

© Г.Я. Корсунський<sup>1</sup>, О.В. Ложніков<sup>1</sup>, О.О. Конопльова<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна

## ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ РОЗВИТКУ ГІРНИЧИХ РОБІТ ПРИ РОЗРОБЦІ ПОЛОГИХ РОДОВИЩ

© G. Korsunskyi<sup>1</sup>, O. Lozhnikov<sup>1</sup>, O. Konoplova<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine

## RESEARCH OF MINING WORKS DEVELOPMENT DYNAMICS AT THE EXPLOITATION OF FLAT DEPOSITS

**Мета.** Розробити послідовність дій щодо динаміки відпрацювання пологих родовищ від розкриття родовища і до завершення гірничих робіт на основі аналізу науково-дослідних і практичних досягнень в галузі відкритої розробки.

**Методика дослідження.** Під час виконання досліджень використовувався метод аналізу і систематизації при виборі критерію впливу гірничо-геологічних умов залягання пологого родовища, а також параметрів і показників технологічних схем, які мають місце в етапах розробки пологого родовища.

**Результати дослідження** полягають у визначенні динаміки розвитку гірничих робіт при розробці пологих родовищ корисних копалин. Для вирішення цієї технологічної задачі рекомендується весь період розробки родовища розділити на такі основні етапи гірничих робіт: 1 етап – розкриття родовища корисних копалин; 2 етап – початок розробки родовища (розробка першої розкривної заходки); 3 етап – розробка родовища корисних копалин; 4 етап – завершення розробки родовища.

**Наукова новизна.** Виконані дослідження дозволяють встановити зв'язок між етапами гірничих робіт, що дає можливість виконувати більш ефективно поточні і перспективні плани гірничих робіт, а також проектні дослідження щодо рівномірного видобутку корисної копалини в плановому режимі в межах кар'єрного поля при розробці пологих родовищ корисних копалин.

**Практичне значення.** Отримані результати досліджень параметрів і показників технологічних схем гірничих робіт в рамках запропонованих етапів гірничих робіт при розробці пологих родовищ корисних копалин дають можливість більш ефективно виконувати поточні і перспективні плани гірничих робіт, оцінювати параметри і показники технологічних схем що дає можливість запропонувати ефективну систему розробки пологого родовища щодо планового видобутку корисної копалини в межах кар'єрного поля. Наведено приклад реалізації запропонованої методики щодо динаміки розвитку гірничих робіт в гірничо-геологічних умовах Нікопольського марганцеворудного басейну.

**Ключові слова:** безтранспортна технологія, крокуючий екскаватор, динаміка розробки пологих родовищ, розробка пологих родовищ, етапи розробки пологого родовища, розкриття пологих родовищ

**1. Актуальність.** Видобуток корисних копалин є однією з найбільш вагомим складових розвитку економіки держави за рахунок забезпечення промисловості мінеральною сировиною. Це потребує постійно збільшувати видобуток корисних копалин і, як наслідок, ефективно виконувати поточні і перспективні

плани відкритих гірничих робіт на діючих кар'єрах в запланованому режимі в межах кар'єрного поля. У зв'язку з цим, поставлена задача буде більш ефективно вирішуватися якщо використовувати запропоновану методику щодо запропонованої динаміки розробки пологих родовищ починаючи з розкриття родовища і до завершення гірничих робіт [1].

Сучасний стан проектування пологих родовищ підтверджує, що існуючі відомості про схеми, технологію розкриття і розробки пологих родовищ, а також завершення гірничих робіт в межах кар'єрного поля потребують уточнення для конкретних гірничо-геологічних умов розробки родовища [2, 3]. У зв'язку з цим, розробка методика вибору раціональних технологічних схем комплектації гірничого обладнання, а також організації і планування гірничих робіт при розробці пологих родовищ корисних копалин є актуальною задачею при проектуванні.

**2. Аналіз досліджень.** Виконаний аналіз науково-дослідних робіт за темою досліджень дозволив встановити, що основні роботи пов'язані з розробкою розрахункових формул для визначення параметрів і показників технологічних схем в процесі динаміки розробки пологих родовищ [4, 5]. Питанням визначення стійкості укосів уступів при застосуванні безтранспортної системи розробки родовищ, присвячені роботи [8 – 9]. Результати робіт [6, 7] дозволяють стверджувати, що динаміка розвитку гірничих робіт від будівництва кар'єру до завершення розробки пологого родовища в першу чергу залежить від конфігурації кар'єрного поля та фізико-механічних властивостей розкривних порід і корисної копалини.

У наведених вище роботах розглянуто питання стійкості порід у розкривних уступах, але недостатньо розглянуті питання вибору раціональних технологічних схем комплектації гірничого обладнання, а також організації і планування гірничих робіт при розробці пологих родовищ корисних. У зв'язку з цим постає питання необхідності виконання досліджень, пов'язаних зі встановленням параметрів і показників технологічних схем гірничих робіт в рамках запропонованих етапів гірничих робіт.

**3. Встановлення невирішених проблем.** Результати проведених раніше досліджень дозволяють встановити недостатню обґрунтованість питання вибору раціональних технологічних схем комплектації гірничого обладнання при розробці пологих родовищ корисних копалин. Не вирішеними залишаються питання організації і планування гірничих робіт протягом основних етапів розробки родовища.

