

## РОЗРОБКА РОДОВИЩ КОРИСНИХ КОПАЛИН

УДК 622.6:622.27

<https://doi.org/10.31713/vt1201825>

**Калініченко В. О., д.т.н., професор, Письменний С. В., к.т.н., доцент, Калініченко О. В., к.е.н., доцент** (Державний вищий навчальний заклад "Криворізький національний університет", м. Кривий Ріг)

### РОЗКРИТТЯ ЗАПАСІВ ЗАЛІЗНИХ РУД КРИВОРІЗЬКОГО БАСЕЙНУ ПІДЗЕМНИМ СПОСОБОМ НИЖЧЕ ГЛИБИНИ 1500...1700 М

**Розробка покладів багатих залізних руд Криворізького басейну в даний час здійснюється підземним способом. Всі рудні поклади розкриті вертикальними стволами розташованими в лежачому боці від запасів, що відпрацьовуються. При подальшому відпрацюванні родовища на значних глибинах збільшуються капітальні та експлуатаційні витрати на розкриття. При доопрацюванні балансових запасів родовища на великих глибинах пропонуються схеми розкриття з застосуванням потужного високопродуктивного самохідного обладнання. Дані схеми передбачають проходку похилої транспортної виробки. Враховуючи, що транспортна виробка перетинає декілька різних пластів, необхідно забезпечити стійкість гірничої виробки на весь період експлуатації з метою зменшення експлуатаційних витрат. Аналітичними дослідженнями визначені небезпечні зони на контурі гірничої виробки в залежності від фізико-механічних властивостей гірських порід.**

**Ключові слова:** розкриття, горизонт, виробка, витрати, запаси.

**Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями.** У Криворізькому залізорудному басейні до глибини 2500 м зосереджено понад 23,2 млрд т запасів залізних руд, які розробляються відкритим і підземним способами. Відкритим способом відпрацьовуються запаси природно-бідних залізних руд з вмістом заліза загального 28...35%, а запаси природно-багатих залізних руд з вмістом заліза понад 55% розробляються підземним способом [1]. До глибини 2500 м налічується близько 4,3 млрд т запасів природно-багатих залізних руд [2]. В межах шахтних полів діючих гірничих підприємств нараховується близько 1,2 млрд т балансових запасів залізних руд, табл. 1.

З табл. 1 видно, що шахти: ім. Артема, ім. Фрунзе та «Тернівсь-

ка» наближаються до кінцевої глибини підрахунку балансових запасів багатих залізних руд. При існуючих схемах підготовки шахтам залишилося відпрацювати 2...4 поверху.

Розробка запасів на нижчих горизонтах зводиться до наступних основних технологічних операцій: поглиблення стволів, заміна підйомних машин, будівництво на відкатних горизонтах біляствольних дворів з дробарно-бункерним комплексом, проходка квершлагів [3-5].

Таблиця 1

Розподіл балансових запасів залізних руд по шахтам [2]

Гірничодобувне підприємство	Шахта	Глибина, м		Балансові запаси, млн т
		очисних робіт	підрахунку запасів	
ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»	ім. Артема	1135	1315	120
ПАТ «Кривбасзалірудком»	«Родіна»	1390	1765	160
	«Октябрська»	1265	2015	570
	«Гвардійська»	1270	1990	100
	«Тернівська»	1350	1500	80
ПРАТ «Суша Балка»	ім. Фрунзе	1135	1580	40
	«Юбілейна»	1260	2060	160

З умови розробки залізрудних родовищ підземним способом будівництво повноцінного горизонту економічно доцільно здійснювати, коли відпрацювання запасів у поверху здійснюється протягом 5–10 років, а запасів у поверхсі налічується понад 45...60 млн т [6].

Залізна руда Криворізького басейну відрізняється відносно низькою ціною на світовому ринку в порівнянні з рудою іноземного виробництва та підвищеним вмістом шкідливих домішок зокрема кремнезему. Світовий ринок залізрудної сировини характеризується нестабільністю попиту та ціни, а також високою чутливістю до загальноекономічних циклів. Тому допрацювання рудних покладів на великих глибинах з застосуванням морально застарілих схем розкриття і підготовки, систем розробки, технологічної відсталості та високого зносу основних виробничих потужностей значно знизять фінансову гнучкість гірничорудному підприємству, що підвищить чутливість підприємства до кризових явищ [7].

