

© О.О. Анісімов¹, К.С. Бардаков¹¹ Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна

ЕТАПИ СТВОРЕННЯ ВНУТРІШНЬОГО ВІДВАЛУ НА ГЛИБОКОМУ КАР'ЄРІ

© О. Anisimov¹, K. Bardakov¹¹Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine

STAGES OF CREATING AN INTERNAL DUMP IN A DEEP PIT

Мета. Заповнення породами розкриття внутрішнього виробленого простору кар'єру та його окремих ділянок є основним заходом, що сприяє раціональному використанню земельних площ навкруги кар'єру при розробці родовищ значних розмірів. Відбувається істотне зниження витрат грошей на виймання, переміщення і складування порід розкриття, а також видобуток корисної копалини. Складування порід розкриття у виробленому просторі глибоких кар'єрів зменшує відстані їх перевезення, зберігає значні земельні площі від порушення зовнішніми відвалами. Відомо, що експлуатація групи родовищ або ж кар'єрних полів значних розмірів повинна супроводжуватися з виділенням кар'єру першої черги, відпрацювання його до граничних контурів і з наступним посуванням гірничих робіт з виділенням черг і складуванням порід розкриття у виробленому просторі.

Методика. Визначенні порядок та способи переміщення порід розкриття від вибою до внутрішніх відвалів з подальшим їх складуванням при розробці глибоких кар'єрів за запропонованою технологічною схемою. Розрахунки виконані з використанням сучасних ГІС технологій з використанням програмного забезпечення K-mine. Для підрахунку об'ємів розкритих порід, що розміщують у внутрішні відвали застосований метод вертикальних перерізів.

Результати. При відпрацюванні глибокого кар'єру зменшення відстаней транспортування порід розкриття з нижніх горизонтів досягається за рахунок правильного розміщення транспортних комунікацій і формування внутрішніх відвалів. Виділення на родовищі черг розробки дозволяє сформувати кар'єр першої черги з наступним посуванням фронту гірничих робіт і визначити об'єми порід для розміщення у внутрішньому відвалі.

Наукова новизна. Проведений аналіз та визначені послідовність та способи утворення внутрішніх відвалів. Встановлено графічні залежності обсягів складованих порід розкриття на кожному етапі формування відвалів без урахування та з урахуванням коефіцієнту розпушення порід.

Практична значимість. В межах виробленого простору кар'єру ПГЗК є можливість розмістити значні обсяги порід розкриття, що позитивно відобразиться як на навколишньому середовищі, так і на економічних показниках підприємства.

Ключові слова: породи розкриття та їх об'єми, черги формування внутрішніх відвалів, внутрішнє відвалоутворення, технологія створення внутрішнього відвалу.

Вступ. На теперішній час на Полтавському ГЗК породи розкриття перевозяться комбінованим транспортом, основними видами транспорту є автомобільний та залізничний. Породи розкриття переміщують від вибою за допомогою автосамоскидів до перевантажувальних площадок, де екскаваторами здійснюється завантаження в думпкари з наступним їх вивезенням на східні відвали. У той же

час західні відвали створюють із застосуванням екскаваторів і бульдозерів, а доставка порід розкриву здійснюється автомобільним транспортом.

Перед комбінатом виникають завдання з подальшої реконструкції транспортної схеми в кар'єрі та пошук варіантів зниження собівартості виймання порід розкриву і корисної копалини.

Розкривні породи з вибоїв доставляються автомобільним або залізничним транспортом на перевантажувальні пункти або безпосередньо у відвали. Розкривні породи із західного борта кар'єру вивозяться автомобільним транспортом по наступних напрямках:

- на екскаваторні перевантажувальні пункти з подальшим транспортуванням їх залізничним транспортом у зовнішні відвали;
- на зовнішні відвали, що розташовані поблизу західного борту кар'єру;
- після дроблення на підсипку та створення транспортних комунікацій усередині кар'єру.

Розкриття нижніх горизонтів передбачається тимчасовими автомобільними з'їздами з виходом на ділянки постійних автодоріг, що зв'язують робочі горизонти із перевантажувальними пунктами в кар'єрі.

Питаннями створення відвалів в умовах глибоких кар'єрах займалися такі вчені й інженери як М.Г. Новожилов, А.Ю. Дриженко, А.Г. Шапар, О.В. Романенко, І.І. Русський й ін.

Створення внутрішніх відвалів при розробці крутоспадаючих родовищ відображені у роботі А.Ю. Дриженко, де показаний досвід засипки кар'єру № 1 НКГЗКа за рекомендаціями Дніпропетровського гірничого інституту [1] з лютого 1979 р. засипка виробленої південно-східної ділянки кар'єру № 1 здійснювали екскаватором ЕКГ-6,3Ус, що працював в комплексі із залізничним транспортом з гор. +66 м одним ярусом. У початковий період його висота дорівнювала 174 м, а на кінець 1983 р. після засипки нижніх уступів уже склала 100-110 м. Опис технології і будівництва внутрішніх відвалів на глибоких кар'єрах представлено в роботах А.Ю. Дриженко [2, 3]. В цих роботах зазначено, що відсипка високих відвалів на стійку суху підставу призводить через деякий час після початку робіт у нижній їхній частині зрушення, що приймало вигляд "язика", довжина якого іноді досягала 80 - 100 м. Це явище відбувалося внаслідок видавлювання породи через недостатнє зчеплення її з підшовою відвалу.

