

© О.О. Анісімов¹¹ Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна

ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ РОЗМІЩЕННЯ ВНУТРІШНІХ ВІДВАЛІВ ПРИ ФОРМУВАННІ БОРТІВ ГЛИБОКИХ КАР'ЄРІВ КРУТОНАХИЛЕНИМИ ШАРАМИ

© O. Anisimov¹¹ Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine

THE SOLUTION TO THE PROBLEM OF THE PLACEMENT OF INTERNAL DUMPS IN THE DEVELOPMENT FOR FORMING THE DEEP PIT EDGES BY STEEP DIPPING LAYERS

Мета. Virішення проблеми формування внутрішніх відвалів при розробці залізрудних родовищ і формуванні бортів глибоких кар'єрів крутонахиленими шарами.

Методика дослідження полягає у встановленні витрат на виймання, переміщення порід розкриву від вибою до внутрішніх або зовнішніх відвалів з подальшим їх складуванням при розробці крутонахилених шарів за запропонованою технологічною схемою. При відпрацюванні крутонахилених шарів зменшення відстаней транспортування порід розкриву 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 з використання крутонахилених шарів і формуванням внутрішнього відвалу.

Результати дослідження. Виконані розрахунки витрат при запропонованій технологічній схемі розробки крутонахиленими шарами. Отримані розрахунки вартості підготовки, виймання, транспортування і розміщення порід розкриву у зовнішніх або внутрішніх відвалах дозволили розглянути можливі потоки вантажу від вибоїв до місць складування. При цьому враховувалося, що витрати на основні процеси крім транспортних – постійні. Транспортні витрати з глибиною збільшуються і відповідно найбільш впливають на вартість всіх робіт при відпрацюванні порід розкриву. Відповідно до представленої схеми відпрацювання крутонахиленими шарами здійснюється діагональними блоками в торцях кар'єру і поздовжніми – усередині його центральної частини. Транспортування порід розкриву усередині кар'єру здійснюється автосамоскидами безпосередньо до зовнішнього або внутрішнього відвалів, а також до перевантажувальних пунктів з наступним переміщенням конвеєрним і залізничним транспортом.

Наукова новизна. Встановлено графічні залежності витрат по процесам виймання порід розкриву на висячому і лежачому борту кар'єру, що дозволило визначити найбільш перспективні напрямки транспортування порід від вибою до відвалів.

Практичне значення. Результати досліджень дозволяють визначити оптимальні схеми транспортування порід розкриву, рекомендувати їх для впровадження на глибоких кар'єрах, що відпрацьовують крутоспадні залізрудні родовища.

Ключові слова: транспортування порід розкриву, крутонахилені шари, внутрішнє і зовнішнє відвалоутворення, технологічні схеми відкритої розробки родовищ.

Вступ. Відпрацювання порід розкриву у бортах крутонахиленими шарами дає можливість при створенні виробленого простору кар'єру першої черги розмістити всередині значну частину розкривних порід, що виймають при формуванні кар'єрного поля наступних черг, які також формують крутонахиленими

шарами. Формування внутрішніх відвалів зменшує відстань транспортування порід розкриву, поліпшує екологічний стан навколишнього середовища та інш. Проблеми розробки родовищ крутонахиленими шарами і внутрішнього відвалоутворення розглянуті в роботах [1-10].

Формування цілей статті. Необхідність формування внутрішніх відвалів при відпрацюванні порід розкриву крутонахиленими шарами. Розробка крутонахиленими шарами глибоких кар'єрів супроводжується значними обсягами виймання порід розкриву. Ці породи переміщують у зовнішні відвали. Послідовність формування крутонахилених шарів призводить до необхідності підтримування ділянок виймання в нижній частині кар'єрного поля для забезпечення розкритих запасів корисної копалини. З глибиною відстань транспортування порід розкриву від вибоїв у крутонахилених шарах до місць розвантаження на зовнішніх відвалах збільшується, що підвищує собівартість їх переміщення. Розміщення порід розкриву у зовнішні відвали є негативною стороною розробки глибоких кар'єрів, яке призводить до необхідності пошуку земельних площ під їхнє розміщення, сприяє негативному впливу на прилеглі території цих споруджень. Тому, виникає необхідність формування таких технологічних схем, які б дозволили більшу частину порід розкриву розмістити у внутрішньому просторі відпрацьованого кар'єру (рис. 1).