Також невирішеними залишаються питання оцінки показників розробки пологих родовищ при зміні висоти розкривного уступу у діапазоні 20 – 30 м, який розробляє драглайн.

#### **4. Постановка задач.**

Для визначення ефективних параметрів безтранспортної системи розробки пологих родовищ передбачено виконання наступних досліджень: розробити методику вибору раціональних технологічних схем комплектації гірничого обладнання; розробити технологічні схеми відпрацювання пологого родовища для кожного з чотирьох запропонованих етапів від розкриття родовища до завершення робіт; виконати апробацію запропонованої динаміки розробки пологих родовищ корисних копалин

на прикладі гірничо-геологічних умов Нікопольського марганцеворудного басейну.

### 5. Основний матеріал.

Під системою розробки пологих родовищ розуміється визначений порядок виконання підготовчих і розкривних робіт, що забезпечує для даного родовища безпечну, економічну розробку з урахуванням максимальної охорони навколишнього середовища.

Система розробки для кожного кар'єру, так само як і схеми розкриття, органічно і тісно пов'язані зі структурою комплексної механізації цього кар'єру. Система розробки визначає комплектацію гірничого устаткування, його розміщення на робочих площадках по фронту гірничих робіт, що забезпечує необхідні об'єми розкриття у залежності від продуктивності кар'єру по корисним копалинам.

Нижче розглянемо динаміку гірничих робіт для безтранспортної системи розробки пологих родовищ, яка на практиці є найбільш ефективною. При безтранспортній системі драглайн може розміщуватися на розкривному уступі, на передвідвалі або одночасно на розкривному уступі та передвідвалі.

На кар'єрах має місце використання таких типів драглайнів: ЕШ-6/60, ЕШ-10/70, ЕШ-25/100, ЕШ-40/85 та інші типи. Максимальна довжина стріли до 100 м, ємкість ковша до 150 м<sup>3</sup>.

Нижче розглянемо динаміку розвитку гірничих робіт на прикладі технологічної схеми при розміщенні драглайна ЕШ-20/90 на розкривному уступі кар'єру.

*1 етап (розкриття пологого родовища корисних копалин).*

На цьому етапі виконуються гірничі роботи по проведенню капітальної і розрізної траншей драглайном (крокуючим екскаватором) для створення фронту розкривних робіт при розміщенні драглайна на розкривному уступі. Розкривні породи розміщуються на поверхні землі та мають назву – зовнішній відвал. Форма і параметри відвалу залежать від гірничого обладнання, яке застосовується на першому етапі. Це дає змогу розкрити родовище корисних копалин і підготувати фронт гірничих робіт для подальшої розробки пологого родовища (рис. 1).

Розрахункові формули.

Об'єм капітальної траншеї визначається за формулою

$$V_K = \frac{H_T^2}{i} \left( \frac{b}{2} + \frac{H_T}{3tg\gamma} \right), \text{ м}^3,$$

де  $H_T$  – глибина кар'єру, м;  $H$  – висота розкривного уступу, м;  $h$  – потужність пласта корисної копалини, м;  $i$  – нахил капітальної траншеї, тис. ‰;  $b$  – ширина капітальної траншеї знизу, м;  $\gamma$  – кут укосу борта капітальної траншеї, град.

Об'єм розрізної траншеї по розкривним породам визначається за формулою

$$V_{PB} = [B + h(ctg\alpha + ctg\gamma) + Hctg\gamma]HL_{PB}, \text{ м}^3,$$

де  $B$  – ширина розрізної траншеї знизу, м;  $L_{PB}$  – середня довжина фронту гірничих робіт по розкривним породам, м;  $\gamma$  – кут укосу борта розрізної траншеї, град;  $\alpha$  – кут укосу борта видобувного уступу, град.

