

Винахід відноситься до гірничої справи, зокрема до відкритого способу розробки крутоспадних пластових родовищ корисних копалин із скельними породами розкриву, де глибина кар'єрів становить 500...800м, а потокові об'єми розкриву досягають 10...20млн.м³ на рік.

Відомий спосіб розробки крутоспадних родовищ етапами, коли скельні породи розкриву у напрямку від лежачого і висячого боків пласта відпрацьовують крутонахиленими шарами з переміщенням робочої площадки у межах етапу з верхнього положення на рівні виходу скельних під наноси до нижнього, на рівні зустрічі з добувними уступами. Залізничний транспорт використовують переважно для переміщення порід розкриву. Розподільчі пункти та залізничні станції улаштовують по усьому периметру відпрацьованих верхніх горизонтів. Породи розкриву для цього виймають одразу у всьому контурі кар'єра до межі застосування залізничного транспорту по глибині. Корисні копалини та частину розкриву з нижніх розкривних уступів переміщують автосамоскидами до акумулюючих складів, де перевантажують до залізничних поїздів. Ширина робочих площадок та кількість одночасно експлуатуємих етапів залежать від кроку поетапного поглиблення кар'єру [Вскрытие глубоких горизонтов карьеров / Под ред. проф. А.Ю. Дриженко. - М.: Недра. 1994. - 288с.].

Недоліком такого способу є те, що улаштування залізничних станцій, розподільчих та перевантажувальних пунктів по усьому периметру верхніх горизонтів призводить до збільшення об'єму виймання порід розкриву на початковому етапі розробки родовища. Ширина робочих площадок безпосередньо не залежить від запланованого темпу поглиблення кар'єру, коли потоковий коефіцієнт розкриву близький до граничного. Засмічення корисних копалин подрібненими породами розкриву при вибухових роботах на етапах великої висоти не попереджується.

Найбільш близьким по технологічній суті та досягаємому результату розробки крутоспадних пластових родовищ є спосіб відпрацювання етапів шарами на всю ширину робочих площадок паралельними до виробленого простору західками з формуванням між ними піонерних траншей з транспортними комунікаціями та ціликами з послідовним їх чередуванням та погашенням. Це дозволяє вести гірничі роботи із збільшеними кутами нахилу укосів робочих бортів, що призводить до приближення потокового коефіцієнту розкриву до граничного. Закольцовування залізничних транспортних комунікацій на робочій площадці дозволяє інтенсифікувати продуктивність виймальних екскаваторів [МПК E21C41/00. А.С. СРСР №1303715 А].

Недоліком такого способу є те, що формування надто широких робочих площадок на покрівлі етапу призводить до зменшення куту нахилу укосу робочого борту кар'єра і, завдяки цьому, до збільшення потокового коефіцієнта розкриву. Заходів щодо попередження засмічення корисних копалин при буропідривної підготовці розкриву та підвищення стійкості гірського масиву у межах етапу не передбачено. Формування траси залізничного транспорту уздовж усього периметру кар'єру потребує інтенсифікації виконання розкривних робіт.

В основу винаходу поставлено задачу удосконалення способу відкритої розробки крутоспадних родовищ корисних копалин, у якому шляхом запровадження нової технологічної схеми формування робочої зони кар'єра по скельним породам розкриву забезпечується безперервний процес підтримки кількості робочих площадок з виймально-транспортним устаткуванням на потрібному рівні у будь-який термін відпрацювання родовища, підвищення стійкості укосів уступів у межах етапу, компактного розміщення подрібнених вибухом порід розкриву, попередження засмічення ними корисних копалин та обмеження протяжності відпрацьованих ділянок бортів для улаштування залізничних станцій, розподільчих і перевантажувальних пунктів, і за рахунок цього, підвищують до максимального значення куту нахилу робочих бортів та виключають надмірні потокові об'єми розробки порід розкриву.

