

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
„КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”

ТРУНОВА ІННА ОЛЕКСАНДРІВНА

УДК 502.7:661.888.1

**ТЕХНОГЕННИЙ ВПЛИВ ЕЛЕМЕНТІВ КАДМІЮ ТА СВИНЦЮ,
ЩО МІСТЯТЬСЯ У ВІДВАЛАХ ФОСФОГІПСУ,
НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ**

Спеціальність 21.06.01 – Екологічна безпека

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ – 2008

Дисертацією є рукопис.

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

Науковий керівник – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник
Вакал Сергій Васильович,
Сумський державний науково-дослідний інститут мінеральних добрив
та пігментів, директор

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Мальований Мирослав Степанович,
Національний університет «Львівська політехніка», завідувач кафедри
екології та охорони навколишнього середовища

доктор технічних наук, професор
Семчук Ярослав Михайлович,
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,
завідувач кафедри безпеки життєдіяльності

Захист відбудеться «14» квітня 2008 р. о 14³⁰ годині
на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.002.05 в Національному технічному університеті
України «Київський політехнічний інститут» за адресою: 03056, м. Київ, просп. Перемоги, 37,
корп. 21, ауд. 209

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут» за адресою: 03056, м. Київ, просп. Перемоги, 37.

Автореферат розіслано 12.03.2008 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради Д 26.002.05
кандидат технічних наук, професор

В. Я. Круглицька

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Утилізація, переробка і знешкодження відходів багатотоннажних виробництв є важливими проблемами відповідних галузей промисловості. Ці проблеми набувають екологічного змісту державного рівня, коли сотні тисяч тонн твердих відходів, забруднених токсичними речовинами, складаються у відвалах.

Виробництво і застосування фосфорних добрив продукує значні об'єми відвалів фосфогіпсу – твердих відходів, до складу яких входять важкі метали, такі, як кадмій та свинець.

Незважаючи на гідроізоляцію днищ відвалів, тривалий термін зберігання твердих відходів виробництва, зокрема фосфогіпсу, призводить до проникнення токсичних речовин у ґрунт і їх фільтрації, формуючи з часом ареали забруднень.

Потрапляючи в ґрунт, забруднюючі речовини не залишаються бездіяльними, вони викликають або позитивні зміни, або негативні наслідки, чим порушують хімічну рівновагу природної екосистеми. Забруднений ґрунт втрачає чітку структуру та характеризується зменшенням загальної його щільності. Все це призводить до зниження водопроникності ґрунту, різкого погіршення водно-повітряного режиму.

На даний час практично відсутні методи прогнозування можливих забруднень навколишнього середовища та моделювання процесів міграції подібних елементів важких металів у ґрунтах.

У зв'язку з цим перспективним і актуальним напрямком досліджень для України є розроблення заходів захисту ґрунтів від негативного впливу токсичних сполук, що містяться у відвалах.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконувалася відповідно до плану науково-дослідних робіт ДНДІ МІНДП та кафедри прикладної екології Сумського державного університету, пов'язаних з тематикою „Екологічні проблеми хімічної технології, розроблення прогресивних технологій та обладнання для хімічних виробництв” згідно з науково-технічною програмою Міністерства освіти і науки України (№ держреєстрації 0105U002469).

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є оцінка забруднення ґрунтів району відвалу фосфогіпсу сполуками важких металів. Для досягнення поставленої мети вирішувалися такі задачі:

- аналіз фосфоровмісної сировини, яка використовується на підприємствах України;
- екологічна оцінка виробництва мінеральних фосфорних добрив;
- дослідження техногенного забруднення сполуками свинцю та кадмію території району відвалу фосфогіпсу;
- математичне моделювання та прогнозування техногенного забруднення сполуками важких

металів навколишнього середовища;

- дослідження фільтраційної здатності фосфогіпсу та ґрунтів, забруднених дрібнодисперсним пилом фосфогіпсу;
- розроблення рекомендацій та інженерних рішень щодо розроблення протифільтраційного екрана для відвалу фосфогіпсу з метою охорони навколишнього середовища.

Об'єкт дослідження – техногенний вплив елементів важких металів у відвалах фосфогіпсу на навколишнє середовище.

Предмет дослідження – міграція елементів важких металів у ґрунти району відвалу фосфогіпсу.

Методи дослідження базуються на використанні фізичного та математичного моделювання досліджуваних процесів. Визначення вмісту кадмію та свинцю у пробах ґрунту та фосфогіпсу проводилися методом атомно-абсорбційної спектрометрії з полум'яною та безполум'яною атомізацією. Для дослідження просочування ґрунтів і фосфогіпсу використовували інфільтрометр ПВН конструкції Н. С. Нестерова. Визначення вмісту пилу у зразках ґрунтів проводилися седиментаційним методом.

Наукова новизна одержаних результатів. На основі виконаних теоретичних і експериментальних досліджень отримані такі наукові результати:

- дана оцінка техногенного впливу елементів важких металів, що містяться у відвалах фосфогіпсу, на навколишнє середовище;
- виявлена залежність міграції елементів важких металів від коефіцієнта фільтрації;
- отримані залежності для визначення валового вмісту кадмію та свинцю за профілем ґрунту та фосфогіпсу;
- розроблена математична модель міграційно-геохімічних процесів, яка встановлює функціональну залежність вмісту будь-якого мігранта у геохімічному ландшафті та у відвалах твердих відходів.

Практичне значення одержаних результатів Розроблена методика прогнозування техногенного забруднення ґрунтів сполуками важких металів використовується у роботах СФ Інституту Дніпрогіпродгоспу та СФ ВАТ „Український науковий центр технічної екології”.

Розроблено протифільтраційний екран з високим ступенем надійності за рахунок укладання шарів важкого нафтового залишку та глини з малим коефіцієнтом фільтрації, що практично виключає проникнення атмосферних опадів у нижні горизонти відвалу. Результати досліджень випробовувалися на спеціалізованому відвалі фосфогіпсу ВАТ „Сумхімпром” с. Токарі Сумського району.

Проведені досліди із взаємодії фосфогіпсу із залізним купоросом дозволили запропонувати складування відходів виробництва двоокису титану пігментного (залізного купоросу) у тілі

відвалу фосфогіпсу, що зменшить міграцію елементів важких металів та заощадить площі під відвали.

Результати дисертаційної роботи використовуються як навчальні елементи дисципліни „Біогеохімія”, яка вивчається студентами спеціальності 070801 „Екологія та охорона навколишнього середовища”.

Особистий внесок здобувача полягає в розробленні методики і проведенні досліджень як в експериментальному, так і в аналітичному плані, а саме: аналізі джерел літератури [1, 2, 10], відборі й апробації методик дослідження [4], узагальненні отриманих результатів [7, 8, 9, 13], в одержанні залежності міграції від коефіцієнта фільтрації [3, 12], розробленні математичної моделі міграційно-геохімічних процесів [6, 11], рекомендації інженерних рішень що до розроблення протифільтраційного екрана для діючого відвалу фосфогіпсу [5].

Апробація результатів дисертації. Основні результати доповідалися та обговорювалися на Міжнародній науково-практичній конференції „Міжрегіональні проблеми екологічної безпеки” (м. Суми, 2003 р.); Міжнародній конференції студентів і молодих вчених „Екологічні проблеми міст і промислових зон: шляхи їх вирішення” (м. Львів, 2003 р.); Міжнародних науково-технічних конференціях „Екологія. Економіка. Енергозбереження” (м. Суми, 2003, 2005 рр.), „Проблеми екологічної безпеки” (м. Кременчук, 2003, 2006 рр.), Науково-практичній конференції Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля „Утилізація відходів: проблеми та вирішення” (м. Луганськ, 2005 р.), науково-технічних конференціях викладачів, співробітників, аспірантів і студентів (м. Суми, 2003, 2004, 2006, 2007 рр.).

Публікації. За темою дисертаційної роботи опубліковано сім наукових праць у виданнях ВАКу України, шість тез виступів на наукових конференціях.