А.Г. Шапарем запропонована нова технологічна схема розробки крутоспадаючих родовищ із формуванням внутрішнього відвалу. Запропонована технологічна схема вирішує питання пошарового виймання порід й їх складування в тимчасовий відвал на непорушній площі родовища [4]. Застосування такої технології дозволяє збільшити кут укосу борту на 5-7°, зменшити відстань транспортування порід розкриву.

У роботах [5, 6] для складування розкривних скельних порід, як альтернативний варіант екскаваторному способу запропоновано засипку кар'єру здійснювати конвеєрним відвалоутворювачем із паралельним переміщенням уздовж фронту відвальних робіт.

У роботі проф. Симоненка В. І. [7] вказується, що при розробці гранітних кар'єрів як незначної глибини, так і глибоких кар'єрів потрібно застосовувати екобезпечні технології ведення відкритих гірничих робіт, які дозволяють поетапно відпрацьовувати родовища, та складувати породи розкриву у внутрішні відвали.

Основна частина. При заповненні відпрацьованих кар'єрів або їхніх ділянок породи розкриву до робочої площадки внутрішнього відвала найчастіше доставляються залізничним транспортом. Створення відвалу здійснюється бульдозером або одноковшовими екскаваторами (механічною лопатою з подовженим робочим обладнанням або драглайном). Для запобігання поверхні відвала від зсувів у його основі необхідно укладати тільки скельні породи без глинистих включень. Застосування драглайнів для засипки кар'єрів переважніше, оскільки вони відсипають заходку шириною в 3-5 разів більше, ніж кар'єрні екскаватори механічна лопата. Більший крок переукладання залізничних колій і далекість їх від верхньої брівки відвала дозволяють робити відсипання внутрішніх відвалів драглайнами більш економічно і безпечно.

Формування глибоких кар'єрів, характеризується значною глибиною, високою інтенсивністю зміни фронту робіт. Створення відвальних уступів у таких умовах супроводжується розміщенням на верхньому робочому майданчику важкого гірничотранспортного обладнання. У той же час в нижній частині внутрішнього відвала необхідно створення додаткових зусиль, які перешкождали б зрушенню порід і підвищили коефіцієнт запасу стійкості внутрішнього відвала.

У зв'язку зі зменшуваними ємностями зовнішніх західного й східного відвалів в умовах Полтавського ГЗКа технологія формування внутрішніх відвалів у виробленому просторі й параметри внутрішніх відвалів є актуальною проблемою.

Аналізуючи застосовувані на кар'єрі Полтавського ГЗКа технологічні схеми і виходячи зі стану гірничих робіт пропонується розмістити частину розкривних скельних порід у центральній частині на відпрацьованих бортах кар'єру з використанням технології внутрішнього складування. Доставка розкривних порід від вибоїв буде здійснюватися автомобільним транспортом з розвантаженням на внутрішньому відвалі. Формування внутрішнього відвала пропонується здійснювати бульдозерами і екскаваторами. Відвал формується одним ярусом зі скельних порід.

Засипка відпрацьованих ділянок кар'єру є основним заходом, що сприяє не тільки раціональному використанню земельних ресурсів при гірничих роботах, але й істотному зниженню витрат на виймання порід розкриву та видобуток корисної копалини. Розміщення порід розкриву у виробленому просторі глибокого кар'єру знижує до мінімуму відстань перевезення й зберігає значні земельні площі від порушення зовнішніми відвалами. Тому при експлуатації кар'єрного поля значних розмірів варто виділяти черги або етапи відпрацювання, формувати простір до граничних контурів і потім вести наступну розробку зі складуванням порід розкриву у виробленому просторі.

Внутрішнє відвалоутворення. Для підвищення коефіцієнта запасу стійкості внутрішнього відвала в його нижній частині варто створювати додаткові зусилля, що перешкоджають зрушенню. Ця умова забезпечується упором нижньої брівки внутрішнього відвала в протилежний борт кар'єру або в спеціально відсипану призму зі скельних порід по одній з існуючих технологічних схем. Залежно від величини кутів укосу бортів кар'єру схеми його засипання при різній інтенсивності робіт і ширині дна підрозділяються на одне- і двостороннє, поперечне і поздовжнє [3]. На діючому кар'єрі в його відпрацьованій або тимчасово законсервованій частині можливе селективне укладання розкритих порід по різновидах з наступною розробкою й вивезенням на денну поверхню. Висота внутрішніх відвальних ярусів регламентується мінімальною відстанню перевезення розкритих порід внутрішньокар'єрним транспортом і може змінюватися від 15 до 60 м і більше.

Підпорні призми в основі внутрішнього відвала або відвального ярусу формуються бульдозерами з доставлених автотранспортом скельних порід. Ширина їх повинна відповідати ширині відвальної заходки. Залежно від необхідного обсягу упорна призма формується з одного-трьох і більше шарів прилягаючих друг до друга конусів породи, вивантаженої з автосамоскидів. По фронту будівництво упорної призми повинне випереджати розвиток відвального уступу.

Вихідними даними для розрахунку параметрів відсипання тимчасового внутрішнього відвала є ширина робочої площадки 60 м, висота уступів 12-15 м, кут укосу уступу 75° , кут укосу відвала 36° , висота тимчасового внутрішнього відвала 45 м, ширина площадки безпеки між нижньою брівкою відвала і робочими уступами 45 м. Довжина подошви горизонту в центральній частині родовища для розміщення тимчасового відвала складе 1511 м.