Поставлена задача вирішується тим, що у відомому способі відкритої розробки крутоспадних пластових родовищ корисних копалин, що включає відпрацювання кар'єрного поля у поздовжньому напрямку з формуванням робочої зони кар'єра етапами, відпрацювання їх уступами за допомогою буропідривних робіт і залізничного транспорту, для підвищення куту нахилу робочих бортів по скельним породам розкриву один з торців кар'єру та прилягаючі до нього ділянки фронтальних бортів по лежачому і висячому бокам родовища на довжину залізничних розподільчих пунктів відпрацьовують одразу ж у граничному положенні $l_{гр}$ (м).

Згідно з винаходом, етапи формують по скельним породам розкриву на фронтальних бортах, починаючи з виходу корисних копалин на нижній розкривний уступ по лежачому і висячому бокам родовища у поперечному перерізі; орієнтують їх уздовж простягання родовища; довжину робочих площадок на них приймають не більшу за довжину екскаваторних блоків $l_{е.б}$ (м), а ширина понизу додатково вміщує вловлюючі площадки, розмір яких $в_{вл}$ (м) визначають за формулою $в_{вл} \geq в_6(n+1)$, де $в_6$ - ширина площадок безпеки на розкривних уступах, м; n - число уступів у етапі, од; причому нижні робочі площадки першого знизу етапів по лежачому і висячому бокам родовища виконують шириною відповідно

$$A_{н.л.} = h_y \text{ctg} \alpha_\gamma + в_6(n+1) + 2h_3 \text{ctg} \beta_3 + в_r;$$

$$A_{н.в.} = h_y(\text{ctg} \gamma + \text{ctg} \alpha_\gamma) + в_6(n+1) + 2h_3 \text{ctg} \beta_3 + в_r;$$

де h_y - висота уступів по породам розкриву, м; γ , α_γ , β_3 - відповідно кути нахилу укосів пласта корисної копалини, уступу і запобіжного валу до горизонту, градуси; h_3 - висота запобіжного валу, м; $в_r$ - ширина транспортної площадки, м; а верхні робочі площадки на етапах встановлюють не меншими за ширину площадок буропідривних робіт $в_{бп}$, м; при цьому результуючі кути укосу фронтальних бортів кар'єру по скельним породам у (градуси) відповідно по лежачому і висячому бокам родовища визначають за формулами

$$\alpha_{р.л.} = \arctg \frac{N \cdot n \cdot h_y}{A_{н.л.} + (N-2)в_{вл} + N[в_{б.л.} + n(в_6 + h_y \text{ctg} \alpha_\gamma)]}$$

$$\alpha_{р.в.} = \arctg \frac{N \cdot n \cdot h_y}{A_{н.в.} + (N-2)в_{вл} + N[в_{б.л.} + n(в_6 + h_y \text{ctg} \alpha_\gamma)]}$$

де N - число етапів у вертикальному перерізі кар'єру, од; а відпрацювання етапу починають зверху із заведенням залізниці на усю його довжину після виконання буропідричних робіт на кожному уступі.

Технічний результат можливо здобути тільки при формуванні робочої зони кар'єра етапами з максимально можливими кутами нахилу укосів робочих бортів по скельним породам розкриву та попередженням засмічення ними корисних копалин при виконанні буропідричних робіт.

Спосіб ілюструється рисунками, де на Фіг.1 показано у плані формування робочої зони кар'єра; на Фіг.2 - технологія послідовної відпрацювання уступів у межах етапу по висячому боку пласта корисної копалини.

