

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

**ЛІТУЧИЙ ВОЛОДИМИР ВІКТОРОВИЧ**

УДК 622.271.3:504

**ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ ЗІ  
ЗМЕНШЕННЯ ПОРУШЕНЬ ЗЕМЕЛЬ ПРИ РОЗРОБЦІ  
ГОРИЗОНТАЛЬНИХ РОДОВИЩ**

Спеціальність 05.15.03 – “Відкрита розробка родовищ корисних копалин”

**АВТОРЕФЕРАТ**  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Дніпропетровськ – 2013

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі відкритих гірничих робіт Державного вищого навчального закладу “Національний гірничий університет” Міністерства освіти і науки України (м. Дніпропетровськ).

**Наукові керівники:** – доктор технічних наук, професор  
**Гуменик Ілля Львович,**  
Державний ВНЗ “Національний гірничий університет”  
Міністерства освіти і науки України (м. Дніпропетровськ), завідувач кафедри відкритих гірничих робіт;  
– доктор-інженер, професор  
**Дребенштедт Карстен,**  
Технічний університет “Фрайберзька гірнича академія”  
(м. Фрайберг, Німеччина), директор інституту гірничої справи та спеціального будівництва.

**Офіційні опоненти:** – доктор технічних наук, професор  
**Четверик Михайло Сергійович,**  
Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України (м. Дніпропетровськ), завідувач відділу геомеханічних основ технології відкритої розробки родовищ;  
– кандидат технічних наук  
**Куліш Владислав Андрійович,**  
Державне підприємство “Державний науково-дослідний, проектно-конструкторський і проектний інститут вугільної промисловості “УкрНДІпроект”” (м. Київ) Міністерства енергетики та вугільної промисловості України, заступник директора з наукової роботи.

Захист відбудеться “ 26 ” червня 2013 р. о \_\_\_\_\_ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.080.02 із захисту дисертацій при Державному вищому навчальному закладі “Національний гірничий університет” Міністерства освіти і науки України за адресою: 49027, м. Дніпропетровськ, пр. К. Маркса, 19.

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці Державного вищого навчального закладу “Національний гірничий університет” Міністерства освіти і науки України за адресою: 49027, м. Дніпропетровськ, пр. К. Маркса, 19.

Автореферат розісланий “ 25 ” травня 2013 р.

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

В.В. Панченко

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Відповідно до концептуальних напрямів розвитку гірничодобувної промисловості України переорієнтація технологій розробки родовищ на ресурсозбереження є однією з основних умов підвищення ефективності гірничих робіт. Відкритий спосіб розробки родовищ є основним напрямом розвитку гірничої промисловості (до 80 % від загального об'єму видобутку корисних копалин), що обумовлює збільшення територій, які повністю або частково піддаються порушенню. Для України з високим рівнем розораності земель в процесі сільськогосподарської діяльності, великою щільністю населення і розвиненою соціальною інфраструктурою питання зменшення порушень земної поверхні відносяться до першорядних. Тільки у Дніпропетровській області кількість кар'єрів і шахт складає близько 100 од. Загальна площа порушених земель 27 тис. га, площа земель, що підлягає рекультивациі, близько 3 тис. га. У той самий час в рік рекультивують в середньому тільки 146,6 га.

Найбільш масштабні порушення земель при розробці горизонтальних родовищ пов'язані з формуванням залишкових вироблених просторів. У той самий час існуючі традиційні способи зменшення площ вироблених просторів кар'єрів шляхом заповнення породами зовнішніх відвалів практично не застосовуються у зв'язку з високою вартістю таких робіт. Застосування інших способів, ідея яких в тому, щоб мінімізувати порушення земель ще на етапі проектування кар'єру і полягає в встановленні технології розкриття, напрямку розвитку фронту гірничих робіт, а також оптимального профілю неробочих бортів при постановці їх в кінцеве положення, стримується відсутністю теоретичного обґрунтування, що забезпечує зменшення порушень земель. У зв'язку з цим, у дисертаційній роботі вирішується актуальна **науково-практична задача**, яка полягає у встановленні залежностей впливу технології розкриття горизонтальних родовищ на показники порушень земель від потужності порід розкриття, використання яких дозволить зменшити порушення земель, що залучаються в розробку.

Дослідження виконувалися для умов діючих кар'єрів № 7 “Північ” і № 7 “Південь”, що розробляють горизонтальні родовища, а також Мотронівсько-Аннівської ділянки Малишевського горизонтального родовища, що є єдиною перспективною сировинною базою філії “Вільногірський ГМК” ПрАТ “Кримський ТИТАН”. Такі ж гірничо-геологічні умови характерні для Нікопольського марганцеворудного басейну.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами.** Базовими для підготовки дисертаційних досліджень є науково-дослідні роботи, виконані у відповідності з планами Державного ВНЗ “Національний гірничий університет” та пріоритетним напрямом розвитку науки і техніки України “Збереження навколишнього природного середовища та сталий розвиток” за темами: “Наукове обґрунтування і дослідження стратегічних напрямів підвищення ефективності відкритої розробки родовищ України” (№ держреєстрації 0106U001378) та “Теоретичне обґрунтування створення сталої екосистеми в гірничопромис-

лових районах при консервації та закритті кар'єрів” (№ держ. реєстрації 0103U001276), в яких автор брав участь як виконавець.

#### **Мета і завдання дослідження.**

*Мета роботи* – наукове обґрунтування технологічних рішень зі зменшення площі і об'ємів залишкових виробок кар'єрів при проектуванні і відпрацюванні горизонтальних родовищ на підставі встановлених залежностей впливу технології розкриття на показники порушень земель.

Для досягнення визначеної мети в роботі **поставлені та вирішені наступні задачі:**

1) розробка економічного критерію вибору раціонального варіанту розкриття і напрямку розвитку фронту гірничих робіт з урахуванням екологічних, технологічних і соціальних чинників та розробка показників оцінки порушень земель, які враховують особливості розкриття і розробки горизонтальних родовищ;

2) дослідження технологічних схем розкриття горизонтальних родовищ і вибору напрямку розвитку фронту гірничих робіт з урахуванням розроблених показників оцінки порушень земель;

3) розробка систематизації технологічних схем розкриття кар'єрного поля, а також розробка методики вибору раціональних технологічних схем розкриття і напрямку розвитку фронту гірничих робіт;

4) вдосконалення методологічного підходу та розробка методики оптимізації профілів неробочих бортів кар'єрів;

5) визначення раціональних параметрів схеми розкриття, напрямку розвитку фронту гірничих робіт та обґрунтування практичних рекомендацій зі зменшення порушень земель при відкритій розробці горизонтальних родовищ (на прикладі кар'єрів філії “Вільногірський ГМК” ПрАТ “Кримський ТИТАН”).

**Об'єкт досліджень** – технологія розробки горизонтальних родовищ корисних копалин.

**Предмет досліджень** – технологічні процеси розкриття та розробки горизонтальних родовищ корисних копалин для зменшення порушень земель при розробці.

#### **Методи досліджень.**

При виконанні дисертаційної роботи використані методи: загальнонаукові методи аналізу – при розгляді сучасного стану та особливостей відкритої розробки горизонтальних родовищ, виявленні факторів, що обумовлюють порушення земель; техніко-економічного аналізу – при обґрунтуванні економічного критерію вибору раціонального варіанту розкриття і напрямку розвитку фронту гірничих робіт; аналітичні методи – при розробці показників оцінки порушень земель та при виконанні досліджень впливу технології розкриття на показники порушень земель; методи математичного аналізу – при розробці методики та розрахунку оптимальних профілів неробочих бортів кар'єрів.