З метою залишитися на світовому ринку та зміцнити свої позиції на ньому, гірничим підприємствам необхідно: знизити собівартість видобутку руди; ліквідувати відставання в будівництві нових глибоких горизонтів; підвищити якість продукції і наростити потенціал ви-

робництва.

**Постановка завдання.** Таким чином, необхідно розробити схеми розкриття, які дозволять ефективно допрацювати балансові запаси в межах родовища зосереджених нижче глибини 1500...1700 м. Одним з технічних рішень щодо зниження собівартості видобутку руди це конструктивна зміна способу розкриття нижчих горизонтів, що дозволить не лише ліквідувати відставання в будівництві нових горизонтів, а також успішно наростити виробничу потужність підприємства.

З цією метою ми пропонуємо проаналізувати наступні альтернативні варіанти розкриття, які відрізняються способом транспортування видобутої гірничої маси по головним розкривним виробкам з застосуванням високопродуктивного обладнання.

**Викладення матеріалу та результати.** Згідно з досвіду підземної розробки крутоспадних рудних родовищ глибина першого ступеню розкриття вертикальними стволами не перевищує 1300 м. Збільшення глибини першого ступеню розкриття до 1500 м призведе до зменшення річної продуктивності та збільшення собівартості видобутку, а в ряді випадків розробку зробить не доцільною [8].

Розглянемо альтернативні варіанти розкриття нижчезалягаючих горизонтів з використанням існуючого основного відкотного горизонту та головного вертикального ствола пройденого до максимальної глибини першого ступеню розкриття та підготовкою наступних горизонтів другого ступеню розкриття з:

- 1 – похилим сліпим стволом;
- 2 – похилою транспортною виробкою;
- 3 – спіральним похилим з'їздом.

Запропоновані схеми відрізняються не тільки розташуванням гірничої виробки у просторі та гірничотранспортним обладнанням, яке застосовується на транспортуванні видобутої руди з очисних блоків до головного ствола.

З світового досвіду відомо, що при поглиблені гірничих робіт знижується річна продуктивність шахти. В першу чергу це пов'язано з тим, що обладнати сліпий вертикальний ствол потужним устаткуванням в зв'язку з обмеженим простором та значним гірським тиском не можливо.

Таким чином, при подальшій розробці запасів залізних руд з застосуванням вертикальних стволів річна продуктивність шахти знизиться в 1,2...1,5 рази, а собівартість видобутку збільшиться на 20...30%. У зв'язку з цим, ми пропонуємо застосовувати високопро-

дуктивне обладнання: конвеєрне або самохідне.

Розглянемо детальніше варіанти розкриття запасів родовища нижче першого ступеню розкриття.

Сутність першого варіанту полягає в наступному: з нижнього горизонту першого ступеню розкриття проходиться похилий сліпий ствол на один або два поверхи з розташуванням його устя в безпосередній близькості від дробарно-бункерного комплексу (ДБК) головного ствола, рис. 1.

Видобута рудна маса з очисних блоків транспортується електровозним транспортом до перевантажувального пункту розташованого біля похилого ствола. Далі по похилому стволу вона транспортується до ДБК біля головного вертикального ствола.

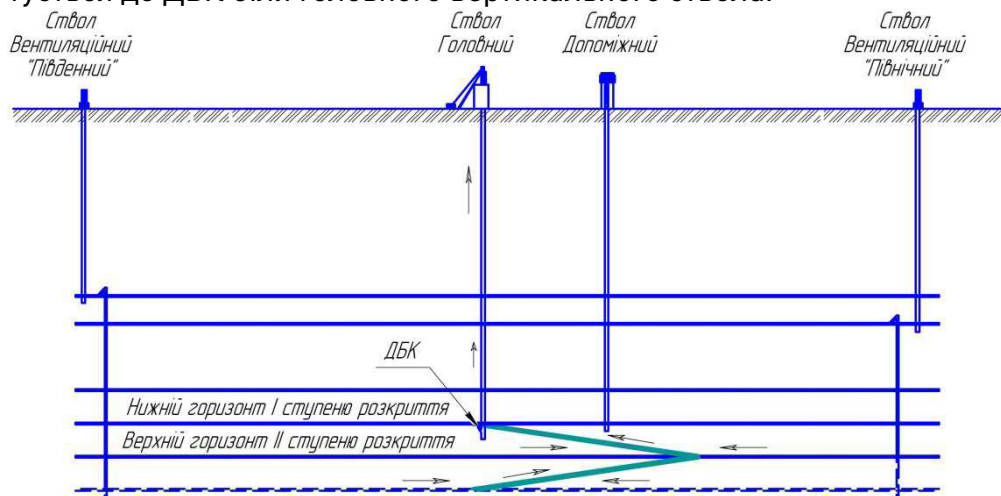


Рис. 1. Схема розкриття нижчих горизонтів із застосуванням похилого сліпого ствола обладнаного конвеєрним підйомом