Структура та обсяги дисертації. Дисертаційна робота складається з вступу, шести розділів, висновків, списку використаної літератури, додатків. Повний обсяг дисертації становить 134 сторінки. Дисертаційна робота містить 19 рисунків, з яких 6 розміщені на окремих аркушах. У роботі наведено 25 таблиць. Список літературних джерел становить 177 найменувань на 16 сторінках. Додатки розміщені на 19 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

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

У **першому розділі** наведено літературний огляд виробництва мінеральних фосфорних добрив, а також дані про світові запаси фосфорних руд, обсяг світового видобутку фосфатів,

динаміку обсягу споживання. Проаналізовано хімічний склад фосфоровмісної сировини на вміст важких металів. Дана оцінка впливу токсичних елементів на навколишнє середовище, техніко-економічна, екологічна оцінка виробництва фосфорних добрив.

У **другому розділі** наведено кліматично-географічні умови об'єкта досліджень, методику лабораторного аналізу ґрунтів та фосфогіпсу на вміст важких металів.

Об'єктом дослідження є діючий відвал фосфогіпсу ВАТ «Сумхімпром», що знаходиться на відстані 0,8 км від с. Токарі Сумської області у балці Глибокий Яр. Площа відвалу відходів становить 492 тис. м² із санітарно-захисною зоною 637 тис. м².

У районі складування фосфогіпсу переважають сірі лісові ґрунти. Дані ґрунти збіднені на органічну речовину, і вміст гумусу в них становить 1,1 - 1,34%. Реакція ґрунтового розчину змінюється від кислої (рН 5,5) до нейтральної (рН 7). Ґрунти мало насичені основами, ступінь насиченості становить 48%. Сірі лісові ґрунти бідні на рухомі форми поживних речовин.

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

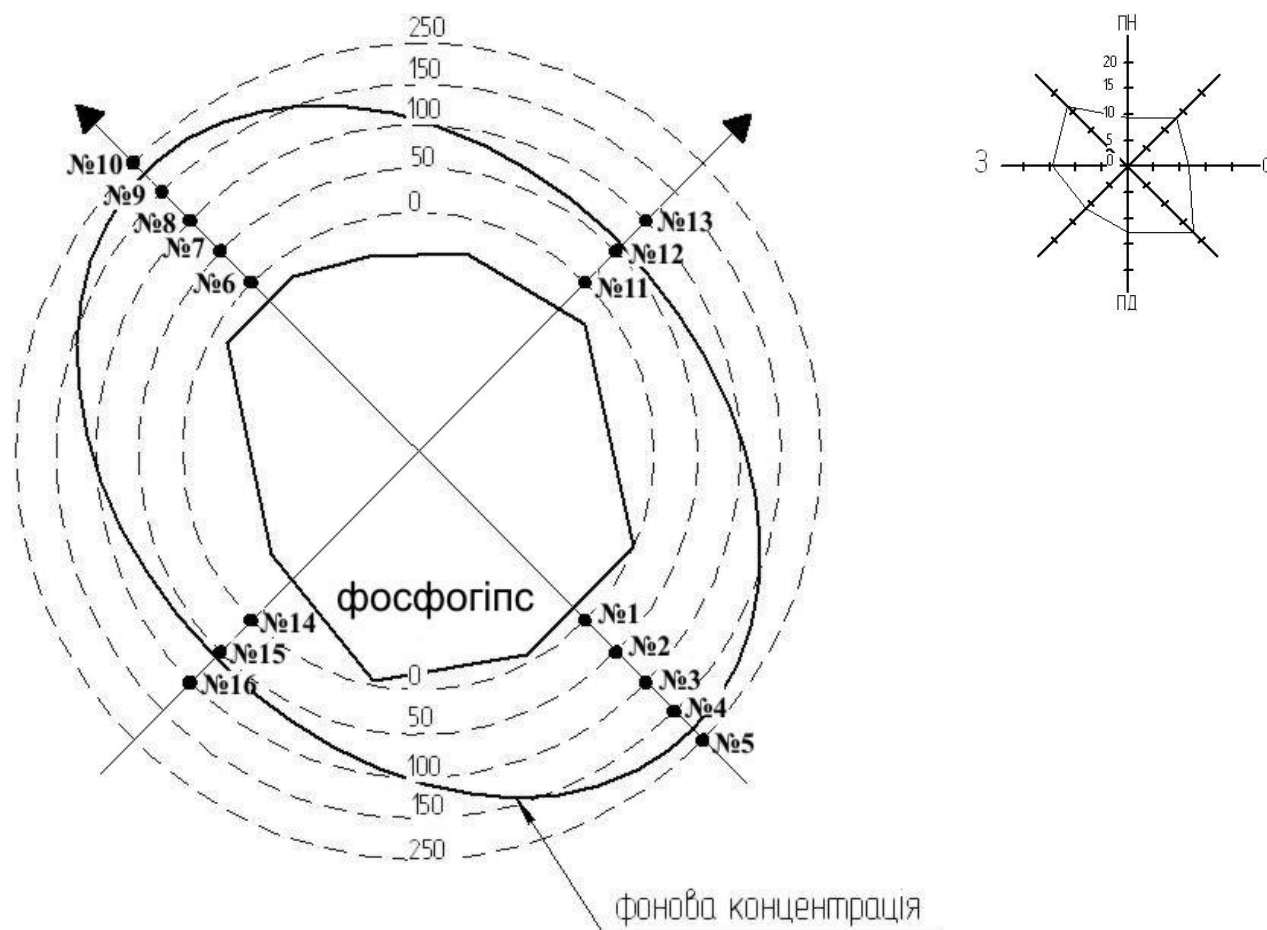


Рис. 1. Карта-схема району спеціалізованого відвалу фосфогіпсу із зазначенням місць відбору проб: 1, ..., 16 – місця відбору проб

Визначення важких металів у пробах ґрунтів проводилися методом атомно-абсорбційної спектрометрії з полум'яною та безполум'яною атомізацією на базі лабораторії кафедри прикладної екології Сумського державного університету.

Вміст металів у досліджуваних пробах ґрунтів розраховували за формулою

$$X = \frac{V \cdot (A_1 - A_0)}{m}, \quad (1)$$

де X – масова частка ґрунту в повітряно-сухій пробі, кг/кг; A_1 – концентрація металу у кислотній витяжці ґрунту, знайдена за градуїованим графіком, кг/кг; A_0 – концентрація металу в контрольній пробі, кг/кг; V – об'єм досліджуваного розчину, кг; m – маса повітряно-сухої проби, кг.

Показники точності вимірів масової частки важких металів у ґрунті розраховували відповідно до ДСТУ 8.505-84 і МТ-858-85.

У другому розділі також подано методику дослідження просочування ґрунтів і фосфогіпсу. Для вирішення поставленого завдання було використано прилад ПВН конструкції Н. С. Нестерова. За витратою води у внутрішньому кільці обчислено інтенсивність всмоктування за формулою

$$\Phi = \frac{\Delta v}{\Delta T \cdot F} \cdot \frac{l}{z + l + H_a}, \quad (2)$$

де Δv – обсяг води, залитої у внутрішнє кільце, кг; ΔT – інтервал часу, с; F – площа внутрішнього кільця, м²; l – глибина просочування, м; z – висота шару води в робочому кільці інфільтрометра, м; H_a – капілярний тиск ґрунту, м.

Дослідження проводилися з кільцями діаметрами: внутрішнє кільце – 0,2 м, зовнішнє – 0,34 м. Кільця забивалися у ґрунт та фосфогіпс на глибину 0,15 м. У них підтримувався рівень води 0,05 м.

У **третьому розділі** дисертації подані дослідження техногенного забруднення сполуками свинцю та кадмію району відвалу фосфогіпсу, які в процесі тривалого зберігання на відкритих площах відвалів твердих відходів мігрують з фосфогіпсу в ґрунт і, таким чином, впливати на екологічний стан навколишнього середовища. Паралельно проводився аналіз контрольних зразків ґрунтів, відібраних поза відвалами. Результати аналізу порівнювали із ГДК для ґрунтів, з орієнтовно припустимими концентраціями (ОДК) для фосфогіпсу та фоновими концентраціями за тими компонентами, які нормуються (рис. 2 - 5).

Розподіл вмісту всіх досліджуваних елементів за профілем сірого лісового ґрунту проходить таким чином, що максимального навантаження зазнають верхні горизонти ґрунту, в яких відбувається їх закріплення. Підзолистий процес зумовлює зниження концентрацій елементів у підзолистому горизонті і збільшення їх в ілювіальному горизонті, що пов'язано з вимиванням металів із вищих горизонтів.