Підпірна призма. Для формування внутрішнього відвала в діючому кар'єрі Полтавського ГЗКа необхідно в основі відвала передбачати відсипання упорних призм. Будівництво їх дозволить забезпечити ведення гірничих робіт і процес внутрішнього складування скельних порід розкриву. Формування підпірних призм здійснюється наявними на підприємстві автосамоскидами й бульдозерами. Підпірні призми споруджуються у відповідності із Правилами безпеки і до моменту проведення внутрішнього складування порід розкриву. Підпірні призми формуються в одну стадію й у перетині має вигляд трапеції.

Розміщення порід розкриву у виробленому просторі глибоких кар'єрів знижує до мінімуму відстань перевезення й охороняє земельні площі від порушення зовнішніми відвалами [3]. При експлуатації внутрішнього відвалу майданчики відсипання заходок здійснюють ділянками довжиною по 200-300 м. При утворенні небезпечних зрушень породи роботи з відвалоутворення на робочій ділянці припиняють і переводять на сусідню ділянку. Після стабілізації відвальних порід протягом 2-3 місяців роботи на законсервованій ділянці відновлюють. Загальний фронт відвальних робіт варто розділяти на 3-5 ділянок.

Для підрахунку об'ємів розкривних порід, що розміщують у внутрішні відвали застосований метод вертикальних перерізів. Для одержання результатів використалася програма K-mine. Були визначені основні положення відвалів по чергах планування відповідно з назвами (етап 1, етап 2, етап 3, етап 4).

На першому етапі пропонується формування відвала 1 у центральній частині (рис. 1).

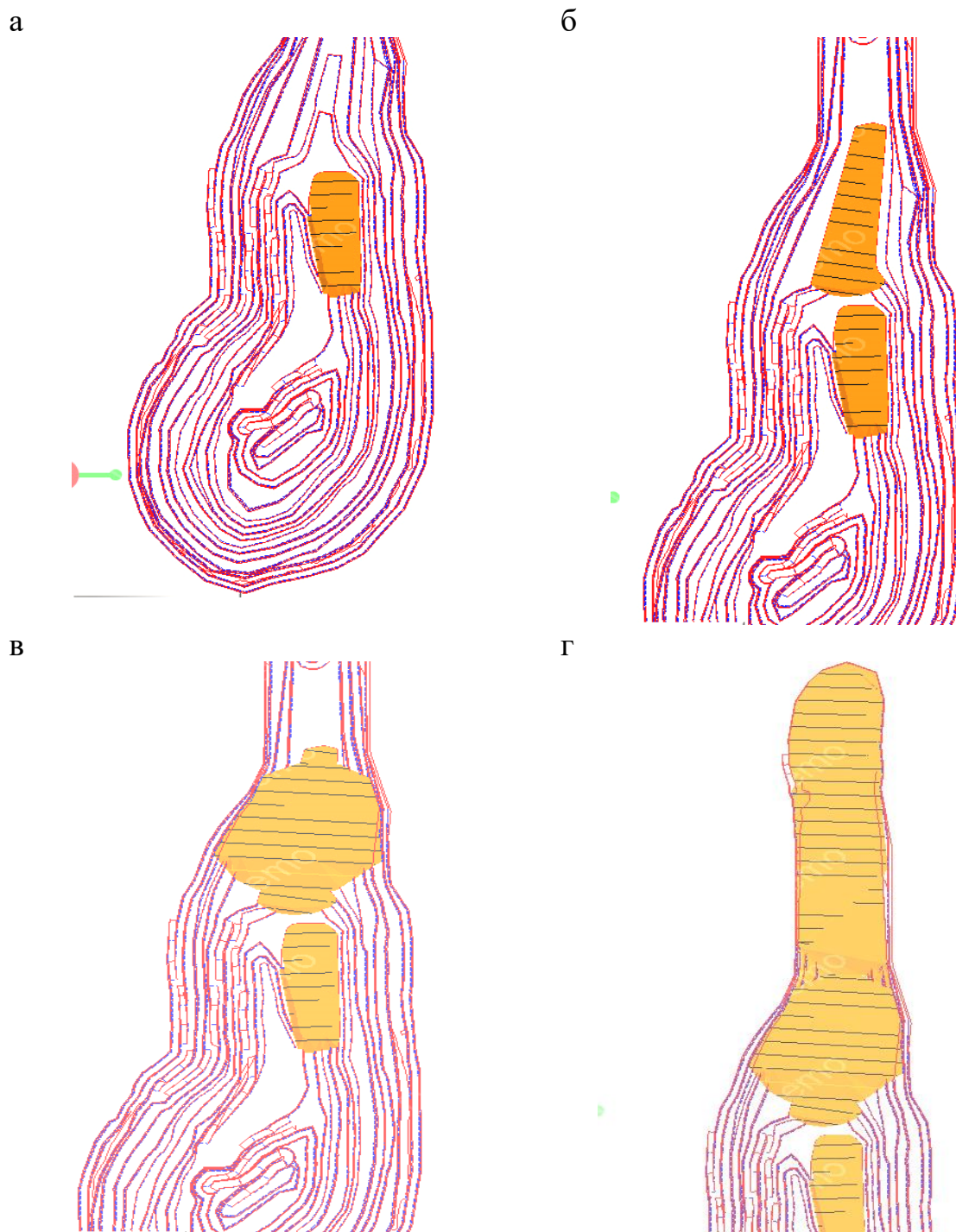


Рис. 1. Схема формування внутрішнього відвала по етапам: а – 1 черга, б – 2 черга, в – 3 черга, г – 4 черга

Контроль за зрушенням, відвальних порід потрібно здійснювати постійно маркшейдерськими вимірами протягом усього строку роботи. На родовищах або ж кар'єрних полях значних розмірів варто виділяти кар'єр першої черги, відпрацьовувати його до граничних контурів і потім вести наступну розробку зі складуванням порід розкриву у виробленому просторі.