#### **Наукова новизна роботи:**

1) вперше розроблений економічний критерій вибору раціонального варіанту розкриття і напрямку розвитку фронту гірничих робіт з урахуванням екологічних, технологічних і соціальних факторів, який відрізняється від відомих

тим, що враховує запропонований коефіцієнт втрати гірничого відводу  $K_{с.в.}$ , який являє собою відношення загальної площі залишкових вироблених просторів до площі гірничого відводу; його використання дозволяє ще на стадії розробки технічного проекту на підставі різниці між всіма грошовими доходами та витратами, приведеними до поточного моменту часу, приймати рішення про ефективність схеми розкриття і напрямку розвитку фронту гірничих робіт горизонтального родовища;

2) вперше встановлено залежності впливу технології розкриття горизонтальних родовищ на показники порушень земель від зміни потужності порід розкриття, з урахуванням яких встановлено область застосування технологічних схем розкриття нахиленими внутрішніми загальними траншеями (з'їздами) і схеми розкриття зовнішньою капітальною траншеєю, яка є найбільш застосовуваною.

3) вперше з урахуванням формування залишкових вироблених просторів розроблена систематизація технологічних схем розкриття кар'єрного поля та напрямку розвитку фронту гірничих робіт, використання якої дозволяє визначити площі земель, що втрачаються під залишковими виробленими просторами при розробці горизонтальних родовищ;

4) вдосконалений методологічний підхід до оптимізації профілів неробочих бортів кар'єрів, який відрізняється тим, що борт приймається реального ступінчастого профілю; запропоноване при цьому спільне ітераційне вирішення двох допоміжних оптимізаційних задач дозволяє визначити раціональні параметри неробочих бортів кар'єрів (ширину берм, кути нахилу та висоти уступів), застосування яких забезпечує зменшення об'ємів порушених земель при постановці неробочих бортів в кінцеве положення.

**Наукове положення, що захищається в дисертації:**

Зменшення порушень земель при розробці горизонтальних родовищ відбувається за рахунок зменшення об'ємів і площ залишкових вироблених просторів, яке забезпечується вибором раціональних схем розкриття та напрямку розвитку фронту гірничих робіт, а також оптимальних профілів неробочих бортів при постановці їх в кінцеве положення.

**Практичне значення результатів роботи полягає в:**

1) визначенні показників оцінки порушень земель, що враховують особливості відкритої розробки горизонтальних родовищ, які полягають в тому, що найбільше порушення земель відбувається на етапі розкриття і при виборі напрямку розвитку фронту гірничих робіт; їх використання дозволяє оцінити ефективність розкриття горизонтальних родовищ з урахуванням їх впливу на формування залишкових вироблених просторів, а також обґрунтувати схему розкриття кар'єрного поля і напрямку розвитку фронту гірничих робіт;

2) розробці методики вибору раціональних технологічних схем розкриття і напрямку розвитку фронту гірничих робіт, з використанням якої обґрунтовано практичні рекомендації з вибору схеми розкриття і напрямку розвитку фронту гірничих робіт східної ділянки кар'єру № 7 «Південь» філії «Вільногірський ГМК» ПрАТ «Кримський ТИТАН»;

3) удосконаленні методики оптимізації профілів неробочих бортів кар'єрів, з використанням якої обґрунтовано наступні практичні рекомендації:

– з вибору раціональних профілів неробочих бортів кар'єрів в умовах відпрацювання кар'єрів № 7 «Південь» і «Північ» філії «Вільногірський ГМК» ПрАТ «Кримський ТИТАН» при одному і тому самому запасі стійкості укосів бортів кар'єрів, при виборі раціонального профілю неробочого борту кар'єру при постановці його в кінцеве положення порівняно з профілем, який прийнятий зараз, досягається зменшення об'єму розкривних робіт на 17 %;

– для проектування раціональних профілів неробочих бортів кар'єру, що будується для розробки Мотронівсько-Аннівської ділянки Малишевського родовища.

**Обґрунтованість і достовірність** наукового положення, висновків і рекомендацій забезпечується застосуванням основних положень теорії і практики відкритої розробки горизонтальних родовищ, а також апробованих методів загальнонаукових досліджень, математичного та техніко-економічного аналізу, підтверджується довідками впровадження розроблених методик та практичних рекомендацій в практику робіт ДП «ДПІ «Кривбаспроект»» та філії «Вільногірський ГМК» ПрАТ «Кримський ТИТАН».

#### **Впровадження результатів роботи:**

1) ДП «ДПІ «Кривбаспроект»» (м. Кривий Ріг) – методика вибору раціональних технологічних схем розкриття і напрямку розвитку фронту гірничих робіт для зменшення залишкових вироблених просторів - при виконанні ТЕО розробки Мотронівсько-Аннівської ділянки Малишевського родовища;

2) філією «Вільногірський ГМК» ПрАТ «Кримський ТИТАН» – методика оптимізації профілів неробочих бортів кар'єрів для зменшення порушень земель і об'ємів розкривних робіт – при обґрунтуванні раціональних профілів неробочих бортів кар'єрів №7 «Південь» та «Північ», та кар'єру, що будується для розробки Мотронівсько-Аннівської ділянки Малишевського родовища.

**Особистий внесок здобувача** полягає у формулюванні мети, науково-практичної задачі роботи, обґрунтуванні наукового положення і наукової новизни за результатами досліджень; обґрунтуванні економічного критерію вибору раціонального варіанту розкриття і напрямку розвитку фронту гірничих робіт; розробці методики розрахунку витрат на переселення; розробці методики вибору раціонального варіанту розкриття й напрямку розвитку фронту гірничих робіт; розробці систематизації технологічних схем розкриття кар'єрного поля; розробці методики оптимізації профілів неробочих бортів кар'єрів; розрахунку оптимальних параметрів неробочих бортів кар'єрів.

**Апробація результатів роботи.** Основні положення та результати дисертації доповідалися і дістали схвалення на 8-му міжнародному симпозиумі «Безперервні системи відкритої розробки корисних копалин» (м. Аахен, 2006); міжнародній конференції «Форум гірників – 2006» (м. Дніпропетровськ, 2006); «Біосферно-ноосферні ідеї В.І. Вернадського та еколого-економічні проблеми розвитку регіонів» (м. Кременчук, 2006); науково-практичній конференції молодих учених «Геотехнічні проблеми розробки родовищ» (м. Дніпропетровськ, 2006); на 7-й міжнародній науково-практичній конференції «Математичні проблеми

технічної механіки – 2009” (м. Дніпродзержинськ, м. Дніпропетровськ, 2009); на міжнародних наукових симпозиумах “Тиждень гірника” (м. Москва, 2006, 2007); “Тиждень еколога – 2010” (м. Дніпродзержинськ, 2010).

**Публікації.** Основні положення виконаних досліджень опубліковані в 11 наукових роботах, у тому числі в 7-х статтях у фахових виданнях, 4-х статтях в збірниках міжнародних конференцій.

**Структура та обсяг роботи.** Дисертація складається зі вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел з 114 найменувань, 5 додатків. Повний обсяг дисертаційної роботи – 228 сторінки тексту, які містять 49 рисунків, 36 таблиць і додатки на 47 сторінках.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтована актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовані мета, задачі досліджень, об'єкт і предмет досліджень, наведена наукова новизна і практичне значення отриманих результатів; наведено наукове положення, що виноситься на захист, а також інформація про апробацію та публікації за її темою.

У **першому розділі** розглянуто та узагальнено результати досліджень, а також існуючі технологічні рішення зі зменшення порушень земель при відкритій розробці горизонтальних родовищ, використання яких дає можливість зменшити об'єми залишкових вироблених просторів кар'єрів і скоротити площі земель, що беззворотно втрачаються для сільського господарства.