Свинець

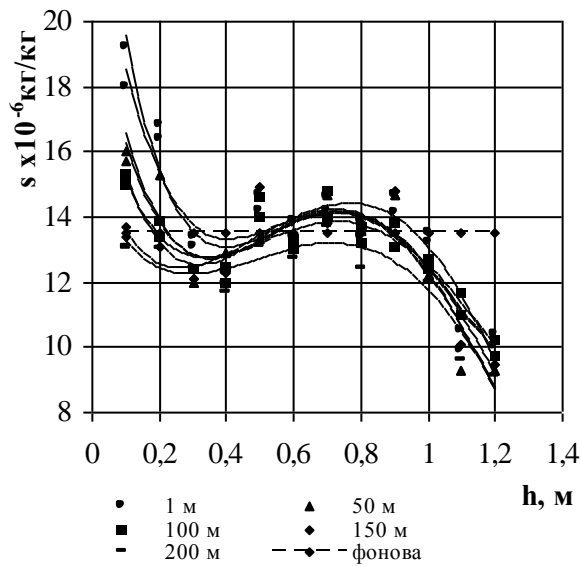


Рис. 2. Розподіл валового вмісту свинцю за профілем сірого лісового ґрунту у напрямку ПнЗ – ПдС (зразки ґрунту 1 - 10) за результатами досліджень

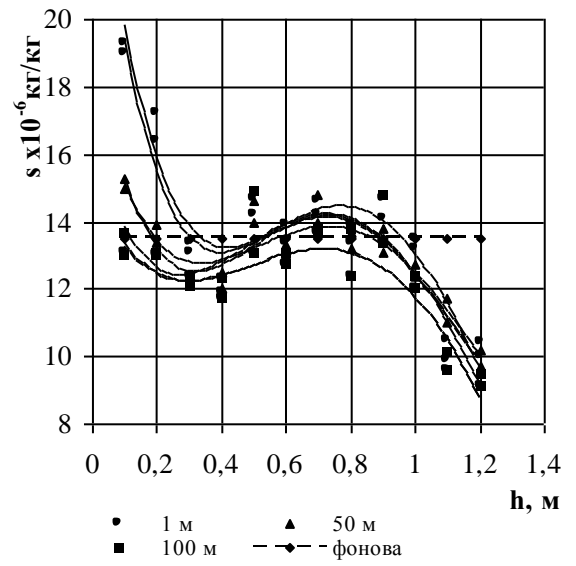


Рис. 3. Розподіл валового вмісту свинцю за профілем сірого лісового ґрунту у напрямку ПдЗ – ПнС (зразки ґрунту 11 - 16) за результатами досліджень

Кадмій

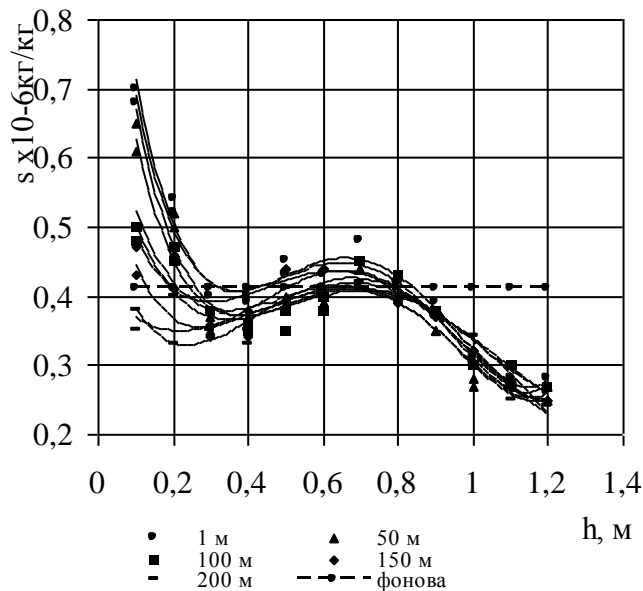


Рис. 4. Розподіл валового вмісту кадмію за профілем сірого лісового ґрунту у напрямку ПнЗ – ПдС (зразки ґрунту 1 - 10) за результатами досліджень

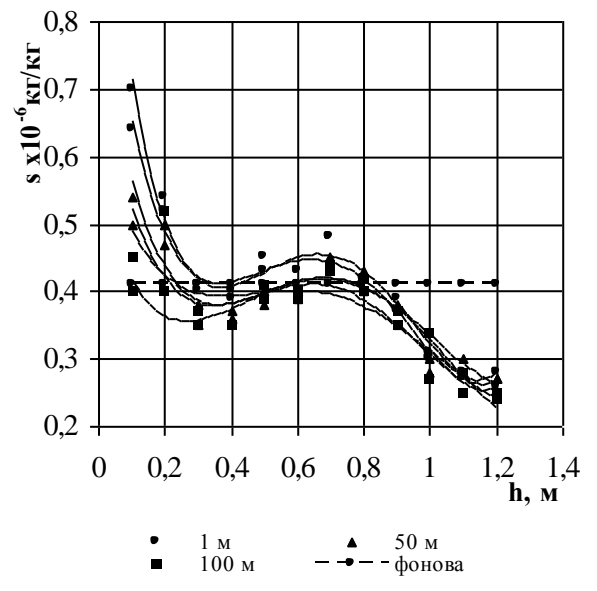


Рис. 5. Розподіл валового вмісту кадмію за профілем сірого лісового ґрунту у напрямку ПдЗ – ПнС (зразки ґрунту 11 - 16) за результатами досліджень

Вміст свинцю у ґрунтах району, що досліджувався, не перевищував ГДК на цей елемент по глибині розрізів (рис. 2 - 3). Біля відвалу та на відстанях до 200 м у ПнЗ - ПдС напрямку та до 100 м у ПдЗ - ПнС напрямку від відвалу концентрація свинцю у верхньому шарі ґрунту 0,3 м та на глибині 0,5 - 0,9 м вища за фонову. Найбільша концентрація свинцю у гумусовому горизонті – $19,2 \cdot 10^{-6}$ кг/кг біля відвалу фосфогіпсу. Далі його розподіл за профілем ґрунту розподіляється стрибкоподібно.

В елювіальному горизонті вміст свинцю зменшувався до $11,9 \cdot 10^{-6}$ кг/кг, в ілювіальному спочатку підвищувався, а потім знижувався. Але разом з тим вміст елемента поступово знижувався до материнської породи. У материнській породі містилося свинцю удвічі менше, ніж у гумусовому горизонті.

Вміст кадмію з глибиною ґрунтового профілю також поступово зменшувався. Так, на глибині 0,1 м та 0,7 м концентрація цього елемента була в 1,42 - 1,6 раза більше за фонову. Найбільша його кількість спостерігалася на поверхні ґрунту у шарі 0,1 м і становила $0,7 \cdot 10^{-6}$ кг/кг, що більше за фонову у 1,8 раза. Біля відвалу та на відстанях до 100 м від відвалу концентрація кадмію у верхньому 0,2 м шарі ґрунту та на глибині 0,5 - 0,8 м вища за фонову. Найменший вміст елемента на глибині 0,4 м, 1,10 м і становить $0,28 \cdot 10^{-6}$ - $0,39 \cdot 10^{-6}$ кг/кг. Вміст кадмію в елювіальному горизонті зменшується в 1,7 раза у порівняно з гумусовим горизонтом, а в ілювіальному – дещо підвищується. У материнській породі кадмію міститься в 1,6 раза менше, ніж у гумусовому горизонті (рис. 4 - 5).

Розглядаючи розподіл валового вмісту важких металів вниз за профілем сірого лісового ґрунту, можна сказати, що найбільший вміст досліджуваних елементів зосереджений у гумусовому та ілювіальному горизонтах, де концентрація елементів більша за фонову, що свідчить про забруднення токсичними металами ґрунтів району відвалу фосфогіпсу. Коефіцієнти кореляції кадмію та свинцю знаходяться в межах 0,75 - 0,83.

