

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
"НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ"**

УДК 504.5.06+622.69:620.162

Максимова Наталія Миколаївна



**ВПЛИВ ВІДВАЛІВ ГІРНИЧОРУДНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ НА ЕКОЛОГІЧНУ
БЕЗПЕКУ ПРИЛЕГЛИХ ТЕРИТОРІЙ**

21.06.01 – екологічна безпека

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Дніпропетровськ – 2014

Дисертацією є рукопис

Робота виконана на кафедрі експлуатації гідромеліоративних систем і технології будівництва в Дніпропетровському державному аграрно-економічному університеті Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник - доктор геологічних наук, професор
ОРЛІНСЬКА Ольга Вікторівна,
завідувач кафедри експлуатації гідромеліоративних систем і технології будівництва Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету Міністерства освіти і науки України (м. Дніпропетровськ).

Офіційні опоненти: - доктор технічних наук, професор
ДОЛГОВА Тетяна Іванівна,
професор кафедри аерології та охорони праці Державного вищого навчального закладу «Національний гірничий університет» Міністерства освіти і науки України (м. Дніпропетровськ).

- кандидат технічних наук,
старший науковий співробітник
ЄМЕЦЬ Микола Архипович,
завідувач відділу екологічного нормування Інституту проблем природокористування та екології НАН України (м. Дніпропетровськ).

Захист відбудеться 14 листопада 2014 р. о 12⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.080.02 Державного вищого навчального закладу "Національний гірничий університет" Міністерства освіти і науки України за адресою: 49005, м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса, 19.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Державного вищого навчального закладу "Національний гірничий університет" Міністерства освіти і науки України (49005, м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса, 19).

Автореферат розісланий «14» жовтня 2014 року

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради Д 08.080.02
к.т.н., доцент



В.В. Панченко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Негативний вплив відвалів гірничорудної промисловості розглядали дослідники Горова А. І., Долгова Т. І., Євграшкіна Г. П., Кроїк Г. А., Ольшанська І., Паранько І. С., Чехун О. В. та інші, які зазвичай досліджували наступні аспекти: 1) хімічне вивітрювання та накопичення продуктів вивітрювання у довкіллі внаслідок вітрового переносу (пиління) і вимивання розчинних хімічних компонентів атмосферними опадами з наступним стоком в ґрунти і підземні води; 2) стійкість укосів відвалів і, як наслідок, обмеження їх відсипки за висотою, об'ємом, масою; 3) акумуляція частини атмосферних опадів у тілі відвалів. Однак, поза увагою залишаються причини виникнення біля відвалів, особливо скельних порід, значних зон підтоплення, виходів високомінералізованих джерел, поява техногенних водоносних горизонтів, бугрів випирання зв'язних порід по периферії відвалу, ділянок високого ступеню забруднення ґрунтів, підземних та поверхневих річкових вод в межах Криворізького залізорудного басейну.

Отже, актуальність досліджень полягає у необхідності всебічного вивчення явищ, які відбуваються в тілі відвалу, підстилаючих породах та механізму розвитку зазначених вище небезпечних екологічних процесів в оточенні. У зв'язку з цим у роботі вирішувалася *наукова задача* встановлення закономірностей розвитку процесів підтоплення, забруднення ґрунтів, підземних і поверхневих вод в зв'язку з дією відвалу на підстилаючу породну основу. Встановлення цих закономірностей є підставою для розробки і впровадження технічних рішень, що дозволили мінімізувати екологічну небезпеку складування відвалів підприємств гірничорудної промисловості.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Основою дисертаційної роботи є результати наукових досліджень, одержані автором в рамках базової держбюджетної НДР «Формування екологічно безпечного навколишнього середовища та безпеки життєдіяльності в Придніпровському регіоні» (№ ДР 0110U001969, 2009 р.; керівник проф. Орлінська О. В.), яка виконувалась в Дніпропетровському державному аграрному університеті відповідно «Загальнодержавної цільової програми розвитку водного господарства та екологічного оздоровлення басейну річки Дніпро на період до 2021 р.», затвердженої Законом України від 24 травня 2012 р. № 4836-VI, «Програми поліпшення екологічного стану Дніпропетровської області за рахунок зменшення забруднення довкілля основними підприємствами-забруднювачами на 2007-2015 роки», затвердженої Департаментом промисловості облдержадміністрації від 04.12.2007 № 295-13/V, і «Довгострокової програми по вирішенню екологічних проблем Кривбасу та поліпшенню стану навколишнього природного середовища на 2011-2022 роки», затвердженої Департаментом екології та природних ресурсів і Департаментом промисловості облдержадміністрації [від 29.04.2011 № 110-6/VI](#).

Мета досліджень. Метою роботи є наукове обґрунтування заходів з покращення екологічного стану територій, прилеглих до відвалів гірничорудної промисловості, за рахунок попередження розвитку процесів підтоплення та міграції розчинів з тіла відвалів в нижчезалягаючі водовмісні гірські породи і поверхневі

води.

Для досягнення поставленої мети поставлені наступні **задачі**:

1) проаналізувати сучасний екологічний стан і науково-практичні розробки з екологічної безпеки гірничорудних регіонів, а також зв'язок між відвалами і процесами підтоплення, забруднення ґрунтів, поверхневих річкових і підземних вод, розвитку процесів зсуво- і карстоутворення на прилеглих територіях;

2) провести теоретичні дослідження особливостей розвитку процесів підтоплення на прилеглих до відвалів територіях внаслідок осадки і деформації їх основи;

3) розробити методику і виконати експериментальне моделювання впливу відвалів на екологічний стан прилеглих територій внаслідок змін фізико-механічних властивостей підвідвальних шарів гірських порід під дією навантаження;

4) розробити концептуальну модель розвитку процесів підтоплення і забруднення підземних вод під впливом відвалів гірничорудної промисловості;

5) визначене методичне забезпечення з визначення рівня екологічної небезпеки територій, прилеглих до відвалів скельних порід;

6) запропонувати класифікацію відвалів за екологічними впливами на формування техногенних процесів на підставі комплексної інтерпретації результатів теоретичного і експериментального моделювання та співставлення їх з природними об'єктами, а також оцінити екологічну небезпеку територій, прилеглих до породних відвалів;

7) запропоновані технічні рішення щодо зменшення техногенного навантаження на прилегли до відвалів території.

Об'єкт досліджень – техногенні процеси, що відбуваються під впливом відвалів гірничорудної промисловості.

Предмет досліджень – небезпечні екологічні процеси підтоплення, забруднення ґрунтів, підземних і поверхневих вод на територіях, прилеглих до відвалів гірничорудної промисловості.

Для досягнення поставленої мети використовувались такі **методи досліджень**: аналіз і узагальнення інформації з проблеми – для вивчення розвитку небезпечних екологічних процесів та визначення об'єктів негативного впливу в гірничорудних регіонах; теоретичне моделювання та розрахунок осадки основи відвалів скельних та м'яких порід методами лінійно-деформованого шару і півпростору та за допомогою спеціалізованої комп'ютерної програми – для встановлення дії навантажень від маси відвалів м'яких і скельних порід на підстилаючу основу; польові дослідження – для оцінки розвитку небезпечних техногенних екологічних процесів навколо відвалів; комплекс лабораторних методів – для визначення фізико-механічних показників ґрунтів до і після експериментів; експериментальні дослідження компресії зразків гірських порід на одометрі і пресах – для виявлення закономірностей змін фізико-механічних властивостей порід основи відвалу; мікроскопічні дослідження зразків гірських порід після експериментів на пресах – для аналізу текстурних та структурних змін гірських порід під дією навантажень; розрахунки водно-сольового притоку річки Інгулець та зіставлення їх з дослідженнями Дніпропетровського обласного управління водними ресурсами – для оцінки внеску відвалу в забруднення поверхневих вод.

Наукова новизна одержаних результатів:

1. Вперше на підставі теоретичних і експериментальних досліджень осадки основи відвалів доведено, що під дією навантажень від техногенних відходів більше $1,6 \text{ МПа/м}^2$ зменшуються потужність підвідвальних шарів гірських порід, пористість водонасичених пісків і їх коефіцієнти фільтрації та руйнується протифільтраційний екран, що приводить до підйому води з природних водоносних горизонтів у вищезалігаючі шари гірських порід з утворенням нових техногенних водоносних горизонтів, і, як наслідок, до активізації на прилеглих територіях процесів підтоплення, зсуво- і карстоутворення, забруднення ґрунтів, підземних і поверхневих вод.