На рисунках позначено: 1 - контакти пласта корисної копалини з породами розкриву по лежачому і висячому бокам з нижніми розкривними уступами; 2 - проектний контур кар'єрного поля по скельним породам розкриву; 3 - добувні уступи; 4 - торець кар'єру з постійними залізничними комунікаціями; 5 - нижні робочі площадки перших знизу уступів у межах етапів; 6 - верхні робочі площадки етапів; 7 - площадки безпеки розкривних уступів; 8 - залізничні розподільчі пункти; 9 - виїзна траншея; 10 - екранні свердловини завідки; 11 - свердловини розпушення; 12 - контур розвалу подрібнених вибухом порід розкриву на верхніх уступах; 13 - контур подрібненої вибухом породи на нижньому уступі; 14 - запобіжний вал; 15 - ділянки порід розкриву, що перенесені для розробки на заключний термін відпрацювання родовища; 1,11, III...V - номери послідовної відпрацювання уступів у межах етапу.

Спосіб відкритої розробки крутоспадних пластових родовищ корисних копалин може бути реалізований наступним чином. Пласт корисної копалини 1 у контурах кар'єрного поля 2 відпрацьовується добувними уступами 3, які переміщуються у поздовжньому напрямку від одного з торців 4 до протилежного. Фронтальні робочі борти по скельним породам розкриву відбудовуються від контактів пласта корисної копалини 1 по лежачому і висячому бокам з нижніми робочими площадками розкривних уступів 5, які з верхніми площадками 6 утворюють етапи з декількох тимчасово законсервованих уступів I, II, III...V. Між ними, згідно з Правил безпеки, залишають площадки безпеки 7. На площадках уступів, що відпрацьовані до граничного положення торця 4, улаштовують залізничні станції і розподільчі пункти 8. Вихід залізничних поїздів на поверхню здійснюють по виїзній траншеї 9.

Для забезпечення стійкості укосів тимчасово законсервованих ділянок робочих бортів кожен з уступів I, II, III...V у межах етапу під час проведення буропідричних робіт завідкошують шляхом попереднього підривання екранних свердловин 10. Буряться вони під кутом 60...70° на всю висоту уступів. Вибухом свердловин розпушення 11 подрібнені породи частково скидають на нижні площадки безпеки 7. Під час вибуху свердловин на уступі I подрібнені породи переміщуються униз під кутом, що близький до 45°. За рахунок розпушення порід при подрібненні та переміщенні їх на нижні площадки безпеки 7 формується контур розвалу у початковому стані 12. Подальше підривання свердловин розпушення 11 на уступах II, III...V ведеться у "заклятому становищі", завдяки чому подрібнені породи здимаються догори і утворюють сталий контур розвалу 13. Для розміщення подрібнених порід на нижній площадці кожного етапу передбачається відведення вловлюючої площадки $B_{вл}$ (м), ширина якої визначається за формулою

$$B_{вл} \geq B_6(n+1);$$

де B_6 - ширина площадок безпеки між суміжними тимчасово законсервованими уступами, м; n - кількість уступів у етапі, од.

Попередження засмічення корисних копалин подрібненими породами розкриву досягають за рахунок відбудови нижніх робочих площадок 5 достатніх розмірів та попереднього підривання екранних свердловин завідки 10 по укосу верхнього добувного уступу 3 з лежачого боку пласта корисної копалини 1 або розміщення нижньої брівки робочої площадки 5 із запобіжним валом 14 на відстані a (м) від виходу пласта корисної копалини 1 по висячому боку, тобто $a = h_y(ctg\gamma + ctg\alpha_y)$. При цьому ширина нижніх площадок 5 по лежачому боку родовища становить

$$A_{н.л} = h_y ctg\alpha_y + B_6(n+1) + 2h_3 ctg\beta_3 + B_r;$$

по висячому боку -

$$A_{н.в} = h_y(ctg\gamma + ctg\alpha_y) + B_6(n+1) + 2h_3 ctg\beta_3 + B_r;$$

де h_y - висота скельних уступів, м; γ , α_y , β_3 - відповідно кути нахилу укосів пласта корисної копалини, уступу і запобіжного валу, градуси; h_3 - висота запобіжного валу, м; B_r - ширина транспортної площадки, м.