При відпрацюванні крутонахилених шарів зменшення відстаней транспортування порід розкриву з нижніх горизонтів досягається за рахунок формування внутрішніх відвалів і виділення на родовищі черг розробки.

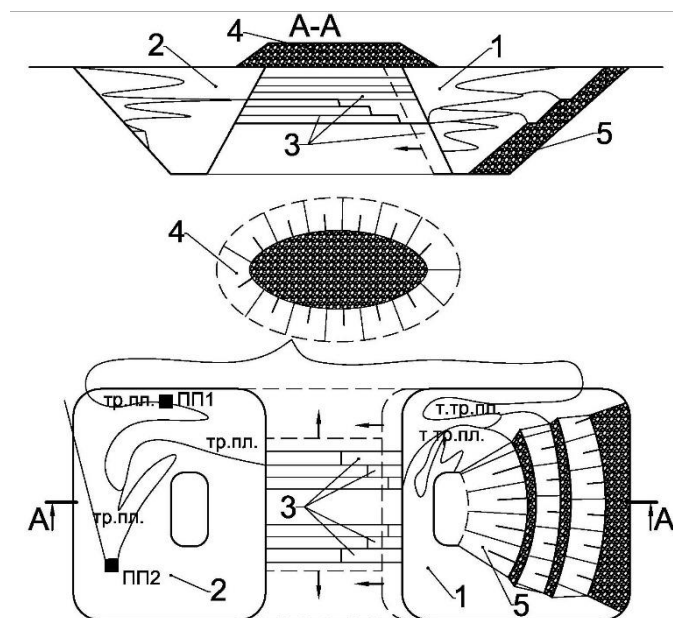


Рис. 1. Схема формування крутонахилених шарів і внутрішніх відвалів при відпрацюванні круто спадаючого родовища: 1 – вироблений простір кар'єру першої черги; 2 – вироблений простір кар'єру другої черги; 3 – крутонахилені шари (поздовжні і поперечні); 4 – зовнішній відвал; 5 – внутрішній відвал; тр.пл – транспортна площадка; т.тр.пл. – тимчасова транспортна площадка; ПП – перевантажувальний пункт

Така можливість з'являється при почерговій розробці родовищ або їхніх окремих ділянок, а також використанні виробленого простору відпрацьованих раніше сусідніх кар'єрів або їх ділянок. Доцільно також розробляти родовища значної довжини етапами. Переміщення і складування порід розкриву при розробці крутонахилених шарів більш економічно у виробленому просторі. З метою спрощення технології й організації відвальних робіт при мінімальних витратах на транспортування порід розкриву, засипання відпрацьованих кар'єрів слід здійснювати з денної поверхні. Якщо глибина кар'єру перевищує стійку висоту ярусу, складування порід розкриву у виробленому просторі глибоких кар'єрів здійснюються з уступів за умовами стійкості.

Виклад основного матеріалу. Запропонована послідовність формування кар'єрного поля крутонахиленими шарами (рис. 1) передбачає створення кар'єра першої (1) і кар'єра другої черги (2) в яких розміщують тимчасові і постійні транспортні площадки і перевантажувальні пункти. Виймання порід розкриву здійснюється в середній частині кар'єрного поля (3) за допомогою крутонахилених шарів, що формують уздовж і поперек простягання родовища (фронт переміщення робіт позначено стрілками). Розглянуто переміщення порід розкриву або у зовнішні (4), або у внутрішні (5) відвали. Поперечне посування крутонахиленими шарами дозволяє в подальшому розміщувати породи розкриву у внутрішній відвал, який нарошують вслід за посуванням фронту гірничих робіт.

Формування внутрішніх відвалів при такій схемі є більш перспективним і собівартість переміщення порід розкриву зменшується у рази. Виникає необхідність визначення параметрів кар'єра першої черги для розміщення внутрішнього відвалу для різних типів кар'єрів, здійснення досліджень параметрів робочої верхньої і нижньої площадки на внутрішньому відвалі для створення умов безпечної роботи людей і обладнання.

За умови забезпечення необхідної стійкості порід передбачається складувати у вироблений простір виключно скельні породи. Немаловажне значення в рішенні поставлених проблем може зробити накопичений досвід експлуатації високих відвалів у виробленому просторі глибоких кар'єрів. При цьому деформації їх укосів не є закономірністю [7].