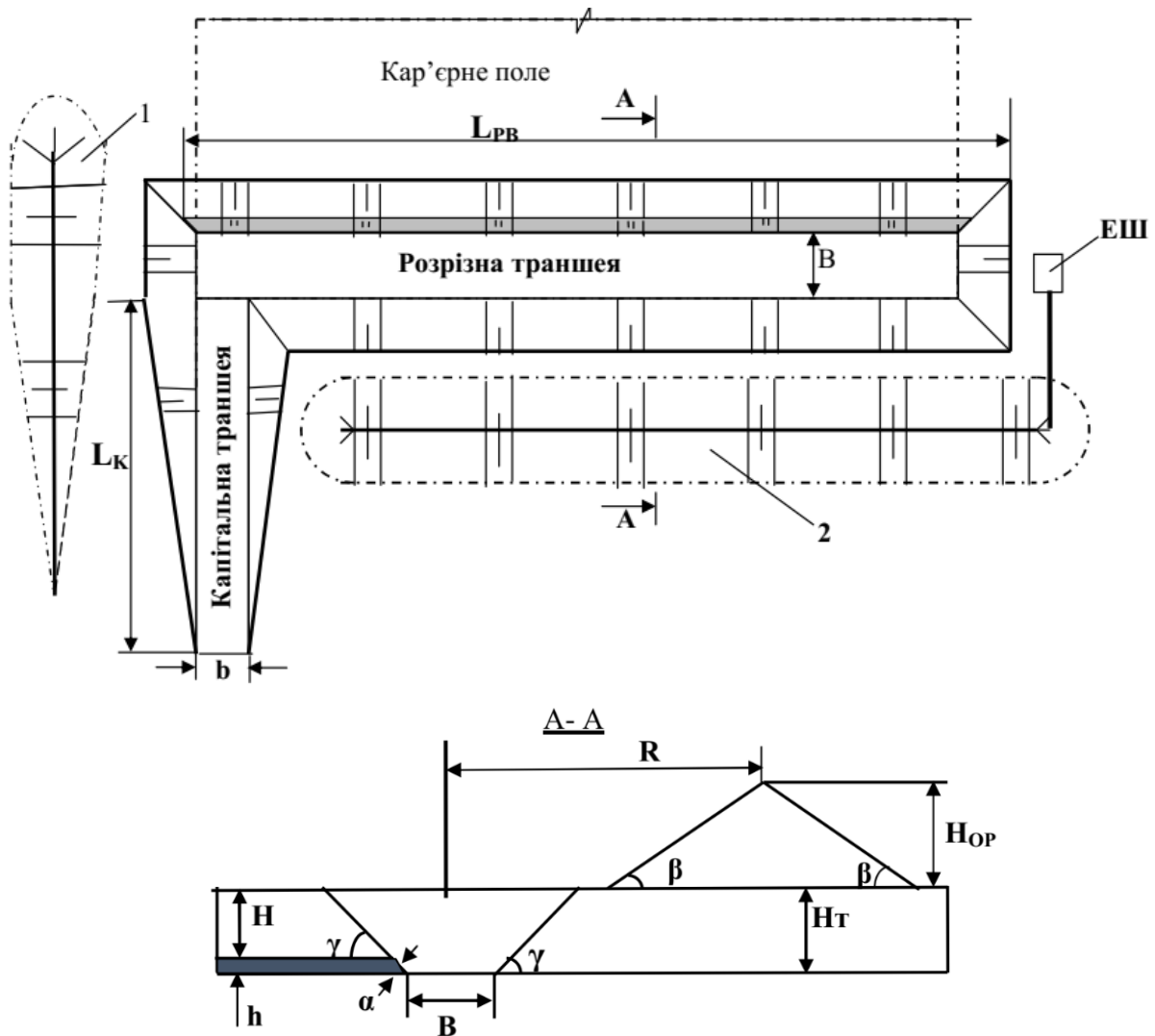


Рис. 1. Розкриття пологого родовища корисних копалин: 1 – зовнішній відвал від капітальної траншеї; 2 – зовнішній відвал від розрізної траншеї

Висота зовнішнього відвалу від розрізної траншеї

$$H_o = \sqrt{[B + h(ctg\alpha + ctg\gamma) + Hctg\gamma]HKptg\beta}, \text{ м,}$$

де  $K_p$  – коефіцієнт розпушення розкривних порід;  $\beta$  – кут укосу борта відвальних порід, град.

Продуктивність драглайна

$$V_{EШ} = \frac{3600EK_H t_D}{t_{ц} K_p}, \text{ м}^3/\text{рік,}$$

де  $E$  – ємність ковша екскаватора,  $\text{м}^3$ ;  $K_H$  – коефіцієнт наповнення ковша екскаватора;  $t_D$  – кількість годин роботи екскаватора за добу;  $t_{ц}$  – тривалість циклу роботи драглайна, с

Термін розкриття пологого родовища

$$T = \frac{V_K + V_{PB}}{V_{EШ}}, \text{ рік.}$$

2 етап (початок розробки родовища).

Початок розробки родовища характеризується виїмкою крокуючим екскаватором розкриву з першої розкривної заходки і розміщенням порід у розрізну траншею. Це початок формування внутрішнього відвалу. Капітальна траншея у подальшому використовується для переміщення транспортними засобами з кар'єру на поверхню землі корисної копалини.

Нижче приведена технологічна схема виїмки розкриву крокуючим екскаватором з першої розкривної заходки і виїмки корисної копалини екскаватором типу механічна лопата (рис. 2).