Основні питання обґрунтування технологічних рішень зі зменшення порушень земель при відкритій розробці родовищ відображені в роботах вчених: М.Г. Новожилова, В.В. Ржевського, Є.П. Дороненка, А.Г. Шапаря, В.С. Ескіна, І.М. Барсукова, І.Л. Гуменика, А.Ю. Дриженка, В.І. Прокопенка, А.К. Поліщука, В.І. Симоненка, М.С. Четверика, В.С. Коваленка, Г.Я. Корсунського, В.А. Куліша, А.М. Маєвського та багатьох інших вчених. Ними розроблені і рекомендовані для застосування основні технологічні схеми, що направлені на зменшення порушень земель.

Не дивлячись на значні успіхи вчених у сфері розробки природоохоронних технологій при відкритій розробці горизонтальних родовищ, в даний час недостатньо вивченими є питання зменшення порушень земель, пов'язаних з формуванням залишкових вироблених просторів. Встановлено, що на розміри залишкових вироблених просторів, перш за все, впливають вибір схеми розкриття, напрямку розвитку фронту гірничих робіт, а також профіль неробочих бортів при постановці їх в кінцеве положення. Це зумовило актуальність науково-практичної задачі, яка полягає у встановленні залежностей впливу технології розкриття горизонтальних родовищ на показники порушень земель від потужності порід розкриття, використання яких дозволить зменшити порушення земель, що залучаються в розробку.

У **другому розділі** вирішена перша, друга, третя задачі – розроблено економічний критерій вибору раціонального варіанту розкриття і напрямку розвитку фронту гірничих робіт з урахуванням екологічних, технологічних і соціаль-

них факторів, використання якого дозволяє ще на стадії розробки технічного проекту на підставі встановлення різниці між усіма грошовими доходами та витратами, наведеними до поточного моменту часу, приймати рішення про ефективність тієї або іншої технології розкриття і розробки горизонтального родовища; розроблено показники оцінки порушень земель, які враховують особливості розкриття і розробки горизонтальних родовищ; досліджені технологічні схеми розкриття і вибору напрямку розвитку фронту гірничих робіт горизонтальних родовищ з урахуванням обґрунтованого економічного критерію і розроблених показників оцінки порушень земель; розроблено методику вибору раціонального варіанту розкриття й напрямку розвитку фронту гірничих робіт; розроблено систематизацію технологічних схем розкриття кар'єрного поля.

Для вирішення першої задачі розроблений економічний критерій вибору раціонального варіанту розкриття і напрямку розвитку фронту гірничих робіт, за вихідний критерій був прийнятий відомий підхід розрахунку чистого дисконтованого доходу ЧДД.

За функцію цілі прийнята максимізація чистого дисконтованого доходу (ЧДД), що являє собою різницю між усіма грошовими доходами та витратами, приведеними до поточного моменту часу:

$$\text{ЧДД} \rightarrow \max. \quad (1)$$

Відмінною особливістю розробленого економічного критерію ЧДД є визначення економічних складових з урахуванням специфіки відкритої розробки горизонтальних родовищ, зокрема: вартість інвестицій для будівництва кар'єру, що враховує коефіцієнт втрати гірничого відводу ( $K_{c.v.}$ ); витрати на придбання землі для виробництва гірничих робіт; витрати на переселення людей і перенесення об'єктів забудови, що потрапили в зону виробництва гірничих робіт.

Також необхідно зазначити, що якщо чистий дисконтований дохід відсутній, то інвестиції на освоєння родовища недоцільні.

При цьому вартість інвестицій для будівництва кар'єру визначається за формулою:

$$K_{обор} = K_{зд} + K_m + Z_{c.v.}, \text{ грн}, \quad (2)$$

де  $K_{зд}$  – вартість будівель і споруд, грн;  $K_m$  – вартість обладнання, грн;  $Z_{c.v.}$  – витрати на спорудження розкриваючих виробок, грн.

Оскільки основні відомі показники, що використовуються для оцінки порушень земель безпосередньо гірничими роботами, не дозволяють оцінити найбільш масштабні порушення, які закладаються на етапі розкриття, при виборі напрямку розвитку фронту гірничих робіт, а також на етапах експлуатації при постановці неробочих бортів в граничне положення автором запропоновані нові показники, які дозволили врахувати зазначені недоліки. Запропоновано враховувати порушення земель з позицій оптимальності профілю борту кар'єру. Таким кількісним показником є площа, що визначає об'єм порід розкриття на довжину неробочого борту, який можна не відпрацьовувати, не порушуючи при цьому стійкість борту кар'єру.

Іншим показником, що характеризує порушення земель від застосування технологічної схеми розкриття кар'єрного поля, є запропонований коефіцієнт



втрати гірничого відводу, який являє собою відношення загальної площі залишкових вироблених просторів ( $S_{ОВП}$ ) до площі гірничого відводу ( $S_{з.о.}$ ), тобто

$$K_{с.в.} = \frac{S_{ОВП}}{S_{з.о.}} \cdot 100, \% \quad (3)$$

Коефіцієнт втрати гірничого відводу визначає, який відсоток земель виділених для виробництва гірничих робіт піддався трансформуванню до стану незворотної зміни в результаті прийняття технологічної схеми розкриття і вибору напрямку розвитку фронту гірничих робіт. Інакше кажучи, в результаті розробки горизонтального родовища залишається частина території – залишкові гірничі виробки, для яких відновлення земель у початковий якісний стан (наприклад: рілля, луг, ліс і т.д.) з економічних і технологічних причин на даному етапі розвитку науки і техніки неможливо.

При порівнянні і обґрунтуванні різних технологічних схем розкриття родовища запропоновано окремо оцінювати схеми проведення капітальної, розрізної і виїзної траншей, оскільки вони відрізняються своїми параметрами, залежністю від гірничо-геологічних чинників. У зв'язку з цим для порівняльної оцінки капітальних гірничих виробок запропоновані наступні показники: коефіцієнт втрати гірничого відводу технологічної схеми проведення капітальної ( $K_{с.в.}^к$ ), розрізної ( $K_{с.в.}^р$ ), виїзної ( $K_{с.в.}^в$ ) траншей:

$$K_{с.в.}^к = \frac{S_к}{S_{з.о.}} \cdot 100, \% \quad (4)$$

$$K_{с.в.}^р = \frac{S_р}{S_{з.о.}} \cdot 100, \% \quad (5)$$

$$K_{с.в.}^в = \frac{S_в}{S_{з.о.}} \cdot 100, \% \quad (6)$$

де  $S_к$ ,  $S_р$ ,  $S_в$  – площа земельного відводу під капітальну, розрізну та виїзну траншеї, га.

Загальний (сумарний) коефіцієнт втрати гірничого відводу від застосування схеми розкриття кар'єрного поля і вибору напрямку розвитку фронту гірничих робіт визначається за виразом:

$$K_{с.в.} = K_{с.в.}^к + K_{с.в.}^р + K_{с.в.}^в = \frac{(S_к + S_р + S_в)}{S_{з.о.}} \cdot 100, \% \quad (7)$$

Таким чином, використання запропонованих показників оцінки порушень земель дозволяє врахувати особливості відкритої розробки горизонтальних родовищ, котрі складаються в тому, що найбільше порушення земель відбувається на етапі розкриття і при виборі напрямку розвитку фронту гірничих робіт, оцінити технологічні схеми розкриття горизонтальних родовищ з урахуванням їх впливу на формування залишкових вироблених просторів і вибрати схему розкриття кар'єрного поля і напрямку розвитку фронту гірничих робіт.