Група уступів I, II, III...N у межах кожного етапу підривається зверху до низу послідовно один за один. Після формування розвалу по контуру 12 виймальний екскаватор проходить західку уздовж довжини етапу поблизу нижньої брівки знов утвореної робочої площадки на уступі II і скидає породу до виробленого простору. Потім на утвореній полосі настиляється залізничне полотно з виходом до ближнього розподільчого пункту 8. Розвал породи 12, а потім 13 відпрацьовується з навантаженням залізничних поїздів екскаватором. Кути укосу робочих бортів по скельним породам α_y (градуси) відповідно по лежачому і висячому бокам родовища визначають за формулами

$$\alpha_{р.л} = \arctg \frac{N \cdot n \cdot h_y}{A_{н.л} + (N-2)B_{вл} + N[B_{6.л} + n(B_6 + h_y ctg\alpha_y)]}$$

$$\alpha_{р.в} = \arctg \frac{N \cdot n \cdot h_y}{A_{н.в} + (N-2)B_{вл} + N[B_{6.л} + n(B_6 + h_y ctg\alpha_y)]}$$

де N - число етапів у вертикальному перерізі кар'єру, од.

Поступове переміщення фронту розкривних робіт у поздовжньому і поперечному напрямках призводить до попередження відпрацювання об'єму скельних порід розкриву 15 і переносу його на завершувальний термін експлуатації кар'єру. При цьому об'єми V (м³/р) подальших розкривних робіт з кожного боку родовища, які виключають з виконання, визначають за формулою

$$V = N n h_y h_n (ctg\alpha_{рл} - ctg\alpha_{рв}) \sum_{i=1}^K l_{e.6}$$

де h_n - темп поглиблення гірничих робіт, м/р; d_{rp} - кут укосу робочих бортів кар'єру по скельним породам розкрити за прототипом, градуси; $l_{e.б}$ - довжина етапу розробки, м; K - кількість етапів по протяжності кар'єра, од.

Винахід ілюструється наступним прикладом. Кар'єр №3 гірничозбагачувального комплексу комбінату "Криворіжсталь" відпрацьовує пласт залізистих кварцитів з середньою горизонтальною потужністю 400м, який занурюється у надра під кутом 80° . Сучасна глибина кар'єру 300м, з них по скельним породам 225м. Гранична глибина розробки 500м. Висота уступів 15м. Річна продуктивність кар'єру по добуванню руди 8,5млн.т, порід розкрити - 5млн.м³. Плановий коефіцієнт розкрити 0,6м³/т. Темп поглиблення 2,5м/р. Довжина екскаваторних блоків при відпрацюванні уступів із застосуванням залізничного транспорту становить 600...800м. Поздовжність кар'єрного поля 3км. Результуючий кут укосу робочих бортів по скельним породам досягає $15...18^\circ$. Укоси уступів спеціально не завідкошують, тому кут їх нахилу до горизонту становить $50...60^\circ$. Ширина площадок безпеки 5м. Ширина робочих площадок $50...60$ м.

Нова технологія відпрацювання родовища передбачає формування робочої зони кар'єра етапами, до яких входить 5 уступів. Укоси їх завідкошують шляхом буріння екранних свердловин на всю висоту уступа під кутом 75° . Бурова західка шириною 40м передбачає буріння п'яти рядів свердловин розпушення по сітці 7×7 м. Ширина транспортної полоси $20...25$ м, валу безпеки - 3м. Оскільки укоси уступів формують під кутом природного нахилу, ширину призми обрушення суміщають з шириною валу безпеки, висота якого досягає 1,2м. Протяжність етапів 600м. Кількість їх по висоті робочої зони - 3, по довжині кар'єру - 4.