2. Вперше одержана концептуальна модель розвитку процесів підтоплення і забруднення підземних і поверхневих вод під впливом відвалів скельних порід з урахуванням навантаження на підстилаючі породи, на підставі якої складена класифікація відвалів за екологічними ризиками на розвиток негативних техногенних явищ, що є основою для розробки технічних рішень щодо підвищення екологічної безпеки прилеглих до відвалів територій.

3. Вперше доведено, що осадка основи відвалів розкривних переважно м'яких порід, на відміну від скельних, не приводить до виникнення процесів підтоплення, забруднення ґрунтів, підземних і поверхневих вод на прилеглих територіях.

Наукові положення, які виносяться на захист:

1. Руйнування під дією навантажень підвідвального протифільтраційного екрану з глинистих порід обумовлює інфільтрацію внутрішньовідвальних мінералізованих розчинів у підземні води, що призводить до забруднення ґрунтів, підземних і поверхневих вод.

2. Основою теоретичного обґрунтування екологічної безпеки територій, прилеглих до відвалів гірничорудної промисловості, є концептуальна модель формування техногенних водоносних горизонтів, розвитку процесів підтоплення і забруднення поверхневих річкових і підземних вод навколо відвалів, що комплексно враховує поетапне навантаження на підстилаючі породи.

Обґрунтованість та достовірність наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертації, підтверджується високою збіжністю теоретичних розрахунків за методом лінійно-деформованого і геомеханічного моделювання (розбіжність на рівні 8 %), значною кількістю експериментів з компресії гірських порід та збігом результатів теоретичних і експериментальних досліджень з польовими спостереженнями, а саме утворенням зон розвантаження підземних вод, ідентичним складом хімічних домішок у породах відвалу, ґрунтах, донних осадах місцевого водотоку, збільшенням прихованого сольового притоку річки в межах зони впливу відвалу.

Практичне значення одержаних результатів полягає в наступному:

1) на підставі теоретичних та експериментальних досліджень розроблені рекомендації з раціонального складування скельних порід у відвалах з врахуванням навантажень та вибору ділянок їх розміщення, що дозволить зменшити екологічну небезпеку розвитку процесів підтоплення і забруднення підземних вод, зсуво- та карстоутворення на прилеглих територіях; вказані рекомендації прийняті до виконання Дніпропетровським обласним управлінням водних ресурсів і будуть враховані під час розробки заходів щодо поліпшення екологічного стану та

оздоровлення басейну р. Інгулець (відзив щодо практичного значення результатів роботи № 1029/01-13 від 18.06.13 р.);

2) розроблені технічні рішення для прилеглих до породного відвалу територіях, які поєднують системи вертикального і горизонтального дренажу, розчистку меандр водотоків в зоні впливу відвалів, збору донних відкладень в геотекстильні контейнери і укріплення ними зсувонебезпечних берегів річки, що дозволить зменшити площі підтоплення, забруднення ґрунтів, підземних і поверхневих вод; результати досліджень та запропоновані заходи прийняті та будуть враховані при узгодженні проектних матеріалів при розширенні виробництва Демуринаського гірничо-збагачувального комбінату, розташованого в межах дії Синельниківського міжрайонного управління водного господарства (акт впровадження робіт № 52 від 14.06.13 р.).

Особистий внесок автора полягає в формуванні мети і задач досліджень, формулюванні наукових положень, розробці методики і проведенні польових, участі у теоретичних, експериментальних і мінералогічних досліджень, аналізі отриманих результатів, складанні концептуальної моделі розвитку процесів підтоплення і забруднення підземних вод під дією відвалів гірничорудної промисловості та класифікації відвалів за екологічними впливами на формування техногенних процесів, обґрунтуванні технічних рішень, спрямованих на підвищення екологічної безпеки територій гірничорудних регіонів.

Апробація результатів дисертації. Основні положення, наукові і практичні результати доповідались і обговорювались на наукових конференціях: «Екологія довкілля – пошук молодих» (Кременчук, 2009), «Сучасний стан та проблеми розвитку сільськогосподарських меліорацій» (Дніпропетровськ, 2010), «Підготовка фахівців на шляху до євроінтеграції: проблеми та перспективи» (Дніпропетровськ, 2011), «Охорона навколишнього середовища та раціональне використання природних ресурсів» (Донецьк, 2011), «Екологічні аспекти регіонального партнерства в надзвичайних ситуаціях» (Харків, 2012), «Неделя еколога – 2012» (Дніпродзержинськ, 2012), «Водні ресурси України та меліорація земель» (Київ, 2013).

Публікації. Основні положення дисертації опубліковані автором в 13 роботах, з яких 6 статей у фахових збірниках наукових праць, 1 стаття в наукометричному виданні, а також 6 тез доповідей в матеріалах конференцій і нарад; 5 наукових публікацій виконано одноосібно.

Структура і об'єм роботи. Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, загального висновку, списку використаних джерел на 31 сторінках і тринадцяти додатків на 147 сторінках. Містить 149 сторінок машинописного тексту, у тому числі 42 рисунки, 18 таблиць. Повний об'єм роботи складає 325 сторінок.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми досліджень, визначено об'єкт і предмет, сформульовано мету і завдання роботи, показано наукову новизну і практичне значення отриманих результатів, надано інформацію про впровадження результатів досліджень, про особистий внесок здобувача.

В **першому розділі**, відповідно до 1-ї задачі досліджень, проаналізований сучасний екологічний стан і науково-практичні розробки з екологічної безпеки

гірничорудних регіонів, а також зв'язок між відвалами і процесами підтоплення, забруднення ґрунтів, поверхневих річкових і підземних вод, розвитку процесів зсуво- і карстоутворення на прилеглих територіях. Для поліпшення екологічного стану р. Інгулець і прилеглих територій проводиться щорічна промивка долини водами р. Дніпро, але цей захід має низьку ефективність. Вже по закінченню промивки жорсткість води вища за гранично допустимі значення в 1,7-1,9 рази. Спостерігається забруднення зрошувальної води і значний внесок гірничодобувних підприємств в погіршення якості води р. Інгулець не лише на території м. Кривий Ріг, а й в Херсонській і Миколаївській області.

Зазвичай дослідники в якості основних факторів впливу на довкілля гірничорудних територій виділяють тільки хвостосховища і ставки-накопичувачі, а відвали не розглядають в переліку об'єктів підвищеної екологічної небезпеки.

В результаті виконання 1-ї задачі досліджень обґрунтована необхідність всебічного дослідження зв'язку між відвалами і розвитком процесів підтоплення, забруднення ґрунтів, поверхневих і підземних вод внаслідок інфільтрації внутрішньовідвальних вод на прилеглі території. Для встановлення зазначеного зв'язку обрано природні об'єкти досліджень: Лівобережний відвал Південного гірничозбагачувального комбінату скельних порід та відвал м'яких порід Піщанського родовища кар'єроуправління «Кварц». Дані об'єкти є типовими для гірничорудних регіонів, але відмінні за породним складом, об'ємом складованих відходів, мають схожий розріз підстилаючих гірських порід; територіальне їх розташування вдале для виявлення закономірностей антропогенної зміни прилеглих територій. У Піщанському відвалі, площею 15 га і висотою до 33,5 м, складовані піски з глинистою складовою та пісковики. Масив Лівобережного відвалу, площею 900 га і висотою до 102 м, умовно прийнятий однорідним із співвідношенням 1:1 сланців та окислених залізистих кварцитів.

У **другому розділі**, відповідно до 2-ї задачі досліджень, проведені теоретичні дослідження особливостей розвитку процесів підтоплення на прилеглих до відвалів територіях за рахунок осадки і деформації їх основи із застосуванням: 1) методів лінійно-деформованого шару і півпростору; 2) спеціалізованої комп'ютерної програми.

Відповідно до результатів 1-ї задачі та 1-ї частини 2-ї задачі теоретичні дослідження дії навантажень від маси відвалів м'яких і скельних порід на підстилаючу основу розглядалися на моделях Піщанського і Лівобережного відвалів. Осадка основи Піщанського відвалу, при пустотності масиву 10 % і щільності 2100 кг/м^3 , становила за схемами лінійно-деформованого шару – $0,136 \div 0,253 \text{ м}$ і півпростору – $0,149 \div 0,243 \text{ м}$.