Відсипку відвальних заходок ведуть ділянками довжиною по 200-300 м. При утворенні небезпечних зрушень породи відвальні роботи на робочій ділянці припиняють і переносять на сусідню. Після стабілізації зрушення відвальних порід протягом 2-3 місяців, роботи на законсервованій ділянці відновляють. Загальний фронт відвальних робіт варто розділяти на 3-5 ділянок. Контроль за зрушенням відвальних порід здійснюють постійно шляхом маркшейдерських вимірів і візуально протягом усього строку роботи.

Найбільш поширеними в Україні є кар'єри 3 і 4 типу [8], середньої глибини за класифікацією (проектна глибина 500-600 м), розробляють пластові родовища з кутом падіння 60-70°.

При розробці глибокого кар'єру 4 типу максимальна кількість вибоїв при відпрацюванні крутонахилених шарів відповідно, досягає 8-9 одиниць. Розглянуто технологічну схему розміщення вибоїв по горизонтах (рис. 2), а також

змінні витрати по процесах виймання порід розкрити відповідно по висячому (рис. 3) і лежачому бортах кар'єру (рис. 4) з відповідною механізацією підготовки, виймання та перевезення розкривних порід.

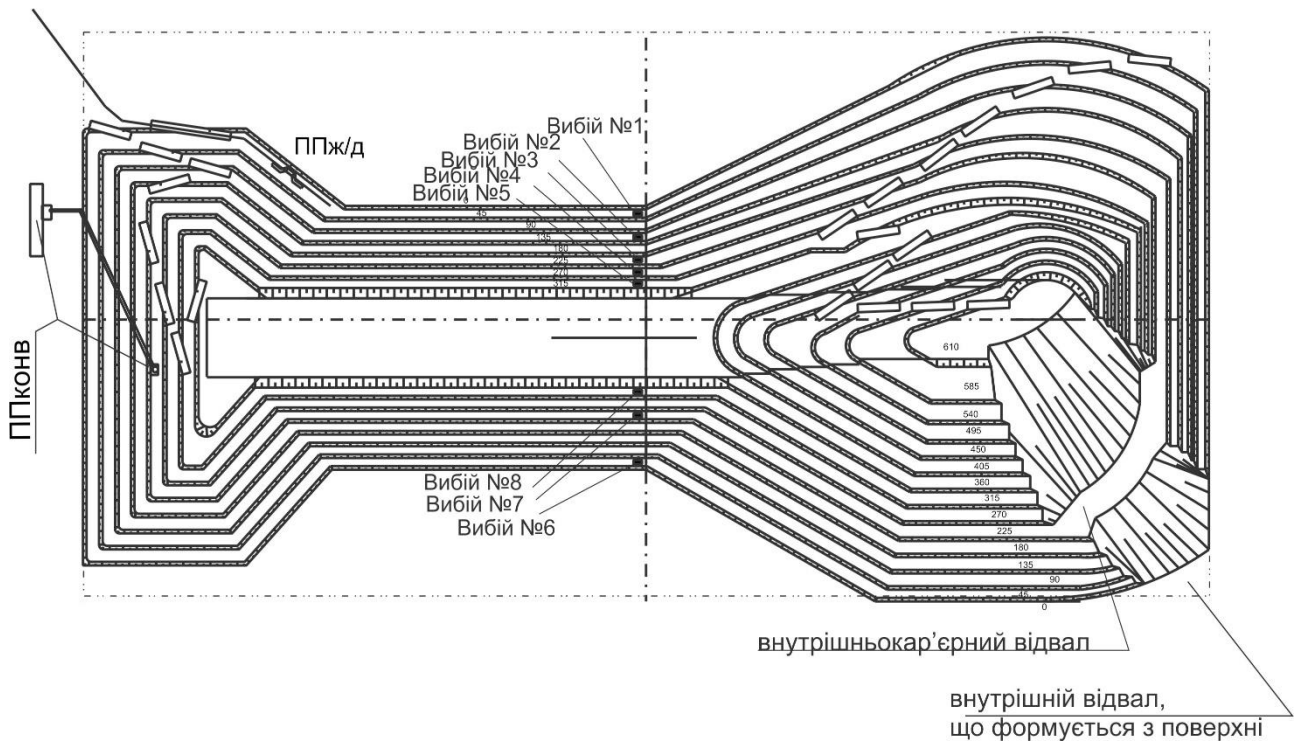


Рис. 2. Схема розвитку гірничих робіт крутонахиленими шарами зі складуванням порід розкрити у внутрішньому відвалі