Із практики ведення відвальних робіт відомо, що при складуванні скельних дроблених порід приблизно на одну третину від поверхні кут укосу відвальної заходки буде більшим за природний на 5 - 6°. Утворені в такий спосіб навислі породи після закінчення деякого часу оповзають під власною вагою вниз і там розміщаються у вигляді підпірної стінки. При цьому дроблена порода на верхній площадці відвальної заходки ущільнюється і може витримувати розташоване транспортно-відвальне обладнання на своїй поверхні без зсувів.

При формуванні відвалу першої черги в умовах кар'єру ПГЗК довжина відвала – 855 м, нижній рівень горизонту мінус 350,0 м, верхній – мінус 190,0 м. Висота відвалу – 160 м.

На другому етапі здійснюється засипка в центральній частині південніше першого внутрішнього відвала. Довжина відвала 1215 м, нижній рівень горизонту мінус 190,0 м, верхній – мінус 100,0 м. Висота відвалу – 90 м.

Третій етап засипки здійснюється з поверхні кар'єру в межах другого етапу відвалоутворення. Довжина відвала 626 м, нижній рівень горизонту мінус 100,0 м, верхній – плюс 30,0 м. Висота відвалу – 130 м.

Четвертий етап формується від відвала третього етапу з напрямком на південь. Довжина відвалу 2150 м, нижній рівень горизонту в центральній частині мінус 100,0 м, верхній – плюс 45,0 м. Висота відвалу – 145 м. У південній частині нижній рівень горизонту перебуває на горизонті мінус 170,0 м, верхній – плюс 60,0 м. Висота відвалу – 230 м. На четвертому етапі розвиток робіт з відвалоутворення відбувається в північному напрямку (рис. 2).

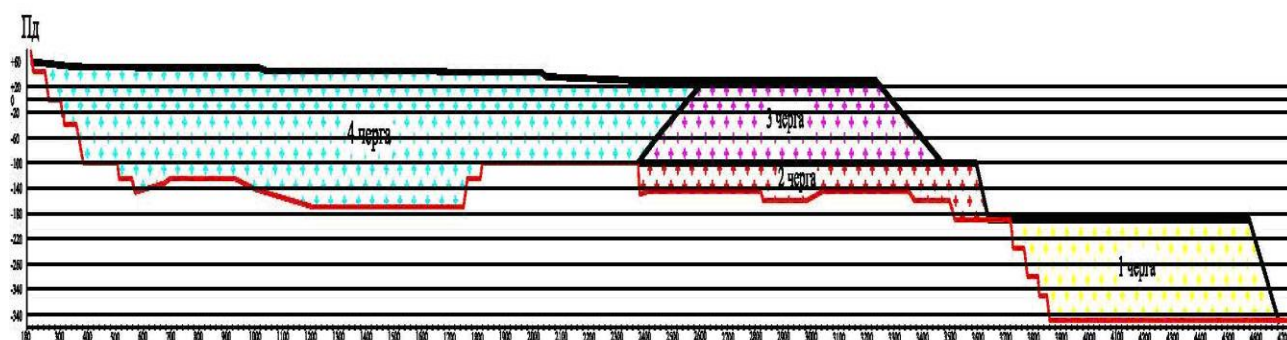


Рис. 2. Поздовжній розріз кар'єру з урахуванням формування етапів

Доставка гірської маси здійснюється по сформованих транспортних комунікаціях на західному борті кар'єру. Засипання на першому й другому етапах здійснюється з півночі на південь, на третьому етапі формування відвала здійснюються із границь західного борта в напрямку південь, північ, схід.

Обсяги порід, що розташовують по чергах формування внутрішнього відвала показані на графіках рис. 3-6.