Рис. 2. Модель-розріз Лівобережного відвалу для розрахунку осадки основи: 1 і 2 – криві $s = f(p)$ отримані за схемою лінійно-деформованого шару при щільності порід відвалу 1900 кг/м^3 і 2900 кг/м^3 відповідно; 3 і 4 – криві $s = f(p)$ отримані за схемою лінійно-деформованого півпростору при щільності порід відвалу 1900 кг/м^3 і 2900 кг/м^3 відповідно; 5 – рельєф поверхні відвалу; s – осадка основи відвалу; p – тиск від маси відвалу на підстилаючу основу; h – висота відвалу; l – відстань.

Результати розрахунків осадки основи Лівобережного відвалу при двох щільностях 1900 кг/м^3 з урахуванням 45 % пустотності масиву і 2900 кг/м^3 виходячи з 15 % пустотності наступні: за схемою лінійно-деформованого шару – $0,178 \div 1,145 \text{ м}$ і $0,272 \div 1,748 \text{ м}$, півпростору – $0,203 \div 1,196 \text{ м}$ і $0,317 \div 1,860 \text{ м}$ відповідно (рис. 1). Отримана розбіжність результатів на $4 \div 31 \%$ пояснюється різним

врахуванням впливу навантаження на ущільнення ґрунтових товщ і підкреслює потребу корегування методів розрахунку осадки відвалів на підстилаючу основу.

Відповідно до 2-ї частини 2-ї задачі досліджена дія навантажень від маси відвалів скельних порід на основу за допомогою спеціалізованої комп'ютерної програми. Результати геомеханічного моделювання розвитку деформацій породної основи західної частини Лівобережного відвалу (до 1,2 м) найбільше співпали з результатами розрахунків осадки основи за схемою лінійно-деформованого шару (до 1,3 м). Геомеханічне моделювання показало, що при поетапному зведенні відвалу величини осадки природної поверхні зростають від 0,2 м до $0,8 \div 1,2 \text{ м}$, переважно за рахунок стиснення шару суглинків (відносні вертикальні деформації збільшуються від 4 до 20 %). Під ядром відвалу верхні прошарки піску стискаються на 14 %, в середньому для піщаної товщі характерні відносні вертикальні деформації розміром 5 % або 0,7 м. Під дією тангенціальних напруг у підніжжя відвалу утворюються бугри випору суглинків. В шарі суглинків, в основному, в межах 4-го уступу розвиваються пластичні деформації розтягу, де з плином часу слід очікувати розвиток розривних порушень.

За геомеханічним моделюванням отримано: при зведенні 1-го уступу в суглинках формується перша зона непружних (пластичних) деформацій, при зведенні 4-го уступу в межах його контурів у шарі суглинків відбувається утворення другої зони непружних деформацій, що з плином часу призведе до зміни фізико-механічних властивостей цих порід. Для підтвердження аналітичного моделювання проведені експериментальні дослідження по вивченню ущільнення гірських порід під дією навантажень.

3-я задача, а саме експериментальне моделювання впливу відвалів на екологічний стан прилеглих територій внаслідок змін фізико-механічних властивостей підвідвальних шарів гірських порід під дією навантаження, вирішена за допомогою: комплексу лабораторних методів, компресійних експериментальних і мікроскопічних досліджень зразків гірських порід.

Експериментальні дослідження поведінки піщаних часток і глинистих ґрунтів

під дією навантаження розглядались на багатошарових породних моделях, відсипаних по аналогії до природного об'єкту моделювання. Компресійні експерименти проводились з пісками, суглинками та глинами за стандартною методикою у сертифікованих лабораторіях ДДТУ і ДДАЕУ. Проведено 21 експеримент на одометрі та 33 на пресах. Найбільш характерні компресійні криві залежностей відносного стиснення від навантаження зображені на рис. 2.

Для досліджень на пресах розроблена прес-форма, яка не дає бічного стиснення моделі. За видовим складом моделей експерименти було об'єднано у серії, а з огляду на варіації тривалості навантаження і наданого тиску на групи з трьох подібних експериментів. Однорідні породні моделі серій експериментів I і II відсипані пісками середньозернистими або дрібнозернистими відповідно, а багатошарові моделі серії III представлені піском середньозернистим і суглинком. До початку експериментів визначались: гранулометричний склад пісків – ситовим методом, щільність часток ґрунту – пікнометричним методом з водою, вологість – методом висушування до постійної маси, розрахунково – коефіцієнт пористості і пористість, щільність порід моделі, а після дослідів – розрахунково відносне стиснення, коефіцієнт пористості і пористість моделей.

Дослідження компресії гірських порід на одометрі показали: 1) двошарові

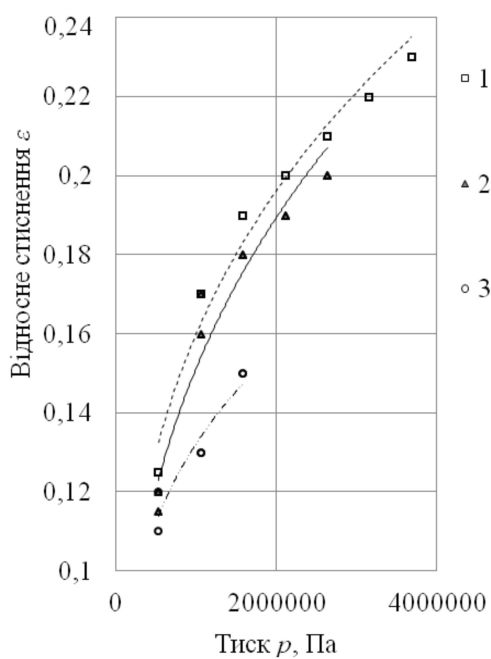


Рис. 2. Кореляційний аналіз результатів експериментів № 11.1-11.3: 1-3 – компресійні криві залежностей $\varepsilon=f(p)$ експериментів № 11.1-11.3 відповідно; ε – відносне стиснення; p – навантаження.

Примітка. Характеристика однотипових експериментів: моделі складені (знизу догори) гранітними уламками (0,5 см) – глиною (5 см) – піском дрібнозернистим (5 см); вологість моделі складала $w=11,3\%$ (дослід № 11.1), $w=9,7\%$ (№ 11.2); $w=9,6\%$ (№ 11.3). «Експеримент № 11.1» – перша цифра позначає номер серії однотипових експериментів, друга цифра вказує номер експерименту даної серії.

ґрунтові моделі ущільнюються краще ніж однорідні, а глинисті породи – краще піщаних; 2) стиснення порід відбувалось лише за рахунок зменшення пористості зразка, оскільки маса зразків суглинку і піску, їх вологість при експерименті були сталими; 3) в двошарових модельних експериментах суглинок-пісок максимальним змінам піддавались суглинки ($\Delta\varepsilon = 0,065$ і $\Delta\varepsilon = 0,027$); 4) величина компресії залежить від величини тиску, а також тривалості його дії (при $\Delta p = 61,9$ кПа і $\Delta t = 32527$ с отримано $\Delta\varepsilon = 0,025$; при $p = 81,4$ кПа і $\Delta t = 11924$ с – $\Delta\varepsilon = 0,004$).

Досягнутий тиск на зразок на одометрі склав $114,0$ кН/м², що менше за максимально, що менше за максимально очікуваний від відвала скельних порід ($2901,80$ кН/м² від уступа висотою 102 м), тому далі були проведені серії експериментів на пресі типу П, під час яких кінцевий тиск склав до $5261,3$ кН/м², що відповідає висоті Лівобережного відвалу 185 м при щільності 2900 кг/м³. Це дало можливість досягти розрахункових максимальних навантажень від відвалу і передбачити їх збільшення у зв'язку з продовженням відсипки.

Тришарові породні моделі останніх двох серій складені відповідно до геологічного

розрізу підстилаючих Лівобережний відвал порід. Верхній шар гранітних уламків відсипаний з метою проведення аналогії взаємозв'язку відвалу з основою (рис. 2). Після експериментів проведені дослідження оброблених зразків на мікроскопі МБС-9.

