

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ЗОНИ ЗСУВУ ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ ПРИ ПІДЗЕМНІЙ РОЗРОБЦІ КРУТОСПАДНИХ ПЛАСТОПОДІБНИХ РУДНИХ ПОКЛАДІВ ЗНАЧНОГО ПРОСТЯГАННЯ

Наведені результати аналітичних досліджень процесів обвалення земної поверхні в зоні підземних гірничих робіт, які доповнили наукові основи методики визначення параметрів зони зсуву та обвалення вмшуючих порід при підземній розробці крутоспадних пластоподібних рудних покладів значної довжини за простяганням.

Приведены результаты аналитических исследований процессов обрушения земной поверхности в зоне подземных горных работ, дополняющих научные основы методики определения параметров зоны сдвига, и обрушения вмещающих пород при подземной разработке крутопадающих рудных залежей значительной длины по простиранию.

This article gives the results of analytical research of the earth surface caving processes in underground mining zone, which supplement scientific basics of methods of determining characteristics of displacement and caving zone of adjacent strata during underground steep mining of large ore deposits are given.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями

Підземна розробка залізорудних родовищ в Кривбасі породжує процеси зсуву та обвалення вмшуючих порід, які зумовлюють значний гірський тиск. Основні наслідки – перенапруження порід лежачого боку, зсуву рудного масиву на межі з очисним простором; зменшення питомої ваги камерної виїмки у системах з відкритим очисним простором і заміна їх системами з масовим обваленням; руйнування підготовчих і нарізних виробок.

Особливо активно проявляється гірський тиск при розробці крутоспадних пластоподібних рудних покладів значного (більше 300 м) простягання. У зв'язку з цим у свій час на шахтах «Батьківщина», «Жовтнева», «Гігант-Глибока», ім. Артема №1 були змінені схеми розкриття та підготовки, системи розробки і порядок очисного виймання. В той же час відроблення стовпоподібних покладів і покладів незначного простягання (шахти ім. Орджонікідзе, ім. Фрунзе, «Більшовик», окремі поклади шахти «Ювілейна») на тій же глибині здійснювали без істотних труднощів [1].

Багатолітні спостереження показують, що основною причиною неоднакових умов ведення підземних гірничих робіт є розміри рудних покладів, головним чином

довжина покладу за простяганням. Інші параметри (потужність покладу, кут падіння, міцність і стійкість вміщуючих порід) впливають менше. Дослідження процесів розвитку зон зсуву та обвалення на рудниках Кривбасу [2, 3] підтвердили, що довжина рудного покладу та глибина його розробки в основному визначають форму та розміри зони зсуву вміщуючих порід і величину гірського тиску. Згідно з [2] загальна зона зсуву земної поверхні включає в себе наступні зони: плавного зсуву, тріщин, терас, воронки і провалів

Постановка завдання

У процесі поглиблення гірничих робіт форма зони зсуву земної поверхні змінюється, а її розміри до певної глибини (так званої критичної глибини) [3] збільшуються.

У зв'язку з цим питання визначення параметрів зони обвалення вміщуючих порід і зони зсуву земної поверхні та пов'язаної з ними критичної глибини розробки має важливе практичне значення.

Аналіз досліджень та публікацій

Процеси обвалення вміщуючих порід з виходом на земну поверхню досліджували Г.М. Малахов, В.І. Кузьмін, Д.Ф. Мойсєєв, В.Ф. Лавриненко, Ю.О. Іванов, М.І. Кандиба, С.В.Письменний та інші науковці. Г.М. Малахов [1] установив, що зсуву та обвалення порід всіячого боку на рудниках Кривбасу відбувається періодично з кроком обвалення за падінням покладу від 50 до 80 м, а зона зсуву земної поверхні має овальну форму.

В.І. Кузьмін і Д.Ф. Мойсєєв [2] розробили класифікацію рудних покладів Кривбасу за формою, розмірами та кутами падіння і встановили для них мінімальні кути зсуву та обвалення порід всіячого та лежачого боків.

В.Ф. Лавриненко, Ю.О. Іванов, М.І. Кандиба [3] установили, що обвалення порід всіячого боку при розробці плаstopодібних рудних покладів відбувається до певної глибини розробки, яка залежить в основному від довжини покладу.

Нами [4] виконані аналітичні дослідження процесів зсуву порід та отримані формули для визначення розмірів зони зсуву на земній поверхні.

Однак питання визначення форми і параметрів зони обвалення вміщуючих порід і зони зсуву земної поверхні при підземній розробці крутоспадних плаstopодібних рудних покладів в залежності від глибини розробки і довжини рудних покладів досліджені недостатньо.