Вміст свинцю та кадмію у пробах фосфогіпсу спеціалізованого відвалу, що досліджувався, має тенденцію до зменшення по глибині розрізів (рис. 6 - 7). Це можна пояснити тим, що російські апатити, які використовувалися раніше, у своєму складі мали важкі метали в менших кількостях, ніж зараз.

Найбільш рівномірно розподілявся за профілем фосфогіпсу кадмій. Його вміст з глибиною профілю твердого відходу поступово зменшується до $0,11 \cdot 10^{-6}$ кг/кг (рис. 7). Вміст свинцю до глибини 0,6 м мало змінюється, але потім до материнської породи йде різке зменшення його накопичення ($1,06 \cdot 10^{-6}$ кг/кг) (рис. 6).

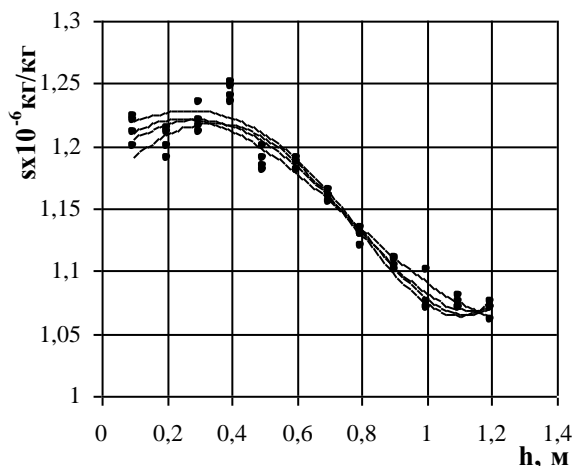


Рис. 6. Розподіл валового вмісту свинцю за профілем фосфогіпсу

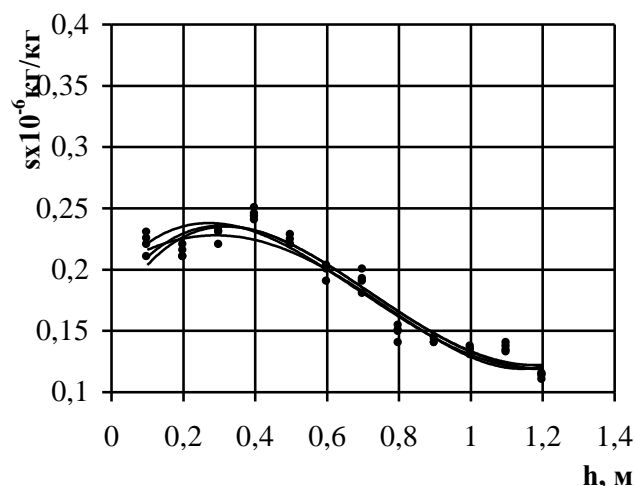


Рис. 7. Розподіл валового вмісту кадмію за профілем фосфогіпсу

Для повного опису процесу забруднення ґрунтів району спеціалізованого відвалу фосфогіпсу необхідне розроблення моделі локального техногенного забруднення, яке викликане складуванням твердого відходу виробництва фосфорних добрив та перенесенням твердих частинок з поверхонь відвалу за сухої погоди.

Водопроникність ґрунтів найтісніше пов'язана з механічним складом, що визначає розмір ґрунтових пор, що, у свою чергу, впливає на швидкість просочування води через ґрунт.

У процесі проведення дослідів був перевірений вміст дрібнодисперсних частинок фосфогіпсу у ґрунті, що може впливати на водопроникність та коефіцієнт фільтрації.

Відбір зразків ґрунту проводили в районі діючого відвалу фосфогіпсу ВАТ „Суміхіпром” (село Токарі).

Фізико-хімічні властивості дрібнодисперсного матеріалу фосфогіпсу були визначені методами, наведеними в монографії П. А. Коузова і Л. Я. Скрябіної.

Седиментаційним методом було визначено фільтраційну здатність ґрунту, забрудненого дрібнодисперсними частинками фосфогіпсу. Додавання дрібнодисперсного матеріалу до структурного ґрунту також призводить до зниження швидкості фільтрації. Фосфогіпс у спеціалізованому відвалі зберігається у вигляді твердого матеріалу, розміри частинок якого знаходяться в межах 10^{-6} - 10^{-5} м. За сухої вітряної погоди дрібнодисперсні частинки поширюються на відстані десятків метрів та покривають площі ґрунтів району відвалу, впливаючи таким чином на водопроникність цих ґрунтів.

У таблиці 1 показано коефіцієнт фільтрації ґрунтів з різним вмістом дрібнодисперсних частинок фосфогіпсу.

Коефіцієнт фільтрації ґрунтів з різним вмістом дрібнодисперсних частинок фосфогіпсу

Вміст дрібнодисперсних частинок фосфогіпсу у ґрунті, %	Відсотковий вміст частинок розміром $< 10^{-6}$ м	Об'ємна вага ґрунту у повітряно-сухому стані, кг/м ³	Напір води, м	Коефіцієнт фільтрації при 10°C, м/с
0	-	1600	0,35	$10,6 \cdot 10^{-6}$
20	4,24	1570	0,42	$0,63 \cdot 10^{-6}$
30	5,86	1580	0,31	$0,87 \cdot 10^{-6}$
50	8,49	1580	0,38	$0,11 \cdot 10^{-6}$
70	10,47	1580	0,4	$0,0001 \cdot 10^{-6}$

Найбільша швидкість фільтрації спостерігалася у ґрунті без фосфогіпсу. У міру зростання вмісту дрібнодисперсних частинок у ґрунті швидкість фільтрації різко падає. Фільтрація через ґрунт, що містить близько 30% дрібнодисперсного матеріалу фосфогіпсу, в 12 разів нижча, ніж через ґрунт із чистих агрегатів. При вмісті в ґрунті 50% дрібнодисперсних частинок швидкість фільтрації падає більш різко і знижується у 95 разів порівняно з ґрунтом із чистих агрегатів. Це пояснюється тим, що при додаванні до структурного ґрунту 50% дрібнодисперсних частинок різко знижується некапілярна пористість при значному збільшенні капілярної, тобто в ґрунті відбуваються процеси, що докорінно змінюють природу даного ґрунту.

У **четвертому розділі** викладена математична модель для прогнозування техногенного забруднення сполуками важких металів ґрунтів району відвалу фосфогіпсу. Модель встановлює функціональну залежність вмісту досліджуваного мігранта в геохімічному ландшафті від просторових координат і часу. При цьому просторові координати фіксуються з точністю до розміру однієї елементарної фації ландшафту (ЕФЛ), а час – до одного елементарного інтервалу.

При побудові моделі використовувалися основні положення геохімії ландшафту за Полиновим. Ландшафтно-геохімічний метод, що описується в даному розділі, ґрунтується на чотирьох загальних принципах: принцип макроструктурності геохімічних ландшафтів; геохімічна специфічність процесів міграції; принцип стійкості геохімічних параметрів макропроцесів міграції, який виражається в передбачуваній стійкості в часі параметрів міграційних макроструктур і параметрів рухомості залежних мігрантів при даному типі міграційної структури; принцип геохімічної специфічності мігрантів.

Елементарний інтервал часу охоплює повний цикл міграції: приплив речовин ззовні і відтік їх за межі ЕФЛ; мобілізацію мігрантів і їх іммобілізацію, тобто перехід нерухомих форм у рухомі і навпаки; перерозподіл мігрантів усередині ЕФЛ.

Розглянуто просту модель накопичення токсичного елемента в ізолюваній ЕФЛ, що залежить від зміни запасу цього елемента в ЕФЛ

$$\Delta S(t) = \Delta B(t) - \Delta D(t), \quad (3)$$

де $\Delta S(t)$ — збільшення запасу елемента за деякий малий відрізок часу Δt , що триває від моменту t до моменту $(t + \Delta t)$; $\Delta B(t)$ і $\Delta D(t)$ — відповідно приплив і відтік елемента за той самий відрізок часу t .

$$\Delta S = M \cdot \Delta c(t), \quad (4)$$

де M — обсяг розчину; $\Delta c(t)$ — збільшення мінералізації (c) розчину.

Приплив елементів $\Delta B(t)$ може здійснюватися за рахунок складування твердих відходів та природних процесів, що відбуваються навколо відвалу. Відтік елемента у прошарках ґрунту та фосфогіпсу залежить від пористості ґрунту (I), тобто $\Delta D(t) \sim I$.