Аналіз результатів експериментів довів: 1) на початку всіх дослідів проходить найінтенсивніше ущільнення гірських порід, далі основне стиснення породних моделей відбувається на початку надання подальшого навантаження (залежність $\varepsilon=f(p)$); 2) на величину відносного стиснення порід впливають їх склад, тривалість і рівень навантажень; 3) величина відносного стиснення моделі прямо пропорційна тривалості (при $\Delta t = 12000$ с отримано $\Delta\varepsilon_{+3} = 0,07$; при $\Delta t = 16800$ с – $\Delta\varepsilon = 0,05$) та рівню тиску (при $\Delta p = 1578$ кПа – $\Delta\varepsilon = 0,06$); 4) незначне збільшення вологості піщаної породи суттєво не впливає на компресію моделей ($\Delta w = 8\%$, $\Delta\varepsilon = 0$), а зв'язок проявляється при більших коливаннях вологості ($>8\%$); 5) компресія моделей залежить від їх складу і агрегатного стану порід: глини, представлені пухкою однорідною масою, ущільнюються швидше суглинків, пухкої комковатої текстури; пісок дрібнозернистий ущільнюється більше середньозернистого ($\Delta\varepsilon = 0,07$); 6) між глинистою і піщаною породою утворюється дифузійний шар потужністю 2-4 мм, а отже додатково зменшується пористість; 7) під дією тиску відбувається перехід суглинків у щільну жорстку масу; 8) втиснення уламків скельних порід в суглинки призводить до утворення деформаційних тріщин в них, порушуючи їх цілісність.

Результати досліджень компресії тришарових породних моделей експериментів № 1-3 (рис. 3) показали, що глиниста порода набуває жорсткості при тиску більше 1,6 МПа, а втиснення скельних уламків в глинисті породи приводить до втрати суцільності останніх. Таким чином, для запобігання виникнення порушень у протифільтраційному екрані навантаження від відвалу повинно складати 1,6 МПа і менше, при цих значеннях глина та суглинки не втрачають пластичність (експеримент № 3).

Співставлення експериментально і аналітично отриманих показників зменшення пористості породної основи під ядром Лівобережного відвалу, з урахуванням порушеної структури досліджуваних зразків ґрунту, умовно співпадають: 35,4 % при $p = 2,632$ МПа і 20 % (2,902 МПа) відповідно.

Результати теоретичних та експериментальних досліджень показали, що вплив від навантажень призведе до зменшення пористості пісків в середньому на 5 % і максимум на 14 % при розрахунку від 100 %-ої первинної пористості або з 0,35 ч. од. до 0,33 ÷ 0,30 ч. од. за даними пресування, а отже до зменшення об'ємів води у стиснених водоносних горизонтах та підйому рівнів ґрунтових вод (зменшення коефіцієнту фільтрації пісків, розраховане на основі формули Крюгера, становить на 11,0 ÷ 26,0 %).

На підставі результатів отриманих під час виконання 2-ї і 3-ї задач вирішена 4 задача досліджень, зокрема розроблена концептуальна модель розвитку процесів підтоплення і забруднення підземних вод під впливом відвалів гірничорудної промисловості.

I стадія. Незначна вага відвалів м'яких (висотою 4,8 м при щільності $\rho = 2100 \text{ кг/м}^3$) і скельних порід (висотою 3,4-5,3 м в залежності від щільності 2900 і 1900 кг/м^3) на початкових стадіях їх відсипки не призведе до значної зміни фізико-механічних властивостей підстилаючих гірських порід. Суглинки і глини пластичні, частково вижимаються з під відвалу, проникають між уламками скельних порід тіла відвалу та у нижчезалягаючі піски. Поступово зменшується пористість пісків за рахунок стиснення, а також насичення глинами. Це умовно відповідає першій фазі відомої кривої деформування ґрунту під навантаженням, коли ущільнення порід відбувається за рахунок його пористості (експериментальні дослідження на одометрі, $p = 0,1 \text{ МПа}$).

II стадія. Початок другої стадії дії відвалів м'яких (висотою 95,4 м при $\rho = 2100 \text{ кг/м}^3$) і скельних (висотою 68,8-105,3 м при $\rho = 2900$ і 1900 кг/м^3 відповідно) порід на довкілля умовно відповідає кінцю першої фази деформації ґрунтів і настанню другої фази течії (експерименти на пресах – 1,6 МПа). На цій стадії зменшуються потужність, пористість, водообільність водонасичених пісків, залягаючих в основі відвалу, а зв'язні породи, які підстилають відвал, набувають текучості. На територіях прилеглих до скельних відвалів, що мають три і більше уступів, формуються бугри випирання пластичних порід і техногенні водоносні горизонти, які є передумовою утворення зсувів.

III стадія. Зростання висоти відвалів гірничорудної промисловості, що містять уламки скельних порід, цілісності захисного екрану за рахунок переходу глинистих порід з пластичного стану в жорсткий, а отже до інфільтрації внутрішньовідвальних агресивних вод у підземні. Постійний вплив діючого відвалу скельних порід на підстилаючу основу призведе до початку третьої фази деформації ґрунту за відомою залежністю. Настання останньої стадії розглядалось під час компресійних досліджень на пресах, $p = 3,7 \div 5,3 \text{ МПа}$, що відповідає висоті відвалів м'яких (висотою 175-251 м при $\rho = 2100 \text{ кг/м}^3$) і скельних (висотою 127-181 м і 194-277 м при щільності $\rho = 2900 \text{ кг/м}^3$ і 1900 кг/м^3 відповідно) порід.

Таким чином, фізико-механічні властивості, особливо ґрунтів штучних насипів – протифільтраційних екранів, зазнають значних змін: зменшуються потужність ґрунтових шарів, коефіцієнт пористості, а отже і коефіцієнт фільтрації.

Вище зазначені результати досліджень, отримані під час вирішення 2-4-ї задач, відповідають вимогам ДБН А.2.2-1-2003 з оцінки впливу відвалу на геологічне середовище, яке може складатися з аналізу існуючих і прогнозованих негативних екологічних процесів зсувних і карстових, а також змін напруженого стану і властивостей масивів порід, деформації земної поверхні.

В **третьому розділі**, відповідно до 5-ї задачі досліджень, розроблене методичне забезпечення з визначення рівня екологічної небезпеки територій, прилеглих до відвалів скельних порід, на прикладі Лівобережного відвалу. Комплексна інтерпретація результатів теоретичного і експериментального моделювання та співставлення їх з природними об'єктами, а також оцінка екологічної небезпеки територій, прилеглих до породних відвалів, стали підґрунтям класифікації відвалів за екологічними впливами на формування техногенних процесів на підставі відповідно до 6-ї задачі досліджень.

Вказане методичне забезпечення включає методику комплексної оцінки

ступеня техногенної трансформації ґрунтів під впливом відвалу гірничорудної промисловості та методику оцінки ризику підтоплення територій, прилеглих до відвалу гірничорудної промисловості.

Згідно першої методики, заснованої на відомій методиці Т. І. Долгової, виявлений високий ступінь деградації ґрунтів внаслідок впливу таких факторів техногенезу, як фільтраційне забруднення, порушення технологій водовідведення і підтоплення, вилуговування зовнішніх відвалів, вилучення і деформація ґрунтів, сумарний внесок яких в деградацію ґрунтів склав 84,47 %. Розвиток зазначених факторів обумовлений деформацією основи відвалу і, як наслідок, перерозподілом об'ємів води в зоні впливу, що свідчить про першочерговість дослідження і попередження розвитку процесів підтоплення на територіях, прилеглих до відвалів гірничорудної промисловості.

Відповідно до другої методики була виконана оцінка ризику підтоплення територій, прилеглих до відвалу гірничорудної промисловості. Вона визначалась із-за відсутності відповідної діючої стандартної методики на основі методичних рекомендацій, розроблених в якості довідникового посібника до нової редакції СНиП «Инженерная защита территорий от затопления и подтопления». В основі оцінки ступеню небезпеки і ризику від процесу підтоплення лежить оцінка схильності до розвитку негативних процесів на території і вразливості об'єкта небезпеки при впливі на нього підтоплення та інших наведених їм небезпечних геологічних процесів. Інтегральна оцінка ризику підтоплення (R_n) територій характеризується великим ризиком підтоплення, оскільки $R_n = 0,25$. Основний внесок в цю оцінку вносить ступінь небезпеки підтоплення території ґрунтовими водами.