Для забезпечення високих техніко-економічних показників видобутку при мінімальних капітальних вкладеннях і експлуатаційних витратах доцільно похилу виробку розташовувати під кутом 16...18°, з максимальною довжиною не більше 1000 м (на висоту одного поверху). В просторі ствол доцільно розташовувати навхрест простягання родовища для зменшення довжини головних квершлагів.

Переваги даної схеми розкриття є:

1. Можливість збільшення річної продуктивності підземного рудника понад 15,0 млн т;
2. Зменшення довжини підземних гірничих виробок (головного квершлягу) в 2,0...2,5 рази.

Недоліки:

1. Складність обслуговування конвеєрів на значних глибинах;

2. Значні капітальні та експлуатаційні витрати на монтаж обладнання.

*Другий варіант* розкриття запасів нижче глибини першого ступеню здійснюється прямолінійною похилою транспортною виробкою та транспортуванням рудної маси підземними автосамоскидами, рис. 2.

Рудна маса з очисних блоків навантажується безпосередньо в підземні автосамоскиди вантажопідйомністю 40...50 т і далі транспортується по гірничим виробкам на нижній горизонт I ступеню розкриття до: перевантажувального пункту і далі доставляється електровозним транспортом до головного ствола або до ДБК. Слід зауважити, що при даній схемі довжина похилої виробки у порівнянні з конвеєрною доставкою зменшується в 1,2...1,5 рази за рахунок збільшення куту транспортної виробки до 20...24°, при цьому площа поперечного перетину транспортної виробки збільшується до 20...24 м<sup>2</sup>.

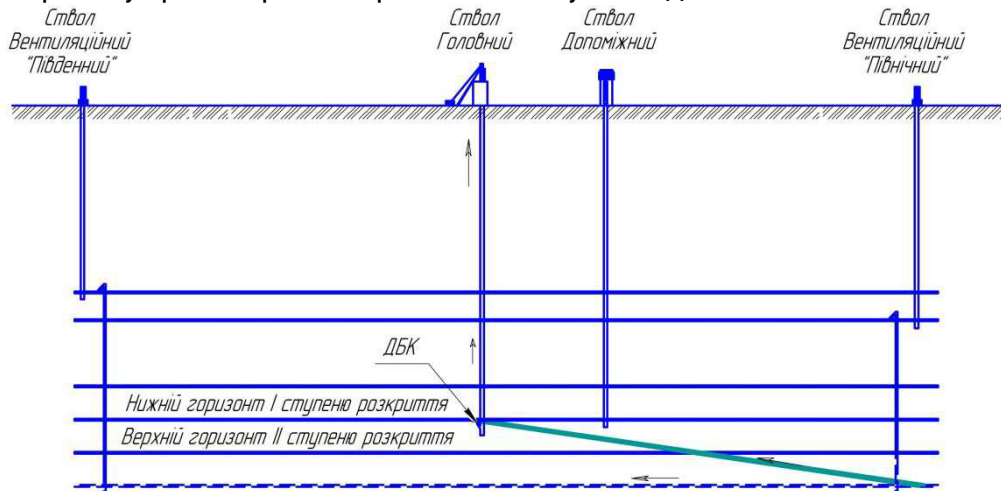


Рис. 2. Схема розкриття нижчих горизонтів із застосуванням похилої транспортної виробки

Переваги даної схеми розкриття:

1. Збільшення річної продуктивності підземного рудника до 10,0 млн т;
2. Зменшення часу на проходку похилої транспортної виробки, та терміну введення в експлуатацію видобувного горизонту;
3. Зменшення капітальних та експлуатаційних витрат на будівництво другого ступеню розкриття.

Недоліки:

1. Значні капітальні вкладення на придбання самохідного обладнання.