Позначимо $P = \sum_{i=1}^n p_i$ як суму всіх складових водного припливу, $\bar{c} = \frac{1}{P} \sum_{i=1}^n p_i \cdot c_i$ — величину середньозваженої їх мінералізації. Тоді величина сольового припливу буде мати вираз

$$\Delta B(t) = P \cdot \bar{c} \cdot \Delta t, \quad (5)$$

де P — сума всіх складових водного припливу; \bar{c} — величина середньозваженої мінералізації складових водного припливу.

Величина сольового стоку

$$\Delta D(t) = I \cdot Q \cdot \bar{q} \cdot \Delta t, \quad (6)$$

де Q — сума всіх складових водного сольового стоку; q — мінералізація складових водного стоку з ЕФЛ по різних каналах ландшафтно-геохімічного потоку (ЛГП).

Мінералізація елемента ґрунтового стоку q перебуває в прямій залежності від середньозваженої концентрації цього компонента в розчинах ЕФЛ

$$\gamma = \frac{q}{c} \Rightarrow \bar{q} = \gamma \cdot \bar{c}. \quad (7)$$

Стійкість параметра γ є результатом динамічної рівноваги, яка встановлюється в процесі обміну всередині ЕФЛ.

Нагромадження токсичного елемента як мігранта описує лінійне диференціальне рівняння

$$\frac{dc}{dt} = \frac{P}{M} \cdot \bar{c} - I \cdot \frac{Q}{M} \cdot \bar{q}. \quad (8)$$

Виходячи зі стійкості міграційної структури геохімічного ландшафту і сталості зовнішніх умов, зокрема хімізму складового припливу, параметри P , I , Q , M і \bar{c} можна розглядати як постійні величини.

При стаціонарному режимі елемента (a) у ЕФЛ приплив B_a відрізняється від значення сольового відтоку D_a тільки на величину m_a , тобто $m_a = B_a - D_a$:

$$\frac{dc_a}{dt} = \frac{P}{M} c_a - I \frac{Q}{M} q_a - m_a. \quad (9)$$

Розв'язання рівняння (9) дає можливість розрахувати міграцію елемента незалежно від величини та природи його рухомості, а також визначити повний середній склад міграційного середовища і знайти m_a як функцію часу. Знання останньої дасть можливість розрахувати режим накопичення мігранта a у твердій фазі

$$S_a = S_0 + \int_0^t m_a(t) dt. \quad (10)$$

При розгляді процесу накопичення солей у геохімічному ландшафті, на відміну від одиничної ЕФЛ, варто враховувати вплив попередніх по ходу ЛГП частин ландшафту на наступні.

Сольовий приплив складається з припливу солей безпосередньо в ЕФЛ з річковою водою $\Delta B_1(k,t)$ і з ґрунтовою водою з попередньої ЕФЛ $\Delta B_2(k,t)$, тобто $\Delta B(k,t) = \Delta B_1(k,t) + \Delta B_2(k,t)$:

$$\begin{aligned} \Delta B(k,t) &= \Delta B_1(k,t) + \Delta B_2(k,t), \\ \Delta B_1 &= (k,t) = B \cdot v_k \cdot \Delta l \cdot \Delta t, \end{aligned} \quad (11)$$

де $B = p \cdot c$, v_k — числовий коефіцієнт, що характеризує довжину k -ї ЕФЛ; Δl — елементарний просторовий інтервал.

Другий додаток припливу є одночасно сольовим стоком з попередньої ЕФЛ

$$\Delta B_2 = \Delta D(k-1,t). \quad (12)$$

Сольовий стік дорівнює

$$\Delta D(k,t) = w(k) \cdot q(k,t) \cdot \Delta t, \quad (13)$$

де $w(k)$ — швидкість ґрунтового стоку; $q(k,t)$ — його концентрація.

У випадку відкритого ЛГП до фації потрапляє не весь сольовий стік, тому що деяка його частина $\Delta D_1(k,t)$ видаляється за межі геохімічного ландшафту

$$\Delta D_1(k,t) = \beta(k,c) \cdot c(k,t) \cdot v_k \cdot \Delta l \cdot \Delta t, \quad (14)$$

де β — величина, що залежить від міграційного зв'язку даної ЕФЛ у ЛГП і від концентрації елемента-мігранта в ній;

$$\Delta c = c(l, t + \Delta t) - c(l, t) = \frac{\partial c}{\partial t}(l, \xi) \cdot \Delta t, \quad (15)$$

де ξ — деяка внутрішня точка відрізка $[t, t + \Delta t]$, тобто $t < \xi < t + \Delta t$.

Враховуючи рівняння (10) - (13), міграція елемента буде дорівнювати

$$\frac{\partial c_a}{\partial t} + \frac{I}{M} \frac{\partial (w \cdot \gamma_a \cdot c_a)}{\partial l} = I \frac{B_a - \beta \cdot c_a}{M} - m_a(c_a, \dots, c_i). \quad (16)$$

У лівій частині рівняння (16) перший член являє собою зміну в часі концентрації мігранта у фіксованій ЕФЛ. Другий член означає зміну швидкості сольового стоку (D) вздовж ЛГП, віднесена до одиниці поперечного перерізу ЛГП. Права частина рівняння являє собою різницю всіх припливів, що надходять ззовні безпосередньо в ЕФЛ, і відтоків з ЕФЛ за межу геохімічного ландшафту, розраховану також на одиницю перерізу ЛГП.

Розроблена математична модель встановлює функціональну залежність вмісту досліджуваного мігранта в геохімічному ландшафті від просторових координат і часу, а різноманітність міграційних процесів зводиться до надходження і витрат мігранта в ЕФЛ і переходу його від однієї ЕФЛ до іншої, тобто балансу мігранта в рамках ЕФЛ.

У процесі вивчення нагромадження та міграції важких металів за профілем сірого лісового ґрунту та фосфогіпсу було встановлено зв'язок між величинами, отриманими дослідним шляхом, та результатами розв'язання математичної моделі (рис. 8 - 11).

Проведений регресійно-кореляційний аналіз свідчить про те, що між накопиченням важких металів за профілем ґрунту та фосфогіпсу, за даними розрахунку математичної моделі та експериментальним аналізом, спостерігався тісний кореляційний зв'язок, особливо для фосфогіпсу (0,79 - 0,95). Найвищий коефіцієнт спостерігався по кадмію (0,95). По свинцю для сірого лісового ґрунту він знаходився на середньому рівні – 0,67.

У **п'ятому розділі** дається екологічна оцінка стану забруднення ґрунтів району відвалу фосфогіпсу ВАТ „Суміхіпром” важкими металами.

Значення ГДК для елементів-забруднювачів, які вивчалися нами, свідчать про значні розбіжності у визначенні гранично допустимих концентрацій свинцю (розбіжність за валовим вмістом – $2 \cdot 10^{-6}$ - $80 \cdot 10^{-6}$ кг/кг), кадмію (розбіжність за валовим вмістом – $2 \cdot 10^{-6}$ кг/кг).

Фактичний вміст важких металів у сірому лісовому ґрунті району відвалу фосфогіпсу ВАТ „Суміхіпром”, згідно зі шкалою екологічного нормування валового вмісту важких металів для ґрунтів із слабокислою та кислою реакцією ґрунтового розчину, становить: для кадмію – $0,1 \cdot 10^{-6}$ - $0,28 \cdot 10^{-6}$ кг/кг, для свинцю – $9,9 \cdot 10^{-6}$ - $19,2 \cdot 10^{-6}$ кг/кг.

За шкалою екологічного нормування вмісту важких металів у ґрунтах та на підставі отриманих результатів можна зробити висновки:

- за валовим вмістом кадмію та свинцю спостерігається середня градація;
- діапазони коливання валового вмісту досліджуваних важких металів між мінімальними та максимальними значеннями змінювалися в межах від 2 до 3 разів;
- для рухомих форм важких металів діапазон коливання вмісту знаходиться в більших межах

– від 3 разів для свинцю та 6 разів для кадмію.



