на ґрунтові екосистеми та виявлено зміни їх основних фізичних і хімічних властивостей;
- вперше розроблено математичну модель забруднення ґрунтових екосистем у результаті надходження до них кислих розчинів, які утворюються

при розчиненні кристалогідратів залізного купоросу титанового виробництва під впливом опадів, що дозволить здійснювати наявну та прогнозну оцінку явища техногенної руйнації ґрунтів;

– вперше сформовані теоретичні та практичні основи технологічних рішень технології перероблення твердих відходів виробництва двоокису титану на пасту ОГЗ та сульфат амонію;

– науково обґрунтовано доцільність застосування пасти ОГЗ як водовбирної добавки до вологого залізородного концентрату чорної металургії та сульфату амонію – як сировини для отримання мінерального добрива.

Практичне значення одержаних результатів. Розроблено новий спосіб одержання суміші тонкодисперсних оксидів-гідроксидів заліза (ТОГЗ) із магнітними властивостями для підвищення рівня екологічної безпеки ґрунтових екосистем регіонів, де розміщені підприємства з виробництва пігментного двоокису титану. Вперше знайдений спосіб утилізації залізного купоросу – відходу виробництва пігментного двоокису титану – з отриманням суміші ОГЗ та розчину сульфату амонію. Суміш ОГЗ отримують для використання в чорній металургії в якості водопоглинаючої добавки на стадії підготовки вологого концентрату залізної руди до грануляції, а сульфат амонію – мінерального добрива для сільського господарства. Ці два цільових продукти дозволять забезпечити зниження рівня екологічної небезпеки для навколишнього середовища, спричиненого токсичною дією сірчаної кислоти на ґрунтові екосистеми. Розроблено технологічну схему процесу екологічно безпечної технології утилізації залізного купоросу шляхом перероблення його на пасту ОГЗ та розчин сульфату амонію.

Результати дослідно-промислових випробувань технології утилізації залізного купоросу передані на ДП «СДНДІ «МінДіП» для використання у процесі одержання пасти ОГЗ та розчину сульфату амонію для отримання мінерального добрива (акт впровадження від 15.03.2015 р.), та теоретико-практичні результати досліджень використовують на кафедрі прикладної екології Сумського державного університету під час викладання дисциплін у навчальному процесі «Техноекологія» й «Технології утилізації відходів» (акт впровадження від 05.01.2017 р.).

Особистий внесок здобувача полягає в: аналізі джерел літератури, опрацюванні методик експерименту, обробці та аналізі одержаних результатів, розробленні математичної моделі просочування розчинів, утворених у результаті розчинення деякої маси відходу, що містить залишкову сірчану кислоту, дослідженні фізичних та хімічних основ технології перероблення відходу виробництва пігментного двоокису титану.

Внесок автора в роботах, опублікованих у співавторстві, наведений у списку праць за темою дисертації.

Апробація результатів дисертації. Основні результати роботи доповідалися та обговорювалися на 10 конференціях: Всеукраїнській міжвузівській науково-технічній конференції (м. Суми, 2013 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Розвиток країн в умовах глобалізації: технологічні, економічні, соціальні та екологічні проблеми» (м. Тернопіль, 2013 р.); XVIII Міжнародній науково-практичній конференції «Технічні науки –

від теорії до практики» (м. Новосибірськ, 2013 р.); II Міжнародній науковій конференції студентів, магістрантів, аспірантів та молодих вчених «Екологія, неоекологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування» (м. Харків, 2013 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Глобалізація науки: проблеми та перспективи» (м. Уфа, 2014 р.); Всеукраїнській міжвузівській науково-технічній конференції (м. Суми, 2014 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Інноваційний розвиток сучасної науки» (м. Уфа, 2014 р.); Всеукраїнській міжвузівській науково-технічній конференції (м. Суми, 2015 р.); II Міжнародній науково-практичній конференції (м. Шостка, 2014 р.); I науково-методичній конференції «Освіта, наука та виробництво: розвиток та перспективи» (м. Шостка, 2015 р.).

Публікації. За темою дисертаційної роботи опубліковано 16 наукових праць: 8 статей, з яких: 1 стаття – у зарубіжному виданні, що індексується міжнародною наукометричною базою даних, 4 статті – у наукових фахових виданнях, що входять до переліку МОН України, 3 статті – у збірниках статей; 7 тез доповідей на вітчизняних та міжнародних конференціях; 1 патент на корисну модель.

Структура та обсяги дисертації. Дисертаційна робота складається із вступу, шести розділів, висновків, списку використаних джерел літератури та додатків. Повний обсяг роботи становить 157 сторінок. Дисертаційна робота містить 26 рисунків та 11 таблиць за текстом, а також 10 додатків розміщених на 23 сторінках. Перелік використаних джерел літератури вміщує 158 найменувань на 15 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність роботи, зв'язок дисертації з науковими програмами та планами, сформульовано мету і завдання дослідження, викладено наукову новизну й практичне значення одержаних результатів, наведено основні дані щодо апробації роботи, публікацій, подано загальну характеристику роботи.

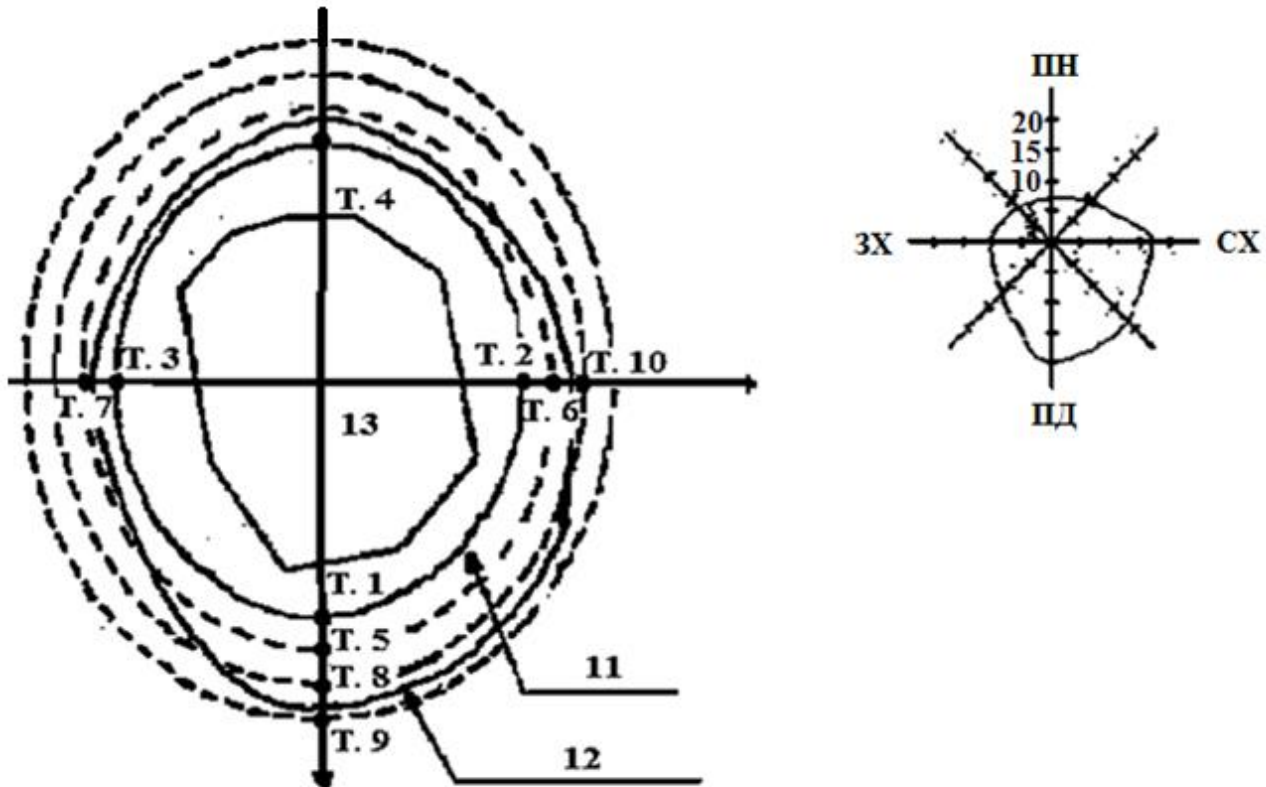
У першому розділі наведено літературний огляд та проблеми поводження з багатотоннажними відходами виробництва двоокису титану. Подана оцінка техногенному впливу кислих відходів виробництва двоокису титану на ґрунти. Проаналізовано аналітичний огляд рішень щодо перероблення залізного купоросу. Запропоновано виготовлення залізородних окатишів як варіант використання відходів виробництва пігментного двоокису титану.

У другому розділі наведено кліматично-географічні умови об'єкта досліджень, а також методики лабораторного аналізу ґрунтів, відбору проб залізного купоросу, аналізу пасти ОГЗ до промивання та після промивання.

Об'єктом дослідження є діючий відвал фосфогіпсу ПАТ «Сумихімпром», що знаходиться на відстані 800 м від с. Токарі в Сумській області у балці Глибокий Яр. Площа відвалу відходів становить 1,5 га із санітарно-захисною зоною 1,9 га.

