

© О.О. Анісімов¹

¹ Національний технічний університет “Дніпровська політехніка”, м. Дніпро, Україна

ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИ КЕРУВАННЯ ФРОНТОМ ГІРНИЧИХ РОБІТ ІЗ РОЗРОБКОЮ БОРТІВ КРУТОНАХИЛЕНИМИ ШАРАМИ

© O. Anisimov¹

¹ Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine

GENERAL METHODS OF MANAGING THE FRONT OF MINING OPERATIONS WITH WORKING OUT THE SIDES WITH STEEP DIPPING LAYERS

Мета. Обґрунтувати методи керування фронтом гірничих робіт при розробці глибоких кар'єрів, що відпрацьовують крутонахиленими шарами з можливістю розміщення внутрішніх відвалів в виробленому просторі. Розробити схему прийняття рішень щодо розробки глибоких кар'єрів крутонахиленими шарами.

Методика дослідження полягає у аналізі існуючих схем керування фронтом гірничих робіт і визначенні методів послідовності прийняття рішень, щодо схем формування крутонахилених шарів і внутрішнього відвалоутворення при розробці родовищ глибокими кар'єрами.

Результати дослідження. Виконано аналіз схем керування фронтом гірничих робіт і визначені технологічні прийоми керування параметрами бортів кар'єрів і довжиною фронту видобувних робіт, які дозволили сформувати схему послідовності прийняття рішень. Велика увага приділяється можливостям відпрацювання глибоких кар'єрів схемами з крутонахиленими шарами. Дана технологічна схема передбачає тимчасову консервацію ділянок борту кар'єра по розкритті між етапами розробки, послідовне переміщення уступів зверху донизу і відпрацювання горизонту з переходом на наступний у межах кожного шару.

Наукова новизна. Розроблені загальні методи керування фронтом гірничих робіт, що пов'язані із розробкою бортів кар'єрів, при цьому виділені схеми розробки крутонахиленими шарами по породах розкритті. Сутність розробки крутонахиленими шарами зводиться до виконання кроків від вибору типу кар'єру за відповідною систематизацією до надання рекомендацій та висновків з розробки крутонахиленими шарами з послідуєчим формуванням внутрішніх відвалів у виробленому просторі.

Практичне значення. Результати досліджень дозволяють для кар'єрів, що мають однотипні параметри, використовуючи їх систематизацію визначати основні характеристики робочої зони. Пропонується їх розробку здійснювати крутонахиленими шарами. Запропонована послідовність прийняття рішень дозволяє зрозуміти схему за якою здійснюється визначення показників відпрацювання глибоких кар'єрів та їх ефективності.

Ключові слова: глибокі кар'єри, крутонахилені шари, методи керування фронтом гірничих робіт, послідовність прийняття рішень.

Вступ. Розробка крутоспадних родовищ корисних копалин відрізняються систематичним зниженням дна кар'єру і, як наслідок, зміненням умов відпрацювання корисних копалин і порід розкритті. При цьому, існуючі методи визначення напрямку поглиблення кар'єрів у просторі та, відповідно, й довжина

фронту видобувних і розкривних робіт, залежать від потужності покладу корисної копалини, кута його падіння, просторового положення в надрах, якісного складу корисної копалини і мінералів, потужності порід розкриву, покриваючих родовище [1].

Підтримка заданої інтенсивності відпрацювання ділянок глибоких кар'єрів може здійснюватися відомими способами: виділення етапів при розробці родовищ у плані та по глибині кар'єрного поля; розвиток бортів кар'єру поздовжніми, поперечними або діагональними заходками; формування робочої зони кар'єру по розкриву високими уступами; поетапний розвиток розкривних робіт крутими шарами. Стабілізація обсягів виймання порід розкриву при розвитку кар'єру здійснюється шляхом зміни напрямку відпрацьовування уступів - у горизонтальному або похилому крутому положенні з формуванням тимчасово неробочих ділянок бортів, установленням інтенсивності їх посування і поглиблення [2].