При вирішенні другої задачі виконано дослідження різних технологічних схем розкриття родовища шляхом зіставлення за коефіцієнтом втрати гірничого

відводу (для фіксованої глибини кар'єру): похилими зовнішніми загальними траншеями, похилими внутрішніми загальними траншеями, крутими траншеями, підземними гірничими виробками. Встановлено, що відносно невисоким коефіцієнтом втрати гірничого відводу  $K_{c.v.}$  відрізняються схеми, що передбачають застосування внутрішніх капітальних траншей, крутих траншей і підземних гірничих виробок.

Таким чином, при проектуванні нових, а також при реконструкції діючих кар'єрів, застосування технологічних схем розкриття, що відрізняються низьким коефіцієнтом втрати гірничого відводу  $K_{c.v.}$ , забезпечує зменшення порушень земель. Наприклад, при впровадженні схем розкриття тимчасовими (ковзаючими) з'їздами та схеми розкриття похилими стволами і засипними тунелями у порівнянні з традиційною схемою розкриття нахиленими зовнішніми загальними траншеями, відбувається зменшення порушень земель на 27 %. При цьому використання коефіцієнту втрати гірничого відводу  $K_{c.v.}$  дозволяє відібрати з множини варіантів розкриття і напрямів розвитку фронту гірничих робіт ті, що найменше порушують землі. Кращий варіант остаточно вибирається на підставі розробленого в дисертації економічного критерію, що також включає витрати на спорудження розкриваючих виробок:

$$Z_{c.v.} = Z_{зкр} + Z_{тр} + Y, \text{ грн}, \quad (8)$$

де

$$Y = \frac{K_{c.v.}}{100} \cdot S_{z.o} \cdot y' \left( 1 + \frac{T_l}{T} \right), \text{ грн}, \quad (9)$$

де  $Z_{зкр}$  – витрати на виробництво гірничо-капітальних робіт, грн;  $Z_{тр}$  – витрати на транспортування корисної копалини від забоїв до перевантажувального пункту, грн;  $Y$  – збиток від порушень земної поверхні, грн;  $K_{c.v.}$  – коефіцієнт втрати гірничого відводу, %;  $S_{z.o}$  – площа гірничого відводу, га;  $y'$  – питома величина збитків від вилучення земель сільськогосподарського призначення, грн/га;  $T_l$  – тривалість післяліквідаційного періоду, років.

На підставі наведених формул (8, 9) встановлено залежності витрат на спорудження розкриваючих виробок від потужності розкривних порід схем розкриття родовища зовнішніми і внутрішніми загальними стаціонарними траншеями, при річній продуктивності кар'єру 1,0 млн т/рік та питомій величині збитків від вилучення земель 600, 6000 і 12000 грн/га·рік (рис. 1), а також при питомій величині збитку від вилучення земель 600 грн/га·рік та річній продуктивності кар'єру 1,0; 1,5 і 2,0 млн. т/рік (рис. 2).

Як видно з рис. 1, чим менші збитки від вилучення земель, тим для більших значень потужності порід розкриття ефективний спосіб розкриття внутрішніми траншеями. Так, при зміні величини збитку від 600 до 12000 грн/га·рік значення раціональної потужності порід розкриття  $H_e$  змінюється від 85 м до 42 м, тобто при зміні збитку в 20 разів величина  $H_e$  змінюється всього лише в два рази, тобто не прямо пропорційно. Таким чином, при невисокій відносній цінності земель, що вилучаються, розкриття родовища зовнішніми траншеями стає конкурентоспроможним.

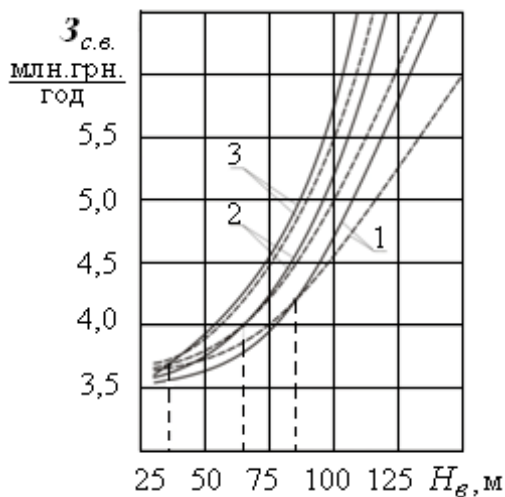


Рис. 1. Залежності витрат на спорудження розкриваючих виробок від потужності порід розкриття при розкритті родовища зовнішніми (суцільна лінія) і внутрішніми (штрихова лінія) загальними стаціонарними траншеями при річній продуктивності кар'єру 1,0 млн т/рік: 1, 2 і 3 – відповідно, питома величина збитків від вилучення земель 600, 6000 і 12000 грн/га·рік.

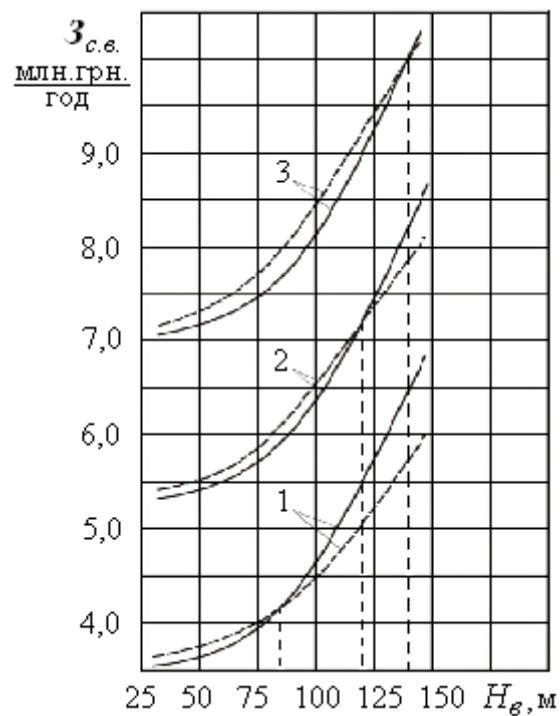


Рис. 2. Залежності витрат на спорудження розкриваючих виробок від потужності порід розкриття при питомій величині збитку від вилучення земель в розмірі 600 грн/га·рік: 1, 2 і 3 – відповідно при річній продуктивності кар'єру 1,0; 1,5 і 2,0 млн т/рік.

Як видно з рис. 2, збільшення виробничої потужності кар'єру зміщує точку перетину порівнюваних залежностей вправо - в бік більших значень потужності порід розкриття. Таким чином, при великих виробничих потужностях практично у всьому діапазоні зміни потужності порід розкриття найбільш прийнятним є спосіб розкриття внутрішніми загальними стаціонарними траншеями (штрихові лінії на рис. 2).

Використання визначених на рис. 1 і 2 залежностей дозволяє встановити галузь застосування схем розкриття внутрішніми загальними стаціонарними траншеями при річній продуктивності кар'єру 1,0; 1,5 і 2,0 млн т/рік та при питомих величинах збитків від вилучення земель 600, 6000 і 12000 грн/га·рік, що забезпечує зменшення порушень земель.

При вирішенні третьої задачі виконана систематизація технологічних схем розкриття кар'єрного поля і напрямку розвитку фронту гірничих робіт (табл. 1), що відрізняється від відомих урахуванням особливостей формування залишкових вироблених просторів. Її використання дозволяє визначити площі земель, які втрачаються під залишковими виробленими просторами, та попередньо відібрати найбільш прийнятні з точки зору порушення земель схеми розкриття та напрямки розвитку фронту гірничих робіт при розробці горизонтальних родовищ.