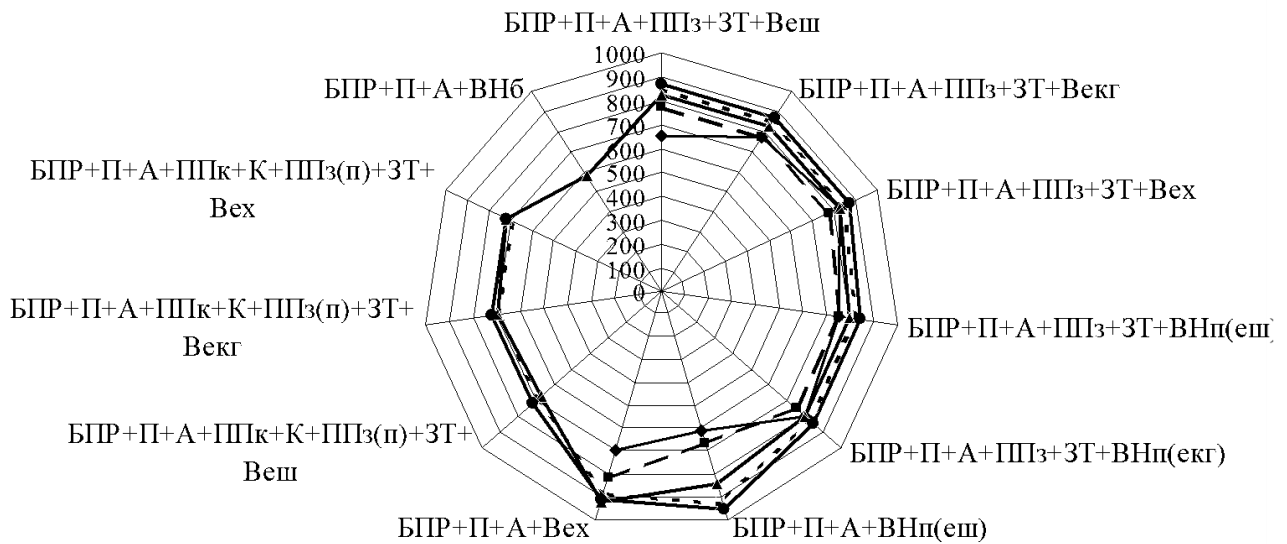


Рис. 3. Схема витрат по процесам виймання порід розкрити на висячому борту кар'єру, тис грн:

—◆— 1 вибій —■— 2 вибій —▲— 3 вибій - - - 4 вибій —●— 5 вибій

Відповідно до представленої схеми (див. рис. 2) відпрацювання крутонахиленими шарами здійснюється діагональними блоками в торцях кар'єру і поздовжніми – усередині його центральної частини. Транспортування порід розкриву усередині кар'єру здійснюється автосамоскидами безпосередньо до зовнішнього або внутрішнього відвалів, а також до перевантажувальних пунктів з наступним переміщенням конвеєрним і залізничним транспортом. Конвеєрний підйомник має похиле положення щодо горизонтів торцевого борту. При використанні крутонахилого конвеєру положення траси може бути перпендикулярним щодо торця кар'єру.

БПР – буропідривні роботи; **П** – навантаження екскаваторами тип Hitachi EX1900 ($E=12\text{м}^3$); **А** – транспортування автосамоскидами; **ЗТ** – залізничний транспорт; **К** – конвеєрний транспорт; **ППз** – екскаваторний перевантажувальний пункт із автомобільного на залізничний транспорт; **ППк** – дробильний перевантажувальний пункт із автомобільного на конвеєрний транспорт; **ППз(п)** – екскаваторний перевантажувальний пункт із конвеєрного складу на залізничний транспорт; **Веш** – зовнішнє відвалоутворення із застосуванням драглайна ЕШ-6/45; **Векг** – зовнішнє відвалоутворення із застосуванням ЕКГ-6,3Ус; **Вех** – зовнішнє відвалоутворення із застосуванням гідравлічного екскаватора тип Hitachi EX2500 ($E=15\text{м}^3$); **ВНп(еш)** – внутрішнє відвалоутворення з денної поверхні із застосуванням ЕШ-6/45; **ВНп(екг)** – внутрішнє відвалоутворення з денної поверхні із застосуванням ЕКГ-6,3Ус; **ВНб** – внутрішньокар'єрне бульдозерне відвалоутворення по ярусах.