Актуальність досліджень. Гірничі роботи на глибоких кар'єрах виконують із виділенням етапів (черг), які враховують положення робочої зони на певний період часу, як по глибині, так і у плані. Виділення етапів, у свою чергу, дає можливість формувати внутрішні тимчасові або постійні відвали в процесі розвитку гірничих робіт. Одночасне виймання порід розкриву та їхнє складування в межах виробленого простору глибоких кар'єрів дозволяють на певному етапі їхнього розвитку зберегти від порушення величезні площі орних земель на поверхні. Актуальність роботи пов'язана з необхідністю будівництва бортів глибоких кар'єрів по породам розкриву крутонахиленими шарами, визначенням схем розвитку фронту гірничих робіт на окремих горизонтах і у кар'єрі, а також розвитку фронту відвальних робіт при внутрішньому відвалоутворенні.

Постановка завдання.

1. Обґрунтувати методи керування фронтом гірничих робіт при розробці глибоких кар'єрів, що відпрацьовують крутонахиленими шарами з можливістю розміщення внутрішніх відвалів в виробленому просторі.

2. Розробити схему прийняття рішень щодо розробки глибоких кар'єрів крутонахиленими шарами.

Для управління і регулювання інтенсивністю добування залізної руди в робочій зоні та попутних об'ємів виймання порід розкриву, а також створення тимчасово неробочих ділянок бортів можуть бути використані прийоми оптимізації довжини фронту робіт у стиснутих умовах (табл. 1) [3].

Кожний робочий горизонт має робочу зону і виробки розкриття. Переміщення уступів і виробок розкриття пов'язане з щорічними об'ємами виймання порід розкриву і видобутком корисної копалини, які визначають при проектуванні кар'єру. У цих умовах глибокий кар'єр є поєднання розкривних виробок, на яких формують вантажопотоки і сукупність ділянок, де здійснюється відпрацювання уступів з урахуванням загального фронту розвитку робіт в кар'єрі.

Таблиця 1

Технологічні прийоми керування параметрами бортів кар'єрів і довжиною фронту видобувних робіт

Спосіб консервації і відпрацювання уступів	Керовані параметри робочої зони кар'єру	Порядок поновлення робіт на тимчасово неробочих уступах	Технологічні прийоми відпрацювання уступів
1. Тимчасова консервація одного уступу	Довжина фронту уступу, ширина робочої площадки і висота уступу	Відпрацювання вище розташованого уступу із створенням робочої площадки на уступі, що консервується	Поздовжніми, поперечними та діагональними заходками і панелями уздовж робочого борту кар'єра
2. Формування і відпрацювання здвоєних уступів	Ширина робочої площадки, висота розвалу при підриванні здвоєних уступів, довжина робочої ділянки	Пошарове відпрацювання розвалу здвоєних уступів або послідовне відпрацювання верхнього, а потім нижнього уступу	
3. Залишення неробочих площадок малої ширини через один уступ	Довжина фронту і число робочих уступів, ширина робочих площадок і неробочих берм	Почергове відпрацювання суміжних уступів, починаючи з верхніх, при залишенні неробочої площадки між ними	
4. Формування тимчасового неробочого борту (цілика)	Ширина робочих площадок, число уступів у верхній і нижній зоні цілика, горизонтальна і вертикальна швидкість посування, довжина ділянки на уступі	Почергове відпрацювання уступів зверху донизу із горизонтальним або вертикальним переміщенням фронту гірничих робіт.	
5. Формування крутонахилених шарів на бортах кар'єру	Число неробочих і робочих уступів у зоні виймання порід, довжина виймального блоку, ширина площадок, висота уступів і неробочих ділянок	Почергове відпрацювання крутонахилених шарів зверху донизу, з концентрацією основних капітальних з'їздів у торцях кар'єру	
6. Відпрацювання борту кар'єру з формуванням концентраційного горизонту	Висота робочої зони, довжина фронту робіт і блоків, ширина робочих площадок на уступах	Почергове відпрацювання групи уступів зверху донизу із доставкою гірської маси на концентраційний горизонт	

При розкритті горизонтів робочої зони із застосуванням автомобільного транспорту розташування тимчасових розкривних виробок не робить значного впливу на скорочення довжини фронтів гірничих робіт. Проте для ефективного застосування залізничного транспорту необхідно створювати системи напівстаціонарних і стаціонарних комунікацій на одному або двох неробочих бортах, або їх ділянок.