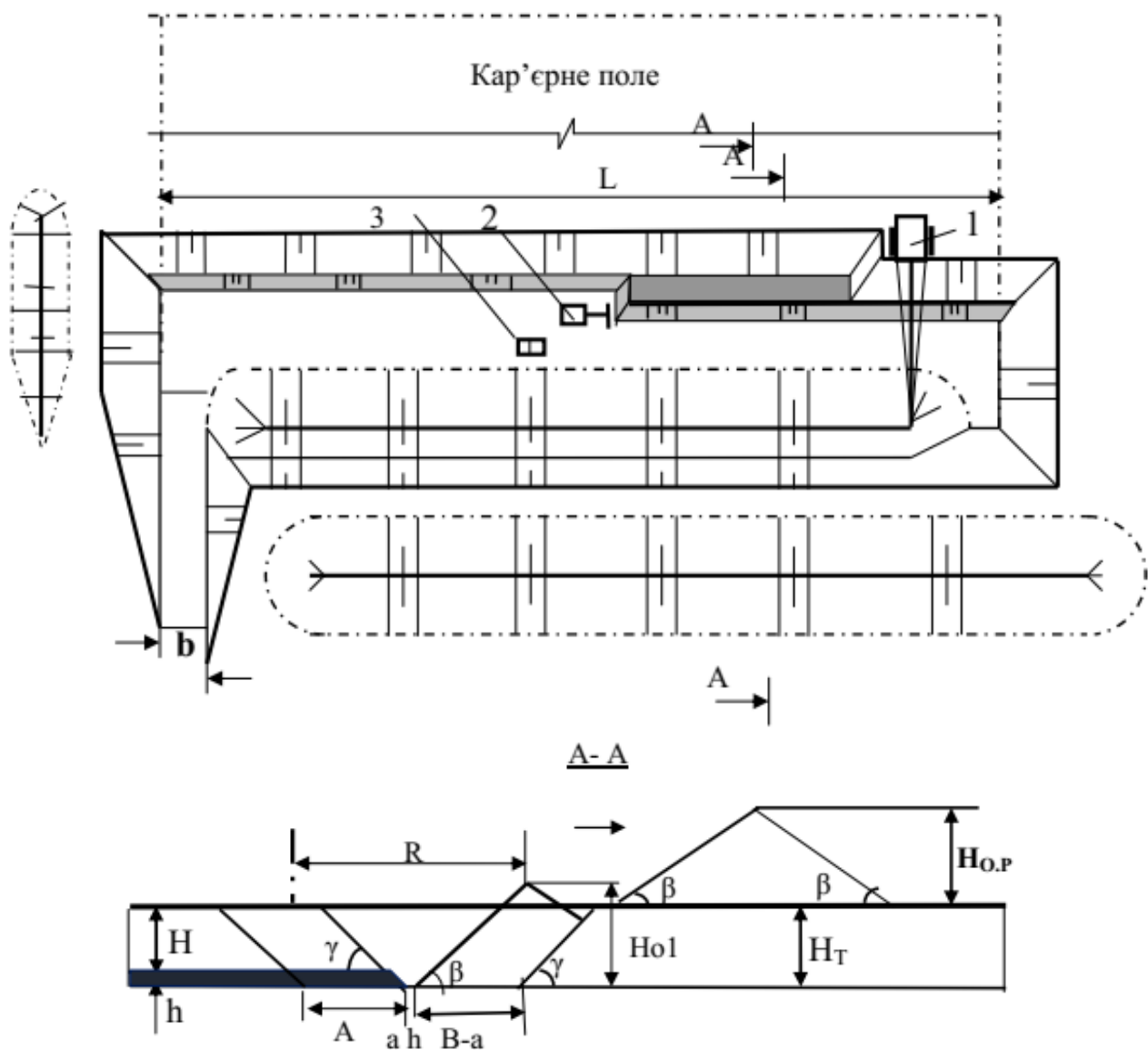


Рис. 2. Розробка першої розкривної заходки з розміщенням розкривних порід у розрізну траншею: 1 – крокуючий екскаватор (тип ЕШ); 2 – видобувний екскаватор (тип ЕКГ); 3 – автосамоскид

Розрахункові формули.

Висота першого внутрішнього відвалу від першої розкривної заходки

$$H_{O.1} = \frac{АНК_p + 0,5(B - a) \frac{tg\gamma tg\beta}{tg\gamma + tg\beta}}{B - a}, \text{ м.}$$

де  $A$  – ширина заходки по розкривним породам драглайна, м;  $a$  – відстань між нижніми брівками видобувного уступу і відвалу порід, м

Об'єм розкриву з першої розкривної заходки

$$Q_1 = АН(L + 2hctg\gamma + Нctg\gamma), \text{ м}^3,$$

де  $L$  – ширина кар'єрного поля, м.

Продуктивність драглайна:

$$V_{ЕШ} = \frac{3600EK_H t_D}{t_{ц} K_P}, \text{ м}^3/\text{рік.}$$

Термін другого етапу

$$T = \frac{Q_1}{V_{ЕШ}}, \text{ рік.}$$

*3 етап (розробка родовища в межах кар'єрного поля).*

Нижче приведена технологічна схема розробки пологого родовища корисних копалин в межах кар'єрного поля при роботі драглайна, який розміщується на розкривному уступі (рис. 3).

Розрахункові формули.

Висота внутрішнього відвалу

$$H_O = НК_p + 0,25Atg\beta, \text{ м.}$$

Ширина підсипки укосу розкривного уступу на рівні робочої площадки

$$X = B_B + (H - H_B)ctg\gamma + hctg\alpha + a + H_Octg\beta - R, \text{ м,}$$

де  $H_B$  – висота верхнього вибою драглайна, м;  $R$  – радіус розвантаження драглайна, м.