У районі складування залізного купоросу переважають сірі лісові ґрунти. Ці ґрунти збіднені на органічну речовину, і вміст органічних речовин (гумус) в них становить 1,1–1,34 %. Реакція ґрунтового розчину змінюється від кислої (рН 5,5) до нейтральної (рН 7). Ґрунти малонасичені основами, ступінь насиченості становить 48 %. Сірі лісові ґрунти бідні на рухомі форми поживних речовин.

Відбирання зразків для аналізу проводили в розрізі ґрунту. Проби брали за схемою (рис. 1) від поверхні ґрунту через кожні 0,1 м до 1,2 м.



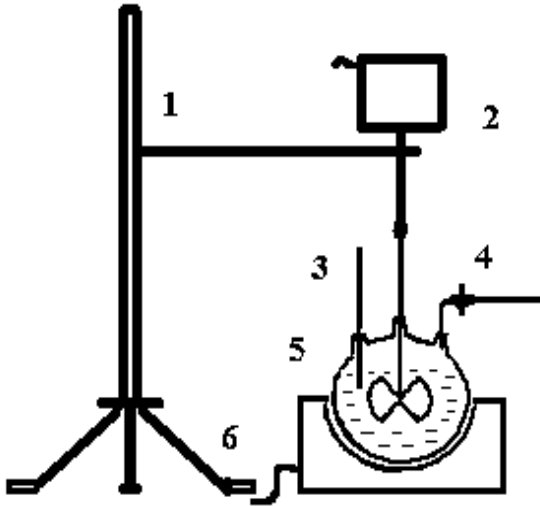
Т. 1 – місце відбору проб ґрунту на відстані 10 м на південь від відвалу; Т. 2 – місце відбору проб ґрунту на відстані 10 м на схід від відвалу; Т. 3 – місце відбору проб ґрунту на відстані 10 м на захід від відвалу; Т. 4 – місце відбору проб ґрунту на відстані 10 м на північ від відвалу; Т. 5 – місце відбору проб ґрунту на відстані 20 м на південь від відвалу; Т. 6 – місце відбору проб ґрунту на відстані 20 м на схід від відвалу; Т. 7 – місце відбору проб ґрунту на відстані 20 м на захід від відвалу; Т. 8 – місце відбору проб ґрунту на відстані 30 м на південь від відвалу; Т. 9 – місце відбору проб ґрунту на відстані 40 м на південь від відвалу; Т. 10 – місце відбору проб ґрунту на відстані 30 м на схід від відвалу; 11 – санітарно-захисна зона; 12 – фонові концентрації; 13 – відвал залізного купоросу

Рисунок 1 – Схема району спеціалізованого відвалу залізного купоросу із зазначенням місць відбирання проб

Подано методику дослідження просочування ґрунтів. Це явище характеризується водопроникністю, яка відбувається в ґрунті під час надходження води на його поверхню. А саме це здатність ґрунтів пропускати через себе воду. Водопроникність ґрунтів оцінюють за коефіцієнтом фільтрації. Тому в процесі проведення дослідів визначаємо цю величину.

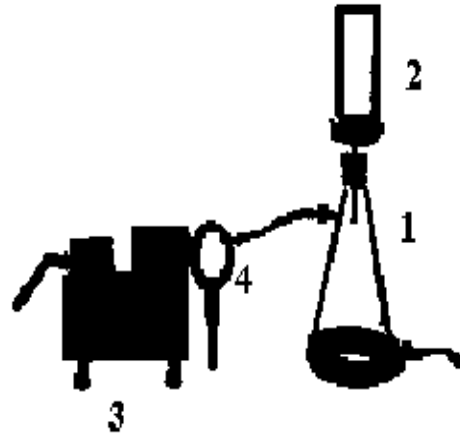
Представлено методики аналітичного аналізу одержаної пасти ОГЗ та пасти ОГЗ після відмивання від надмірного вмісту сірки на такі компоненти: $Fe_{заг}$, Fe^{2+} , Fe^{3+} , $Fe^{3+}/Fe_{заг}$, $SO_{3заг}$, N та H_2O .

Процеси одержання та відмивання пасти ОГЗ відбувалися за допомогою лабораторних установок, які зображено на рисунку 2 та рисунку 3 відповідно.



1 – штатив; 2 – електрична мішалка з регулятором; 3 – термометр; 4 – барботер; 5 – реактор; 6 – електрична плитка

Рисунок 2 – Лабораторна установка отримання ОГЗ



1 – колба Бунзена; 2 – воронка Бюхнера; 3 – вакуумний насос; 4 – манометр

Рисунок 3 – Лабораторна установка промивання ОГЗ

Подані дослідження техногенного забруднення кислими розчинами, які утворюються при розчиненні кристалогідратів залізного купоросу титанового виробництва, під впливом опадів району відвалу залізного купоросу. Зміна всіх основних властивостей ґрунту характеризується наявністю вільної сірчаної кислоти у відході, яка в процесі тривалого зберігання на відкритих площах відвалів твердих відходів може мігрувати із залізного купоросу у ґрунт і, таким чином, впливати на екологічний стан навколишнього середовища.

Паралельно проводився аналіз контрольних зразків ґрунтів (табл. 1), відібраних поза відвалами.

Таблиця 1 – Щільність та структурний склад ґрунту контрольних зразків

Глибина, м	Щільність кг/м ³	Коефіцієнт структурності
0	1520	0,4
0,1	1530	1,0
0,2	1550	1,3
0,3	1570	1,5
0,4	1600	1,7
0,5	1620	1,9
0,6	1630	2,0
0,7	1640	2,0
0,8	1650	2,1
0,9	1660	2,2
1	1670	2,3
1,1	1680	2,3
1,2	1680	2,5

Результати аналізу порівнювали з результатами досліджуваних ґрунтів. У процесі проведення дослідів були перевірені щільність ґрунту, коефіцієнт структурності, вміст кислотності та обмінних основ. Структурно-агрегатний склад орного шару ґрунтів у зоні інтенсивного забруднення значно змінився порівняно зі станом ґрунтів контрольних зразків. У ньому збільшилася щільність, зменшилася розпорошеність, знизився вміст агрегатів агрономічно цінного розміру, погіршилася структура ґрунту. Зміна щільності чітко простежується на рисунку 4.

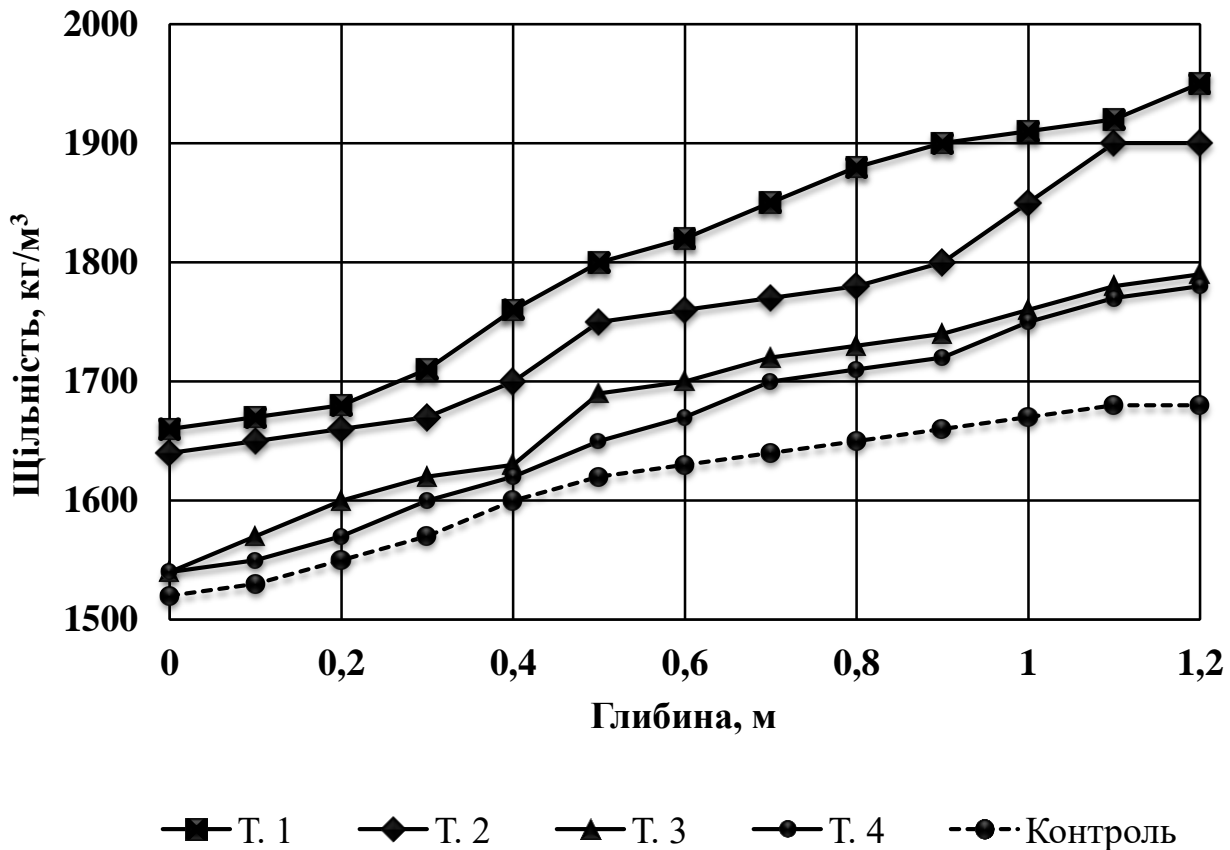


Рисунок 4 – Зміна щільності з глибиною

Досліджуваний ґрунт став більш щільним. Показники щільності ґрунту з глибиною збільшилися з 1 500–1 600 до 1 950 кг/м³.