Таблиця 1

## Систематизація технологічних схем розкриття і напрямку розвитку фронту гірничих робіт

Схема розкриття / напрямок розвитку фронту гірничих робіт	Технологічна схема	Схема розкриття / напрямок розвитку фронту гірничих робіт	Технологічна схема
1. Поперечна 1.1 Поперечний (від одного флангу кар'єрного поля до іншого)		3. Діагональна 3.1 Діагональний	
1. Поперечна 1.2 Поперечний (від середини кар'єрного поля до його флангів)		4. Віялова 4.1 Віяловий	
1. Поперечна 1.3 Поперечний (від флангів до середини кар'єрного поля)		5. Комбінована 5.1 Змінний (поперечно-поздовжній)	
2. Поздовжня 2.1 Поздовжній (від одного торця кар'єрного поля до іншого)		5. Комбінована 5.2 Поперечно-діагональний	
2. Поздовжня 2.2 Поздовжній (від середини кар'єрного поля до його торців)		6. Кільцева 6.1 Від периферії до центру	
2. Поздовжня 2.3 Поздовжній (від торців кар'єрного поля до його середини)		6. Кільцева 12. Від центру до периферії	

ОРТ, ОВП – відповідно остаточна розрізна та виїзна траншеї

На підставі виконаних в дисертаційній роботі теоретичних досліджень вперше розроблена методика вибору раціональних технологічних схем розкриття і напрямку розвитку фронту гірничих робіт. Суть методики полягає в поетапному визначенні екологічних, технологічних і соціальних чинників на підставі яких визначається економічний критерій і приймається остаточне рішення про вибір раціонального варіанту розкриття і напрямку розвитку фронту гірничих робіт. Таким чином методика має наступний вигляд:

1) визначається екологічний показник – коефіцієнт втрати гірничого відводу для кожної зі схем;

2) визначаються технологічні показники – об'єм гірничо-капітальних робіт з проходки розкривних виробок ( $V_{зкр}$ ) і середня відстань транспортування корисної копалини від видобувного горизонту до перевантажувального пункту ( $l_{тр}$ ) для кожної зі схем;

3) визначається соціальний показник – витрати на переселення жителів і перенесення об'єктів забудованості ( $Z_{п}$ ) для кожної зі схем;

4) отримані результати використовуються для розрахунку економічного критерію ( $ЧДД$ ).

Таким чином, у результаті виконання пунктів 1 – 4 приймається остаточне рішення про вибір раціонального варіанту розкриття і напрямку розвитку фронту гірничих робіт.

**Третій розділ** присвячений вирішенню четвертої задачі досліджень – розробці методики оптимізації профілів неробочих бортів кар'єрів.

Розробка цієї методики необхідна для розрахунку оптимального профілю неробочих бортів кар'єрів ступінчастої форми при постановці їх в кінцеве положення, використання якої дозволить забезпечити мінімальний об'єм виймання розкривних порід, і як наслідок, дозволить зменшити порушення земель. При цьому використовувалася відома модель Кулона-Мора, згідно з якою обрушення може відбуватися по поверхні з найменшим коефіцієнтом запасу стійкості, який визначається відношенням утримуючих зусиль  $F_{уд}$  до зусиль, що зрушують  $F_{сдв}$  масив гірських порід.

Поверхня обрушення передбачається параболічною.

За вихідну була прийнята відома математична постановка такої задачі. Її вирішення має низку припущень і протиріч, що знижує достовірність розрахунку. Зокрема, з урахуванням того, що з фізичних міркувань  $S > 0$  і  $\eta > 0$  було запропоновано умови  $S = \int_0^{x_1} (H - f(x)) dx \rightarrow \min$  та  $\eta^* = \frac{F_{уд}}{F_{сдв}} \rightarrow \min$ , замінити однією умовою  $S \cdot \eta \rightarrow \min$ , що є неприпустимим. У рамках прийнятих припущень розглядалися так звані інтегральні поверхні обрушення, які визначалися зі співвідношення  $F_{уд} = F_{сдв}$ , що також не наближало до визначення оптимального профілю неробочого борту кар'єру. Тому для зниження цих недоліків розроблена методика, яка заснована на ітераційному процесі, що складається в послідовному розв'язанні допоміжних оптимізаційних задач:

1) для заданого профілю борту  $f(x)$  кар'єру потрібно знайти коефіцієнт запасу стійкості і лінію обрушення  $y(x)$  із заданого класу функцій;

2) для заданої лінії обрешетки і заданого граничного коефіцієнта запасу стійкості  $\eta_H$  потрібно відшукати профіль борту кар'єру, що забезпечує мінімальний об'єм розкривних робіт.

Послідовність знаходження оптимального профілю неробочого борту ступінчастою форми наведена на рис. 3.

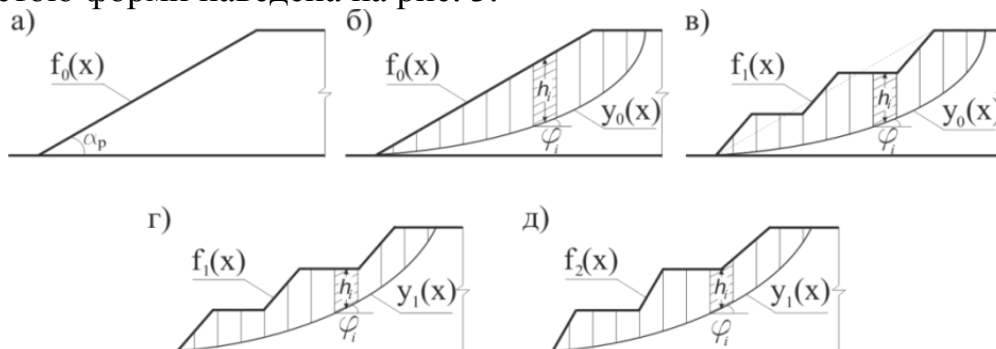


Рис. 3. Послідовність знаходження оптимального профілю неробочого борту ступінчастою форми

На початковому етапі профіль борту кар'єру приймаємо прямолінійним  $f_0(x)$  з кутом укосу, що дорівнює результуючому куту нахилу борту кар'єру  $\alpha_p$  (рис. 3 а). Для цього профілю знаходимо потенційну лінію ковзання  $y_0(x)$  (рис. 3 б), за умови, що коефіцієнт запасу стійкості  $\eta$  не нижче нормативного значення  $\eta_H$ . Знаходження потенційної лінії ковзання здійснюємо за допомогою методу алгебраїчного додавання сил по призмі можливого обрешеттвання, яка обмежується потенційною поверхнею ковзання, поверхнею борту кар'єру і покрівлею. На другому кроці робимо припущення, що дана поверхня відповідає оптимальному профілю та з розв'язання оптимізаційної задачі 2 знаходимо ступінчастий профіль  $f_1(x)$  (рис. 3 в). Як видно з рис. 3 б і 3 в висота кожного з відсіків (як відомо, в методі алгебраїчного додавання сил передбачено розбивати призму можливого обрешеттвання на відсіки) за довжиною лінії ковзання буде різною внаслідок різної геометрії укосу.

Оскільки висота відсіку  $h_i$  визначає гравітаційне навантаження  $\gamma \cdot h_i$ , то відповідно щодо кожного відсіку буде різним значення складової сил, що утримують  $\gamma \cdot h_i \cdot \text{tg} \rho \cdot \cos \phi_i$  і сил, які зрушують  $\gamma \cdot h_i \cdot \sin \phi_i$ . Це в кінцевому підсумку призведе до того, що значення коефіцієнтів запасу стійкості для профілю рис. 3 б і рис. 3 в будуть різними. Отже, для профілю рис. 3 в поверхня ковзання  $y_0(x)$  вже не буде потенційною, тобто вона вже не буде забезпечувати мінімум відношення утримуючих сил до зрушуючих. Тому на наступному кроці для знайденого профілю  $f_1(x)$  знаходиться потенційна поверхня ковзання  $y_1(x)$  рис. 3 р. Повторюючи вищенаведену логіку міркувань, для лінії ковзання  $y_1(x)$  знаходимо оптимальний профіль  $f_2(x)$  рис. 3 д і т.д. Обчислення припиняються тоді, коли для знайдених профілів  $f_i(x)$  і  $f_{i+1}(x)$  різниця у значеннях площ буде менше заданої точності.