Графічна інтерпретація наведеної таблиці 1 показана на рис. 1.

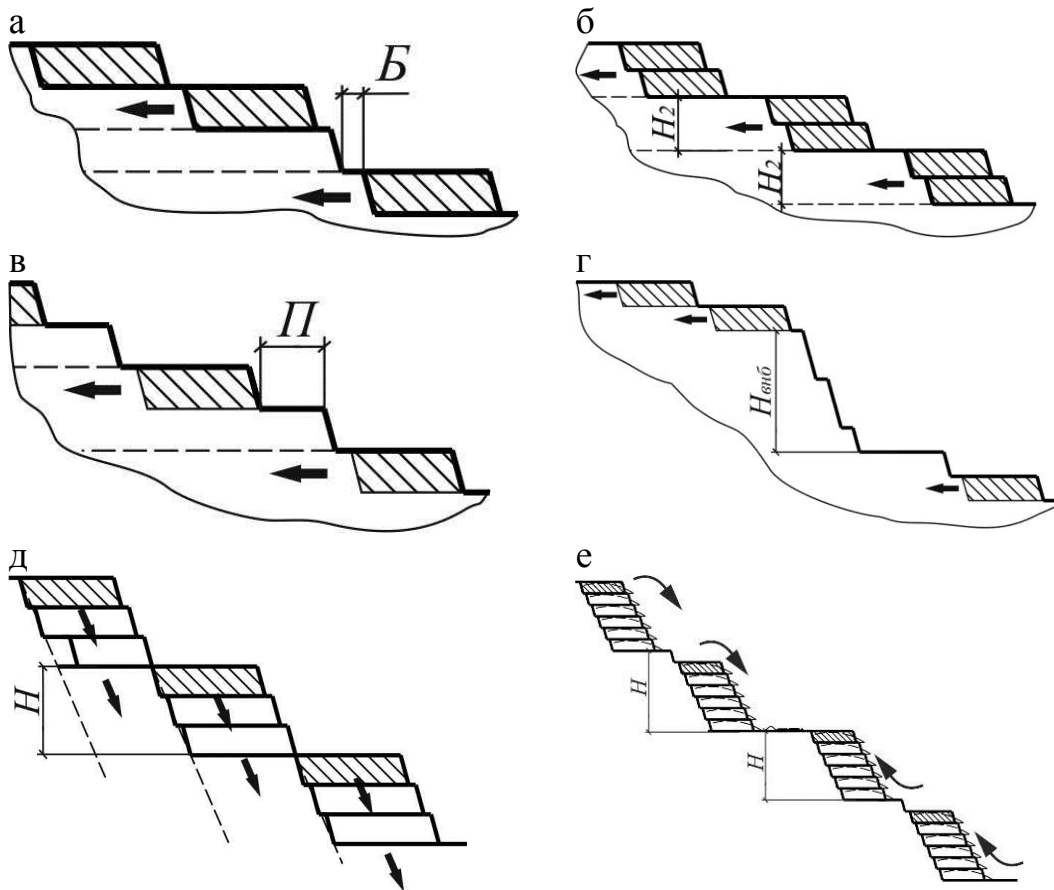


Рис. 1. Схеми відпрацювання робочої зони глибоких кар'єрів з консервацією одного уступу (а); формуванням здвоєних уступів (б); залишенням неробочих берм малої ширини через уступ (в); залишенням тимчасово неробочого борту (цілика) (г); формуванням крутонахилених шарів (д); відпрацюванням борту з формуванням концентраційного горизонту (е): B – ширина берми, що консервується; Π – ширина зменшеної площадки; H – висота групи уступів; H_2 – висота здвоєних уступів; $H_{внб}$ – висота тимчасово неробочого борта (ділянки)

При цьому відпрацювання кар'єру за схемою із формуванням одного неробочого уступу в групі робочих (рис. 1, а) застосовуються практично на всіх кар'єрах, оскільки розробка уступів на ньому здійснюється не на всіх горизонтах одночасно, а по черзі. Під час посування робочих площадок в групі, залучають до розробки одиночні неробочі уступи.

Технологія відпрацювання здвоєних уступів застосовується для інтенсифікації ведення гірничих робіт у робочій зоні (рис. 1, б). Дана схема передбачає каскадне підривання уступів з наступною розробкою окремих горизонтів одним або декількома виймально-навантажувальними і транспортними комплексами.