Досліджувалися також ґрунти, проби яких були відібрані на відстані 10 м від санітарно-захисної зони (СЗЗ) у Т. 5, Т. 6 і Т. 7: у південному, східному та західному напрямках відповідно. У західному напрямку поза СЗЗ проби не брались, оскільки згідно з рисунком 4 у Т. 4 спостерігається значення щільності ґрунту, близьке до значень контрольних зразків. Підвищене значення щільності поза СЗЗ спостерігається лише у південному (щільність в Т. 5 1 900 кг/м³) та східному (щільність в Т. 6 1 790 кг/м³) напрямках від відвалу. Тому на відстані 10 м відбиралися проби Т. 8 і Т. 9 відповідно. Зміна щільності на відстані 20 м від СЗЗ наведені на рисунку 5.

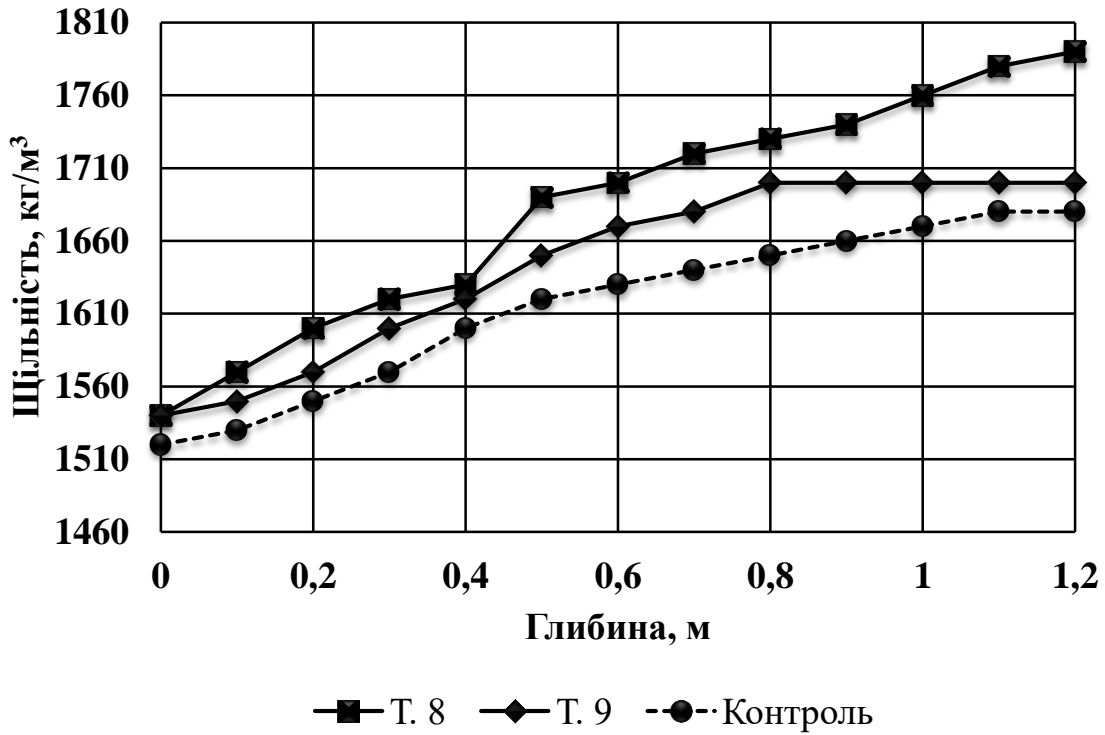


Рисунок 5 – Зміна щільності з глибиною на відстані 20 від С33

Згідно з рисунком 5 у Т. 9 значення щільності ґрунту близькі до значень щільності контрольних зразків, а нормоване значення щільності на відстані 20 м від С33 спостерігається у східному напрямку. Підвищене значення щільності поза С33 спостерігається лише у південному напрямку від відвалу. Тому на відстані 30 м відбиралися проби Т. 10. Зміни щільності на відстані 30 м від С33 відображені на рисунку 6.

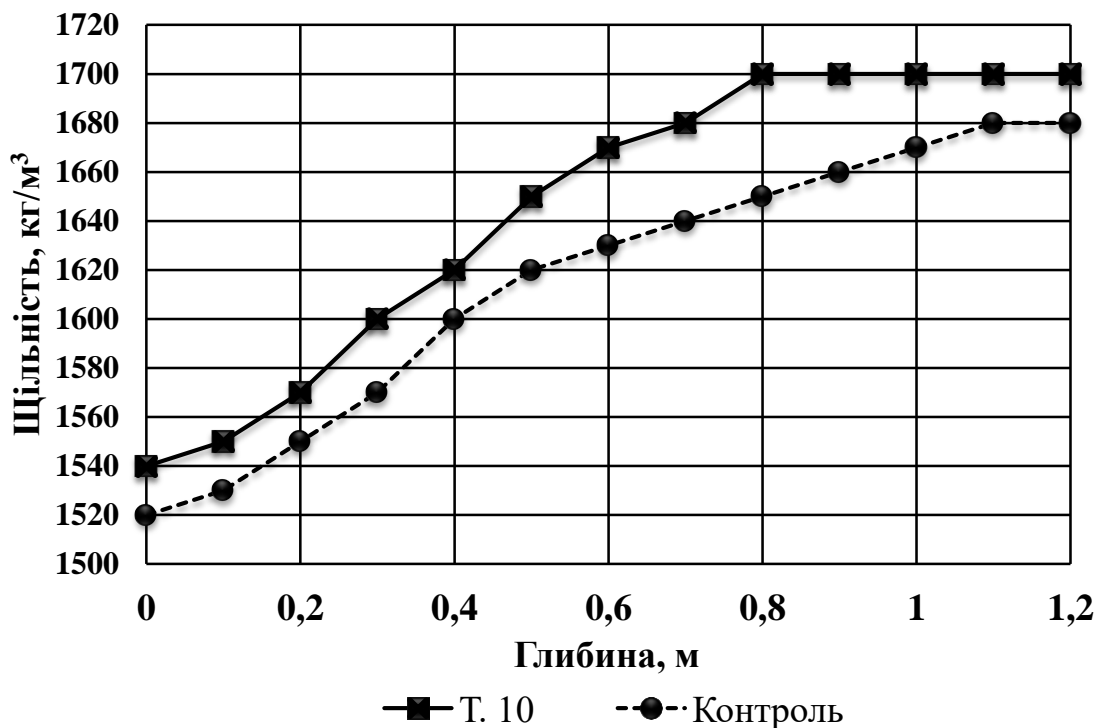


Рисунок 6 – Зміна щільності з глибиною на відстані 30 від С33

Згідно з рисунком 6 у Т. 10 значення щільності ґрунту близькі до значень щільності контрольних зразків, а нормоване значення щільності на відстані 30 м від СЗЗ уже спостерігається у південному напрямку.

З глибиною відбувається збільшення коефіцієнта структурності ґрунту з 0,4–1,0 до 4,0, що підтверджує значне погіршення структурного стану ґрунту даного району. Відображення чіткої зміни спостерігається на рисунку 7.