Рис. 8. Залежність розподілу валового вмісту свинцю від глибини ґрунту на відстані 50 м від відвалу фосфогіпсу

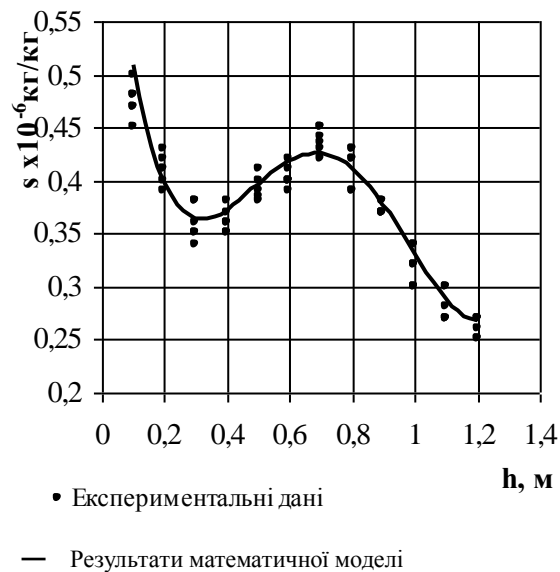


Рис. 9. Залежність розподілу валового вмісту кадмію від глибини ґрунту на відстані 50 м від відвалу фосфогіпсу

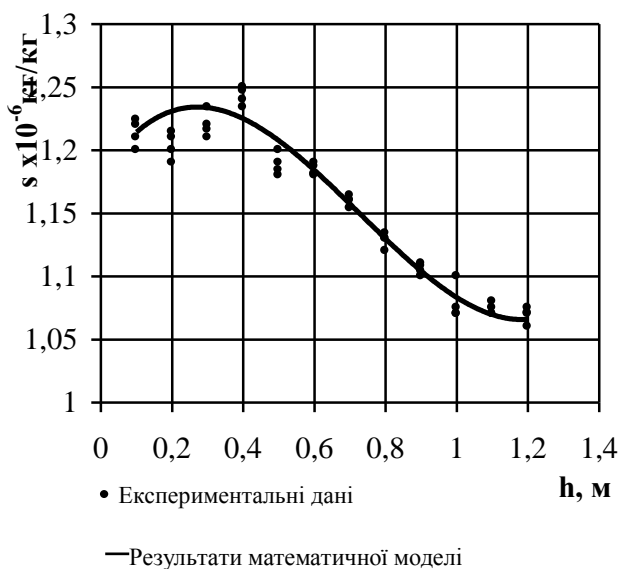


Рис. 10. Залежність розподілу валового вмісту свинцю від глибини відвалу

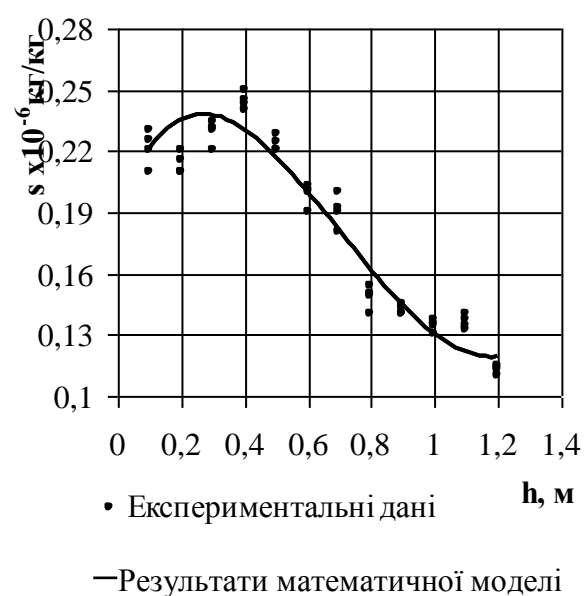


Рис. 11. Залежність розподілу валового вмісту кадмію від глибини відвалу

Для оцінки екологічної ситуації було використано показник інтенсивності забруднення природного компонента (P_j)

$$P_j = \sum_{i=1}^n M_i \cdot K_{ci}, \quad (17)$$

де M – значення індексу небезпечності (токсичності) відповідно до класу небезпеки (для I класу небезпеки – 4,1); K_c – коефіцієнт концентрації хімічного елемента (i); n – кількість хімічних елементів, що враховується.

На основі показника інтенсивності забруднення природного компонента дана оцінка екологічної ситуації забруднення сірих лісових ґрунтів району відвалу фосфогіпсу ВАТ „Сумихімпром” кадмієм та свинцем, які належать до першого класу небезпеки.

У шостому розділі наведені дані за розробки та впровадження протифільтраційного екрана для діючого відвалу фосфогіпсу ВАТ «Сумихімпром» з метою охорони навколишнього середовища.

У зв'язку із залученням у виробництво мінеральних добрив фосфоритів Північної Африки та Близького Сходу, майже повним заповненням існуючої ємності відвалу, а також з відсутністю сільгоспугідь для відведення під новий відвал пропонується розширення ємності даного відвалу без відведення додаткових сільгоспугідь.

При складуванні відходів IV класу небезпеки у ґрунті необхідно передбачити ізоляцію дна й укосів відвалу. У лабораторних умовах нами було перевірено міграцію кадмію та свинцю через запропонований протифільтраційний екран з глини та важкого нафтового залишку. Результати досліджень наведені у таблиці 2.

Таблиця 2

Проба	Кадмій, $\times 10^{-6}$ кг/кг		Свинець, $\times 10^{-6}$ кг/кг	
	до експерименту	після експерименту	до експерименту	після експерименту
Верхній шар фосфогіпсу	0,23	0,12	1,22	0,93
Нижній шар фосфогіпсу	0,23	0,31	1,22	1,78
Сірий лісовий ґрунт	0,41	0,41	13,5	13,5

За результатами експерименту у пробах ґрунтів зміни вмісту кадмію та свинцю не зафіксовані. Коефіцієнт фільтрації протифільтраційного екрана становить $0,46 \cdot 10^{-10}$ - $0,56 \cdot 10^{-10}$ м/с. Тому з метою захисту навколишнього середовища від забруднення ґрунтів району відвалу промислових відходів виробництва фосфорних добрив по дну та укосах розширюваного відвалу фосфогіпсу ми пропонуємо протифільтраційний екран з плівки важкого нафтового залишку (0,03 - 0,05 м) та глини (0,5 м).

У лабораторних умовах нами було перевірено хімічну стійкість фосфогіпсу до залізного купоросу на порошкоподібній пробі та умови фільтрації залізного купоросу через шар фосфогіпсу.

У результаті експериментальних досліджень встановлено, що при фільтрації відвальної рідини у фосфогіпсі коефіцієнт фільтрації зменшується у 1,2 - 1,5 раза за рахунок поглинання іонів заліза з утворенням гідроокису. Ємність поглинання заліза становить 2,5 - 2,7% від ваги фосфогіпсу.

Для нейтралізації розчину залізного купоросу до конструкції протифільтраційного екрана ми пропонуємо включити кальцієвмісний прошарок. При фільтрації відвальної рідини через матеріал протифільтраційного екрана (фосфогіпс із прошарком з вапнякових щебенів) коефіцієнт фільтрації знижується від $0,01 \cdot 10^{-6}$ до $0,04 \cdot 10^{-8}$ м/с.

Ураховуючи результати дослідів, у проекті пропонується складувати відвальну масу залізного купоросу, який є відходом виробництва двоокису титану ВАТ „Суміхімпром” і належить до другого класу небезпеки, у тілі відвалі фосфогіпсу в балці Глибокий Яр. Об'ємності, що планується, становитиме 1,2 млн.м³ і визначений в умовах розміщення в ній залізного купоросу.

Для забезпечення відводу рідини від проєктованого відвалу фосфогіпсу проєктом передбачається єдина дрема, укладена по дну відвалів залізного купоросу та фосфогіпсу до ставка-акумулятора.

Для відводу поверхневого стоку проєктом передбачається пристрій зосередженого випуску у вигляді сталевих лотків, покладених по укосах усіх ярусів від верху відвалу до ставка-акумулятора.

Економічна ефективність від застосування в проекті нових і прогресивних технічних рішень становить 96 тис. 372 гривні.

ВИСНОВКИ

Дисертаційна робота присвячена дослідженню забруднення ґрунтів району відвалу фосфогіпсу елементами важких металів, таких як кадмій та свинець.