Схема відпрацювання з формуванням площадок шириною 25-40 м (рис. 1, в) на більшості кар'єрів не дотримується і при подальшому розвитку робочої зони переходить у схему рис. 1, г. На багатьох кар'єрах, що ведуть видобуток на значних глибинах, зменшення ширини робочих площадок призвело до необхідності здвоювання і строювання уступів для формування широких робочих площадок між ними. Це, у свою чергу, призвело до необхідності консервації частини робочих бортів (рис. 1, г) і формуванню в їх межах тимчасово неробочих ділянок. Технологія їх наступного відпрацювання розглянута багатьма вченими-гірниками. При цьому, робоча зона кар'єру формувалася етапами і мала відповідні часові та геометричні показники [4-9].

На цей час велика увага приділяється можливостям відпрацювання глибоких кар'єрів крутонахиленими шарами (рис. 1, д). Дана технологічна схема передбачає тимчасову консервацію ділянок борту кар'єра по розкриттю між етапами розробки, послідовне переміщення уступів зверху донизу і відпрацювання горизонту з переходом на наступний у межах кожного шару. Застосування технології відпрацювання розкривних уступів крутонахиленими шарами у сполученні з певним напрямком експлуатації родовища в плані, дає значні можливості для керування обсягом виймання порід розкриттю протягом усього строку роботи гірничого підприємства.

Необхідність використання більш продуктивного транспортного обладнання призводить до формування концентраційних горизонтів у групі уступів, що суттєво впливає на інтенсивність відпрацювання ділянок робочого борту кар'єра (рис. 1, е). Концентраційні горизонти улаштовують при необхідності експлуатації конвеєрних підйомників, уведення на глибокі горизонти спеціалізованого залізничного транспорту, при використанні скіпових та інших нетрадиційних видах підйому гірської маси на поверхню. При цьому концентраційні горизонти можуть стримувати інтенсивність посування бортів і поглиблення дна кар'єру. Як правило, концентраційні горизонти змінюють своє положення в міру поглиблення розробки кар'єрного поля. У сучасних умовах при експлуатації глибоких кар'єрів велике значення має послідовність прийняття рішень з формування робочої зони кар'єру, що схематично відображено на рис. 2.

Технологічні схеми відпрацювання порід розкрити у бортах крутонахиленими шарами з наступним формуванням внутрішніх відвалів