Результати оцінки екологічної небезпеки впливу відвалу скельних порід на оточення були підтверджені аналітичними дослідженнями і польовими спостереженнями відповідно до ДБН А.2.2-1-2003 за компонентами довкілля: водне середовище, ґрунти, геологічне середовище.

Оцінка впливу відвалу на компоненти «водне середовище» і «ґрунти» включала оцінку перерозподілу водного балансу прилеглої території та аналіз забруднюючих речовин, що надходять в підземні і поверхневі води (р. Інгулець) внаслідок руйнування протифільтраційного екрану та міграції розчинів з тіла відвалу у підстилаючі шари гірських порід.

Водний баланс території, прилеглої до Лівобережного відвалу, поповнюється на 528 тис. м³/рік за рахунок зменшення пористості водонасичених порід основи відвалу на 35,4 %, як показали експерименти. По периметру відвалів утворюються зони розвантаження підземних вод. За період 1955-2007 рр. внаслідок трансформації природного ландшафту рівень ґрунтових вод піднявся на 2,5 ÷ 4,1 м, за рахунок чого утворився техногенний водоносний горизонт в четвертинних лесових суглинках. Таким чином, внесок Лівобережного відвалу скельних порід в розвиток підтоплення з південної його сторони складає більше 34,9 % в залежності від обраного коефіцієнта фільтрації водовмісних пісків та розрахункової середньої осадки основи відвалу. Методика оцінки ризику планової діяльності на здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря автором пристосована до оцінки розвитку екологічно небезпечних процесів, таких як – підтоплення, за якою отримано індекс небезпеки $HI \approx 4$, що свідчить про високий критерій настання екологічного ризику.

Процес стійкого підвищення рівнів ґрунтових вод ускладнює і унеможливорює нормальну експлуатацію господарських об'єктів, погіршує умови проживання населення. Так, за польовими спостереженнями автора 2009-2013 рр. навколо відвалу сформувались ділянки заболочення, що фіксуються очеретяною рослинністю. За цей період площа заболочення збільшилась у 1,5 рази. На півдні м. Кривого Рогу фіксується підйом рівнів ґрунтових вод й постійне забруднення підземних і річкових вод.

Для оцінки внеску відвалу в забруднення поверхневих вод виконані розрахунки водно-сольового притоку річки Інгулець та співставленні з дослідженнями Дніпропетровського обласного управління водними ресурсами. Під час визначення екологічної небезпеки територій в зв'язку з впливом відвалів використовувались результати досліджень хімічних аналізів проб ґрунтів, річкових вод і донних відкладень р. Інгулець, виконаних в стандартизованих лабораторіях Дніпродіпроводгоспу та ПівденУкргеології.

Кожен рік після весняної промивки у воді р. Інгулець сухий надлишок становить в середньому $2,6 \text{ г/дм}^3$, поступово збільшуючись в літні періоди $2,8 \div 3,2 \text{ г/дм}^3$. Забруднення р. Інгулець спостерігається з плином часу й за течією. На ділянці 6,04 км по руслу річки між с. Рахмановка і с. Новоселівка зафіксовано підвищення концентрацій сухого надлишку в 1,35 разів, хлоридів в 1,33 рази, кальцію в 1,35 разів, магнію в 1,16 раз, нітритів у 5,90 разів, жорсткості у 1,24 раз, натрію і калію в 1,36 разів, а нітратів 1,45 разів. Автором уточнені розрахунки сольового стоку Дніпродіпроводгоспу, які показали, що між створами III-IV існує потужне забруднення з очікуваною витратою 116,98 л/с, сольовим стоком 45,06 кг/добу. Так, на звиві р. Інгулець, що практично охоплює Лівобережний відвал з північної і західної сторін, можна виділити основний потужний об'єкт-забруднювач – відвал скельних порід, негативний вплив якого на прилеглі території підтверджується ідентичністю хімічного складу техногенних відходів та ґрунтів, донних відкладень і води р. Інгулець. Аналізи проб довели, що вони мають одні і ті ж хімічні домішки: *Pb* в кількості 20 мг/кг для Лівобережного відвалу, у донних відкладеннях 30 мг/кг і 20 мг/кг за регіональним фоном, *P* – 1000 мг/кг, 1000 мг/кг і 500 мг/кг, *Zn* – 100 мг/кг, 100 мг/кг і 70 мг/кг, *Co* – 16,6 мг/кг, 3 мг/кг і 15 мг/кг. Спостерігається постійне забруднення р. Інгулець на досліджуваній території водами переважно хлоридно-сульфатно-натрієво-магнієвого типу, а також важкими металами.

Ідентичність складу води та ґрунтів можна пояснити тим, що за рахунок надмірного навантаження від відвалу протифільтраційний екран втрачає цільове призначення, що сприяє утворенню шляхів міграції внутрішньовідвальних високомінералізованих вод в підземні, тим самим забруднюючи підстилаючі відвал водовмісні гірські породи. Враховуючи мінералізацію джерел підніжжя відвалу, можна умовно оцінити вплив відвалу на забруднення підземних вод індексом небезпеки $NI = 7336,13 \text{ мг/л} / 1000 \text{ мг/л} \approx 7,3$, що свідчить про велику ймовірність розвитку шкідливих ефектів пропорційно до підвищення концентрації забруднення техногенного походження.

Для зменшення забруднення поверхневих вод Дніпродіпроводгосп проводить заходи з розбавлення мінералізованих вод р. Інгулець прісними водами р. Дніпро за допомогою санітарної промивки русла р. Інгулець і системи “Анти-ріка” у районі головного водозабору Інгулецької зрошувальної системи, що

частково змінює ситуацію в регіоні, але повністю не вирішує проблему. Низька ефективність коштовного меліоративного заходу пояснюється тим, що йде накопичення хімічних сполуку донних наносах в меандрах річки, які повністю не промиваються штучними і природними повеннями, а також постійним негативним впливом об'єктів гірничорудної промисловості на стан поверхневих і підземних вод.

Оцінка впливу відвалу на компоненту «геологічне середовище» полягає в аналізі існуючих і прогнозованих негативних екологічних процесів техногенного походження зсувних і карстових, а також змін напруженого стану і властивостей масивів порід, деформації земної поверхні, що розглядалось в другому розділі роботи.

Формування нового водоносного горизонту в четвертинних відкладах призвело до обводнення червоно-бурих глин і до розвитку багатопверхових зсувів на крутому березі р. Інгулець біля с. Новоселівка. Потужність зсувного тіла 10-20 м. Довжина зсувної тераси по схилу 500 м, ширина 150 м, крутизна східчастого схилу 40°. Тріщина відриву зсуву заповнена пухкими суглинками і вапняками та має довжину 350 м, висоту стінки зриву 4 м, ширину 1,25 м. Язик зсуву упирається в русло р. Інгулець. За останні 10 років висота порушеного схилу збільшилась на 3 м (або 0,3 м/рік), ширина – на 0,95 м (0,01 м/рік).

Міграція внутрішньовідвальних розчинів, насичених $NaCl$, $CaCO_3$, $Ca(OH)_2$, $CaSO_4$, і забруднення підземних вод призводить до зростання показника карстоутворення в середньому на $1,06 \div 1,14$ %, що перевищує природний показник у $3,9 \div 4,2$ рази. Швидкість розчинення карбонатної складової вапняків тріщинуватих безпосередньо під тілом і у підніжжя Лівобережного відвалу становить $\approx 0,011$ км²/рік. Отже, під впливом відвалу скельних порід на прилеглих територіях склалися сприятливі умови розвитку карсту: 1) присутність в розрізі розчинної гірської породи, зокрема тріщинуватих вапняках та лесових породах, які містять лінзи карбонатних порід; 2) агресивні підземні води; 3) загальний водообмін, тобто відтік насиченої розчинними речовинами води до області розвантаження і постійний притік свіжого розчину; 4) наявність значної кількості розломних структур та динамічні коливання при вибухах під час видобутку сировини.

Перелічені фактори майже неусувні і їх комплексний вплив на розвиток процесів карстоутворення в тріщинуватих вапняках і лесових суглинках призведе до подальшого погіршення ситуації в районах розвитку гірничорудної промисловості.