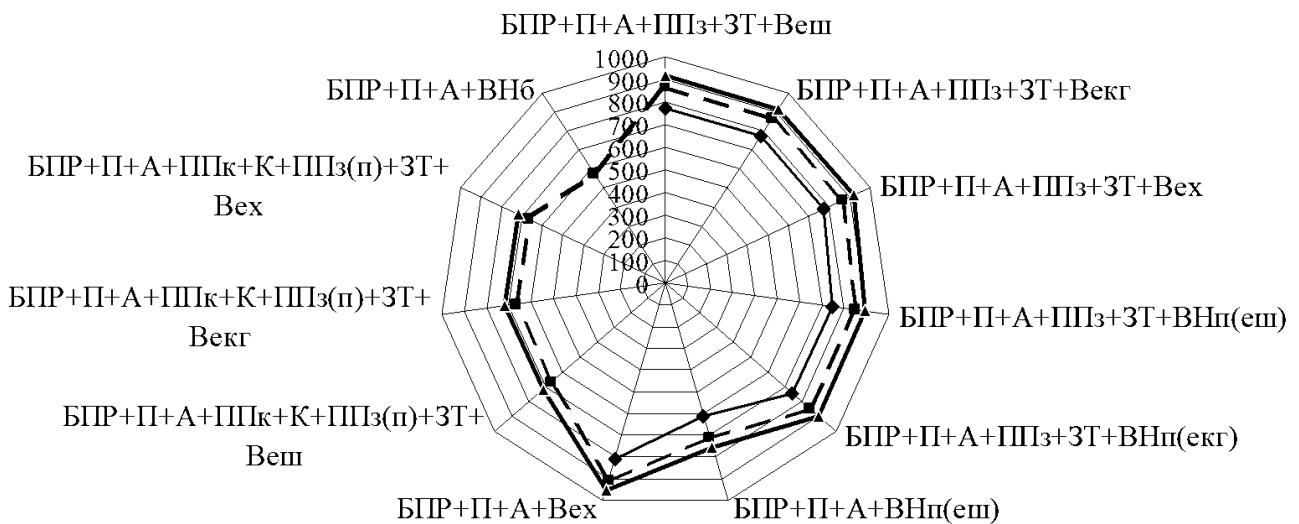


Рис. 4. Схема витрат по процесам виймання порід розкриву на лежачому борті кар'єру, тис грн:

—◆— 6 вибій —■— 7 вибій —▲— 8 вибій

Аналіз положення гірничого обладнання щодо поверхні, по глибині та витрат на виймання, переміщення і складування порід розкриву показує, що при відпрацюванні всього борта кар'єру 4 типу крутонахиленими виймальними шарами з

1-го вибою (гор.+45) і 2-го вибою (гор.+135) мінімальні витрати на розробку виникають при транспортуванні розкриття комбінованим автомобільно-залізничним транспортом з переміщенням її у зовнішні відвали, а також вивозом розкриття автотранспортом у внутрішні відвали, що формують з поверхні. Загальні витрати на виконання виробничих процесів наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Витрати по процесах виймання порід розкриття з вибоїв, тис грн

Процеси	Висячий борт кар'єру					Лежачий борт кар'єру		
	1 вибій, гор.+45	2 вибій, гор.+13 5	3 вибій, гор.+22 5	4 вибій, гор.+27 0	5 вибій, гор.+31 5	6 вибій, гор.+45 5	7 вибій, гор.+22 5	8 вибій, гор.+31 5
БПР+П+А+ ППз+ЗТ+Веш	651,8168	772,657 5	821,656 5	846,156 1	870,655 6	771,000 5	868,998 6	917,997 7
БПР+П+А+ ППз+ЗТ+Векг	772,8517	772,851 7	821,850 8	846,350 3	870,849 8	771,194 7	869,192 9	918,191 9
БПР+П+А+ ППз+ЗТ+Вех	821,171	772,171 9	821,171	845,670 5	870,170 1	770,514 9	868,513 1	917,512 2
БПР+П+А+ПП з+ЗТ+ВНп(еш)	747,4083	747,408 3	796,407 4	820,907	845,406 5	745,751 4	843,749 5	892,748 6
БПР+П+А+ ППз+ЗТ+ВН п(экг)	796,6016	747,602 6	796,601 6	821,101 2	845,600 7	745,945 6	843,943 7	892,942 8
БПР+П+ А+ВНп(еш)	611,2664	660,265 5	839,103 3	923,132 5	947,632	611,266 4	709,264 6	758,263 6
БПР+П+А+ Вех	690,5675	811,408 2	919,936 9	884,906 8	909,406 3	809,751 2	907,749 4	956,748 4
БПР+П+А+ ППк+К+ ППз(п)+ ЗТ+Веш			668,250 3	692,749 9	717,249 4		668,250 3	717,249 4
БПР+П+А+ ППк+К+ ППз(п)+ ЗТ+Вэкг			692,944 1	692,944 1	717,443 6		668,444 6	717,443 6
БПР+П+А+ ППк+К+ +ППз(п) +ЗТ+Вех			716,763 8	692,264 3	716,763 8		667,764 8	716,763 8
БПР+П+А+ ВНб			576,764 4				576,764 4	