1. На підставі проведеного аналізу родовищ фосфоровмісної сировини обґрунтовано використання підприємствами України сировини Північної Африки.

2. На підставі аналізу фізико-хімічних властивостей ґрунту та фосфогіпсу встановлено, що для визначення валового вмісту важких металів найбільш придатною є методика атомно-абсорбційної спектрометрії з полум'яною та безполум'яною атомізацією.

3. Досліджено вміст кадмію та свинцю у пробах ґрунту і фосфогіпсу і виявлено, що найбільший вміст досліджуваних елементів зосереджений у гумусовому та ілювіальному горизонтах.

4. Дослідження фізико-хімічних властивостей дрібнодисперсного матеріалу фосфогіпсу показали, що у районі, який досліджувався, переважають мікрочастинки розміром 10^{-6} м і становлять 95% загальної кількості.

5. Виявлено, що при потраплянні дрібнодисперсних частинок фосфогіпсу у ґрунт швидкість фільтрації різко падає, що свідчить про докорінну зміну природи даного ґрунту.

6. Розроблена математична модель накопичення солей токсичного елемента в ізольованій елементарній фації ландшафту, яка дозволяє розрахувати міграцію елемента незалежно від величини та природи його рухомості.

7. Розроблена математична модель міграції солей токсичного елемента в одновимірному геохімічному ландшафті, що описується рівням руху й нагромадження мігрантів у ландшафті, на прикладі водної міграції. Отримане рівняння описує спільну міграцію в ландшафті усіх елементів і речовин. Між величинами, що одержані дослідним шляхом, та результатами розв'язання математичної моделі спостерігався тісний кореляційний зв'язок, особливо для фосфогіпсу.

8. Встановлено, що екологічна ситуація, яка склалася у районі діючого відвалу, згідно з розрахунками показника інтенсивності забруднення природного компонента кадмієм та свинцем є помірно небезпечною.

9. Запропоновано збільшення ємності існуючого відвалу фосфогіпсу з метою забезпечення безперебійної роботи підприємства ВАТ „Сумихімпром” та складування у тілі фосфогіпсу, відхід сірчаноокислотного виробництва залізного купоросу, а також розроблення протифільтраційного екрана для даного відвалу з метою охорони навколишнього середовища.

10. Запропоновано по дну та укосах чаші відвалу фосфогіпсу протифільтраційний екран з важкого нафтового залишку та глини; по верху, низу та укосах відвалу залізного купоросу – пошарове використання поточного ущільненого фосфогіпсу, кальцієвмісного прошарку (вапняковий щебінь) та поточного ущільненого фосфогіпсу.

11. Економічна ефективність від застосування в проекті нових і прогресивних технічних рішень становила 96 тис. 372 гривні.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Трунова І.О., Вакал С.В. Екологічні аспекти використання північноафриканських фосфоритів // Вісник Сумськ. нац. аграрного унів. Сер. Механізація та автомат. виробничих процесів. – 2003. – Випуск 10. – С. 259-263.

Здобувачем здійснено огляд сировинної бази родовищ України та світовий експорт. Наведена порівняльна характеристика власної сировини та фосфоритів Північної Африки на вміст токсичних речовин.

2. Пляцук Л. Д., Вакал С. В., Трунова І. О. Екологічне обґрунтування вибору сировини для вітчизняного виробництва мінеральних добрив // Вісник Сумськ. держ. унів. Сер. Технічні науки. – 2003. - №3 (49). – С. 136-138.

Здобувачем досліджено виробництво мінеральних фосфорних добрив, виявлена причина зниження виробництва та запропоновано використання закордонної сировини.

3. Трунова И.А. Миграция тяжелых металлов твердых отходов производства минеральных удобрений в районе отвалов фосфогипса // Вісник Кременчуцького держ. політехн. унів. – 2003. - №4 (21). – С. 175-177.

4. Трунова І.О., Вакал С.В., Пляцук Л.Д. Исследование подвижности тяжелых металлов в грунтах ландшафтов в районе отвалов фосфогипса // Вісник Сумськ. держ. унів. Сер. Технічні науки. – 2004. - №2 (61). – С. 170-174.

Здобувачем виявлено залежності розподілу важких металів від середовища перебування.

5. Трунова І.О. Розробка протифільтраційного екрана для відвалу фосфогіпсу // „Екологія”. Збірник наук. праць Східноукраїнського нац. унів. ім. В. Даля. – Луганськ. – 2005. – №1(3). – С. 74-76.

6. Трунова І.О. Екологічна оцінка стану забруднення ґрунтів району відвалу фосфогіпсу ВАТ „Сумхімпром” важкими металами // Вісник Сумськ. держ. унів. Сер. Технічні науки. – 2006. - №5 (89). – С. 135-138.

7. Пляцук Л.Д., Трунова І.О., Васькін Р.А. Моделювання техногенного забруднення ґрунтів району відвалу фосфогіпсу // Вісник Кременчуцького держ. політехн. унів. – 2006. - №6 (41). – С. 123-126.

Здобувачем розроблена математична модель міграції будь-якого елемента в геохімічному ландшафті.

8. Вплив виробництва мінеральних добрив на навколишнє середовище (на прикладі ВАТ „Сумхімпром”) / І.О. Трунова, Н.І. Андрієнко // Збірник тез Міжнародної конференції студентів і молодих вчених „Екологічні проблеми міст і промислових зон: шляхи їх вирішення”. – Львів: СПОЛОМ, 2003. – С. 233-236.

Здобувачем дана екологічна оцінка виробництва мінеральних фосфорних добрив.

9. Забруднення ґрунтів важкими металами в районі відвалів фосфогіпсу / І.О. Трунова // Сборник тезисов Международного симпозиума „Межрегиональные проблемы экологической безопасности”. – Сумы: Изд-во „Довкілля”, 2003. – С. 71.

10. Фосфор – як біогеохімічний елемент / І.Ю. Бажина, І.О. Трунова // Матеріали науково-технічної конференції преподавателей, сотрудников, аспирантов и студентов инженерного факультета СумГУ. – Сумы: Изд-во СумГУ, 2003. – С. 77.

Здобувачем розглянуто світові запаси фосфору та його роль у навколишньому середовищі.

11. Структурно-функціональна математична модель розподілу кадмію та свинцю по профілю ґрунтів у районі відвалів фосфогіпсу / І.О. Трунова // Матеріали науково-технічної конференції преподавателей, сотрудников, аспирантов и студентов инженерного факультета СумГУ. – Суми: Изд-во СумГУ, 2004. – С. 135-136.

12. Залежність вмісту важких металів у твердому відході виробництва фосфорних добрив від просочування середі перебування / І.О. Трунова, Л.Д. Пляцук // Матеріали науково-технічної конференції викладачів, співробітників, аспірантів і студентів інженерного факультету СумДУ. – Суми: Вид-во СумДУ, 2006. – С. 64-65.

Здобувачем досліджено ґрунти на просочування та визначено коефіцієнт фільтрації.

13. Вплив фосфорних добрив на вміст важких металів у ґрунтах сільськогосподарських угідь і продукції рослинництва / І.О. Трунова, Є.В. Мазнева // Матеріали науково-технічної конференції викладачів, співробітників, аспірантів і студентів інженерного факультету СумДУ. – Суми: Вид-во СумДУ, 2006. – С. 59.

Здобувачем здійснено аналіз забруднення ґрунтів від застосування фосфорних добрив.

АНОТАЦІЯ

Трунова І. О. Техногенний вплив елементів кадмію та свинцю, що містяться у відвалах фосфогіпсу, на навколишнє середовище. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.01 – Екологічна безпека. – Національний технічний університет України «Київський політехнічний університет», Київ, 2008.

Дисертація присвячена дослідженню техногенного впливу елементів важких металів, що містяться у відвалах фосфогіпсу, на навколишнє середовище.

Наведені дані про світові запаси фосфорних руд, обсяг видобутку фосфатів, динаміку обсягу споживання. Проаналізовано хімічний склад фосфоровмісної сировини на вміст важких металів. Наведені дані про взаємодію навколишнього середовища зі сполуками токсичних елементів, особливості прогнозування забруднення ними навколишнього середовища. Дана техніко-економічна та екологічна оцінка виробництва фосфорних добрив.