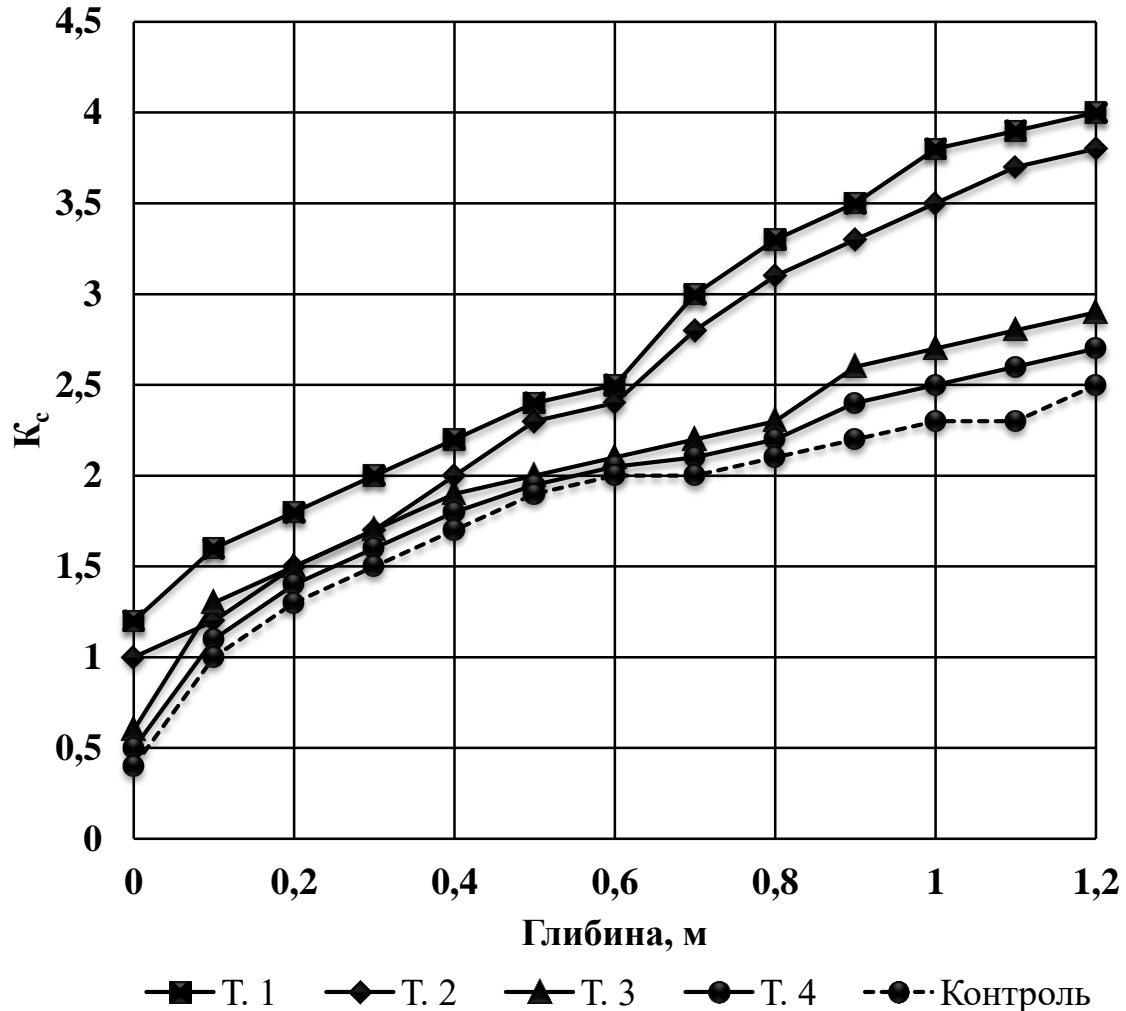


Рисунок 7 – Зміна коефіцієнта структурності

Спостерігається чітка залежність погіршення усіх фізичних властивостей у ґрунтах відвалу в південному та східному напрямках. Це пов'язано з розою вітрів, а саме з південними та східними вітрами, що переважають на цих територіях. Досліджувались також хімічні властивості ґрунтів. Виявлено, що кислотність ґрунту контрольних зразків показник $pH_{\text{водн}}$ знаходиться на рівні 6,3–6,8, а $pH_{\text{сол}} = 6,2–6,5$. За результатами досліджень фактичні значення кислотності значно знижені. Знайдено, що в досліджуваних ґрунтах максимальна кислотність спостерігається на глибині 0,6 м. Відбувається процес накопичення кислих розчинів в ілювіальному горизонті, який розміщений на межі порід, що піддані процесу оглеєння і є більш важкими за гранулометричним складом.

У верхніх гумусових горизонтах ґрунтів та підстилки з'являються значення кислотності близькі до норми (Т. 3 та Т. 4), однак зазнають максимального

техногенного впливу ґрунти в Т. 1 та Т. 2. З метою знаходження значень близьких до контрольних зразків, проводилось дослідження кислотності в Т. 5 і Т. 7. Однак на відстані 10 м від СЗЗ у Т. 5 і Т. 6 ще спостерігаються завищені показники кислотності ($pH_{\text{водн}} = 5,3-5,9$; $pH_{\text{сол}} = 5,3-5,7$), а в Т. 7 кислотність досягла нормованого значення ($pH_{\text{водн}} = 6,1$; $pH_{\text{сол}} = 6,0$). Досліджувалися також ґрунти в Т. 8 і Т. 9. У цих місцях відбору проб нормованого значення кислотність досягла на відстані 20–30 м від СЗЗ відповідно.

За результатами аналізу контрольних зразків ґрунтів, в орному шарі сірого ґрунту Ca^{2+} міститься 27,0 мг-екв., Mg^{2+} – 6,5 мг-екв. (табл. 2).

Таблиця 2 – Хімічний склад поглинених основ контрольних зразків ґрунту

Глибина, м	Поглинені основи		
	Ca^{2+} , мг-екв.	Mg^{2+} , мг-екв.	Сума, мг-екв.
0,1	21,4	4,9	26,3
0,2	22,0	5,3	27,3
0,3	22,9	5,7	28,6
0,4	23,8	6,1	29,9
0,5	24,5	6,1	30,6
0,6	26,1	6,0	32,3
0,7	26,0	5,8	32,1
0,8	25,3	5,2	30,5
0,9	23,9	5,0	28,9
1	23,0	4,8	27,8
1,1	22,3	4,3	26,6
1,2	22,0	4,0	26,0

Одним з яскравих проявів, що виявляються при збільшенні кислотності ґрунтів і забруднення їх фторидами в лабораторних умовах, є збіднення ґрунтового поглинального комплексу обмінними основами. Кількість основ, починаючи з глибини від 0,1 до 0,7 м, поступово збільшується, але близько до материнської породи зменшується. У сірих ґрунтах у відібраних пробах Т. 1 і Т. 2 вміст кальцію та магнію значно нижчі від норми, в той час як в інших місцях їх вміст наближається до норми (Т. 3 і Т. 4) Така відмінність можлива у зв'язку з інтенсивними кислими опадами в даному напрямку. Однак на відстані 10 м від СЗЗ в Т. 2 вміст кальцію та магнію досягнув нормованого значення і становить 25,5 та 6,0 мг-екв. відповідно. Близькі значення вмісту кальцію та магнію до контрольних у Т. 1 спостерігалися на відстані 20 м від СЗЗ (25,8 та 6,2 мг-екв. відповідно).

Проникнення кислих розчинів, які утворюються при розчиненні кристалогідратів залізного купоросу титанового виробництва під впливом опадів, в ґрунтове середовище відбувається шляхом інфільтрації. Дослідження інфільтрації кислих розчинів пов'язане зі щільністю ґрунту. Швидкість інфільтрації характеризується коефіцієнтом фільтрації. Для орного шару сірого ґрунту досліджуваного району коефіцієнт фільтрації варіюється від 0,85 мкм/с до 0,9 мкм/с залежно від щільності ґрунту (рис. 8).

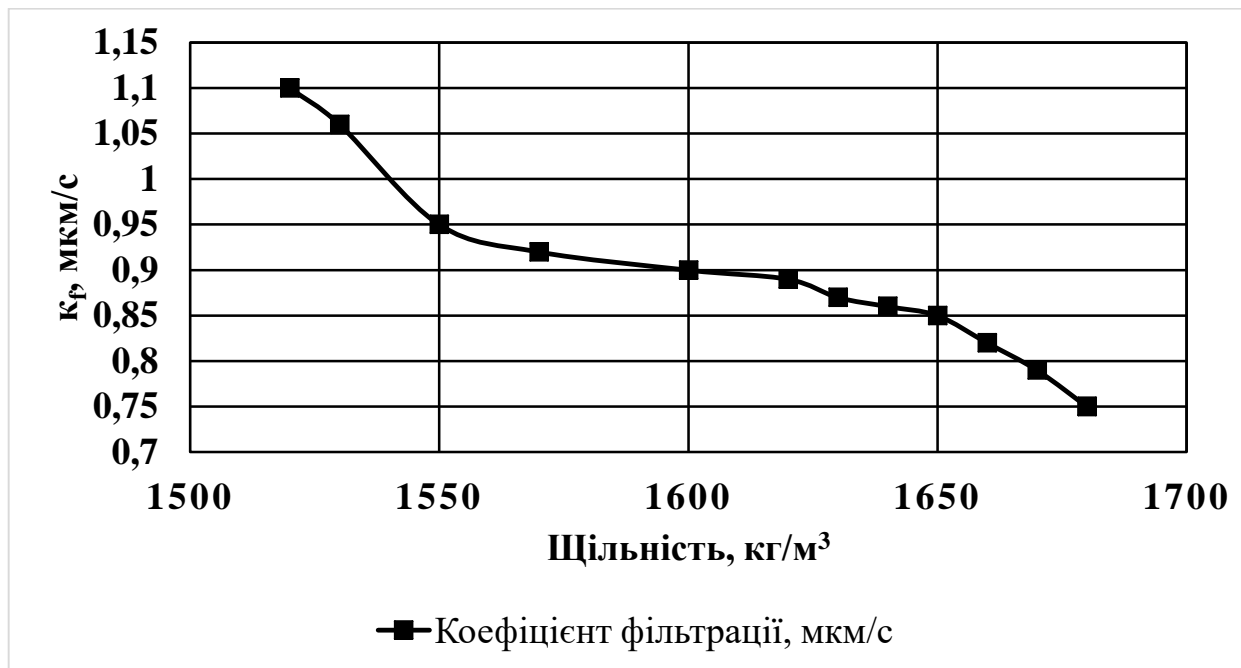


Рисунок 8 – Залежність коефіцієнта фільтрації від щільності ґрунту контрольних зразків

Щільність контрольних зразків з глибиною зростає з 1 520 до 1 680 $\text{кг}/\text{м}^3$, у свою чергу, коефіцієнт фільтрації відповідно знижується з 1,1 до 0,75 $\text{мкм}/\text{с}$. Зв'язок між двома показниками існує і є зворотним. Результати досліджуваних ґрунтів показали, що у Т. 1 ґрунт ущільнився з 0,4 до 2,7 $\text{кг}/\text{м}^3$, а коефіцієнт фільтрації знизився із 0,4 до 0,3 $\text{мкм}/\text{с}$. У Т. 2 фізичні зміни ґрунту відбуваються за таким самим принципом, як і в Т. 1. При збільшенні щільності ґрунту з 0,3 до 2,2 $\text{кг}/\text{м}^3$ коефіцієнт фільтрації знизився на 0,5 $\text{мкм}/\text{с}$ на всій ділянці відбирання проб ґрунту.