Виклад матеріалу та результати

Основними вихідними даними для визначення параметрів зони зсуву земної поверхні є: довжина рудного покладу, глибина його розробки та кути зсуву й обвалення вміщуючих порід. На рис. 1 приведена розрахункова схема для визначення параметрів зон зсуву та обвалення при відробленні крутоспадного плаstopодібного рудного покладу значного простягання.

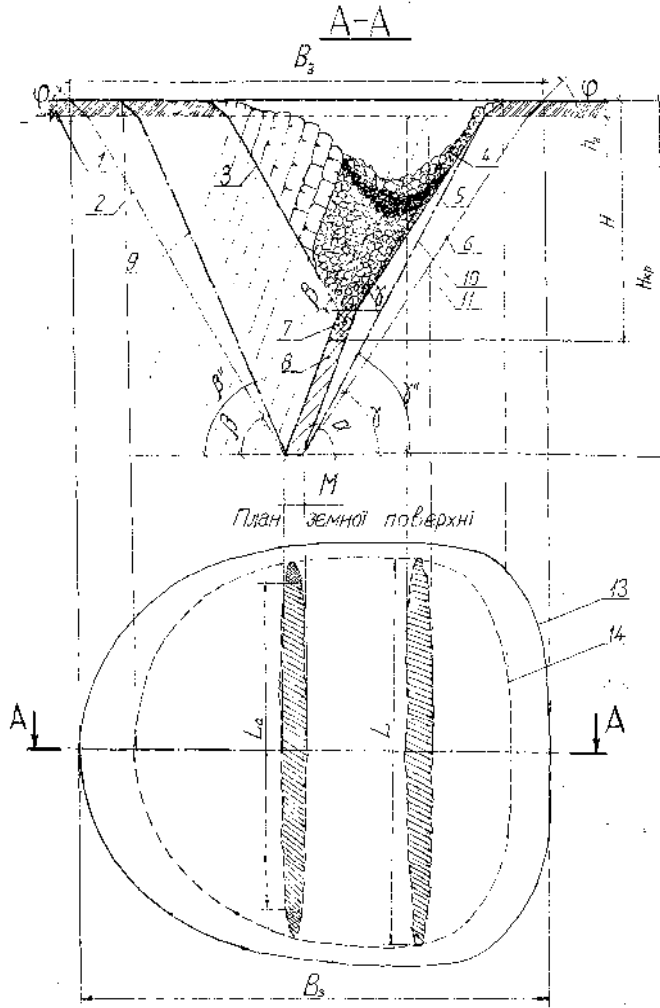


Рис. 1. Розрахункова схема для визначення максимального розміру зони зсуву та обвалення на земній поверхні навхрест простягання при відробленні пластоподібного рудного покладу: 1 – наносні глинисті породи; 2, 6 – межі проектної зони зсуву вміщуючих порід до критичної глибини відроблення запасів; 3, 5 – межі зони зсуву та обвалення порід при відробленні рудного покладу до експлуатаційного горизонту; 4 – зона обвалення порід; 7 – запаси руди поверху, який відробляється; 8 – рудний поклад; 9, 10 – межі ймовірної зони обвалення порід до критичної глибини відроблення запасів; 11 – обвалені глинисті породи; 12 – напрямом переміщення глинистих порід; 13 – проектний контур зони зсуву земної поверхні при досягненні очисними роботами критичної глибини розробки; 14 – проектний контур зони обвалення на земній поверхні при $H = H_{кр}$

Унаслідок впливу торцевого розпору, що збільшується з глибиною розробки, зсуву порід висячого боку відбувається тільки до певної глибини (критичної глибини $H_{кр}$), на якій кути зсуву порід висячого β приймають найменше значення ($\beta = \beta_{min}$), а процес зсуву порід висячого боку з виходом на земну поверхню припиняється. На критичній глибині активна довжина рудного покладу L_a теж приймає мінімальне значення, яке можна розрахувати за формулою [3]

$$L_a = L - 2H_{кр}ctg\delta, \text{ м}, \quad (1)$$

де L – довжина рудного покладу в межах критичної глибини, яка приймається на основі геологічних даних, м;

δ – кут зсуву порід за простяганням рудного покладу від нижньої границі очисних робіт, град.

При досягненні очисними роботами критичної глибини розробки завершується перший період відроблення плаstopодібних рудних покладів – період з зсувом і обваленням земної поверхні.

Другий період характеризується припиненням порушенням земної поверхні, локальним обваленням порід висячого боку та стабілізацією тиску обвалених порід.