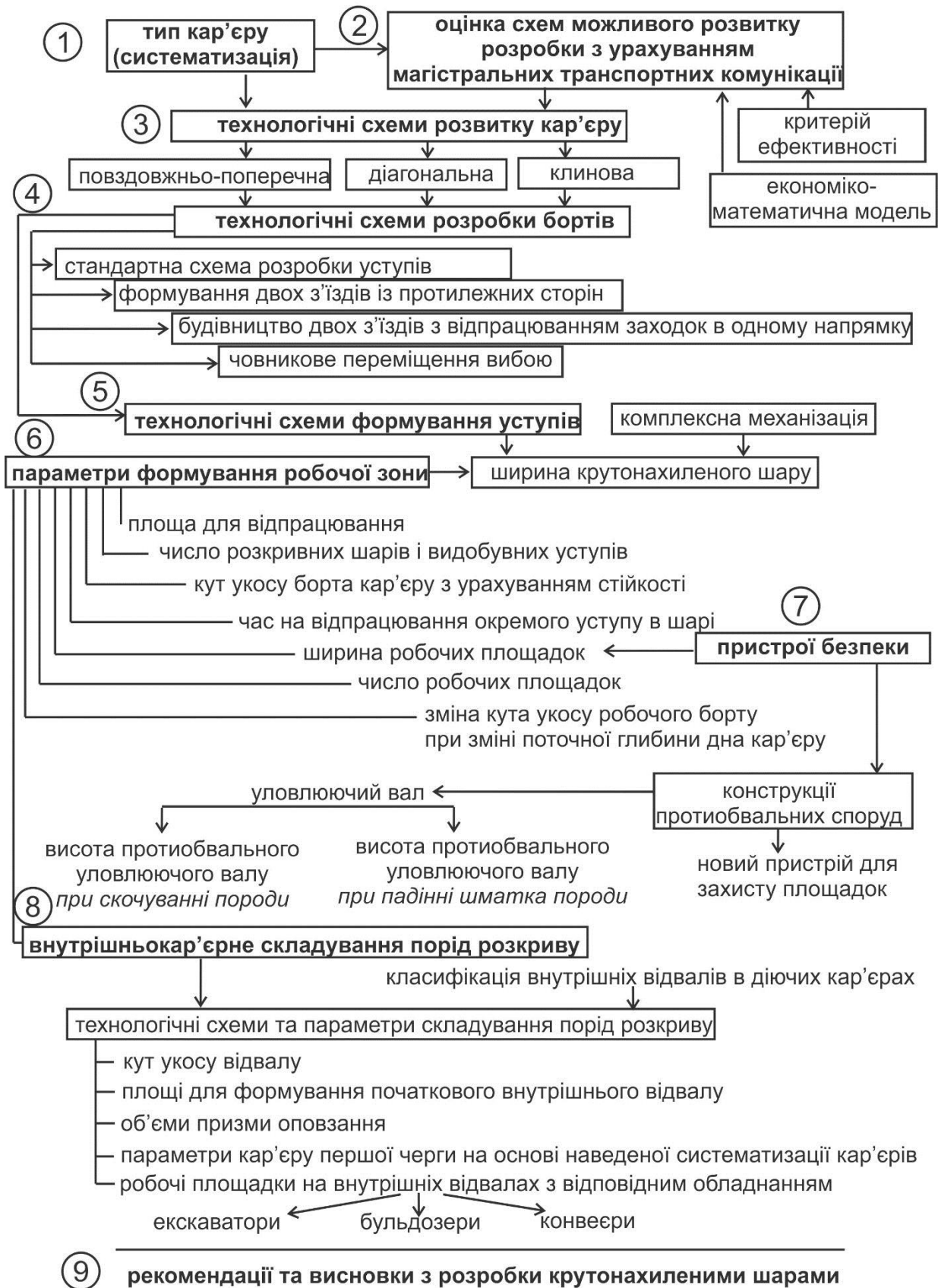


Рис. 2. Послідовність прийняття рішень щодо формування крутонахилених шарів і внутрішнього відвалоутворення

Загальні методи керування фронтом гірничих робіт, що пов'язана із розробкою бортів крутонахиленими шарами по породах розкриву, зводиться до наступного:

1. Виконання аналізу умов залягання корисної копалини та технологічної схеми розвитку гірничих робіт в кар'єрі з попередньою оцінкою їх параметрів на основі типових рішень.

2. Визначення довжини екскаваторного блоку, їх кількості, швидкості просування й темпу поглиблення гірничих робіт. Установлення схеми магістральних транспортних комунікацій, вантажопотоків у кар'єрі та їх розвиток у часі й за глибиною розробки.

3. Вибір технологічної схеми розвитку кар'єру при відпрацюванні корисної копалини.

4. Визначення послідовності розвитку бортів кар'єру. Вибір напрямку розвитку фронту гірничих робіт у плані та в глибину.

5. Обґрунтуванні доцільної схеми розвитку гірничих робіт і комплексної механізації при відпрацюванні крутонахилого шару.

6. Знаходження кількості крутонахилених шарів в етапі по лежачому і висячому боці покладу. Дослідження стійкості порід розкриву, що формують тимчасово неробочі ділянки. Визначення кутів укосів робочих бортів при відпрацюванні порід розкриву крутонахиленими шарами.

7. Аналіз і попередження можливої небезпеки при формуванні бортів кар'єру крутонахиленими шарами, встановлення безпечної робочої зони з доцільними параметрами.

8. Визначення можливості створення внутрішніх відвалів з урахуванням технологічної схеми розвитку кар'єру, уступів, розміщення транспортних комунікацій, комплексу механізації та етапів розвитку гірничих робіт.