Простежуються помітні зміни коефіцієнтів фільтрації ґрунтів у Т. 4 та Т. 3 відбирання проб на діючому відвалі залізного купоросу в порівнянні з показниками контрольних зразків. Щільність ґрунту змінюється з 0,2 до 2,2 $\text{кг}/\text{м}^3$ в Т. 4 та Т. 3 одночасно. Рівномірно знизився і коефіцієнт фільтрації з глибиною на 0,05 $\text{мкм}/\text{с}$ у Т. 4 та на 0,04 $\text{мкм}/\text{с}$ у Т. 3. Однак на відстані 10 м від СЗЗ у Т. 5 і Т. 6 ще спостерігаються занижені значення коефіцієнтів фільтрації (від 0,7 до 0,8 $\text{мкм}/\text{с}$), а в Т. 7 було досягнуто нормованого значення (1,0 $\text{мкм}/\text{с}$). Досліджувалися також ґрунти в Т. 8 і Т. 9. В цих місцях відбирання проб нормованого значення коефіцієнт фільтрації досягнув на відстані 20–30 м від СЗЗ 0,9 та 1,0 $\text{мкм}/\text{с}$ відповідно.

На основі одержаних даних був розрахований коефіцієнт дифузії. Дослідним шляхом було визначено щільність дифузії для сірого ґрунту, що дорівнює $1,63 \cdot 10^{-10} \text{ кг}/\text{м}^2$, та коефіцієнт дифузії, що дорівнює $1,51 \cdot 10^{-8} \text{ м}^2/\text{с}$.

У четвертому розділі наведена математична модель прогнозування акумуляції кислих розчинів залізного купоросу на різних глибинах ґрунту до материнської породи району діючого відвалу залізного купоросу. Модель встановлює функціональну залежність концентрації кислих розчинів залізного купоросу в геохімічному ландшафті від просторових координат і часу. В цьому випадку сукупність значень концентрацій у всіх точках за певний момент часу являє собою поле концентрації.

Аналітичне поле концентрації описується функціональною залежністю (1):

$$C = f(x, y, z, t), \quad (1)$$

де C – концентрація кислих розчинів залізного купоросу (кислотність, мг–екв.);
 x, y, z – просторові координати;
 t – час, с

Із функції (1) бачимо, що аналітичне поле концентрації має вигляд нестационарного. Якщо середовище статистично однорідне, то математична модель є лише функцією координат і переміщення кислих розчинів залізного купоросу можна описати таким рівнянням (2):

$$C = f(x, y, z), \text{ або } \frac{\partial C}{\partial t} = 0. \quad (2)$$

Рівняння (2) характеризує ізоконцентраційну поверхню, що проходить через точки з однакою концентрацією. На площині розподіл концентрації має вигляд ізоконцентраційної лінії. Проходження кислих розчинів залізного купоросу через ізоконцентраційну поверхню відбувається завдяки дифузії. Тому важливою величиною для надходження кислих розчинів залізного купоросу до ґрунтових екосистем є щільність дифузійного потоку. Аналітично щільність дифузійного потоку має вигляд рівняння (3):

$$q = \frac{dG}{Fdt}, \quad (3)$$

де G – вага речовини, що дифундується, кг;
 F – площа ізоконцентраційної поверхні, м²;
 t – час, с.

Відповідно до закону Фіка, потік речовини описується співвідношенням (4):

$$q = -D \cdot \frac{dc}{dn}, \quad (4)$$

де n – похідна по нормалі (товща ґрунту), м;
 D – коефіцієнт дифузії, м²/с;
 C – концентрація (водна кислотність ґрунту).

Знак «–» свідчить про те, що потік спрямований у бік зменшення концентрації. Щільність дифузійного потоку прямо пропорційна градієнту концентрації. Об'єктом дослідження повинне бути неоднорідне середовище, що складається як мінімум з двох компонентів (порожнє середовище і рідина, що його заповнює). Кожен компонент бере активну участь у дифузійному процесі. Якщо середовище статистично однорідне, то математична модель переміщення кислих розчинів залізного купоросу можна описати таким рівнянням (5):

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D \cdot \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - \vartheta \frac{\partial C}{\partial x}, \quad (5)$$

де v – швидкість руху, м/с;

x – вертикальна координата;

D – коефіцієнт дифузії, м/с².

Згідно з рівнянням (5) коефіцієнт дифузії та швидкість руху мають емпіричний характер і їх значення неоднозначно враховують ряд особливостей перенесення в сорбційному середовищі.

Для розв'язання рівняння (5) його необхідно доповнити крайовими умовами, у випадку, коли поле нестационарне, і початковими умовами, якщо воно стаціонарне. Граничні умови відображають ситуацію на межі області, де відбувається процес, а початкові – у середині області до початку відліку. У початковому концентраційному стані середовища відображена вся його попередня концентраційна ситуація і для подальшої зміни концентрацій не важливо, яким чином утворилося це концентраційне поле.

Без урахування граничних умов рівняння (5) матиме наступний вигляд:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D \cdot \frac{\partial^2 C}{\partial x^2}. \quad (6)$$

Знаходимо розв'язок рівняння (6). Задаємо наступні крайові умови:

1. $C(x, t) = c_0$ при $t = 0$ (початкова умова, початкова концентрація в ґрунті);

2. $C(x, t) = c_1$ при $x = 0$ (крайова умова, концентрація на поверхні).

З урахуванням зазначених умов розв'язок рівняння (6) матиме вигляд:

$$C(x, t) = \frac{1}{2\sqrt{\pi \cdot D \cdot t}} \int_0^\infty \left\{ \exp\left[-\frac{(x-\varepsilon)^2}{4 \cdot D \cdot t}\right] - \exp\left[-\frac{(x+\varepsilon)^2}{4 \cdot D \cdot t}\right] \right\} \cdot c_1 d(\varepsilon) + \frac{x}{2\sqrt{\pi \cdot D}} \int_0^t \exp\left[-\frac{x^2}{4 \cdot D \cdot (t-\tau)}\right] \frac{c_1(\tau) d\tau}{(t-\tau)^{\frac{3}{2}}}, \quad (7)$$

де ε – відстань від поверхні землі на певну глибину, м;

τ – безрозмірна змінна (масштабований час);

c_1 – концентрація розчину сірчаної кислоти на поверхні ґрунту, мг-екв.

За одержаними лабораторними даними початкова кислотність H_r , що надходить у ґрунт, становить $c_1 = 1,68$ мг-екв., коефіцієнт дифузії $D = 1,51 \cdot 10^{-8}$ м²/с, а початкову концентрацію в ґрунті беремо як $c_0 = 0$. За допомогою пакета Mathematica 8 одержимо розв'язок рівняння (5) без конвективного члена:

$$C(x, t) = \frac{1,68 \cdot x}{2\sqrt{\pi \cdot D}} \int_0^t \frac{e^{-\frac{x^2}{4D \cdot (t-\tau)}}}{(t-\tau)^{\frac{3}{2}}} d\tau = 0,4326 \left(3,883 - 3,883 \operatorname{Erf}\left[\frac{0,4564x}{\sqrt{t}}\right] + 0,1326 \right), \quad (8)$$

$$\text{де } \operatorname{Erf}(z) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^z e^{-y^2} dy.$$

Результати досліджень розв'язання рівняння (8), подані на рисунках 9 та 10.

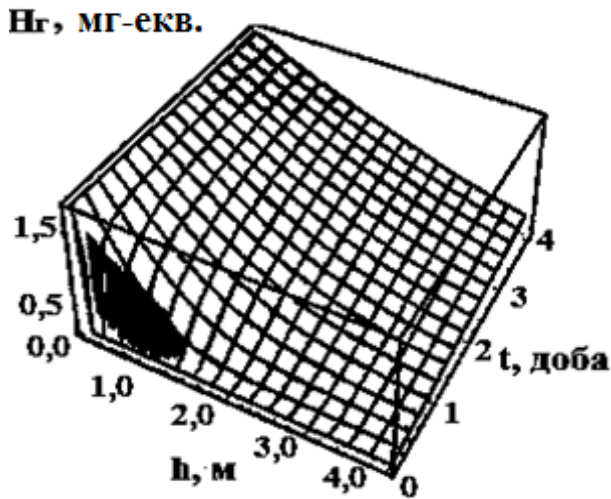


Рисунок 9 – Розподіл гідролітичної кислотності в 3D-проекції

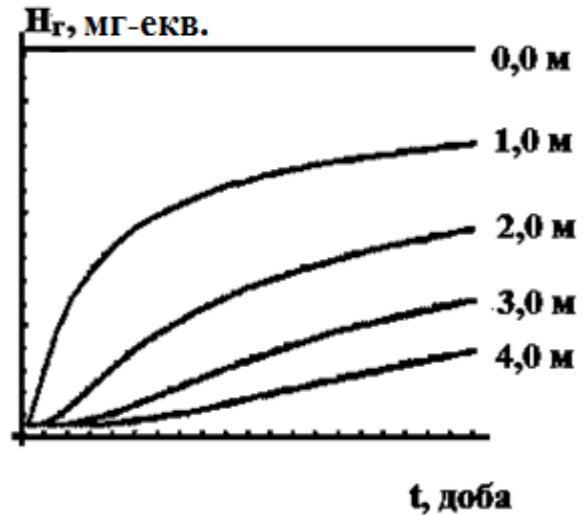


Рисунок 10 – Розподіл гідролітичної кислотності вглиб ґрунту

Розв'язок рівняння (5) з урахуванням конвективного члену має наступний вигляд:

$$C(x, t) = \int_0^\infty c_0 G(x, \varepsilon, t) d\varepsilon + D \int_0^t c_1 \Delta(x, t - \tau) d\tau, \quad (9)$$

де $G(x, \varepsilon, t) = \frac{1}{2\sqrt{\pi \cdot D \cdot t}} \exp\left[\frac{\vartheta(\varepsilon - x)}{2 \cdot D} - \frac{\vartheta^2 \cdot t}{4 \cdot D}\right] \cdot \left[\exp\left(-\frac{(x - \varepsilon)^2}{4 \cdot D \cdot t}\right) - \exp\left(-\frac{(x + \varepsilon)^2}{4 \cdot D \cdot t}\right)\right]$ – функція Гріна.

$$\Delta(x, t) = D \int_0^t c_1 \Delta(x, t - \tau) d\tau. \quad (10)$$

Результати досліджень розв'язку рівняння (10) представлені на рис. 11 та 12.