Сутність третього варіанту полягає в наступному: будівництво другого ступеню розкриття здійснюється за рахунок проходки спірального з'їзду з вище лежачого горизонту на нижче лежачий, рис. 3.

Видача гірської маси здійснюється підземними автосамоскидами з очисних вибоїв по спіральному з'їзду до перевантажувального пункту. Безпосередньо біля гирла спірального з'їзду облаштовується перевантажувальний пункт в якому руда перевантажується з автосамоскидів у вагонетки і далі транспортується до головного ствола.

Перевантажувальний пункт розташовують в лежачому боці рудного покладу за зоною зсуву порід.

Переваги даного варіанта наступні:

1. Збільшення річної продуктивності підземного рудника;
2. Швидке введення в експлуатацію видобувного горизонту;
3. Зменшення довжини гірничих виробок: головного квершлягу в 1,5...2,0 рази і доставної виробки між горизонтами в 2,0...3,0 рази;
4. Зменшення капітальних та експлуатаційних витрат на будівництво другого ступеню розкриття.

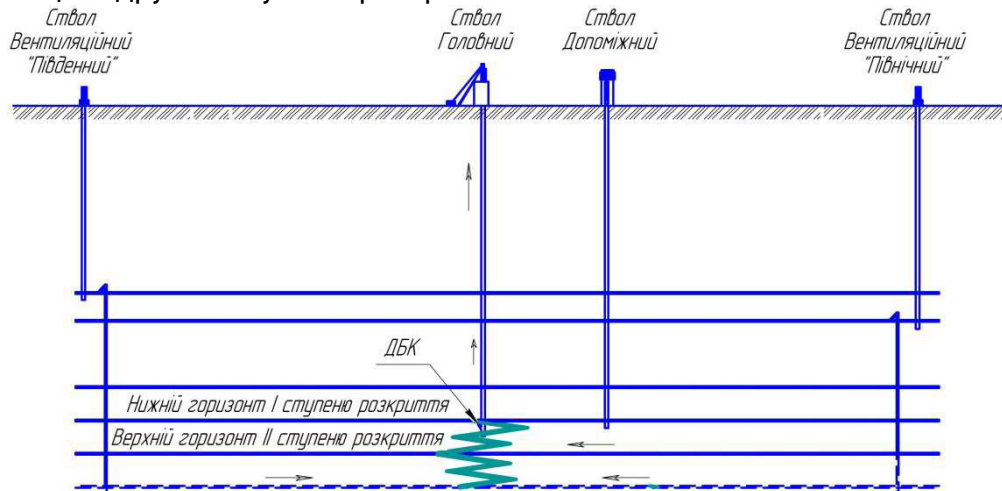


Рис. 3. Схема розкриття нижчих горизонтів із застосуванням спірального з'їзду

Недоліки:

1. Значні капітальні вкладення на придбання самохідного обладнання;
2. Додаткові експлуатаційні витрати на підтримання виробки перевантажувального вузлу.

Особливістю даних схем розкриття є те, що в порівнянні з традиційною схемою розкриття вертикальним сліпим стволом продуктивність шахти зі збільшенням глибини розробки залишається пос-

тійною а при необхідності можливо її збільшення.

З метою визначення оптимального варіанту виконані техніко-економічні розрахунки для наступних умов: корисний компонент гетит-гематитова руда з вмістом заліза 58%; довжина покладу за протяганням 1200 м; кут падіння рудного покладу 60°; глибина першого ступеню розкриття 1250 м; висота поверху 90 м; балансових запасів нижче глибини 1250 м дорівнює 120 млн т; річна продуктивність головного ствола 5,5 млн т; система розробки з масовим примусовим обваленням; головний, допоміжний та вентиляційні стволи розташовані за зоною зсуву гірських порід лежачого боку.

Результати розрахунків наведені в табл. 2.

Аналізуючи дані наведені в табл. 2 видно, що найбільш економічно доцільними є варіанти розкриття з застосування самохідної техніки, які дозволяють зменшити: сумарну довжину гірничих виробок на 300...1600 м та приведені витрати з 47,33 грн./т до 30,7...32,82 грн./т.