Площа розрізу об'єму переєккавації розкривних порід:

$$S_{\Pi} = X(H - H_B + h) + 0,5(H - H_B + h)^2(ctg\beta - ctg\gamma) - 0,25[X + (H - H_B + h)(ctg\beta - ctg\gamma) - a]^2 tg\beta, \text{ м}^2.$$

Коефіцієнт переєккавації розкривних порід

$$K_{\Pi} = \frac{S_{\Pi}}{НАК_p}.$$

Річне переміщення фронту розкривних робіт

$$\Pi_r = \frac{V_{EШ}}{L_{Ш}H(1 + K_{П})}, \text{ м/рік}$$

Потужність кар'єру по розкриву

$$V_p = \frac{Q_k H}{h \rho_{0,95}}, \text{ м}^3/\text{рік.}$$

Термін роботи кар'єру в межах кар'єрного поля

$$T = \frac{L_d L_{Ш} H (1 + K_{П})}{V_{EШ}}, \text{ м}^3/\text{рік.}$$

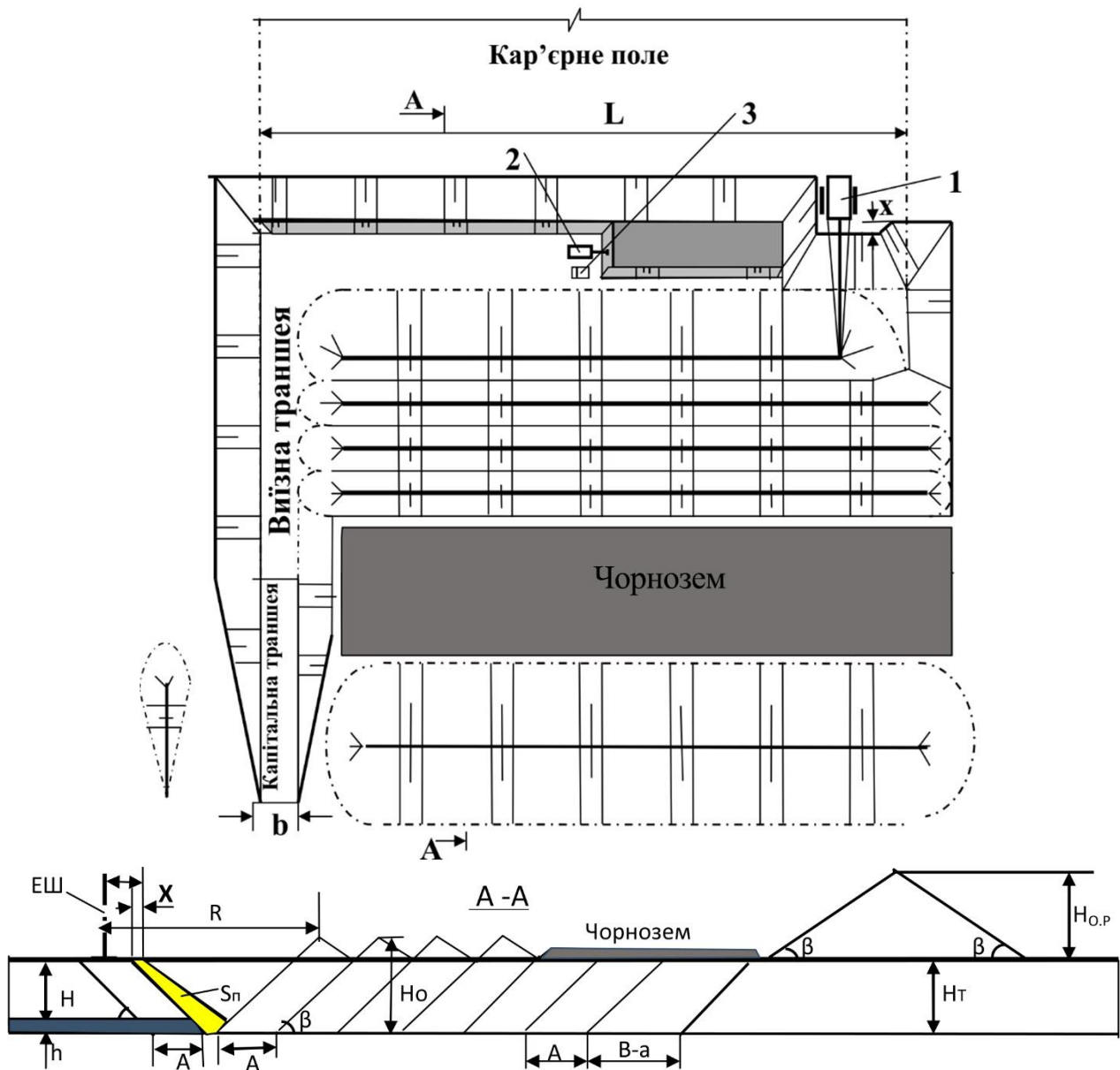


Рис. 3. Розробка пологого родовища за безтранспортною системою (розробляється сьома розкривна заходка): 1 – драглайн (тип ЕШ); 2 – механічна лопата для виїмки корисної копалини; 3 – автосамоскид

4 етап (завершення розробки родовища).

На цьому етапі завершується розробка пологого родовища. Як видно на рис. 4, після завершення розробки родовища має місце на поверхні землі такі остаточні гірничі об'єкти: капітальна траншея; виїзна траншея; залишкова траншея; внутрішній відвал, покритий чорноземом; зовнішній відвал від розрізної і капітальної траншеї.