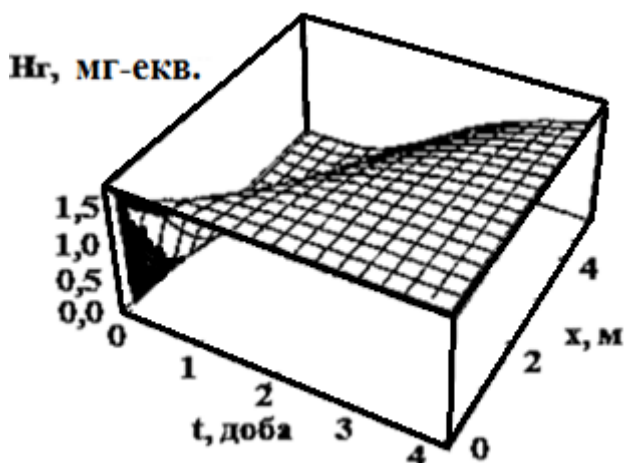


Рисунок 11 – Розподіл гідролітичної кислотності в 3D-проекції

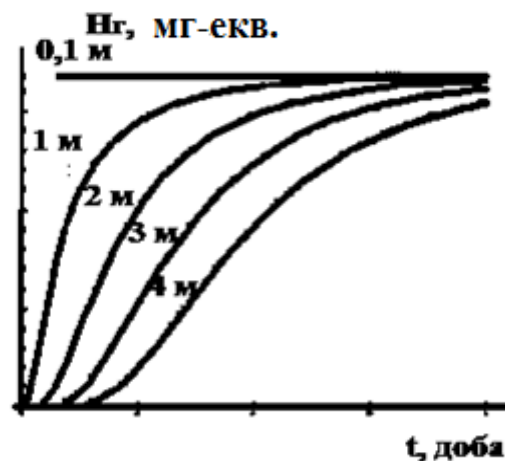


Рисунок 12 – Розподіл гідролітичної кислотності вглиб ґрунту

У процесі вивчення накопичення та просочування кислих розчинів залізного купоросу визначено тісноту зв'язку між глибиною просочування кислих розчинів залізного купоросу та гідролітичною кислотністю ґрунтового середовища, проведено кореляційний аналіз. Величина одержаного зв'язку характеризується коефіцієнтом кореляції, що обчислювався на підставі одержаних експериментальних даних статистичної вибірки значень гідролітичної кислотності та відповідної глибини ґрунту. Зроблений регресійно-кореляційний аналіз доводить, що між розподілом вмісту кислих розчинів залізного купоросу за профілем ґрунту за даними розрахунку математичної моделі та експериментальним аналізом спостерігався тісний кореляційний зв'язок. Коефіцієнт кореляції становив 0,89.

У п'ятому розділі наведена екологічна оцінка стану забруднення ґрунтів району відвалу залізного купоросу ПАТ «Сумихімпром» сульфатами.

ГДК для сульфатів становить 160 мг/кг. Фактичний вміст сульфатів у сірому ґрунті на відстані 10 м від відвалу залізного купоросу ПАТ «Сумихімпром» у межах СЗЗ експериментально визначений для таких 4 точок відбору проб: Т. 1 – 92 мг/кг, Т. 2 – 90 мг/кг, Т. 3 – 84 мг/кг, Т. 4 – 80 мг/кг. У межах СЗЗ за вмістом сульфатів спостерігається висока градація. Вміст сульфатів у сірому ґрунті на відстані 20 м від відвалу залізного купоросу ПАТ «Сумихімпром» поза межами СЗЗ у 3 точках становить: Т. 5 – 68 мг/кг, Т. 6 – 66 мг/кг, Т. 7 – 60 мг/кг. На відстані 20 м від відвалу (поза межами СЗЗ) за вмістом сульфатів спостерігається підвищена градація.

Вміст сульфатів у сірому ґрунті на відстані 30 м (у Т. 9 на відстані 40 м) від відвалу залізного купоросу ПАТ «Сумихімпром» поза межами СЗЗ визначений у 3 точках: Т. 8 – 40 мг/кг, Т. 9 – 20 мг/кг, Т. 10 – 28 мг/кг. За шкалою екологічного нормування сульфатів у ґрунтах за вмістом сульфатів у південному напрямку спостерігається підвищена градація Т.8. Однак, через 10 м від Т. 8 у Т. 9 спостерігається вже середня градація, що досягається нормованими значеннями за сульфатами. Середня градація властива і Т. 10.

Для оцінки екологічної ситуації було використано показник інтенсивності забруднення природного компонента. На основі показника інтенсивності забруднення природного компонента подана оцінка екологічної ситуації забруднення сірих лісових ґрунтів району відвалу залізного купоросу підприємства ПАТ «Сумихімпром» сульфатом заліза, який відносять до III класу небезпеки. Визначено розмір шкоди, завданої забрудненням ґрунтів через порушення природоохоронного законодавства, вона становить 9 735 000 грн.

У шостому розділі обґрунтовано фізико-хімічні основи технології перероблення відходу для відвалу залізного купоросу ПАТ «Сумихімпром» з метою охорони навколишнього середовища. Розроблено три стадії технології отримання легкофільтрованої суспензії оксид-гідроксид заліза. Виявлено, що у процесі трьох стадій технології повинні виконуватися такі умови:

- на 1-й стадії приготування базової суспензії ОГЗ та їх окиснення повітрям відбувається упродовж 2 годин, при цьому значення Fe^{3+} суспензії ОГЗ повинне бути 7,15–7,46 %;

- на 2-й стадії розчинення базової суспензії у вільній сірчаній кислоті залізного купоросу з отриманням розчину, який повинен містити суміш $FeSO_4$ та $Fe_2(SO_4)_3$, співвідношення $Fe^{3+}/Fe_{заг}$ повинне бути 0,308;

– на 3-й стадії амонізація розчину суміші FeSO_4 та $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ і доокиснення суспензії повинні проходити до $\text{pH} = 7\text{--}7,5$, доамонізація та визрівання суспензії до $\text{pH} = 8,5\text{--}9$.

Було підтверджено, що під час амонізації вихідного розчину залізного купоросу синтезується суспензія ОГЗ, що досить ефективно розділяється методом фільтрації на пасту ОГЗ і розчин сульфату амонію. Досліджено процеси фільтрації й відмивання осаду від водорозчинного SO_4^{2-} , які досягаються при дворазовому його промиванні 5 % розчином аміаку і кінцевому промиванні водою. Відмивання проводиться шляхом репульпації та вторинної фільтрації осаду. Внаслідок реалізації технології в лабораторних масштабах отримано продукт, який містить близько 70 % заліза, що відповідає вмісту заліза у залізорудному концентраті.

На основі фільтрату без додаткового доочищення було отримано сульфат амонію 2-го сорту. При додатковому виділенні з фільтрату оксидів заліза якість продукту наближається до продукту 1-го сорту. Було показано, що якість розчину сульфату амонію така, що на його основі можна одержувати сульфат амонію удобрювальний. Проведено лабораторні дослідження щодо відпрацювання процесу грануляції залізної руди з використанням $\text{Fe}(\text{OH})_3$ і типових пластифікованих домішок – бентонітової глини. Проведено зіставні дослідження гранулювання, сушіння, термопідготовки і прогартування залізорудної сировини Полтавського ГЗК без пластифікованої добавки, з добавкою бентоніту 0,8 % і з добавкою 1 % ОГЗ, отриманого із залізного купоросу. Обпалені окатиші з добавкою ОГЗ мають вміст $\text{Fe}_{\text{заг}}$, що відповідає складу обпалених окатишів Полтавського ГЗК (55–62 %).

Описано та обґрунтовано досконалу технологічну схему перероблення залізного купоросу. В ході експериментів у лабораторних умовах було показано можливість приготування суспензії, що містить як іони Fe^{2+} , так і іони Fe^{3+} . Цикл її приготування – 3–4 години. Розроблено матеріальний баланс технології на підставі накопиченої інформації і прийнятної технологічної схеми виробництва. Вже на основі матеріального балансу розраховано ряд техніко-економічних показників виробництва, зокрема й очікувану собівартість випуску 1 т сульфату амонію та оксидів заліза. Розроблювальна технологія рентабельна ($P = 57,16\%$), вартість реалізованих продуктів із комплексу – 5 774,18 грн, а витрати на сировину з комплексу – 350,93 грн.