При стабільній продуктивності по видобутку руди кар'єр повинен працювати із забезпеченням мінімально необхідної продуктивності по розкриву, що потребує періодично змінювати кількість екскаваторів, автосамоскидів, чисельність робітників тощо. Тому, звичайно прагнуть стабілізувати продуктивність кар'єру по вийманню порід розкриву шляхом усереднення величини експлуатаційного коефіцієнта розкриву на протязі періоду експлуатації кар'єру. Суттєво на довжину фронту робіт впливають ширина і довжина кар'єру, що формується. Багато кар'єрів мають однотипні параметри, тому використання їх систематизації дозволить визначити основні характеристики робочої зони. Для того, щоб режим гірничих робіт був задовільним, а графік виймання порід розкриву зростаючим, у даній роботі пропонується їх розробку здійснювати крутонахиленими шарами. Це дозволить значно спростити визначення показників відпрацювання глибоких кар'єрів та їх ефективність.

Висновки. Глибокий кар'єр, що формується крутонахиленими шарами є поєднання розкривних виробок з транспортними комунікаціями і сукупність робочих уступів, де здійснюється відпрацювання порід розкриву і виймання руди з урахуванням загального фронту розвитку робіт в кар'єрі. При розкритті горизон-

нтів робочої зони із застосуванням автомобільного транспорту пониження уступів відбувається зверху донизу з формуванням тимчасово неробочих ділянок на робочому борті кар'єру.

Переміщення бортів кар'єрів і їх відпрацювання крутонахиленими шарами призводить до зміни положення робочих площадок по глибині і відповідно до збільшення відстаней транспортування порід розкриття. Пропонується за основний критерій вибору напрямку ведення гірничих робіт при відпрацюванні порід розкриття прийняти приведені витрати на транспортування гірської маси.

Методи обґрунтування параметрів формування крутонахилених шарів зводиться до вибору типу кар'єру на підставі наведеної систематизації, визначенню способу керування робочими бортами кар'єру з урахуванням запропонованих схем розвитку кар'єрного поля. У якості економічного критерію визначення найкращої гірничотранспортної схеми при відпрацюванні бортів крутонахиленими шарами по породам розкриття приймаються сумарні наведені витрати.

Ефективне формування робочої зони при відпрацюванні порід розкриття крутонахиленими шарами здійснюється з урахуванням систематизації глибоких залізорудних кар'єрів, з визначенням взаємозв'язку між шириною крутонахиленого шару, схеми розробки уступів, механізації гірничих робіт та висоти окремого уступу, які впливають на етапи та напрямки розвитку кар'єрного поля.

Перелік посилань

1. Дриженко, А.Ю., & Анисимов, О.А. (2013). Управление выемкой пород вскрыши при формировании выработанного пространства глубоких карьеров почвоуступными крутонаклонными слоями. *Форум горняков – 2013, Материали міжнародної конференції*, Дніпропетровськ, 168-172.
2. Дриженко, А.Ю., Богданов, В.М., Мартыненко, В.П., & Гонцул, В.А. (1991). Поддержание производительности мощных железорудных карьеров при понижении горных работ. *Горный журнал*, (9), 28-32.
3. Трубецкой, К.Н., Краснянский, Г.Л., & Хронин, В.В. (2001). *Проектирование карьеров: Учебн. для вузов: в 2т. [2-е изд., перераб. и доп.]*. М.: Изд-во Академии горных наук. Т.1., 519.
4. Оводенко, Б.К. (1978). *Управление горными работами на карьерах*. М.: Недра, 192.
5. Anisimov, O. (2015). The development of deep pits steep slope layers. *Theoretical and Practical Solutions of Mineral Resources Mining*. 243–246.
<https://doi.org/10.1201/b19901-43>
6. Анисимов, О.А. (2014). Скорость понижения вскрышных уступов при разработке глубоких карьеров почвоуступными крутонаклонными слоями. *Збірник наукових праць НГУ*. Дніпропетровськ: ДВНЗ «НГУ», (45), 90-94.
7. Symonenko, V. I., Haddad, J. S., Cherniaiev, O. V., Rastsvietaiev, V. O., & Al-Rawashdeh, M. O. (2019). Substantiating Systems of Open-Pit Mining Equipment in the Context of Specific Cost. *Journal of The Institution of Engineers (India): Series D*.
<http://doi:10.1007/s40033-019-00185-2>
8. Symonenko, V., Hrytsenko, L., Cherniaiev, O. (2016). Organization of non-metallic deposits development by steep excavation layers. *Mining of Mineral Deposits*, 10 (4), 68-73.
9. Симоненко, В.І., Черняєв, О.В., Гриценко, Л.С., & Черняєва, О.В. (2018). Технологічні параметри розробки нерудних кар'єрів з вивезенням сировини конвеєрним транспортом при внутрішньому відвалоутворенні. *Збірник наукових праць НГУ*. Дніпро: ДВНЗ «НГУ», (55), 78-87.