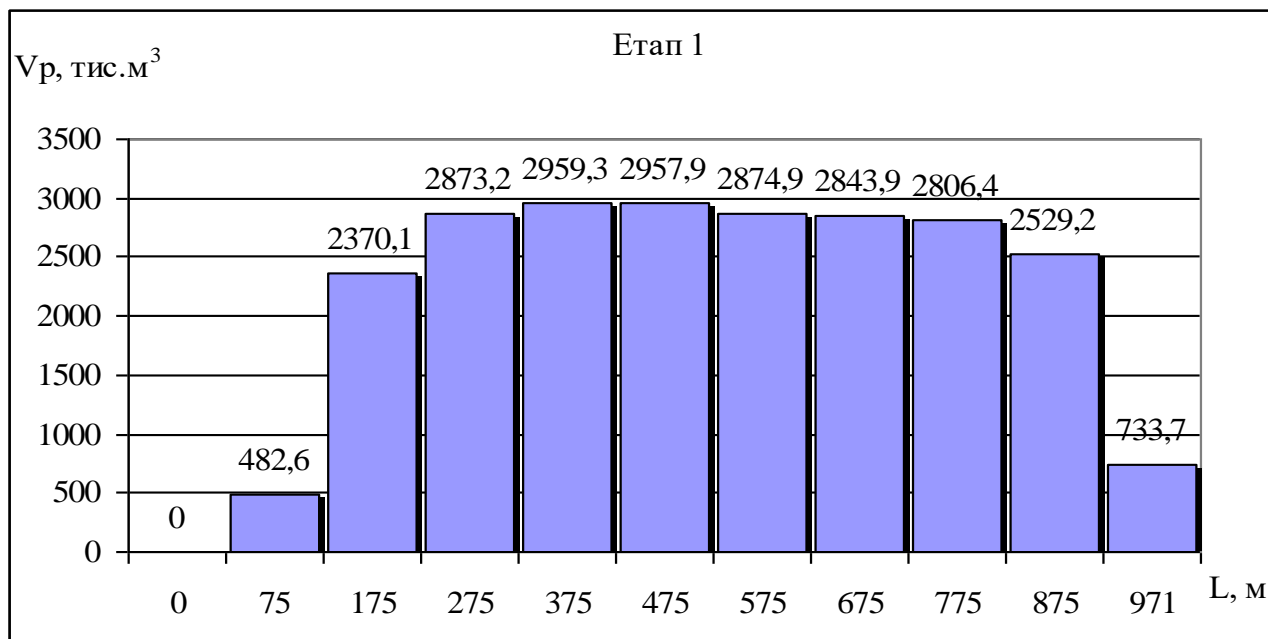


Рис. 3. Обсяги складованих порід розкритву на 1 етапі на 100 м довжини відвала

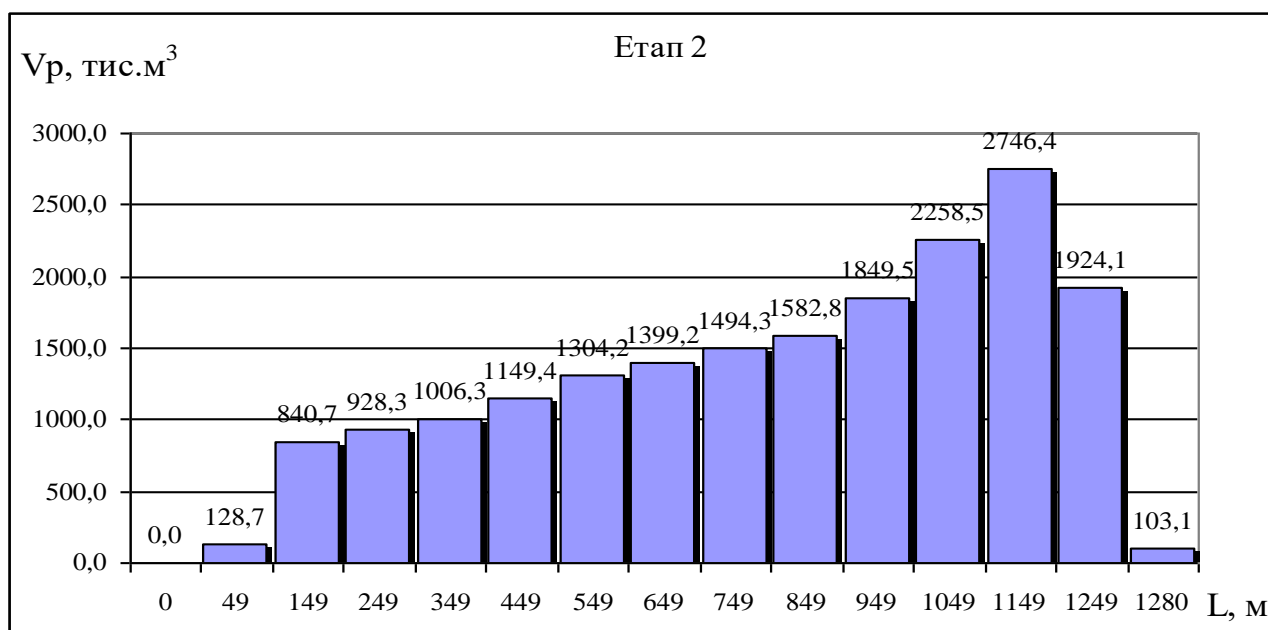


Рис. 4. Обсяги складованих порід розкритву на 2 етапі на 100 м довжини відвала

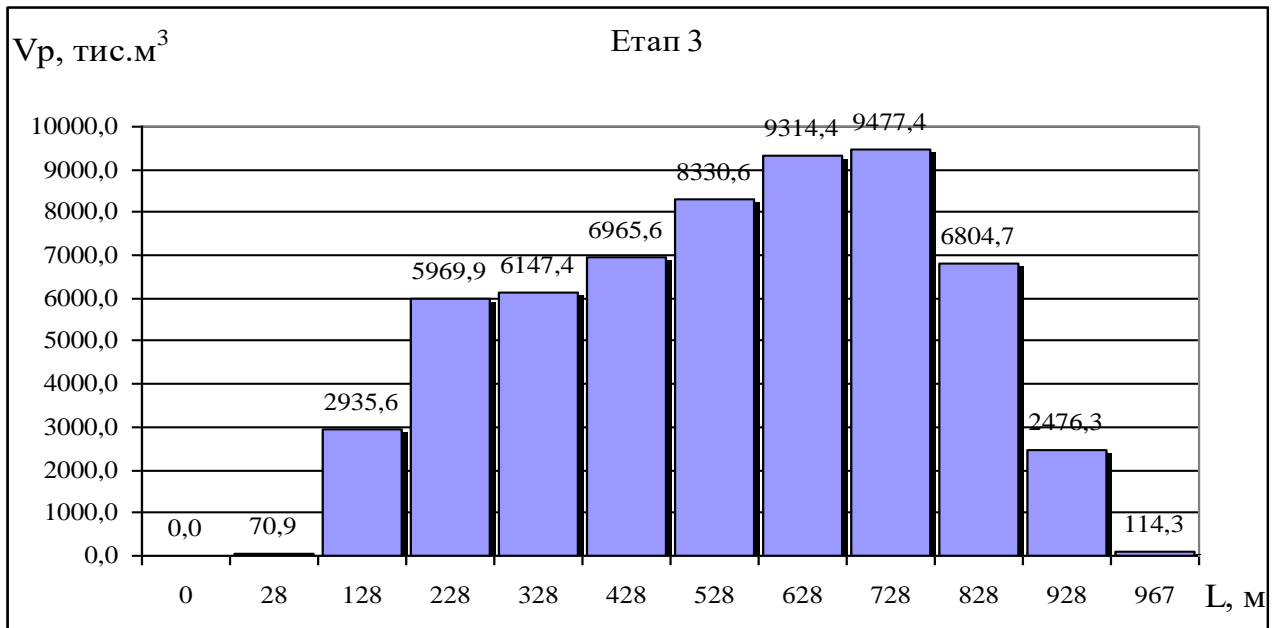


Рис. 5. Обсяги складованих порід розкриття на 3 етапі на 100 м довжини відвала

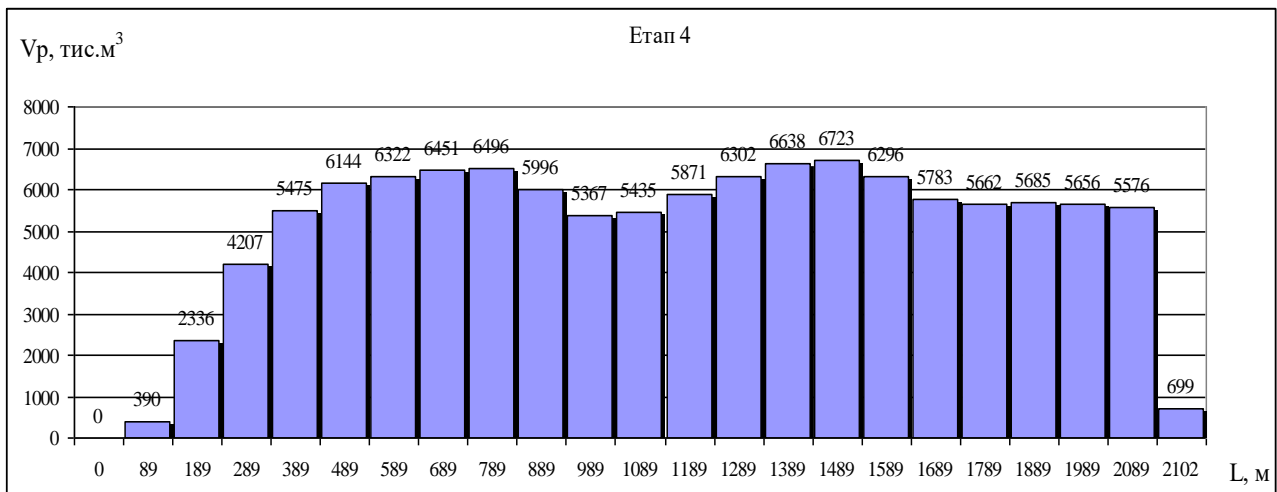


Рис. 6. Обсяги складованих порід розкриття на 4 етапі на 100 м довжини відвала

Загальні обсяги розкриття розташовувані у внутрішні відвали по етапах наведені на графіку рис. 7.

Таким чином, були отримані значення обсягів складованих порід розкриття з урахуванням формування відвала в щільному тілі й з урахуванням коефіцієнта розпушення 1,2.

Формування внутрішніх відвалів супроводжується постійними деформаціями відвала. Характер деформації відвала східчастий, що обумовлюється пошаровим нарощуванням його висоти і ширини. Тріщини і зрушення на робочій площадці в процесі відвалоутворення підсилюються породою і вирівнюються бульдозером.