Для практичної реалізації запропонованої методики обґрунтовані методи вирішення сформульованих допоміжних задач 1 і 2. При вирішенні допоміжної задачі 1 для знаходження лінії ковзання  $y(x)$ , яка визначається параметрами  $a$  і  $b$  ( $y(x) = bx^2 + bx$ ), застосований метод ковзаючого допуску, який є ефективним при

вирішенні нелінійних задач. Оскільки допоміжна задача 2 більш складна, тому що шуканий ступінчастий профіль є негладкою функцією, то запропоновано використовувати метод деформованого багатогранника Нелдера – Міда, тому що він використовує тільки значення самої функції і не використовує її похідні. У зв'язку з цим метод можна застосовувати і до негладких функцій.

Проведені за запропонованою методикою чисельні експерименти показали, що її використання дозволяє зменшити об'єми розкривних робіт при постановці борту в кінцеве положення і зменшити об'єм порушень земель.

**Четвертий розділ** присвячений вирішенню п'ятої задачі досліджень, а саме визначенню раціональних параметрів схеми розкриття, напрямку розвитку фронту гірничих робіт та обґрунтування практичних рекомендацій зі зменшення порушень земель при відкритій розробці горизонтальних родовищ (на прикладі кар'єрів філії “Вільногірський ГМК” ПрАТ “Кримський ТИТАН”).

За розробленою методикою оптимізації профілів неробочих бортів кар'єрів для Мотронівсько-Аннівської ділянки Малишевського родовища, що проектується, встановлені їх оптимальні профілі ступінчастої форми. Приклад розрахункової поверхні ковзання і оптимальний профіль неробочого борту для потужності розкривних порід 90 м наведено на рис. 4.

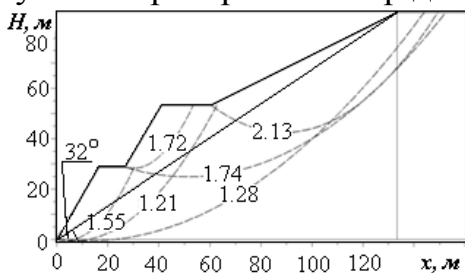


Рис. 4. Розрахункова поверхня ковзання і оптимальний профіль для потужності розкривних порід 90 м

Як видно з рис. 4, коефіцієнт запасу стійкості  $\eta$  для кожного з уступів, для пар уступів, а також для укосу в цілому не нижче нормативного значення  $\eta_H$ , що свідчить про стійкість розрахованого борту.

Встановлено залежності оптимальних значень висот уступів бортів кар'єрів від міцнісних властивостей порід (зчеплення  $C$  і кута внутрішнього тертя  $\rho$ ). Так, діапазон зміни висот уступів  $H_1$  і  $H_2$  коливається від 22 % до 44 % від висоти борту, а значення висоти  $H_3$  –

від 12 % до 50 %. В 27 % випадків  $H_1=H_2=H_3$ . В 54 % найбільше значення має висота  $H_3$ , в 11 % - висота  $H_1$  і тільки в 2,7 % – висота  $H_2$ . Це дозволяє проєктам ще на етапі передпроектних розробок приймати профілі неробочих бортів кар'єру найбільш наближеними до раціональних.

Для реальних умов діючих кар'єрів № 7 “Південь” і № 7 “Північ” філії “Вільногірський ГМК” ПрАТ “Кримський ТИТАН” визначені раціональні профілі неробочих бортів (Рис. 5).

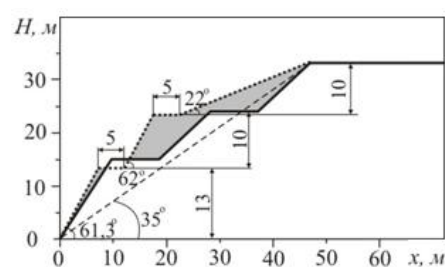
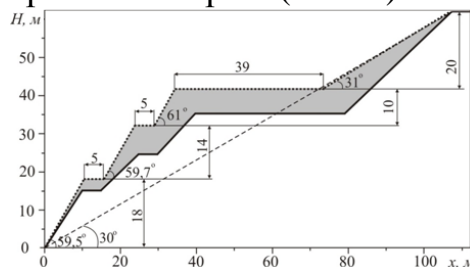


Рис. 5. Розрахунковий та реальний профілі неробочих бортів кар'єру №7 «Південь»

При одному і тому самому запасі стійкості укосів бортів кар'єрів № 7 “Південь” і № 7 “Північ”, при виборі раціонального профілю неробочого борту кар'єру при постановці його в кінцеве положення порівняно з профілем, який прийнятий зараз досягається зменшення об'єму розкривних робіт на 17 %, що дозволяє рекомендувати розроблену методику для визначення оптимальних профілів неробочих бортів кар'єрів.

Для зменшення порушень земель при відпрацюванні східної ділянки кар'єру № 7 “Південь” Малишевського родовища (філія “Вільногірський ГМК” ПрАТ “Кримський ТИТАН”) виявлено та оцінено фактори, що впливають на вибір технологічної схеми розкриття кар'єрного поля та вибору напрямку розвитку фронту гірничих робіт. Встановлено, що на вибір схеми розкриття кар'єрного поля і напрямку розвитку фронту гірничих робіт найбільший вплив має розташований в межах гірничого відводу населений пункт. З урахуванням розробленого в розділі 2 економічного критерію раціональною є технологічна схема, що передбачає розвиток фронту гірничих робіт без призупинення розробки перед населеним пунктом та відселенням мешканців на 70 % – 80 %. Розрахований чистий дисконтований дохід від розробки родовища при впровадженні рекомендованої схеми розкриття і розвитку фронту гірничих робіт дорівнює – 221 млн грн.

## ВИСНОВКИ

Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, в якій вирішена актуальна науково-практична задача, яка полягає у встановленні залежностей впливу технології розкриття горизонтальних родовищ на показники порушень земель від потужності порід розкриття, використання яких дозволить зменшити порушення земель, що залучаються в розробку.

Головні наукові і практичні результати роботи, висновки та рекомендації.

1. Виконаний аналіз сучасного стану території земель Дніпропетровської області показав, що площа порушених гірничими роботами земель становить 27 тис. га, або 0,8 % території області. При відкритій розробці горизонтальних родовищ відбувається найбільш масштабний негативний вплив на земельні ресурси. Це обумовлено тим, що на зменшення порушень земель при відкритій розробці родовищ основний вплив мають технологічні схеми розкриття кар'єрного поля і вибір напрямку розвитку фронту гірничих робіт, які ще на етапі розкриття визначають формування залишкових вироблених просторів.

2. На підставі аналізу гірничо-геологічних умов і вивчення технологій відкритих гірничих робіт, що застосовуються, сформульовані напрямки досліджень у галузі раціонального природокористування при відкритій розробці горизонтальних родовищ. Запропонований у дисертації підхід до обґрунтування та вдосконалення технологічних рішень базується на спільному розгляді двох взаємодоповнюючих факторів при оцінці технологій відкритої розробки горизонтальних родовищ: площ, порушених гірничими роботами, земель та об'ємів видобутих порід розкриття, що визначають розміри залишкових гірничих виробок.