АННОТАЦИЯ

Цель. Обосновать методы управления фронтом горных работ при разработке глубоких карьеров, которые обрабатывают крутонаклонными слоями с возможностью размещения внутренних отвалов в выработанном пространстве. Разработать схему принятия решений по разработке глубоких карьеров крутонаклонными слоями.

Методика исследования заключается в анализе существующих схем управления фронтом горных работ и определении методов последовательности принятия решений относительно схем формирования крутонаклонных слоев и внутреннего отвалообразования при разработке месторождений глубокими карьерами.

Результаты исследования. Выполнен анализ схем управления фронтом горных работ и определены технологические приемы управления параметрами бортов карьеров и длиной фронта добычных работ, которые позволили сформировать схему последовательности принятия решений. Большое внимание уделяется возможностям отработки глубоких карьеров схемам с крутонаклонными слоями. Данная технологическая схема предусматривает временную консервацию участков бортов карьера по вскрыше между этапами разработки, последовательное перемещение уступов сверху вниз и отработки горизонта с переходом на следующий в пределах каждого слоя.

Научная новизна. Разработаны общие методы управления фронтом горных работ, связанных с разработкой бортов карьеров, при этом выделены схемы разработки крутонаклонными слоями по породам вскрыши. Сущность разработки крутонаклонными слоями сводится к выполнению шагов от выбора типа карьера по соответствующей систематизации до предоставления рекомендаций и выводов по разработке крутонаклонными слоями с последующим формированием внутренних отвалов в выработанном пространстве.

Практическое значение. Результаты исследований позволяют для карьеров, имеющих однотипные параметры, используя их систематизацию определять основные характеристики рабочей зоны. Предлагается их разработку осуществлять крутонаклонными слоями. Предложенная последовательность принятия решений позволяет понять схему по которой осуществляется определение показателей отработки глубоких карьеров и их эффективности.

Ключевые слова: *глубокие карьеры, крутонаклонные слои, методы управления фронтом горных работ, последовательность принятия решений.*

ABSTRACT

Purpose. To substantiate the methods of management of the front of mining operations in the development of deep open pits, which are worked through with steep dipping layers with the possibility of placing internal dumps in the developed space. To develop a scheme of decision-making for developing deep open pits with steep dipping layers.

The methodology of research consists in the analysis of existing schemes of management of the front of mining and the determination of the methods of the sequence the decision-making regarding the schemes of the formation of the steep dipping layers and the internal stone disposal for the development of deposits with deep open pits.

Findings. An analysis of the schemes of management of the front of mining was carried out and the technological methods of controlling the parameters of the sides of the open pits and the length of the front of the mining operations were determined, which allowed to form a scheme of the sequence the decision-making. Much attention is paid to the possibilities of working out deep open pits with

schemes with steep dipping layers. This technological scheme provides for the temporary conservation of sections of the sides of the open pit on overburden between the stages of development, the successive movement of the ledges from top to bottom and the development of the horizon with the transition to the next within each layer.

The originality. The general methods of managing the front of mining operations related to the development of open pits edges were developed, while the schemes of the development of steep dipping layers on the rock overburden were identified. The essence of the development of steep dipping layers is execution steps from choosing the type of open pit to appropriate systematization, to providing recommendations and conclusions on the development of steep dipping layers, with the subsequent formation of internal dumps in the developed space.

Practical implications. The research results allow for open pits having the same type of parameters, using their systematization to determine the main characteristics of the working zone. It is suggested that they be developed with steep dipping layers. The proposed sequence of decision-making allows us to understand the scheme which determines the indicators of development of deep open pits and their efficiency.

Keywords: *deep open pits, steep dipping layers, methods of management of the mining front, sequence of decision-making.*