ВИСНОВКИ

Дисертація присвячена зниженню техногенного впливу відвалу залізного купоросу виробництва пігментного двоокису титану на навколишнє середовище шляхом розроблення технології його утилізації.

1. Аналіз сучасного стану проблеми утилізації кислих відходів виробництва пігментного двоокису титану і підвищення рівня екологічної безпеки дозволяє визначити актуальність досліджень розроблення технології їх перероблення. Аналіз літературних джерел показав, що одноводний залізний купорос із вмістом основного компонента $\text{Fe}_{\text{заг}}$ до 24 % може бути класифікований як вторинна мінеральна сировина. Враховуючи наявність вільної сірчаної кислоти (24 %) в сировині і специфічний склад, жоден із відомих

підходів перероблення та утилізації залізного купоросу не може бути застосованим з економічною ефективністю.

2. Було досліджено основні фізичні та хімічні показники ґрунту району відвалу залізного купоросу ПАТ «Суміхімпром», які порівнювали з фізичними показниками контрольних зразків (с. Могриця, Сумський р-н). Визначено, що: щільність ґрунту збільшилась з 1 500–1 600 до 1 950 кг/м³; коефіцієнт структурності ґрунту збільшився з 0,4–1,0 до 4,0. Встановлено, що з глибиною кислотність ґрунтового середовища збільшилася внаслідок інфільтрації кислих розчинів залізного купоросу. Встановлено залежність між коефіцієнтом фільтрації та щільністю ґрунту: із збільшенням щільності коефіцієнт фільтрації з глибиною знижувався. На підставі експериментальних даних розраховані такі показники, як коефіцієнт дифузії ($1,51 \cdot 10^{-8}$ м²/с) та щільність дифузійного потоку ($1,63 \cdot 10^{-10}$ кг/м²).

3. Розроблена математична модель забруднення ґрунтових екосистем у результаті надходження до них кислих розчинів, які утворюються при розчиненні кристалогідратів залізного купоросу під впливом опадів, дозволила оцінити явище техногенної руйнації ґрунтів.

4. Встановлено, що за величиною сумарного індексу небезпеки залізний купорос відносять до III класу небезпеки промислових відходів. З'ясовано, що екологічна оцінка стану забруднення сірих ґрунтів району відвалу залізного купоросу ПАТ «Суміхімпром» на підставі розробленої шкали екологічного нормування свідчить про те, що ступінь забруднення їх сульфатом заліза високий у межах СЗЗ. Виявлено, що забруднення ґрунтів сульфатом заліза з точки зору екологічної безпеки за категорією інтенсивності необхідно віднести до небезпечної категорії. Розраховано розмір шкоди ґрунтовому середовищу району відвалу залізного купоросу, що становить 9 735 000 грн. Згідно отриманих даних на відстані 30 м в Т. 10 та 40 м в Т. 9 екологічна ситуація щодо забруднення сірих ґрунтів сульфатом заліза є безпечною.

5. Розроблено три стадії технології отримання легкофільтрованої суспензії ОГЗ. Отримано внаслідок впровадження технології у лабораторних масштабах продукт, який містить близько 70 % заліза, що відповідає вмісту заліза у залізорудному концентраті. Було отримано на основі фільтрату сульфату амонію без додаткового доочищення сульфат амонію 2-го сорту. Показано, що на його основі можна одержувати сульфат амонію удобрювальний.

6. Проведено лабораторні дослідження щодо відпрацювання процесу грануляції залізної руди з використанням Fe(OH)₃ і типових пластифікованих домішок – бентонітової глини. Обпалені окатиші з добавкою ОГЗ мають вміст Fe_{заг}, що відповідає хімічному та кількісному складу обпалених окатишів Полтавського ГЗК (55–62 %).

7. Описано та обґрунтовано технологічну схему перероблення залізного купоросу. Перероблення залізного купоросу триває 3–4 години. Розроблено матеріальний баланс та розраховано собівартість випуску 1 т сульфату амонію та оксидів заліза технології утилізації залізного купоросу Одержаний показник загальної економічної ефективності становить 57,16 %. Це свідчить про те, що впровадження нової технології за своїми економічними показниками є рентабельним та самоокупним.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Барсукова Г. В. Аналіз науково-інформаційних джерел щодо отримання легко фільтруючих осадів $Fe(OH)_3$ / Г. В. Барсукова, С. В. Вакал, Е. О. Карпович // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків, 2013. – С. 160–164.

Здобувачем проаналізовані результати досліджень, спрямованих на пошук можливостей розроблення технології легкофільтрованих осадів $Fe(OH)_3$, для виробництва залізородних окатишів.

2. Барсукова Г. В. Виявлення оптимальних умов технології переробки основного відходу титанового виробництва / Г. В. Барсукова, С. В. Вакал // Науково-виробничий журнал ДП «УкрНТЦ «Енергосталь» «Екологія і промисловість». – Харків, 2014. – № 1. – С. 70–73.

Здобувачем виявлено основні фізичні та хімічні процеси розроблюваної технології. Розглянуті умови проходження процесу амонілізу, окиснення і процесу фільтрації отриманого осаду.

3. Барсукова Г. В. Дослідження процесу грануляції залізної руди з використанням різних водопоглинаючих домішок / Г. В. Барсукова, Е. О. Карпович, С. В. Вакал // Екологічна безпека. – Кременчук, 2014. – № 2(18). – С. 102–106.

Здобувачем обґрунтовано доцільність використання ОГЗ як водопоглинальної добавки до вологого концентрату залізної руди перед грануляцією.

4. Барсукова Г. В. Вивчення доцільності окиснення вихідного залізозмісного розчину різними окисниками / Г. В. Барсукова, С. В. Вакал, Е. О. Карпович // Екологічна безпека. – Кременчук, 2014. – № 1(17). – С. 93–97.

Здобувачем з'ясовано, що для ефективного проведення процесу окиснення необхідно використовувати в якості окисника повітря. Доведено, що одночасна присутність іонів Fe^{2+} та Fe^{3+} в отриманій суспензії дає можливість проведення з нею легкої фільтрації та ефективного розділення від фільтрату, використовуючи технічні можливості типових вакуум-фільтрів.

5. Barsukova A. Analysis of harm ferrous sulfate of the biosphere / A. Barsukova // Digest of articles Results of scientific research: RIO MTSII OMEGA Sayn. – 2015. – P. 11–13.

Здобувачем досліджено сучасний стан біосфери від негативного впливу сульфату заліза.

6. Барсукова А. В. Потенциальная опасность отхода производства пигментной двуокиси титана и пути его обезвреживания / А. В. Барсукова, С. В. Вакал // Сборник трудов XVIII Международной научно-практической конференции «Технические науки – от теории к практике»; НП «СибАК», Новосибирск, 2013. – Новосибирск, 2013. – С. 178–184.

Здобувачем розглянуто зміни фізико-хімічних властивостей ґрунтів та вплив залізного купоросу на здоров'я людини.

7. Барсукова А. В. Особенности стадий промывки и отстаивания осадка из оксидов-гидроксидов железа (ОГЗ) / А. В. Барсукова // Сборник статей Международной научно-практической конференции «Инновационное развитие современной науки»; РИЦ БашГУ, г. Уфа, 2014. – Уфа, – 2014. – Ч. 3. – С. 26–28.

Здобувачем досліджено використання аміачної води для репульпації осаду. Виявлено, що технологічно прийнятні умови видалення сульфатної сірки з осаду ОГЗ досягаються при організації його дворазової репульпації в розчині, що містить 3–5 % вільного аміаку і остаточної репульпації у воді.

8. Барсукова А. В. Исследование явления «термошока» у окатышей, приготовленных по разной рецептуре / А. В. Барсукова // Сборник статей Международной научно-практической конференции «Глобализация науки: проблемы и перспективы», РИО МЦИИ «ОМЕГА САЙНС», г. Уфа, 2014. – Уфа, 2014. – С. 18–19.

Здобувачем досліджені фізичні властивості окатишів ОГЗ за високих температур.

9. Барсукова Г. В. Зафіксовані зміни окатишів у процесі їх прогартовування / Г. В. Барсукова // Хімічна технологія: наука, економіка та виробництво: матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції, м. Шостка, 27–29 листопада 2014 р. – Суми : СумДУ, 2014. – 82 с.

10. Барсукова Г. В. Можливість використання відходу титанового виробництва як сировини / Г. В. Барсукова, С. В. Вакал // Сучасні технології у промисловому виробництві : матеріали та програма III Всеукраїнської міжвузівської науково-технічної конференції, м. Суми, 22–25 квітня, 2014 р. – Суми : СумДУ, 2014. – Ч. 2. – С. 30–31.

11. Барсукова Г. В. Аналіз впливу сірчаноокислого заліза (II) на навколишнє середовище / Г. В. Барсукова // Розвиток країн в умовах глобалізації: технологічні, економічні, соціальні та екологічні проблеми : матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції, м. Тернопіль, Тернопільська ДСГДС ІКСГП НААН, 23–24 травня 2013 р. – Тернопіль, 2013. – С. 33–35.