3. Розроблений економічний критерій вибору раціонального варіанту розкриття і напрямку розвитку фронту гірничих робіт, який враховує екологічні, технологічні і соціальні фактори, що дозволяє ще на стадії розробки технічного проекту, на підставі визначення чистого дисконтованого доходу, приймати рішення про ефективності тієї чи іншої технологічної схеми розкриття горизонтального родовища, відрізняється від відомих врахуванням коефіцієнту втрати гірничого відводу  $K_{c.в.}$ , що представляє собою відношення загальної площі залишкових вироблених просторів до площі гірничого відводу.

4. Основні відомі показники (площа), що використовуються для оцінки порушень земель безпосередньо гірничими роботами не дозволяють оцінити найбільш масштабні порушення земель, які закладаються на етапі розкриття і при виборі напрямку розвитку фронту гірничих робіт. У зв'язку з цим, запропоновано показники, використання яких дозволяє оцінити ефективність прийнятих рішень в аспекті землезбереження, як для схеми розкриття в цілому ( $K_{c.в.}$ ), так і за окремими його елементами: капітальна траншея ( $K_{c.в.}^k$ ), виїзна (горизонтальна) траншея ( $K_{c.в.}^e$ ) і розрізна траншея ( $K_{c.в.}^p$ ).

5. Розроблено методику оптимізації профілів неробочих бортів кар'єрів, що відрізняється тим, що борт приймається реального ступінчастого профілю, що підвищує достовірність прийнятих рішень, а спільне ітераційне рішення двох допоміжних оптимізаційних задач дозволяє визначити оптимальні параметри неробочих бортів кар'єрів і зменшити порушення земель при виробництві відкритих гірничих робіт.

6. Проведений в роботі комплекс досліджень дозволив:

- систематизувати технологічні схеми розкриття кар'єрних полів і розвитку фронту гірничих робіт, а також рекомендувати до застосування схеми, що забезпечують найменші порушення земель;

- рекомендувати раціональні профілі неробочих бортів кар'єру при проектуванні до розробки Мотронівсько-Аннівської ділянки Малишевського родовища рідкоземельних металів;

- рекомендувати раціональні профілі неробочих бортів, а також спосіб їх створення для діючих кар'єрів № 7 "Південь" і № 7 "Північ" філії "Вільногірський ГМК" ПрАТ "Кримський ТИТАН";

- рекомендувати раціональну схему розкриття і напрямок розвитку фронту гірничих робіт на кар'єрі № 7 "Південь" філії "Вільногірський ГМК" ПрАТ "Кримський ТИТАН" в районі населеного пункту;

7. Результати дисертаційної роботи використано:

- 1) ДП "ДП "Кривбаспроект"" (м. Кривий Ріг) - методика вибору раціональних технологічних схем розкриття і напрямку розвитку фронту гірничих робіт для зменшення залишкових вироблених просторів, при виконанні ТЕО розробки нових ділянок філії "Вільногірський ГМК" ПрАТ "Кримський ТИТАН".

- 2) філією "Вільногірський ГМК" ПрАТ "Кримський ТИТАН" - методика оптимізації профілів неробочих бортів кар'єрів - для обґрунтування раціональних профілів неробочих бортів діючих кар'єрів №7 «Південь» та «Північ», та кар'єру, що будується для розробки Мотронівсько-Аннівської ділянки Малишевського родовища; для зменшення об'єму розкривних робіт при постановці

неробочих бортів в кінцеве положення на 17 % на кар'єрі №7 «Південь» та «Північ».

### **Основні положення і результати дисертації опубліковані в роботах:**

1. Гуменик И.Л. Выбор и обоснование экологических показателей оценки технологических схем подготовки и вскрытия карьерного поля / И.Л. Гуменик, А.И. Панасенко, В.В. Летучий // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету імені Михайла Остроградського. – Кременчук: КДПУ 2006. – Вип. 6/2006(41). Частина 1. – С. 114 – 116.

2. Летучий В.В. Опыт разработки месторождений бурого угля Германии / В.В. Летучий, А.В. Ложников // Геотехническая механика. – Д., 2006. – №65. – С. 100 – 105.

3. Гуменик И.Л. Развитие методологических подходов к определению ущерба от нарушения земной поверхности открытыми горными работами / И.Л. Гуменик, А.И. Панасенко, А.М. Маевский, В.В. Летучий / Горный информационно-аналитический бюллетень. – Москва, 2008. – №3. – С. 206 – 209.

4. Гуменик И.Л. Эколого-экономическая оценка способов вскрытия горизонтальных месторождений / И.Л. Гуменик, А.И. Панасенко, В.В. Летучий // Горный информационно-аналитический бюллетень. – Москва, 2009. – №11. – С. 335 – 341.

5. Летучий В.В. К вопросу выбора рациональной конструкции бортов карьеров / В.В. Летучий // Науковий вісник Національного гірничого університету. – Д., 2010. – №3. – С. 42 – 45.

6. Летучий В.В. К оптимизации бортов открытых горных выработок / В.В. Летучий // Науковий вісник Національного гірничого університету. – Д., 2010. – №4. – С. 64 – 67.

7. Lituchyuy V. Rational pit-edge designing for the reduction of lands damage during the horizontal deposits mining / V. Lituchyuy // Scientific Reports on Resource Issues 2011, vol. 1 // TU Bergakademie Freiberg, International University of Resources. 2011. – P. 178 – 182.

8. Гуменик И.Л. Методические принципы оценки влияния социального фактора на выбор направления развития фронта горных работ / И.Л. Гуменик, А.И. Панасенко, А.М. Маевский, В.В. Летучий // Форум гірників 2006. Матеріали міжнародної конференції. – Д., 2006. – С. 63 – 66.

9. Летучий В.В. К вопросу об эффективности противооползневых мероприятий при ведении открытых горных работ / В.В. Летучий, М.В. Куликова // Матеріали міжнародної наукової конференції “Математичні проблеми технічної механіки - 2009”. – Дніпродзержинськ-Дніпропетровськ, 2009. – С. 197 – 198.

10. Літучий В.В. Сумарна оцінка впливу гірничих робіт на стан довкілля / В.В. Літучий // Матеріали міжнародної наукової конференції “Математичні

проблеми технічної механіки - 2009". – Дніпродзержинськ- Дніпропетровськ, 2009. – С. 194.

11. Маевский А.М. Эколого-технологическая оценка способов вскрытия пологих месторождений / А.М. Маевский, В.В. Летучий // Материалы международного научного симпозиума "Неделя эколога - 2010". – Днепродзержинск, 2010. – С. 147 – 149.

### **Особистий внесок автора в роботи, написані у співавторстві:**

[1] – розробка методичних принципів кількісної та якісної оцінки технології відкритої розробки родовищ корисних копалин; [2] – виконання теоретичних досліджень і розробка методичних принципів розрахунку витрат на переселення мешканців; [4] – виконання теоретичних досліджень, розрахунків і аналіз отриманих результатів; [5] – постановка мети і задач досліджень, виконання теоретичних досліджень, розробка методики встановлення раціональної технологічної схеми розкриття родовища; [6, 10] – постановка мети і задач досліджень, виконання теоретичних досліджень.

### **АНОТАЦІЯ**

Літучий В.В. "Обґрунтування технологічних рішень зі зменшення порушень земель при розробці горизонтальних родовищ". – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття вченого ступеня кандидата технічних наук за фахом 05.15.03 – "Відкрита розробка родовищ корисних копалин". Державний вищий навчальний заклад "Національний гірничий університет" Дніпропетровськ, 2013.

Дисертацію присвячено обґрунтуванню технологічних рішень зі зменшення порушень земель при розробці горизонтальних родовищ, пов'язаних з формуванням залишкових вироблених просторів, шляхом обґрунтування технології розкриття, напрямку розвитку фронту гірничих робіт, а також оптимального профілю неробочих бортів.