Розроблено математичну модель, що встановлює функціональну залежність вмісту досліджуваного мігранта в геохімічному ландшафті від просторових координат і часу. Розроблена структурно-функціональна модель ландшафту спирається на припущення, що геохімічна структура ландшафту визначається його міграційною структурою, тобто водно-повітряною і біологічною міграцією, а вся фактична різноманітність міграційних процесів зводиться до надходження і витрат мігранта в елементарній фації ландшафту (ЕФЛ) і переходу його від однієї ЕФЛ до іншої, тобто балансу мігранта в рамках ЕФЛ.

Інтервал часу охоплює повний цикл міграцій — компонентів міграційної структури, зв'язаних з припливом речовин ззовні і відтоком їх за межі ЕФЛ; мобілізацією мігрантів та іммобілізацією їх, тобто переходом нерухомих форм у рухомі і навпаки; перерозподілом мігрантів усередині ЕФЛ.

Виведено диференціальне рівняння руху та накопичення мігранта у твердій фазі.

На основі експериментальних досліджень та результатів математичної моделі за допомогою регресійного аналізу встановлено форму залежності між глибиною міграції важких металів за профілем ґрунту та фосфогіпсу та режимом накопичення мігрантів у твердій фазі. Виявлено, що розподіл вмісту всіх досліджуваних елементів за профілем сірого лісового ґрунту проходить таким чином, що максимального навантаження зазнають верхні горизонти ґрунту, в яких відбувається їх закріплення. Підзолистий процес зумовлює зниження концентрацій елементів у підзолистому горизонті і збільшення їх в ілювіальному горизонті, що може бути пов'язано з вимиванням металів з вищих горизонтів.

За допомогою регресійного аналізу встановлено форму залежності між глибиною міграції важких металів за профілем ґрунту та фосфогіпсу і режимом накопичення мігрантів у твердій фазі. На основі вибіркового даних було знайдено оцінку цих параметрів і перевірено відповідність прийнятої моделі експериментальним даним.

Наведені методика та результати дослідження на зв'язок між рухомими формами та валовим вмістом свинцю і кадмію у сірому лісовому ґрунті.

Одержані результати залежності водопроникності ґрунту від його вологості та вмісту дрібнодисперсних часток фосфогіпсу.

Пропонується розширення ємності відвалу фосфогіпсу виробництва фосфорних добрив ВАТ „Суміхімпром” без відводу додаткових сільгоспугідь, а також складування залізного купоросу у тілі запроєктованого відвалу.

Запропоновано та досліджено протифільтраційний екран по дну, укосах і поверхні чаші відвалу фосфогіпсу та залізного купоросу.

Для забезпечення відводу рідини від проектованого відвалу фосфогіпсу ВАТ „Суміхімпром” проектом передбачена єдина дрема по дну відвалів залізного купоросу та фосфогіпсу до ставка-акумулятора.

Ключові слова: техногенний вплив, кадмій, свинець, важкі метали, навколишнє середовище, фосфорити, екологічна безпека, фосфогіпс, ґрунт, міграція.

АННОТАЦИЯ

Трунова И. А. Техногенное влияние элементов кадмия и свинца, находящихся в отвалах фосфогипса, на окружающую среду. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 21.06.01 – Экологическая безопасность. – Национальный технический университет «Киевский политехнический институт», Киев, 2008.

Диссертация посвящена исследованию техногенного влияния элементов тяжелых металлов, находящихся в отвалах фосфогипса, на окружающую среду.

Приведены данные по мировым запасам фосфорных руд, объему добычи фосфоритов, динамике объема использования. Проанализирован химический состав фосфорсодержащего сырья на содержание тяжелых металлов. Приведены данные о взаимодействии окружающей среды с соединениями токсичных элементов, особенности прогнозирования загрязнения ими окружающей среды. Даная технико-экономическая и экологическая оценка производства фосфорных удобрений.

Разработана математическая модель, устанавливающая функциональную зависимость содержимого исследуемого мигранта в геохимическом ландшафте от пространственных координат и времени. Разработанная структурно-функциональная модель ландшафта основана на предположении, что геохимическая структура ландшафта определяется его миграционной структурой, т.е. водно-воздушной и биологической миграцией, а все фактическое разнообразие миграционных процессов сводится к поступлению и миграции элемента в элементарной фации ландшафта (ЭФЛ) и перехода его от одной ЭФЛ к другой, т.е. баланса мигранта в рамках ЭФЛ.

Интервал времени охватывает полный цикл миграций - компонентов миграционной структуры, связанных с притоком веществ извне и оттоком их за границы ЭФЛ; мобилизацией мигрантов и иммобилизацией их; перераспределением мигрантов внутри ЭФЛ.

Выведено дифференциальное уравнение движения и накопление мигранта в твердой фазе.

На основе экспериментальных исследований и результатов математической модели с помощью регрессионного анализа установлено форму зависимости между глубиной миграции тяжелых металлов по профилю почвы и фосфогипса и режимом накопления мигрантов в твердой фазе. Выявлено, что распределение содержания всех исследуемых элементов по профилю серой лесной почвы проходит таким образом, что максимальную нагрузку испытывают верхние горизонты почвы, в которых происходит их закрепление. Подзолистый процесс предопределяет снижение концентраций элементов в подзолистом горизонте и увеличение их в иллювиальном горизонте, что связано с вымыванием металлов из высших горизонтов.

С помощью регрессионного анализа установлена форма зависимости между глубиной

миграции тяжелых металлов по профилю почвы и фосфогипса и режимом накопления мигрантов в твердой фазе. На основании выборочных данных была проведена оценка этих параметров и проверено соответствие принятой модели экспериментальным данным.

Получены результаты зависимости водопроницаемости почвы от влажности и содержания тонкодисперсных частичек фосфогипса.

Предложено увеличение емкости отвала фосфогипса без отвода дополнительных земель, складирование железного купороса в теле проектируемого отвала.

Предложено и исследовано противofильтрационный экран по дну, укосам и поверхности чаши отвала фосфогипса и железного купороса.

Для обеспечения отвода жидкости от проектированного отвала фосфогипса ОАО „Сумыхимпром” проектом предусмотрена единая дрема по дну отвалов железного купороса и фосфогипса к ставку-аккумулятору.

Ключевые слова: техногенное влияние, кадмий, свинец, тяжелые металлы, окружающая среда, фосфориты, экологическая безопасность, фосфогипс, почва, миграция.

SUMMARY

Trunova I. A. Technogenum influence of cadmium and lead elements which situated in dumps of phosphogypsum to the environment. – Handwriting.

This is for a candidate's of technic sciences degree in speciality 21.06.01 – Ecological safety. – National Technical University of Ukraine “Kiev Polytechnic Institute”, Kiev, 2008.

This is devoted to the research of technogenum influence of heavy metals which situated in dumps of phosphogypsum to the environment. Cited data of world supply of phosphorus ores, the size of phosphorites extraction, the dynamic of using capacity. Analyzed chemical compound of phosphocontent raw materials in the way of containing heavy metals, given ecological estimation of the manufacture.

This contain mathematic model, which determine functional dependence of content of investigating migrant in geochemical landscape from spatial coordinates and time. In the base of the experimental researches and results of mathematic model with the help of regressive analysis determined the form of the dependence between migration of heavy metals along the profile of soil and phosphogypsum and the rate of migrant's accumulation in hard phase.

This gave the investigation results of suggested anti-filtering screen along the bottom, inclinations and surface of phosphogypsum dump and iron vitriol, which is recommended to store inside of phosphogypsum dump.

The main words: technogenum influence, cadmium, lead, heavy metals, environment, phosphoresces, ecologically safety, phosphogypsum, soil, migration.

Підписано до друку 16.01.2008. Формат 60х90/16. Папір ксероксний
Друк офсетний. Гарнітура *Times New Roman Cyr*. Друк офс.
Обл. – вид. арк. 0,9. Ум. друк. арк. 1,1.
Наклад 100 прим. Замовлення № .
Видавництво СумДУ. 40007, м. Суми, вул. Р. – Корсакова, 2.
Свідоцтво ДК №3062 від 17.12.2007 р.
Друкарня СумДУ. 40007, м. Суми, вул. Римського-Корсакова, 2