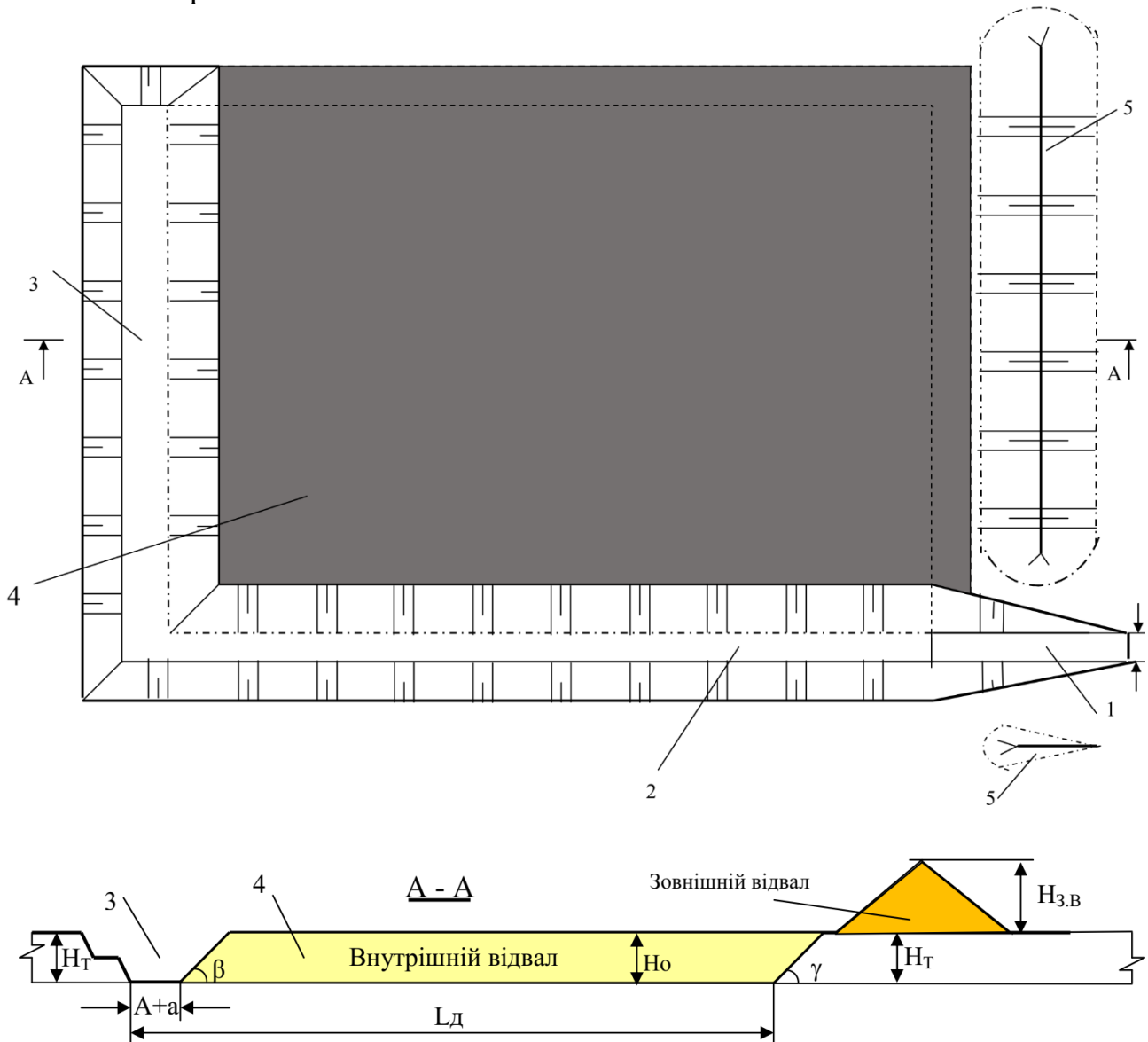


Рис. 4. Наявність і положення гірничих об'єктів після завершення розробки родовища: 1 – капітальна траншея; 2 – виїзна траншея; 3 – залишкова траншея; 4 – внутрішній відвал, покритий чорноземом; 5 – зовнішній відвал від розрізної і капітальної траншеї

Розрахункові формули.

Об'єм розкривних порід в границях кар'єрного поля, що виймаються екскаваторами за весь період розробки родовища, визначається по формулі:

$$V_{P.П} = (L + H_T \operatorname{ctg} \gamma) (L_d + H_T \operatorname{ctg} \gamma) H, \text{ м}^3.$$



Об'єм корисної копалини в границях кар'єрного поля, що добувають за весь період розробки родовища

$$V_{кп} = (L + hctg\gamma)(L_{д} + hctg\gamma)h, м^3$$

де  $L_{д}$  – довжина кар'єрного поля, м.

Об'єм чорнозему, який виймається в продовж розкриття і розробки пологого родовища

$$V_{чп} = (L + 2H_Tctg\gamma)(L_{д} + 2H_Tctg\gamma)h_{ч} + 2H_{OP}ctg\beta L, м^3.$$

Середня товща чорнозему, який покриває площу внутрішнього відвалу

$$h_{с.ч.} = \frac{V_{ч}}{(L + 2H_Tctg\gamma - b - HKp)(L_{д} + 2H_Tctg\gamma - B - HKp)}, м.$$

Апробацію запропонованої динаміки розробки пологих родовищ корисних копалин здійснено в геологічних умовах Нікопольського марганцеворудного басейну.