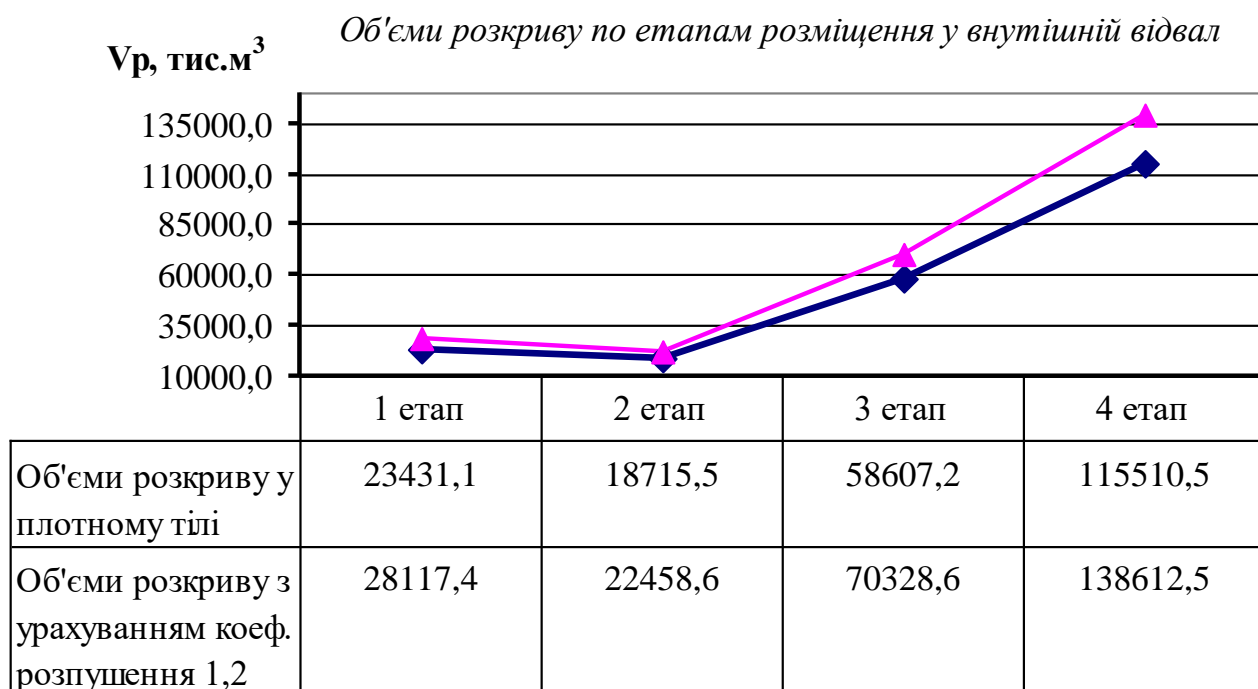


Рис. 7. Показники загальних обсягів складування порід розкриву по етапах розвитку внутрішнього відвала

Висновки. Графіки обсягів складованих порід і дослідження технологічних схем формування внутрішнього відвала показують що, на першому етапі у внутрішній відвал може бути розміщено порід розкриву в обсязі 28117,4 тис. м³, на другому етапі обсяги складуть – 22458,6 тис. м³, на третьому 70328,6 тис. м³ і на четвертому – 138612,5 тис. м³ (рис. 8). На першому і другому етапах використовують винятково автосамоскиди, на третьому і четвертому може бути задіяний залізничний транспорт із перевантажувальними пунктами.

Найбільші обсяги порід розкриву можливо розмістити на третьому й четвертому етапах у центральній і південній частинах відпрацьованого кар'єру.

В межах виробленого простору є можливість розмістити значні обсяги порід розкриву, що позитивно відобразиться як на навколишньому середовищі, так і на економічних показниках підприємства. Параметри технологічних схем відвалотворення в тому числі встановлені обсяги, які можливо розмістити в межах виробленого простору кар'єру ПГЗК: висота відвалів відповідно до сформованого кар'єру й послідовності розміщення внутрішніх етапів відвалів становить від 90 до 230 м, довжина відвалів по етапах формування становить від 626 до 2150 м.

За умови наявного обладнання на кар'єрі Полтавського ГЗКа пропонується як основне обладнання для формування відвала використати екскаватори типу ЕКГ й ЕШ. Застосування даних екскаваторів у таких умовах дозволяє значно поліпшити умови розміщення порід розкриву у внутрішньому відвалі в середині виробленого простору кар'єру.