Згідно з наведеними у опису винаходу аналітичними залежностями ширина вловлюючої площадки становить

$$B_{вл} = B_6(n+1) = 5(5+1) = 30\text{м.}$$

Ширина нижньої робочої площадки першого знизу етапів по лежачому боку

$$A_{н.л} = h_y \text{ctg} \alpha_y + B_6(n+1) + 2h_3 \text{ctg} \beta_3 + B_r = 15 \text{ctg} 75^\circ + 5(5+1) + 2 \cdot 1,2 \text{ctg} 40^\circ + 25 = 4 + 30 + 3 + 25 = 62\text{м.}$$

по висячому боку

$$A_{н.в} = h_y(\text{ctg} \gamma + \text{ctg} \alpha_y) + B_6(n+1) + 2h_3 \text{ctg} \beta_3 + B_r = 15(\text{ctg} 80^\circ + \text{ctg} 75^\circ) + 30 + 3 + 25 = 6,6 + 30 + 3 + 25 = 64,6\text{м.}$$

Результуючі кути укосів робочих бортів по лежачому боку

$$\alpha_{р.л} = \arctg \frac{N \cdot n \cdot h_y}{A_{н.л} + (N-2)B_{вл} + N[B_6 + n(B_6 + h_y \text{ctg} \alpha_y)]} = \frac{3 \cdot 5 \cdot 15}{62 + (3-2)30 + 3[40 + 5(5 + 15 \text{ctg} 75^\circ)]} = \frac{225}{377} = 0,6 = 31^\circ$$

по висячому боку

$$\alpha_{р.в} = \arctg \frac{N \cdot n \cdot h_y}{A_{н.в} + (N-2)B_{вл} + N[B_6 + n(B_6 + h_y \text{ctg} \alpha_y)]} = \frac{3 \cdot 5 \cdot 15}{64,6 + (3-2)30 + 3[40 + 5(5 + 15 \text{ctg} 75^\circ)]} = \frac{225}{379,6} = 0,593 = 30,5^\circ$$

Об'єм скельних порід, виймання яких щорічно переноситься на заключний термін експлуатації кар'єру, дорівнює

$$V = V_n + V_b = 2Nnh_y h_n (\text{ctg} \alpha_{рп} - \text{ctg} \alpha_p) \sum_{i=1}^K l_{e.б} = 2 \cdot 10^{-6} \cdot 3 \cdot 5 \cdot 15 \cdot 2,5 (\text{ctg} 15^\circ - \text{ctg} 31^\circ) \cdot 4 \cdot 600 = 3,5 \text{млн.м}^3 / \text{р}$$

Зниження величини потокового коефіцієнта розкрити за основний термін експлуатації становить

$$K_n = \frac{V}{Q_p} = \frac{3,5}{8,5} = 0,41 \text{м}^3 / \text{т}$$

Продовження основного терміну відпрацювання родовища визначається із співвідношення

$$T = \frac{H_{гр} + H_n}{h_n} = \frac{500 - 300}{2,5} = 80 \text{років}$$

, де $H_{гр}$, H_n - гранична та поточна глибина кар'єру, м.

Економічна ефективність запровадження нової технології визначається за формулою

$$E = Q_p [K_{н.л} C_p - (C_p + C_6 + C_t)] = 8,5 [0,6 \cdot 15 - (15 + 0,4 + 2,5)] = 14,1 \text{млн.грн.}$$

де $K_{н.л}$ - плановий потоковий коефіцієнт розкрити, м³/т; згідно з проектом $K_{н.л} = 0,6 \text{м}^3/\text{м}^3$; C_p - питома собівартість розкривних робіт, грн./м³; за даними комбінату $C_p = 15 \text{грн}/\text{м}^3$; C_6 і C_t - збільшення собівартості виконання бурі підричних і транспортних робіт за рахунок буріння екранних свердловин завідки і збільшення відстані перевезення породи автосамоскидами до перевантажувальних пунктів залізничного транспорту грн./м³; за даними комбінату $C_6 = 0,4 \text{грн}/\text{м}^3$; $C_t = 2,5 \text{грн}/\text{м}^3$.

Наведені показники розробки родовища залізистих кварцитів у кар'єрі №3 за новою технологією підтверджують високу ефективність заявленого технічного рішення.