Вихідні дані для виконання розрахунків технологічних показників етапів гірничих робіт при розробці пологих родовищ: ширина розрізної траншеї з низу  $B = 50$  м; ширина капітальної траншеї з низу  $b = 25$ ; кут укосу породного відвалу  $\beta = 35^\circ$ ; кут укосу розкривного уступу  $\gamma = 40^\circ$ ; кут укосу видобувного уступу  $\alpha = 45^\circ$ ; нахил капітальної траншеї  $i = 0,1$  тис. ‰; ширина кар'єрного поля  $L = 2000$  м; довжина кар'єрного поля  $L_{д} = 5000$  м; коефіцієнт розпушення розкривних порід  $Kp = 1,25$ ; середня продуктивність крокуючого екскаватора ЕШ-20/90,  $V_{ЕШ} = 4,0$  млн  $м^3$ /рік; висота видобувного уступу,  $h = 4$  м; відстань між нижніми брівками добувного уступу і відвалу порід  $a = 5$  м; ширина розкривної заходки  $A = 40$  м; загальна кількість діб роботи драглайна за рік  $T = 250$ ; щільність корисної копалини  $\rho = 2$  т/ $м^3$ ; продуктивність кар'єру по корисним копалинам  $Qk = 1,5$  млн т/рік; потужність чорнозему в границях кар'єрного поля,  $h_{ч} = 0,5$  м; ширина залишкової траншеї знизу  $B = 50$  м; ширина капітальної траншеї знизу  $b = 25$  м.

Розрахунки параметрів і показників по приведеним вище формулам при поетапній розробці пологих родовищ приведено в табл. 1 і 2.

Таблиця 1

Технологічні показники етапів розробки пологих родовищ

| № п/п | Висота розкривного уступу, м | 1етап                             |  | 2етап                             |  | 3етап                             |  | 4етап                               |
|-------|------------------------------|-----------------------------------|--|-----------------------------------|--|-----------------------------------|--|-------------------------------------|
|       |                              | Об'єм розкривних робіт, млн $м^3$ | Термін виконання розкривних робіт, рік | Об'єм розкривних робіт, млн $м^3$ | Термін виконання розкривних робіт, рік | Об'єм розкривних робіт, млн $м^3$ | Термін виконання розкривних робіт, рік | Об'єм залишкових траншей, млн $м^3$ |
| 1     | 20                           | 2,12                              | 0,53                                   | 1,42                              | 0,36                                   | 187,8                             | 59                                     | 2,12                                |
| 2     | 25                           | 2,70                              | 0,68                                   | 1,78                              | 0,45                                   | 315,7                             | 80                                     | 2,70                                |
| 3     | 30                           | 3,30                              | 0,83                                   | 2,15                              | 0,54                                   | 479,6                             | 101                                    | 3,30                                |

Таблиця 2

## Основні показники розробки пологих родовищ корисних копалин

| N п/п | Висота розкривного уступу, м | Об'єм розкривних порід в межах кар'єрного поля, млн м <sup>3</sup> | Об'єм корисної копалини в межах кар'єрного, млн м <sup>3</sup> | Об'єм чорнозему в межах родовища, млн м <sup>3</sup> | Середня потужність чорнозему, м |
|-------|------------------------------|--|--|--|---------------------------------|
| 1     | 20                           | 303,60   | 100,30   | 10,32  | 0,516                           |
| 2     | 25                           | 406,01   | 100,30   | 10,30  | 0,518                           |
| 3     | 30                           | 509,02   | 100,30   | 10,46  | 0,520                           |

**Висновки.** Запропонована методика дослідження динаміки розвитку гірничих робіт при розробці пологих родовищ, яка складається з визначених етапів гірничих робіт. Так на 1 етапі розглядається розкриття пологого родовища в межах кар'єрного поля; 2 етап – початок розробки родовища (розробка першої розкривної заходки); 3 етап – розробка пологого родовища в межах кар'єрного поля; 4 етап – завершення розробки пологого родовища.

Для кожного етапу гірничих робіт приведені розрахунки технологічних показників і відповідні графіки, що складаються для забезпечення своєчасного і рівномірного видобутку корисної копалини в плановому режимі в межах кар'єрного поля. Приведена методика щодо динаміки розвитку гірничих робіт дає можливість виконувати перспективні та поточні плани розробки пологого родовища. Наведено приклад реалізації запропонованої динаміки розвитку гірничих робіт в гірничо-геологічних умовах Нікопольського марганцеворудного басейну.