Примітка. Сіримі клітками відзначені найменші витрати за комплексом обладнання і процесами виймання порід розкриття.

Встановлено, що при відпрацюванні 3-го вибою (гор.+225), 4 вибою (гор.+270) і 5-го вибою (гор.+315) найкращим є комбінація автомобільно-залізничного транспорту і автомобільно-конвеєрного транспорту. При відпрацюван-

ванні 3-го вибою з урахуванням формування внутрішньокар'єрного багатоярусного відвала і транспортного зв'язку між ним і відвальною розвантажувальною площадкою, спостерігаються найменші витрати (див. рис. 3). Відпрацювання порід розкриву на лежачому боці покладу характеризується мінімальними витратами при переміщенні розкривних порід від вибоїв автомобільним транспортом у внутрішній відвал, зформований з поверхні, або у внутрішньокар'єрний багатоярусний відвал, а також на перевантажувальні пункти залізничного транспорту і конвеєрний підйомник (див. рис. 4).

Висновки. Методика створення внутрішніх відвалів залежить від послідовності формування кар'єрного простору. Схема перерізу борту, що утворюється при відпрацюванні крутонахиленими шарами дозволяє з побудованих площадок здійснювати засипання виробленого простору і зменшити відстань транспортування порід на зовнішній відвал. Витрати по процесах виймання порід розкриву з вибоїв з урахуванням місця розміщення вибою в кар'єрі, місця розміщення порід розкриву, транспортних шляхів показує, що найкращі показники відповідають внутрішньому складуванню порід розкриву за допомогою екскаваторів і бульдозерів.

Перелік посилань

1. Anisimov, O.O. (2018). Research on parameters of the working area on an internal dump for developing open pits. *Scientific bulletin of National Mining University*, (1), 11–17. doi:10.29202/nvngu/2018-1/17
2. Дриженко, А.Ю., & Анисимов, О.А. (2014). Технологии внутреннего отвалообразования на отработанных глубоких железорудных карьерах или их участках. *Сб. трудов межд. науч.-практ. конф. «Инновационные технологии и проекты в горно-металлургическом комплексе, их научное и кадровое сопровождение»*, Алматы: Каз НТУ, 176-181.
3. Спосіб відкритої розробки крутоспадних родовищ корисних копалин: патент на винахід 117835 UA: МПК E21C41/26 / Анисимов О.О. №а 2016 03525; заявл. 04.04.2016; опубл. 10.10.2018, Бюл. №19.
4. Анисимов, О.О. (2017). Технологічні схеми внутрішнього відвалоутворення та визначення параметрів екскаваторних відвалів при відпрацюванні глибоких кар'єрів. *Збірник наукових праць НГУ*, (51), 18-28.
5. Шапарь, А.Г. (1988). Новые технологии отвалообразования на основе управления состоянием природных и техногенных массивов. *Горный журнал*, (1), 24-26.
6. Романенко, А.В. (2002). Оценка области применения технологии разработки крутопадающих месторождений с внутренним отвалообразованием этапами. *Горный журнал*, (4), 87-89.
7. Дриженко, А.Ю. (1985). *Восстановление земель при горных разработках*. Москва: Недра.
8. Анисимов, О.А. (2015). *Технологии строительства и разработки глубоких карьеров: монография*. Днепропетровск: Национальный горный университет.
9. Symonenko, V., Cherniaiev, O., & Hrytsenko, L., (2016). Organization of non-metallic deposits development by steep excavation layers. *Mining of Mineral Deposits*, 10 (4), 68-73. doi:10.15407/mining10.04.068
10. Симоненко, В.И., & Черняев, А.В. (2006). К установлению зависимости между параметрами системы разработки при отработке нерудных месторождений с внутренним отвалообразованием. *Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. тр. Институт геотехнической механики им. М.С. Полякова*, (62), 93-97.