Відповідно до 6-ї задачі, на основі виконаної оцінки екологічної безпеки територій, прилеглих до відвалів гірничорудної промисловості, розроблена класифікація відвалів за екологічним впливом, яка враховує відмінності за складом порід, висотою і тривалістю дії (табл. 1). Класифікація містить рекомендації для проектування ділянок складування техногенних відходів та удосконалення існуючих заходів, а також підкреслює необхідність перегляду класу небезпеки відходів гірничорудної промисловості як «мало небезпечні» в екологічному податку України.

В четвертому розділі, відповідно до 7-ї задачі досліджень розроблені технічні рішення щодо зменшення техногенного навантаження на прилеглі до відвалів території

(на прикладі Лівобережного відвалу).

Таблиця 1

Класифікація відвалів гірничорудної промисловості за екологічним впливом із зазначенням відповідних запобіжних заходів щодо їх мінімізації

Склад порід відвалу	Геологічний розріз основи	Щільність, г/см ³	Кількість уступів	Висота, м	Тиск, МПа	Тривалість, роки	Площа, га	Негативний вплив на довкілля, фактори техногенезу *	Рекомендовані запобіжні заходи **	
М'які										
Піски і пісковики з глинистою складовою	піщані – скельні породи	2,1	≈ 1-2	10	0,2	< 10	10	фактори впливу: 1, 2	заходи: 1, 2	
			≈ 2-3	10-20	0,2-0,4	10 ÷ 20	15	фактори впливу: 1, 2		
			≈ 3	20	0,4	> 20	15	фактори впливу: 1, 2		
			≈ 4	40	0,8			фактори впливу: 1-3		
глинисті – піщані – скельні породи	2,1	≈ 2-3	> 20	0,4	< 20	15	фактори впливу: 1, 2	заходи: 1, 2		
		≈ 4	40	0,8	> 20		фактори впливу: 1-4			
Вапняки	піщані – карбонатні – скельні породи	2,2	≈ 2-3	20	0,4	< 20	15	фактори впливу: 1, 5-7	заходи: 1-3	
			≈ 4	40	0,8	> 20		фактори впливу: 1, 3, 5-7		
	глинисті – піщані – карбонатні – скельні породи	2,2	≈ 2-3	20	0,4	< 20	15	фактори впливу: 1, 5-7	заходи: 1-3	
			≈ 4	40	0,8	> 20		фактори впливу: 1, 3-7		
Скельні										
Залізисті кварцити, сланці	піщані – карбонатні – скельні породи	1,9	≈ 1-2	20	0,4	< 10	900	фактори впливу: 1, 3, 5-8	заходи: 1, 3-5	
			≈ 2-3	40	0,7					
			≈ 3-4	60	1,1	< 20				фактори впливу: 1, 5-9
			≈ 5-6	80	1,5					
			≈ 6-7	100	1,9	> 20				фактори впливу: 1, 5, 7, 8, 10-14
	глинисті – піщані – карбонатні – скельні породи	2,9	≈ 1-2	20	0,6	< 10	900	фактори впливу: 1, 3, 5-8	заходи: 1, 3, 4, 6	
			≈ 2-3	40	1,1					
			≈ 3-4	60	1,7	< 20				фактори впливу: 1, 5, 7-9, 10, 14
			≈ 5-6	80	2,3					
			≈ 6-7	100	2,8	> 20				фактори впливу: 1, 5, 7, 8, 10-14
		≈ 7-8	120	3,4						

Примітка: *Фактори впливу: 1 – вилучення земель; 2 – пиління відвалу; 3 – незначне вижимання водоносних горизонтів з-під ядра відвалу; 4 – зсуви як результат обводнення тіла відвалу; 5 – фізико-хімічне вивітрювання поверхні відвалу; 6 – забруднення поверхневих і підземних вод, ґрунтів; 7 – карстоутворення; 8 – зсувоутворення; 9 – вижимання водоносних горизонтів з-під відвалу з утворенням зон розвантаження підземних вод; 10 – потужне забруднення поверхневих і підземних вод, ґрунтів; 11 – утворення «залізних шляп» гідроксидів залізу по периферії відвалу; 12 – перерозподіл водно-сольового балансу прилеглих територій; 13 – підтоплення; 14 – руйнування протифільтраційного захисного екрану. ** Заходи: 1 – локальний моніторинг; 2 – горизонтальний дренаж по периметру відвалу за напрямом потоку ґрунтових вод; 3 – протифільтраційний екран; 4 – комбінований дренаж по периметру відвалу з примусовим відводом і накопиченням у штучній водоймі; 5 і 6 – обмеження за створюваним навантаженням 1,6 МПа, рекомендована висота відсипки 80 м і 60 м відповідно.

Для мінімізації негативного впливу відвалів скельних порід на підстилаючі ґрунтові товщі та прилеглі території необхідно внести такі зміни в проекти ділянок складування відходів гірничорудної промисловості. Для попередження змін фізико-механічних властивостей породної основи відвалу запропоновано: 1) обмежити по висоті та площі відсипку відвалів скельних порід з огляду на утворюване ними навантаження (до 1,6 МПа) на підстилаючі шари гірських порід; 2) за основу для складування важких за масою відвалів треба обирати ділянки виходу міцних слаботріщинуватих скельних порід; 3) для відвалів м'яких порід незначної маси (створюваний тиск до 1 МПа) передбачати улаштування фундаменту з корозійностійкого бетону високоміцних марок або ін'єктувати породну основу

в'язучим.

Послабити процеси деформації основи відвалів запропоновано шляхом попереднього осушення ґрунтів проектної ділянки складування. Під час підготовки основи і при подальшій експлуатації відвалу слід передбачити дренажні траншеї глибиною не менше за 1,0 м та комплексний контурний дренаж для збору стоку. Після попереднього осушення основи відвалу мережа взаємно перпендикулярних дренажних каналів в земляному руслі засипається піщаним ґрунтом. Поверх піщаної подушки, укладеної по всій площі шаром від 1,0 м, запропоновано передбачити протифільтраційний екран з глинистих порід. Улаштування дренажу в підвалині відвалу попередить розвиток деформації течії ґрунтової товщі. Це дозволить зменшити процеси підтоплення і, як наслідок, забруднення підземних вод, так як осадка основи відвалу відбудеться, основним чином, на початку його експлуатації.

Рекомендовано переглянути клас небезпечності відходів гірничорудної промисловості екологічної частини податкового кодексу України в зв'язку з невідповідністю формулювання назви класу як «відходи малої небезпечності».

Запропоновано удосконалити щорічну санітарну промивку русла р. Інгулець і поліпшити екологічний стан територій шляхом спрямлення звивистої частини русла річки (6,5 км) для ліквідації меандр, як основних осередків накопичення алювію з великим вмістом важких металів. Розчистка русла р. Інгулець передбачена за допомогою геотекстильних контейнерів (геотубів) для збору і зневоднення небезпечних донних осадів (49104,5 т) та збільшення швидкості течії річки. Для попередження розмиву та утворення зсувів під час природних і штучних повеней на р. Інгулець запропоновано укріплення лівого крутого берегу заповненими 30 геотубами, загальною довжиною 450 м. Підвищення прируслового валу 56 геотубами, довжиною 840 м, завадить потраплянню забруднювачів в заплавні тераси.

Для попередження міграції розчинів з тіла відвалу на прилеглі території слід передбачити систему поверхневого дренажу, загальною довжиною 10236 м, по периметру об'єкта з подальшим примусовим їх відводом і накопиченням у б. Свистунова. Відвід зібраних вод, очікуваною мінералізацією 4,46 г/дм³ до ставка-накопичувача призведе до розбавлення її високомінералізованих розчинів (30,0 ÷ 37,52 г/дм³) до 28,92 ÷ 36,13 г/дм³. Спрацювання надлишку стічних вод з балки повинно відбуватися весною під час щорічного залпового скиду в р. Інгулець з подальшою промивкою русла.

В якості альтернативного варіанту передбачено улаштування комплексної дренажної системи для проведення локального моніторингу і пониження рівнів ґрунтових вод. Побудова контурного вертикального дренажу з 62 свердловин діаметром 400 мм і мережі дренажних каналів, проектною довжиною 5,515 км, дозволить понизити рівень екологічної небезпеки підтоплення у 4 рази.