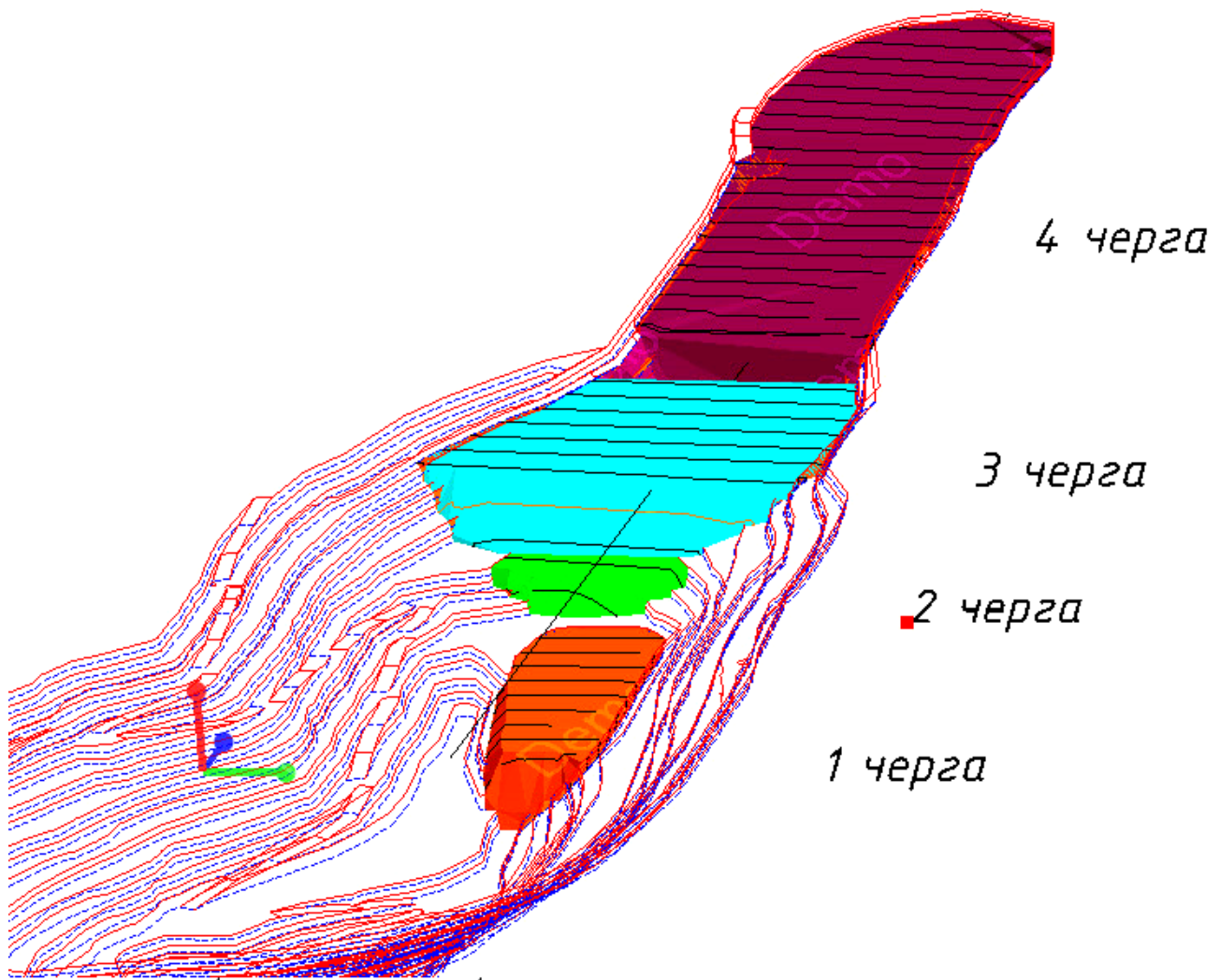


Рис. 8. Схема формування внутрішніх відвалів по чергах

З урахуванням отриманих параметрів площадок екскаватори мехлопата пропонується використати на нижніх горизонтах при формуванні внутрішнього відвала на 1 і 2 етапах. При цьому для безпечних умов робоче обладнання їх повинне мати подовжені параметри по радіусу розвантаження, щоб ківш міг розміщати породи за межами можливого зрушення порід.

Екскаватор типу драглайн пропонується використати при формуванні внутрішнього відвала на другому і третьому етапі, що дозволить безпечно розміщати породи розкриву при значній висоті внутрішнього відвала. Доставка на поверхні може здійснюватися як автосамоскидами так і залізницею.

При швидкості осідань поверхні 50 змін у добу роботи на відвалі припиняються. Така швидкість є переломною крапкою, після якої починають превалювати деформації ковзання, які можуть привести відвал до обвалення.

Безпосередній контроль і керування відвалоутворенням повинне здійснюватися спеціальною маркшейдерською групою. У її обов'язки входять контроль за загальним порядком і розвитком фронту відвалоутворення, а також систематичний візуальний й інструментальний нагляд за станом і деформаціями відвалів. При виявленні видимих дефектів відвал закривають, на в'їзді встановлюють заборонні написи і червоні прапорці. Потім організуються ремонтні роботи.

Перелік посилань

1. Дриженко, А. Ю. (2011). *Карьерные технологические горнотранспортные системы: монография*. НГУ.
2. Дриженко, А.Ю. (1985). *Восстановление земель при горных разработках*. Недра.
3. Дриженко, А.Ю., Козенко, Г.В., Рикус, А.О. (2008). *Відкрита розробка залізних руд України: стан і шляхи удосконалення: Монографія*. Національний гірничий університет.
4. Шапарь, А.Г. (1988). Новые технологии отвалообразования на основе управления состоянием природных и техногенных массивов. *Горный журнал*, (1). 24-26.
5. Анисимов, О.А. (2015). *Технология строительства и разработки глубоких карьеров: Монография*. Национальный горный университет.
6. Anisimov, O. O. (2018). Research on parameters of the working area on an internal dump for developing open pits. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 1, 27–34. <https://doi.org/10.29202/nvngu/2018-1/17>
7. Симоненко, В.І. (2012). *Розробка технологічних, управлінських рішень, нормативної документації, системи екологічного моніторингу щодо природоохоронної діяльності гірничих підприємств. Звіт про НДР (заключний). №ДР 0112U000875*. Державний ВНЗ «НГУ».

ABSTRACT

Purpose. Filling with overburden rocks of the internal mined-out space of the pit and its individual sections is the main measure that contributes to the rational use of land around the pit in the development of deposits of significant size. There is a significant reduction in the cost of funds for the excavation, movement and storage of overburden rocks, as well as the extraction of minerals. Storage of overburden rocks in the mined-out area of deep pits reduces the distance of their transportation, saves significant land areas from disturbance by external dumps. It is known that the exploitation of a group of deposits or pit fields of significant size should be accompanied by the allocation of a pit of the first stage, mining it to the limiting contours and subsequent advancement of mining operations with the allocation of queues and storage of overburden rocks in the empty space.

The methods. The procedure and methods for moving overburden rocks from the face to internal dumps with their subsequent storage during the development of deep pits according to the proposed technological scheme are determined. The calculations were performed using modern GIS technologies using the K-mine software. To calculate the volume of overburden, which is placed in internal dumps, the method of vertical sections is applied.

Findings. When mining a deep pit, the reduction in the distances for transporting overburden rocks from the lower levels is achieved due to the correct placement of transport communications and the formation of internal dumps. The allocation of development queues at the deposit makes it possible to form a pit of the first stage with the subsequent advancement of the mining front and determine the volume of rocks to be placed in the internal dump.

The originality. The analysis was carried out and the sequence and methods for creating internal dumps were determined. The graphic dependences of the volumes of overburden rocks stored at each stage of the formation of dumps are established, without taking into account and taking into account the coefficient of loosening of the rocks.

Practical implimentation. Within the empty space area of the Poltava Mining pit, it is possible to place significant volumes of overburden rocks, which will positively affect both the environment and the economic performance of the enterprise.

Keywords: *overburden rocks and their volumes, stages of internal dump formation, internal dumping, technology for creating an internal dump.*