## Перелік посилань

1. Гуменик, І.Л., Корсунський, Г.Я., & Ложніков, О.В. (2014). *Технологія відкритої розробки пологих родовищ корисних копалин: навч. посіб.* Національний гірничий університет.
2. Собко, Б.Ю., Пчолкін, Г.Д., Корсунський, Г.Я., & Ложніков, О.В. (2017). *Технологія відкритої розробки родовищ корисних копалин : навч. посіб.: у 2-х ч. Ч.1. Розкриття пологих родовищ.* Національний гірничий університет.
3. Собко, Б.Ю., Пчолкін, Г.Д., Корсунський, Г.Я., & Ложніков, О.В. (2018). *Технологія відкритої розробки родовищ корисних копалин : навч. посіб.: у 2-х ч. Ч.2. Системи відкритої розробки родовищ.* Національний гірничий університет.
4. Новожилов, М.Г., Ескін, В.С., & Корсунський, Г.Я. (1973). *Теорія і практика безтранспортної системи відкритої розробки родовищ.* Вища школа.
5. Новожилов, М.Г., Ескін, В.С., & Корсунський, Г.Я. (1978). *Теорія і практика відкритої розробки горизонтальних родовищ.* Недра.
6. Пивняк, Г.Г., Гуменик, І.Л., Дребенштедт, К., & Панасенко, А.И. (2011). *Научные основы рационального прородопользования при открытой разработке месторождений.* Національний гірничий університет.
7. CAI, Q. X., ZHOU, W., PENG, H. G., CHEN, Y. L., & CHEN, S. Z. (2009). Reliability of dragline stripping and semi-continuous mining coal system under the thick overburden. *Journal of China Coal Society*, 34(11), 1456-1459.
8. MA, J., Cai, Q. X., ZHOU, W., & Chen, S. Z. (2006). Influence adaptability of dragline to variation of coal seam thickness during mining operation period of large surface coal mine. *Journal of Liaoning Technical University*, 25(5), 662-665.
9. SHANG, T., Wei, Z. H. O. U., & Qing-xiang, C. A. I. (2010). Stability for coal mining system

under dragline stripping technology with thick overburden. *Journal of Mining & Safety Engineering*, 27(2), 175-178.

### АННОТАЦИЯ

**Цель.** Разработать последовательность действий по установлению динамики разработки пологих месторождений от вскрытия до завершения горных работ на основе анализа научно-исследовательских и практических достижений в области открытой разработки.

**Методика исследования.** Во время выполнения исследований использовался метод анализа и систематизации при выборе критерия влияния горно-геологических условий залегания полого месторождения, а также параметров и показателей технологических схем, которые имеют место в этапах разработки полого месторождения.

**Результаты исследования.** Определено динамику развития горных работ при разработке пологих месторождений полезных ископаемых. Для решения этой технологической задачи рекомендуется весь период разработки месторождения разделить на следующие основные этапы горных работ: 1 этап – вскрытие месторождения полезных ископаемых; 2 этап – начало разработки месторождения (разработка первой вскрышной заходки); 3 этап – разработка месторождения полезных ископаемых; 4 этап – завершение разработки месторождения.

**Научная новизна.** Выполненные исследования позволяют установить связь между этапами горных работ, что позволяет выполнять более эффективно текущие и перспективные планы горных работ, а также, проектные исследования относительно равномерного уровня добычи полезного ископаемого в плановом режиме в пределах карьерного поля при разработке пологих месторождений полезных ископаемых.

**Практическое значение.** Полученные результаты исследований параметров и показателей технологических схем горных работ в рамках предложенных этапов горных работ при разработке пологих месторождений полезных ископаемых дают возможность более эффективно выполнять текущие и перспективные планы горных работ, оценивать параметры и показатели технологических схем. Таким образом, реализуется возможность предлагать эффективную систему разработки полого месторождения по плановой добыче полезных ископаемых в пределах карьерного поля. Приведен пример реализации предложенной методики по динамике развития горных работ в горно-геологических условиях Никопольского марганцеворудного бассейна.

**Ключевые слова:** бестранспортная технология, шагающий экскаватор, динамика разработки пологих месторождений, разработка пологих месторождений полезных ископаемых, этапы разработки пологого месторождения, вскрытие пологих месторождений

### ABSTRACT

**Purpose.** To develop a sequence of actions to establish the dynamics of the flat deposits development from opening to completion of mining operations based on the analysis of research and practical achievements in the field of surface mining.

**Research methodology.** During the research, the method of analysis and systematization was used when choosing a criterion for the influence of mining and geological conditions of a flat deposit, as well as parameters and indicators of technological schemes that take place during the development stages of a flat deposit.

**The results.** The dynamics of the mining operations development at the mining of flat minerals deposits has been determined. To solve this technological problem, it is recommended to divide the

entire development period of the deposit into the following main stages of mining operations: Stage 1 – opening of a mineral deposit; Stage 2 – start of field development (development of the first overburden cut); Stage 3 – development of a mineral deposit; Stage 4 – completion of field development.

**Scientific novelty.** The studies performed make it possible to establish a connection between the stages of mining, which allows for more efficient implementation of current and long-term plans for mining operations, as well as design studies of a relatively uniform level of mining in a planned mode within a pit field during the development of flat mineral deposits.

**Practical value.** The results obtained from the study of parameters and indicators of mining operations technological schemes within the framework of the proposed stages at the development of flat deposits of minerals make it possible to more efficiently carry out current and long-term plans of mining operations, to evaluate the parameters and indicators of technological schemes. Thus, the opportunity is realized to offer an effective development system of a flat deposit for the planned production of minerals within the pit area. An example of the implementation of the proposed methodology on the dynamics of the development of mining operations in the mining and geological conditions of the Nikopol manganese ore basin is given.

**Keywords:** *dragline technology, walking excavator, dynamics of flat deposits development, development of flat mineral deposit, stages of flat deposits development, opening of flat deposits.*