За умови практичної реалізації запропонованих технічних рішень коефіцієнт ризику підтоплення зменшиться в 1,79 разів, а саме з $R_n = 0,25$ до 0,14. Прилеглі до відвалу гірничорудної промисловості території з закладеним перехоплюючим контурним дренажем будуть характеризуватися помірним ризиком підтоплення. Разом з цим відбудеться зменшення екологічної небезпеки техногенної трансформації

грунтів під впливом відвалу гірничорудної промисловості. Коефіцієнт реакції ґрунтів на техногенний вплив зменшиться у 1,55 рази, а ступінь мінливості ґрунтів стане середнім.

ВИСНОВКИ

В дисертації, що є завершеною науково-дослідною роботою, поставлена та вирішена актуальна наукова задача зі встановлення закономірностей розвитку процесів підтоплення, забруднення ґрунтів, підземних і поверхневих вод в зв'язку з дією відвалу на підстилаючу породну основу. Визначені закономірності послужили основою розробки методичного забезпечення з визначення рівня екологічної небезпеки територій, прилеглих до відвалів скельних порід. Створені методики стали підґрунтям визначення раціональних параметрів складування скельних порід у відвалах з врахуванням навантажень та вибору ділянок їх розміщення, а також технічних рішень, спрямованих на мінімізацію екологічної небезпеки прилеглих до породного відвалу територій.

Основні наукові і практичні результати, висновки та рекомендації, отримані в дисертаційній роботі, полягають у наступному.

1. Осадка основи скельних відвалів, на відміну від відвалів м'яких техногенних відходів, призводить до значних змін фізико-механічних властивостей підвідвальних шарів порід: зменшуються потужність ґрунтових шарів, пористість водонасичених пісків (до 14 % при навантаженнях 2,9 МПа) і їх коефіцієнтів фільтрації (до 26 %).

2. В породній основі відвалів, представленій розрізом «скельні уламки – глиниста порода – піщана порода», утворюються дифузійні тріщини внаслідок вдавлювання скельних уламків у в підстилаючі глинисті породи.

3. В результаті осадки основи відвалу відбувається вижимання води з нижчезалягаючих водоносних горизонтів (зменшення пористості водонасиченої основи до 35,4 %) з подальшим утворенням нового техногенного водоносного горизонту і ділянок підтоплення на прилеглих територіях, що обумовлює розвиток зсувів. Інтегральна оцінка ризику підтоплення територій (R_n) характеризується великим ризиком підтоплення, оскільки коефіцієнт ризику підтоплення $R_n = 0,25$.

4. Розвиток процесів підтоплення і забруднення підземних вод, утворення карсту і зсувів під впливом відвалів на підстилаючу породну основу можна відобразити за допомогою концептуальної моделі. На першій стадії цієї моделі ($p \leq 0,1$ МПа) відбуваються пластичні деформації порід основи за рахунок зменшення пористості пісків і набуття пластичності глинистими породами. Для другої стадії ($p \leq 2,0$ МПа) характерна текучість зв'язних підвідвальних порід, зменшення їх потужності, пористості, водообільності і, як наслідок, формування техногенних водоносних горизонтів навколо відвалів. Третя фаза ($p \approx 3,7 \div 5,3$ МПа) призводить з плином часу до порушення цілісності протифільтраційного екрану і стійкості ґрунтового масиву. На цій стадії навколо відвалу скельних порід набувають розвитку процеси підтоплення; забруднення ґрунтів, підземних і поверхневих вод хімічними домішками Pb , Zn , Co тощо, зростання сольового стоку місцевих водотоків (до 45,06 кг/добу відносно впливу Лівобережного відвалу на стан р. Інгулець); підвищується швидкість карстоутворення (до 4,1 км²/рік), внаслідок збільшення концентрації $NaCl$ у підземних водах; зростає висота зсувного схилу на лівому березі

річки Інгулець.

5. Відвали гірничорудної промисловості можна згрупувати за екологічною дією на прилеглі території у класифікацію, яка є підставою для виконання запобіжних заходів з мінімізації негативного впливу та підкреслює необхідність перегляду класу небезпеки відвалів скельних порід, як «мало небезпечні» об'єкти в екологічному кодексі України.

6. Відповідно до класифікації відвалів за екологічним впливом на прилеглі території найбільшу екологічну небезпеку створюють скельні відвали, в складі основи яких присутні карбонатні породи, здатні до карстоутворення.

7. На територіях розміщення відвалів м'яких порід необхідно виконувати локальний моніторинг, а біля скельних відвалів підвищити частоту спостережень.

8. В якості запобіжних заходів необхідно виконати корегування проектів ділянок складування відходів гірничорудної промисловості, а саме: відвали скельних порід за створюваним тиском (1,6 МПа) на породну основу обмежити по висоті та площі відсипки, ділянками для складування техногенних відходів гірничорудної промисловості обирати зони виходу міцних слаботріщинуватих скельних порід, відвали м'яких порід зі створюваним тиском до 1,0 МПа улаштовувати на фундаменті з корозійностійкого бетону високоміцних марок або ін'єктувати породну основу в'язучим. Для зменшення деформування шарів гірських порід, підстилаючих відвали, необхідно передбачати підготовку основи, а саме осушення.

9. Для удосконалення основного меліоративного заходу Криворізького району – щорічної промивки русла р. Інгулець і поліпшення екологічного стану території необхідно: спрямити звивисту частину русла довжиною 6,5 км; розчистити русло зі складуванням донних відкладень в геотекстильні контейнери.

10. Для мінімізації екологічної небезпеки на територіях розміщення відвалів скельних порід слід улаштувати мережу комплексного контурного дренажу з можливістю примусового пониження рівнів ґрунтових вод.

11. Зменшення величини ризику підтоплення територій, прилеглих до відвалу скельних порід, є основною характеристикою ефективності технічних рішень з мінімізації екологічної небезпеки. На прикладі Лівобережного відвалу ПдГЗК, типового в умовах Криворізького залізорудного басейну, величина ризику підтоплення зменшиться з «великого ступеню» до «помірного ступеню небезпеки підтоплення» внаслідок реалізації комплексної контурної дренажної системи.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях:

1. Максимова Н. Н. Влияние железорудного отвала на изменения петрофизических свойств подстилающих пород / О. В. Орлинская, В. Н. Шастун, Д. С. Пикареня, О. А. Терешкова, Н. Н. Максимова // Зб. наук. праць НГУ. – № 33, Т. 1. – Дніпропетровськ: РВК НГУ, 2009. – С. 57-62.

2. Максимова Н. Н. Влияние горных предприятий на развитие техногенной трещиноватости кристаллических пород в районе г. Кременчуга / А. И. Мамедов, Д. С. Пикареня, Н. Н. Максимова // Наук. вісник НГУ. – 2010. – № 6. – С. 3-8.

3. Максимова Н. М. Фактори підтоплення території в гірничо-видобувних

регіонах / О. В. Орлінська, Д. С. Пікареня, Н. М. Максимова // Зб. наук. праць НГУ. – 2012. – № 37. – С. 299-304.

4. Максимова Н. Н. Отвалы горных пород как фактор подтопления прилегающих территорий / Н. Н. Максимова // Зб. наук. праць НГУ. – 2012. – № 38. – С. 211-216.

5. Максимова Н. Н. Рудные отвалы как фактор загрязнения грунтов, поверхностных и подземных вод прилегающих территорий / Н. Н. Максимова // Зб. наук. праць НГУ. – 2013. – № 40. – С. 187-193.

6. Максимова Н. Н. Рудные отвалы как фактор подтопления и загрязнения прилегающих территорий / О. В. Орлинская, Н. Н. Максимова, Д. С. Пікареня // Екологічна безпека: [Наук. журнал Кременчуцького нац. ун-ту ім. М. Остроградського]. – Кременчук: КрНУ, 2013. – Випуск № 1/2013 (15). – С. 28-32.

7. Максимова Н. Н. Развитие опасных экологических явлений под действием нагрузки от отвалов скальных пород / О. В. Орлинская, Д. С. Пікареня, Н. Н. Максимова, Е. А. Шевченко // Экология Центрально-Черноземной обл. Рос. Федерации: [Научно-технич. журнал по проблемам экологии, охраны окружающей среды и рац.-го природопользования Липецкого эколого-гуманит. ин.-та]. – 2013. – № 1-2 (30-31). – С. 50-58.