12. Барсукова Г. В. Доцільність використання бетоніту при підготуванні вологого концентрату до грануляції / Г. В. Барсукова // Екологія, неоекологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування : матеріали II Міжнародної наукової конференції студентів, магістрантів, аспірантів та молодих вчених, ХНУ ім. В. Н. Каразіна, м. Харків, 5–6 грудня 2013 р. – Харків, 2013. – С. 172–173.

13. Барсукова Г. В. Стадии промывания и отстаивания осадка из отходов титанового производства / Г. В. Барсукова // Матеріали Всеукраїнської міжвузівської науково-технічної конференції Сумського державного університету, м. Суми, 20 квітня, 2015 р. – Суми, 2015. – С. 182–183.

14. Барсукова Г. В. Воздействие железного купороса на биосферу / Г. В. Барсукова // Матеріали I науково-методичної конференції «Освіта, наука та виробництво: розвиток та перспективи», ШСумДУ, м. Шостка, 28 квітня 2015 р. – Суми, 2015. – С. 25–28.

15. Барсукова А. В. Анализ влияния серноокислого железа (II) на окружающую среду / С. В. Вакал, А. В. Барсукова // Сучасні технології у промисловому виробництві : матеріали науково-технічної конференції викладачів, співробітників, аспірантів і студентів факультету технічних систем та енергоефективних технологій, м. Суми, 23–26 квітня 2013 р. – Суми : СумДУ, 2013. – Ч. 2. – С. 165–166.

16. Спосіб одержання суміші тонкодисперсних оксидів-гідроксидів заліза (ОГЗ) з магнітними властивостями: пат. / Г. В. Барсукова, С. В. Вакал,

Е. О. Карпович 90156 U Україна, МПК С01G 49/08 (2006.01) СумДУ. – Київ : Державне підприємство «Український інститут промислової власності» (УКРПАТЕНТ), 2014.

АНОТАЦІЯ

Барсукова Г. В. Зниження техногенного навантаження на навколишнє середовище при утилізації залізного купоросу виробництва пігментного двоокису титану. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.01 – екологічна безпека. – Сумський державний університет, Суми, 2017.

Дисертація присвячена зниженню техногенного впливу відвалу залізного купоросу виробництва пігментного двоокису титану на навколишнє середовище шляхом розроблення технології його утилізації.

Досліджено основні властивості ґрунтів району відвалу залізного купоросу ПАТ «Суміхімпром». Розроблено математичну модель проникнення в ґрунт кислих розчинів, які можуть утворитися при розчиненні деякої маси залізного купоросу, що дає можливість розрахувати гідролітичну кислотність ґрунту, яка характеризує його закисненість. З'ясовано, що ступінь забруднення сірих ґрунтів району відвалу залізного купоросу підприємства ПАТ «Суміхімпром» сульфатом заліза високий у межах СЗЗ. Розраховано розмір шкоди ґрунтам, що становить 9 735 000 грн. Запропоновано безвідходну технологію перероблення залізного купоросу на пасту ОГЗ, що містить близько 70 % заліза і відповідає вмісту заліза у залізорудному концентраті, та розчин сульфату амонію. Одержані два продукти доцільно використовувати в чорній металургії як водопоглинальну добавку до вологого залізорудного концентрату та у сільському господарстві як мінеральне добриво. Описано технологічну схему перероблення залізного купоросу. Розроблено матеріальний баланс та розраховано собівартість випуску 1 т сульфату амонію та оксидів заліза. Одержаний показник загальної економічної ефективності становить 57,16 %, що свідчить про рентабельність та самоокупність нової технології.

Ключові слова: техногенний вплив, залізний купорос, сірчана кислота, інфільтрація, ґрунт, кислотність, небезпека, ОГЗ, мінеральне добриво.

АННОТАЦИЯ

Барсукова А. В. Снижение техногенной нагрузки на окружающую среду при утилизации железного купороса производства пигментной двуокиси титана. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 21.06.01 – Экологическая безопасность. – Сумской государственной университет, Сумы, 2017.

Диссертация посвящена снижению техногенного воздействия отвала железного купороса производства пигментной двуокиси титана на окружающую среду. Обнаружено, что плотность почвы изменилась с 1 500–1 600 до 1 950 кг/м³ и коэффициент структурности почвы увеличился с 0,4–1,0 до 4,0. Установлено, что с глубиной кислотность почвы увеличилась с 6,5 до 4,0.

На основе экспериментальных исследований рассчитаны коэффициент диффузии ($1,51 \cdot 10^{-8} \text{ м}^2/\text{с}$) и плотность диффузионного потока ($1,63 \cdot 10^{-10} \text{ кг}/\text{м}^2$).

Установлено, что изменения физических и химических показателей почвы происходит за счет инфильтрации кислых растворов железного купороса. Обнаружено, что все показатели почв ухудшены в южном и восточном направлении. Такая закономерность связана с влиянием преобладающих ветров данной местности.

Разработана математическая модель проникновения в почву кислых растворов, которые могут образоваться при растворении некоторой массы железного купороса титанового производства. Математическая модель устанавливает функциональную зависимость содержания кислых растворов железного купороса в геохимическом ландшафте от пространственных координат и времени. Математическая модель дает возможность рассчитать гидролитическую кислотность почвы, которая характеризует его закисленность. По результатам математического моделирования установлено, что при наличии конвекции в почве скорость закисления больше, чем при ее отсутствии.

Установлено, что по величине суммарного индекса опасности железный купорос относится к III классу опасности промышленных отходов. Установлено, что степень загрязнения почв сульфатом железа высокая в пределах СЗЗ и на расстоянии 40 м в южном направлении отбора проб – средняя.

Рассчитан размер ущерба почвенной среде района отвала железного купороса предприятия ПАО «Сумыхимпром», который составляет 9 735 000 грн.

Разработаны три стадии технологии получения легкофильтрующейся суспензии оксид-гидроксид железа. Получено в результате внедрения технологии в лабораторных масштабах продукт, содержащий около 70 % железа, что соответствует содержанию железа в железорудном концентрате. Было получено на основе фильтрата сульфата аммония без дополнительной доочистки сульфат аммония второго сорта. Было показано, что качество раствора сульфата аммония таково, что на его основе можно получать сульфат аммония удобрительный. Проведены лабораторные исследования по отработке процесса грануляции железной руды с использованием $\text{Fe}(\text{OH})_3$ и типовых пластифицирующих добавок – бентонитовой глины. Обоженные окатыши с ОГЖ имеют содержание $\text{Fe}_{\text{заг}}$, соответствующее составу обоженных окатышей Полтавского ГОКа (55–62 %). Описана технологическая схема переработки железного купороса. Переработка железного купороса длится 3–4 часа. Разработан материальный баланс технологии утилизации железного купороса на основе накопленной информации и приемлемой технологической схемы производства ОГЖ. Рассчитан ряд технико-экономических показателей производства, в том числе и ожидаемая себестоимость выпуска 1 т сульфата аммония и оксидов железа. Полученный показатель общей экономической эффективности составляет 57,16 %. Внедрение новой технологии по своим экономическим показателям находится в области рентабельности и самоокупаемости.

Ключевые слова: техногенное воздействие, железный купорос, серная кислота, инфильтрация, почва, кислотность, опасность, ОГЗ, минеральное удобрение.

SUMMARY

Barsukova G. V. Reducing the anthropogenic impact on the environment during the recycling of iron sulphate production of pigmentary titanium dioxide. – Manuscript.

Thesis is for a candidate's of technical sciences degree in specialty 21.06.01 – Ecological safety. – Sumy State University, Sumy, 2017.

Dissertation is devoted to impact of technogenic influence of sulfuric acid, which is contained in a heap of iron sulphate, on the environment. A mathematical model of the penetration of solutions of sulfuric acid in the waste titanium production of iron sulphate. Mathematical model establishes the functional dependence of the content of sulfuric acid in the geochemical landscape of spatial coordinates and time. With the help of a mathematical model can be calculated hydrolytic acidity that characterizes the acidification of the soil. It was established that there was a close correlation between the values obtained by experiment and the results of the solution of a mathematical model, it is 0.89. It was found that the largest total index of danger iron sulfate belongs to III class of hazard industrial waste. The degree of contamination of soil iron sulphate high within the SPZ. Calculated the amount of damage from iron sulphate soil environment, which is 9 735 000 USD. The optimal conditions of the developed technology. Developed three stages of technology for easily filtered GLR suspension (70 % iron), which corresponds to the iron content in iron ore concentrate. It was prepared based on the filtrate without further aftertreatment ammonium sulfate 2nd grade, from which you can obtain ammonium sulfate Fertilizer. The fired pellets laced with GLR have Fe_{zag} content. Such as that of the fired pellets Poltava GOK (55–62 %). Describe and substantiate technological scheme of processing of ferrous sulfate. A material balance technology. It designed a number of technical and economic indices of production. The resulting measure of the total economic efficiency of 57.16 %.

Key words: technological impact, iron sulphate, sulfuric acid, infiltration, soil acidity, danger, oxides and hydroxides of iron, fertilizer.

Підписано до друку 26.04.2017.
Формат 60x90/16. Ум. друк. арк. 1,1. Обл. – вид. арк. 0,9. Тираж 100 пр. Зам. №

Видавець і виготовлювач
Сумський державний університет,
вул. Римського-Корсакова, 2, м. Суми, 40007
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 3062 від 17.12.2007.