Критичну глибину рекомендується розраховувати за формулою

$$H_{кр} = kL, \text{ м}, \quad (2)$$

де k – емпіричний коефіцієнт, який враховує довжину, потужність, кут падіння рудного покладу та стійкість вмшуючих порід. Величина коефіцієнта змінюється від 0,90 для шахт південної групи (шахта ім. Артема №1) до 0,75 – для шахт рудників північної групи (шахта «Гвардійська», шахта ім. Леніна).

Найбільший розмір зони зсуву земної поверхні навхрест простягання покладу B_3 , форма якої наближається до еліптичної, визначається величинами кутів β і γ [2] та критичною глибиною розробки рудного покладу (рис. 1). Величина B_3 визначається за формулою [4]

$$B_3 = (H_{кр} - h_n) \frac{\sin(\beta + \gamma)}{\sin \beta \sin \gamma} + M + \frac{2h_n}{tg\varphi}, \quad (3)$$

де $H_{кр}$ – критична глибина підземної розробки рудного покладу, нижче якої процес зсуву та обвалення вмшуючих порід з виходом на земну поверхню припиняється, м;

β , γ – кути зсуву вмшуючих порід відповідно висячого та лежачого боків, град.;

h_n – потужність наносних глинистих порід, м;

φ – кут зсуву глинистих порід, град.

Школа підземної розробки-2011

Дуже важливим для практичних розрахунків параметрів процесу зсуву вміщуючих порід є відношення B_3 / L – відношення найбільшого розміру зони зсуву земної поверхні навхрест простягання до довжини рудного покладу. Знаючи величину відношення B_3 / L і довжину крутоспадного плаstopодібного рудного покладу L , для практичних цілей можна розрахувати величину B_3 за формулою

$$B_3 = bL, \text{ м}, \quad (4)$$

де b – величина відношення B_3 / L .

Як показали аналітичні дослідження, величина відношення B_3 / L зменшується від максимального значення для гірничо-геологічних умов шахти ім. Артема №1 до мінімального значення – для шахти ім. Леніна.

Таблиця 1

РОЗРАХУНКОВІ ПАРАМЕТРИ ПРОЦЕСУ ЗСУВУ ВМІЩУЮЧИХ ПОРІД І ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ ПРИ РОЗРОБЦІ ПЛАSTOPОДІБНИХ РУДНИХ ПОКЛАДІВ (III ГРУПА ЗА КЛАСИФІКАЦІЄЮ ВНДМІ)

Шахта	Поклад	Кут падіння, град.	Довжина покладу L , м	Горизонтальна потужність покладу M , м	Потужність наносів h_n , м
1	2	3	4	5	6
ім. Артема №1	об'єднаний	35-45	950	70-90	28-30
«Батьківщина»	основний №95	34-45	720	20-30	25-30
«Октябрська»	основний	50-55	800	25-40	25-30
«Ювілейна»	група покладів	55-60	850*	20-40	30-32
ім. Фрунзе	група покладів	50-70	760*	30-40	28-32
«Гвардійська»	група покладів	55-65	800*	24-40	30-32
ім. Леніна	група покладів	60-65	870*	20-35	33

Продовження таблиці 1

Кути зсуву та обвалення (за даними ВНДМІ [2])					Критична глибина розробки покладу $H_{кр}^{**}$, м	Найбільший розмір зони зсуву на земній поверхні B_3 , м	Відношення B_3 / L , част. од.
висячого боку		лежачого боку		нано-сів			
β	β''	γ	γ''	φ			
7	8	9	10	11	12	13	14
45-50	45-50	45	45	45	902	1780	1,97
45-50	50	45	45	45	612	1106	1,54
50	50	50	55	45	640	1113	1,39
50-55	50-55	55	60	45	680	1070	1,26
55	60	60	60	45	570	962	1,03
60	60	60	65	45	600	720	0,9
60-65	60-65	65	65	45	653	732	0,84

Примітка: *За умови, що буде здійснено суцільне відроблення рудних покладів природно багатих руд і розділяючих магнетитових кварцитів у межах п'ятого (sx^{f5}) і шостого (sx^{f6}) залізистих горизонтів.
****Критична глибина розробки** плаstopодібного покладу визначалась за формулою $H_{кр} = k \cdot L$ (2). Рекомендується приймати значення емпіричного коефіцієнта k для шахти ім. Артема №1 – 0,90; шахти «Батьківщина» – 0,85; шахти «Жовтнева» – 0,8; шахти «Ювілейна» – 0,8; шахти «Гвардійська» – 0,75; шахти ім. Фрунзе – 0,75; шахти ім. Леніна – 0,75.