Тези доповідей:

8. Максимова Н. Н. Факторы загрязнения и подтопления территории южной части Криворожского железорудного бассейна / Н. Н. Максимова // Мат. регіон. науково-практ. конф. [«Екологія довкілля – пошук молодих»], (Кременчук, 8 грудня 2009). – Кременчук: КУЕІТУ, 2009. – С. 31-32.

9. Maximova N. N. Iron-oremining heaps / N. N. Maximova // Мат. V міжвуз. наук.-практ. конф. [«Підготовка фахівців на шляху до євроінтеграції: проблеми та перспективи»], (Дніпропетровськ, квітень, 2011). – Дніпропетровськ: ДДАУ, 2011. – С. 32.

10. Максимова Н. Н. Отвалы горных пород как фактор подтопления и развития опасных геологических процессов на прилегающих территориях / Н. Н. Максимова, О. В. Орлинская // Зб. доп. XXI Всеукр. науково-технічної конф. асп. і студ. [«Охорона навколишнього середовища та раціональне використання природних ресурсів»], (Донецьк, 12-14 квітня 2011). – Донецьк: ДонНТУ, ДонНУ, 2011. – Т. 1. – С. 189-190.

11. Максимова Н. Н. Влияние давления массы отвалов горных пород на подстилающие грунты / Н. Н. Максимова // Док. Международн. симпозиума [«Неделя эколога-2012»], (1-5 октября 2012). – Днепропетровск: ДДТУ, 2012. – С. 145-147.

12. Максимова Н. Н. Отвалы горных пород, как объект экологической опасности в горнодобывающих регионах / О. В. Орлинская, Н. Н. Максимова // Зб. мат. I міжвуз. науково-метод. конф. [«Екологічні аспекти регіонального партнерства в надзвичайних ситуаціях»], (Харків, 21 листопада 2012). – Харків: НУЦЗУ, 2012. – С. 81-84.

13. Максимова Н. М. Рудний відвал як фактор забруднення басейну р. Інгулець в південній частині м. Кривий Ріг / О. В. Орлінська, Н. М. Максимова, Д. С. Пікареня // Мат. Міжнародн. наук.-практ. конф. [«Водні ресурси України та меліорація земель»], (Київ, 22 березня, 2013). – К.: Ін-т водних проблем і меліорації НААН, 2013. – С. 17-18.

Особистий внесок здобувача в роботах, які написані у співавторстві: [1, 13] –

теоретичні дослідження, обґрунтування результатів; [2] – виміри та аналіз тріщинуватості; [3, 10] – експериментальні дослідження, обґрунтування результатів; [6, 7, 11, 12] – теоретичні, експериментальні дослідження, обґрунтування результатів.

АНОТАЦІЯ

Максимова Н. М. «Вплив відвалів гірничорудної промисловості на екологічну безпеку прилеглих територій». – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.01 – екологічна безпека. – Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет, Дніпропетровськ, 2014.

Досліджено вплив відвалу скельних порід на стан екологічної безпеки прилеглих територій. Теоретичними розрахунками осадки основи за схемами лінійно-деформованих шару і півпростору, методом геомеханічного моделювання, експериментальними дослідженнями компресії породних моделей на одометрі і пресах, польовими спостереженнями встановлено, що вага відвалів м'яких і скельних порід на початкових стадіях їх відсіпки не призводить до значної зміни фізико-механічних властивостей підстилаючих гірських порід, а подальша відсіпка відвалів скельних порід сприяє зменшенню потужності шарів гірських порід, їх коефіцієнтів пористості і фільтрації, що сприяє формуванню техногенного водоносного горизонту та розвитку небезпечних антропогенних процесів на прилеглих територіях. На підставі мінералогічних досліджень зразків породних моделей після компресії обґрунтована можливість взаємозв'язку внутрішньовідвальних вод з підземними внаслідок порушення цілісності протифільтраційного захисного екрану. Для попередження розвитку процесів підтоплення, забруднення ґрунтів, підземних і поверхневих вод, зсуво- і карстоутворення та мінімізації впливу відвалів запропоновані технологічні рішення: спрямлення звивистої частини русла р. Інгулець і його розчистка за допомогою геотекстильних контейнерів; поверхневий дренаж у вигляді каналу, а також комплексний контурний дренаж навколо відвалу з послідувачим використанням свердловин у системі моніторингу.

Ключові слова: екологічна безпека, вплив, відвали м'яких і скельних порід, осадка основи, підтоплення, забруднення.

АННОТАЦИЯ

Максимова Н. Н. «Влияние отвалов горнорудной промышленности на экологическую безопасность прилегающих территорий». – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 21.06.01 – экологическая безопасность. – Днепропетровский государственный аграрно-экономический университет, Днепропетровск, 2014.

Исследовано влияние рудного отвала на состояние экологической безопасности прилегающих территорий. Теоретическими расчетами осадки основания по схемам линейно-деформированных слоя и полупространства, методом геомеханического моделирования, экспериментальными исследованиями компрессии породных моделей на одометре и прессах, полевыми наблюдениями установлено, что вес отвалов мягких и скальных пород на начальных стадиях их отсыпки не приводят к значительному изменению физико-механических свойств подстилающих горных пород, а дальнейшая отсыпка отвалов скальных пород способствует уменьшению мощности подстилающих горных пород, их коэффициентов пористости и фильтрации, формированию техногенного водоносного горизонта и развития опасных антропогенных процессов на прилегающих территориях. На основании

минералогических исследований образцов породных моделей после компрессии обоснована возможность взаимосвязи внутриотвальных вод с подземными вследствие нарушения целостности противодиффузионного защитного экрана, в результате вдавливания скальных обломков в подстилающий слой связной породы, образования в последних трещин высыхания и перехода из пластичного в жесткое состояние. Обработка результатов химических анализов почв, поверхностных вод и донных отложений реки возле объекта исследований, уточнение расчетов водно-солевого притока, выполненных Днепропетровским управлением водных ресурсов, доказали негативное влияние отвала горнорудной промышленности на все перечисленные компоненты окружающей среды. В результате исследований предложена трехстадийная модель и классификация влияния отвалов горнорудной промышленности на прилегающей территории. Для предотвращения развития процессов подтопления, загрязнения грунтов, подземных и поверхностных вод, оползне- и карстообразования или минимизации влияния отвалов предложены технологические решения: спрямление извилистой части русла р. Ингулец и ее расчистка с помощью геотекстильных контейнеров; поверхностный дренаж в виде канала, а также комплексный контурный дренаж вокруг отвала с последующим использованием скважин в системе мониторинга, что рассмотрено относительно типового для условий Криворожского железорудного бассейна отвала Левобережного (ЮГОК).

Ключевые слова: экологическая безопасность, влияние, отвал рыхлых и скальных пород, осадка основания, подтопление, загрязнение.

ANNOTATION

Maksimova N. M. «Influence of dumps of mining industry on ecological safety of adjoining territories». – Manuscript.

Dissertation on the receipt of scientific degree of candidate of engineering's sciences after speciality 21.06.01 – ecological safety. Dnepropetrovsk state agrarian-economic university, Dnipropetrovsk, 2014.

Investigational influence ore a dump on the state of ecological safety of adherent territories. By the theoretical calculations of sinking of basis on charts arcwise deformed to the layer and half-space, by the method of geomechanical design, by experimental researches of compression of pedigree models on an odometer and presses, it is set the field supervisions, that weight of dumps of magnificent and ore breeds on the initial stages them over dumping does not bring to the considerable change of physics-mechanical properties of laying mountain breeds, and further dumping heaps of rocky breeds assists reduction to power of layers of mountain breeds, their coefficients of porosity and filtration that assists forming of technogenic aquiferous horizon and development of dangerous anthropogenic processes on adherent territories. On the basis of mineralogical researches of standards of pedigree models after a compression reasonable possibility of intercommunication of internal dump waters with underground as a result of violation of integrity of antilauter protective screen. For the foresight of development of processes of underflooding, contamination of soils, underground and superficial waters, scar and karst relief or minimizations of influence of dumps are offered technological decisions: straightening of

winding part of river-bed of the river Ingylech and his clearing by means of containers: superficial drainage as a channel, and also contour drainage around heap with the next use of mining holes in the system of monitoring.

Keywords: ecological safety, influence, dumps of magnificent and rocky breeds, sediment of basis, underflooding, contamination.