АННОТАЦИЯ

Цель. Решение проблемы формирования внутренних отвалов при разработке железорудных месторождений и формировании бортов глубоких карьеров крутонаклонными слоями.

Методика исследования заключается в установлении затрат на извлечение, перемещение пород вскрыши от забоя до внутренних или внешних отвалов с последующим их складированием при разработке крутонаклонных слоев по предложенной технологической схеме. При отработке крутонаклонных слоев уменьшение расстояний транспортирования пород вскрыши с нижних горизонтов достигается за счет правильного размещения транспортных коммуникаций и формирования внутренних отвалов. Выделение на месторождении очередей разработки позволяет сформировать карьер первой очереди с последующим подвиганием фронта горных работ с использованием крутонаклонных слоев и формированием внутреннего отвала.

Результаты исследования. Выполнены расчеты расходов при предложенной технологической схеме разработки крутонаклонными слоями. Полученные расчеты стоимости подготовки, извлечения, транспортировки и размещения пород вскрыши во внешних или внутренних отвалах позволили рассмотреть возможные потоки груза от забоев к местам складирования. При этом учитывалось, что расходы на основные процессы кроме транспортных – постоянные. Транспортные расходы с глубиной увеличиваются и соответственно наиболее влияют на стоимость работ по отработке пород вскрыши. Согласно представленной схеме, отработка крутонаклонными слоями осуществляется диагональными блоками в торцах карьере и продольными - внутри его центральной части. Транспортировка пород вскрыши внутри карьера осуществляется автосамосвалами непосредственно к внешним или внутренним отвалам, а также к перегрузочным пунктам с последующим перемещением конвейерным и железнодорожным транспортом.

Научная новизна. Установлены графические зависимости расходов по процессам извлечения пород вскрыши на висячем и лежащем борту карьера, что позволило определить наиболее перспективные направления транспортировки пород от забоя до отвалов.

Практическое значение. Результаты исследований позволяют определить оптимальные схемы транспортировки пород вскрыши, рекомендовать их для внедрения на глубоких карьерах, которые обрабатывают крутопадающие железорудные месторождения.

Ключевые слова: *транспортировка пород вскрыши, крутонаклонные слои, внутреннее и внешнее отвалообразование, технологические схемы открытой разработки месторождений.*

ABSTRACT

Purpose. The solution to the problem of the formation of internal dumps in the development of iron ore deposits and the formation of the bench of deep pits with steep dipping layers.

The research methodology consists in establishing the costs of extracting, moving waste rocks from the face to the internal or external dumps with their subsequent storage during the development of steep dipping layers according to the proposed technological scheme. At working out steep dipping layers, a decrease in the distances of transportation of waste rocks from the lower horizons is achieved due to the correct placement of transport communications and the formation of internal dumps. Allocation the phases of development at the deposit allows to form the pit of a first-stage with subsequent advancement of the mining front using steep dipping layers and the formation of an internal dump.

Findings. Calculations of cost were executed taking into account the proposed technological scheme of the development of steep dipping layers. The obtained calculations of the cost of preparation, extraction, transportation and placement of waste rocks in external or internal dumps made consider possible cargo flows from faces to storage. At the same time, it was taking into account the costs of

the main processes without transport are constant. Transportation costs with depth increase and, accordingly, most affect the cost of waste mining. According to the presented scheme, working out steep dipping layers is carried out by diagonal blocks at the ends of the pit and longitudinal - inside its central part. Transportation of waste rocks inside the pit is carried out by dump trucks directly to external or internal dumps, as well as to transshipment points with further placement by conveyor and rail transport.

The originality. The graphical dependencies of expenses on the processes of extraction of waste rocks on the hanging and lying pit edge were established. It allowed to determine the most promising directions of transportation of rocks from the face to the dumps.

Practical implications. The research results allow to determine the optimal transportation schemes for waste rocks, to recommend them for implementation in deep pits that work out steep dipping iron ore deposits.

Keywords: *transportation of waste rocks, steep dipping layers, internal and external dumping, technological schemes of open development of deposits.*