Виконані дослідження з встановлення залежностей впливу технології розкриття горизонтальних родовищ на показники порушень земель з урахуванням їх зміни від потужності порід розкриття, а також вдосконалено методичний підхід оптимізації профілів неробочих бортів кар'єрів особливість якого в тому, що борт приймається реального ступеневого профілю, запропоноване при цьому спільне ітераційне рішення двох допоміжних оптимізаційних задач дозволяє визначити раціональні параметри неробочих бортів кар'єрів, застосування яких забезпечує зменшення порушення земель при виробництві відкритих гірничих робіт. Реалізація методики оптимізації профілів неробочих бортів кар'єрів дозволить зменшити об'єм розкривних робіт при постановці неробочих бортів в кінцеве положення на 17 % на кар'єрах №7 «Південь» та «Північ».

Ключові слова: відкриті гірничі роботи, розкриття, борт кар'єру, технологічні параметри, горизонтальні родовища, вироблений простір кар'єру.

## АННОТАЦИЯ

Летучий В.В. “Обоснование технологических решений по снижению нарушений земель при разработке горизонтальных месторождений”. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.15.03 – “Открытая разработка месторождений полезных ископаемых”. Государственное высшее учебное заведение “Национальный горный университет”, Днепропетровск, 2013.

Диссертация посвящена совершенствованию технологических решений, обеспечивающих снижение нарушения земель при открытой разработке горизонтальных месторождений полезных ископаемых.

Основной особенностью и одновременно недостатком применяемой технологии открытой разработки горизонтальных месторождений является образование значительных площадей безвозвратно теряемых для сельского хозяйства земель, которые являются остаточными выработанными пространствами карьеров. При этом начало формирования остаточных выработанных пространств происходит уже в период строительства карьера при вскрытии месторождения.

Для определения эффективности схемы вскрытия и направления развития фронта горных работ горизонтального месторождения предложен экономический критерий, учитывающий экологические, технологические и социальные факторы.

В диссертации предложен следующий подход к оценке нарушения земель, базирующийся на рассмотрении двух взаимосвязанных показателей: первый - объем разрабатываемых вскрышных пород, который зависит от величины углов откосов бортов карьера и характеризуется площадью  $\Delta S$ , второй – площадь нарушенных горными работами земель, характеризуемый предложенным в работе коэффициентом утраты горного отвода ( $K_{c.в}$ ).

Установлено, что наиболее приемлемыми по коэффициенту утраты горного отвода ( $K_{c.в}$ ) являются следующие технологические схемы вскрытия: 1) наклонными внутренними общими траншеями (полустационарными и временными), расположенными на нерабочем борту выездной горизонтальной траншеи ( $K_{c.в} = 24 \%$ ); 2) крутыми траншеями ( $K_{c.в} = 27 \%$ ); 3) наклонными стволами и засыпными тоннелями ( $K_{c.в} = 20 \%$ ).

Обоснованы рациональные технологические схемы вскрытия месторождений, установлена область их применения в зависимости от коэффициента утраты горного отвода. Установлено, что с увеличением мощности вскрыши целесообразным с точки зрения снижения нарушения земель и экономически обоснованным является отказ от наиболее распространенной схемы вскрытия внешней капитальной траншеей в пользу вскрытия наклонными внутренними общими траншеями (съездами).

Установлено, что в общем случае при больших производственных мощностях карьеров ( $Q_k=1,0-2,0$  млн т/год) практически во всем диапазоне изменения мощности вскрыши (от 40 до 140 м) наиболее предпочтительным является технологическая схема вскрытия внутренними общими стационарными траншеями. Вместе с тем при невысокой относительной ценности изымаемых земель вскрытие месторождения внешними траншеями становится конкурентоспособным.

Реализация предложенного экономического критерия выбора рационального варианта вскрытия и направления развития фронта горных работ с использованием приведенных выше показателей позволила дать рекомендации по выбору схем подготовки карьерного поля и выбора направления фронта горных работ. При этом установлено, что максимальная величина чистого дисконтированного дохода (ЧДД) и одновременно минимальная величина коэффициента утраты горного отвода достигаются при комбинированной схеме подготовки карьерного поля и переменном (поперечно-продольном) направлении развития фронта горных работ.

Установлено, что традиционно-применяемые методы расчета устойчивости откосов не предусматривают нахождение профиля борта карьера ступенчатой формы с минимальным объемом вынимаемых вскрышных пород. Предложенные различными авторами оптимизационные методики не могут быть непосредственно перенесены на случай разработки горизонтальных месторождений с мягкими вскрышными породами. В этой связи в работе предложена методика оптимизации профилей бортов карьеров ступенчатой формы, особенность которой в том, что борт принимается реального ступенчатого профиля, предложенное при этом совместное итерационное решение двух вспомогательных оптимизационных задач повышает достоверность принятых решений и позволяет определить рациональные параметры нерабочих бортов карьеров, применение которых обеспечивает уменьшение нарушения земель при производстве открытых горных работ.

Установлено, что объем вскрышных работ при формировании профиля нерабочего борта карьера с заданным запасом устойчивости может отличаться до 40 %, что позволяет рекомендовать разработанную методику для определения оптимальных профилей нерабочих бортов карьеров.

Для реальных условий действующих карьеров №7 «Юг» и №7 «Север» филиала «Вольногорский ГМК» ПрАО «Крымский ТИТАН», с использованием методики оптимизации профилей бортов карьеров, обоснованы рекомендации по формированию нерабочих бортов. Использование этих рекомендаций позволит уменьшить объем производства вскрышных работ при постановке нерабочих бортов в конечное положение на 17 % на карьерах №7 «Юг» и «Север».

Ключевые слова: открытые горные работы, вскрытие, борт карьера, технологические параметры, горизонтальные месторождения, выработанное пространство карьера.

## ABSTRACT

Lituchy V.V. Substantiation of technological solutions on reduction of land disturbance in surface mining of horizontal deposits. – Manuscript.

The thesis for a scientific degree of the candidate in Technical Sciences in specialty 05.15.03 – “Open-cast mining”. National mining university, Dnipropetrovsk, 2013.

The thesis is devoted to substantiation of technological solutions on reduction of land disturbance in the development of horizontal fields related to the formation of mined-out area by substantiation of opening technology, direction of mining operations, as well as the optimal profile of non-working sides.

There was carried out an research for determination of the influence relation between the horizontal fields opening technology and indicators of land disturbance taking into account their changes depending on a cover thickness. The technical approach to optimization of profiles of non-working sides of open pits was also improved; its peculiarity consists in taking a side of real stepped profile. Suggested joint iterated solution of two assisting optimization tasks allows determining rational parameters of non-working sides of an open pit, application of which allows decreasing land disturbance in open pit mining.

The method of profiles optimization of non-working sides of open pits allows reducing the amount of overburden operations while setting non-working sides for 17 % at “Pivden” and “Pivnich” open pits.

Keywords: open pit, development mining, open pit side, technological parameters, open cast mining, horizontal deposit, mined-out area.

**Літучий Володимир Вікторович**

**ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ ЗІ  
ЗМЕНШЕННЯ ПОРУШЕНЬ ЗЕМЕЛЬ ПРИ РОЗРОБЦІ  
ГОРИЗОНТАЛЬНИХ РОДОВИЩ**

(Автореферат)

Підп. до друку 24.05.13. Формат 60x90/16.  
Папір офсет. Ризографія. Ум. друк. арк. 0,9.  
Обл.-вид. арк. 0,9. Тираж 120 пр. Зам. №166

Державний ВНЗ “Національний гірничий університет”  
49027, м. Дніпропетровськ, пр. К. Маркса, 19.