У табл. 1 наведені розрахункові параметри процесу зсуву та обвалення вміщуючих порід і земної поверхні при розробці плаstopодібних рудних покладів у Криворізькому залізорудному басейні. Як видно з табл. 1, величина відношення B_3 / L змінюється від 1,97 для гірничо-геологічних умов шахти ім. Артема №1 до 0,84 – шахти ім. Леніна. Відношення B_3 / L змінюється обернено пропорційно куту зсуву порід висячого боку β (рис. 2).

Як видно з рис. 2, зі збільшенням кутів падіння покладу α і зсуву порід висячого боку β відношення B_3 / L різко зменшується. На його зменшення також впливають збільшення міцності вміщуючих порід і торцевого розпору.

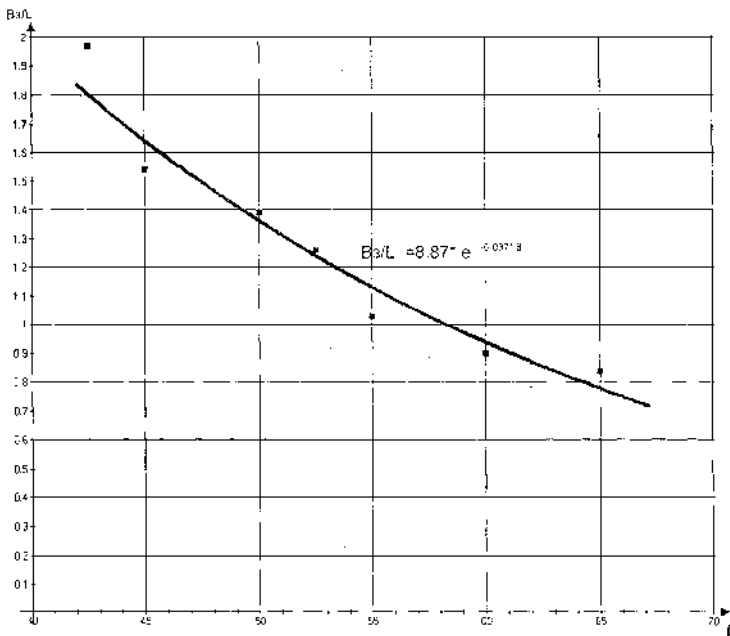


Рис. 2. Графік залежності відношення B_3 / L від мінімального кута зсуву порід висячого боку β на критичній глибині розробки рудного покладу $H_{кр}$

Особливе значення має встановлення закономірності зміни відношення B_3 / L від кута зсуву порід висячого боку β . Для розв'язання цієї задачі була використана експоненціальна апроксимація, яка дала змогу отримати залежність у вигляді експоненціальної функції

$$B_3 / L = 8,87e^{-0,037\beta} \quad (5)$$

Висновки і напрямки подальших досліджень

Виконані нами аналітичні дослідження процесів зсуву земної поверхні та обвалення вміщуючих порід на шахтах Кривбасу дозволяють зробити наступні висновки.

1. Довжина рудного покладу за простяганням є одним із головних факторів, які визначають форму та розміри зони зсуву земної поверхні.

2. Найбільший розмір зони зсуву земної поверхні навхрест простягання рудного покладу B_3 при досягненні очисними роботами критичної глибини розробки родовища $H_{кр}$ на шахтах Кривбасу зменшується при збільшенні кута падіння покладу α і кутів зсуву порід висячого β і лежачого γ боків від $1,97L$ для умов шахт південної групи при $\beta = 45^\circ$ до $0,84L$ для умов шахт північної групи при $\beta = 60-65^\circ$.

3. В останні роки підземна розробка крутоспадних пластоподібних рудних покладів відбувається у другому періоді – у періоді припинення зсуву земної поверхні і локального обвалення порід висячого боку зі сталим гірським тиском.

У подальшому необхідно провести детальні інструментальні дослідження процесу локального обвалення порід висячого боку з метою визначення параметрів цієї зони.

Список літератури

1. Малахов Г.М. Вскрытие и разработка рудных месторождений на больших глубинах [Текст] / Г.М. Малахов, А.П. Черноус. – М.: Госгортехиздат, 1960. – С. 30-38.

2. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных работ в Криворожском железорудном бассейне. – Л.: ВНИМИ, 1975. – 67 с.

3. Лавриненко В.Ф. Закономерности проявления горного давления на рудниках Криворожского бассейна [Текст] / В.Ф. Лавриненко, Ю.А. Иванов, М.И. Кандыба // Горный журнал. – 1961. – №6. – С. 19-23.

4. Ступнік М.І. Визначення параметрів воронки обвалення в зоні підземних гірничих робіт при розробці залізорудних родовищ [Текст] / М.І. Ступнік, С.В. Письменний // Вісник КТУ. – 2010. – Вип. 26. – С. 26-29.