Таблиця 2

Техніко-економічні розрахунки на проходку капітальних гірничих виробок по схемам розкриття

Показники	Схема розкриття			
	вертикальним стволом	конвеєрним стволом	похилою транспортною виробкою	спіральним з'їздом
Сумарна довжина гірничих виробок, м в тому числі:	6791	5857	5542	5023
- вертикальних, м	1710	1330	1330	1330
- горизонтальних, м	5081	4107	3832	3443
- похилих, м	-	420	280	250
Капітальні вкладення, млн грн.	210,3	253,8	202,2	192,0
Експлуатаційні витрати, млн грн.	26,3	23,0	12,6	11,5
Приведені витрати на розкриття, млн грн./т	47,33	48,38	32,82	30,7
Річна продуктивність шахти, млн т	1 – 3	5 – 15	5 – 10	5 – 10
Приведенні витрати на розкриття першого горизонту, грн/т	99,3	96,6	88,1	86,5

Експлуатаційні витрати за традиційною схемою розкриття більше в 1,7...2,0 рази, це пов'язано з тим, що час на відпрацювання

запасів збільшується в 2...5 разів. Слід врахувати, що при другому та третьому варіантах, з застосуванням самохідного обладнання, витрати на придбання, ремонт і амортизацію обладнання збільшуються в 3...7 разів у порівнянні з традиційною схемою розкриття вертикальним сліпим стволом.

Застосування потужного самохідного обладнання на підземних гірських роботах потребує значного збільшення площі поперечного перерізу гірничих виробок в 2...3 рази. Збільшення площі виробки в умовах прояву гірського тиску потребує додаткових витрат на забезпечення стійкості головних розкривним виробкам на весь термін відпрацювання запасів.

Гірський масив Криворізького басейну є неоднорідним, тому на одній і тій же глибині на гірничу виробку діють різні напруження, які призводять до різних деформацій, а як наслідок збільшення витрат на їх підтримку [9].

З метою зниження експлуатаційних витрат розглянемо розподіл напружень навколо гірничих виробок з виявленням небезпечних ділянок на їх контурі.

Згідно з дослідженнями [10] навколо виробки діють розтягуючі або стискаючі напруження. При дії напружень, що стискають масив з боку виробки перевищують межу міцності гірських порід, то вона руйнується, при цьому, відбувається збільшення прольоту оголення, що призводить в свою чергу до появи в покрівлі напружень, які розтягують породний масив з подальшим утворенням зводу обвалення.

Виконані нами аналітичні дослідження дозволили отримати рівняння руйнівного тиску створюваного напруженнями в масиві на контурі виробки аркової форми для однорідних порід з урахуванням діючих напружень, що виникають в гірському масиві [10]

$$P_{к.в} = \pm \frac{r \cdot \tau_0 \cdot \sin \delta}{\sin 2\delta - r^2 \cdot \cos \beta \cdot \operatorname{tg} \rho}, \quad (1)$$

де  $r$  – радіус склепінної частини гірничої виробки, м;  $\tau_0$  – початковий опір зрушенню, т/м<sup>2</sup>;  $\delta$  – кут, під яким діють напруження на контур виробки, град.;  $\beta$  – кут зсуву гірських порід, град.;  $\rho$  – кут внутрішнього тертя порід, град.

Якщо значення руйнівного тиску визначеного за формулою (1), більше нормальних напружень, які виникають в гірському масиві навколо гірничої виробки, то виробка буде стійкою (рис. 3, а), у випадку коли значення нормальних напружень в масиві гірських порід більше руйнівного тиску, то виробка буде схильна до деформації.

У шаруватих породах на контурі виробки формується зона вивалоутворення, яка виникає при зниженні міцності між шарами, рис. 3, б. Значення міцності на контактах між шарами значно менше,



тому руйнування в масиві буде відбуватися саме на контакті між породами. Границя вивалоутворення по периметру склепіння гірничої виробки обмеженими кутами  $\vartheta_{xz1}$  і  $\vartheta_{xz2}$  та визначається за формулою

$$\begin{cases} \arcsin\left(\sin \rho + \frac{\tau_0}{P_{к.в}} \cos \rho\right) \pm \rho \\ \delta_{1,2} = \frac{\phantom{\arcsin\left(\sin \rho + \frac{\tau_0}{P_{к.в}} \cos \rho\right) \pm \rho}}{2}, \\ 2 \cdot \sin 2\delta \geq 0. \end{cases} \quad (2)$$

Висота склепіння вивалоутворення при дії розтягуючих напружень, після деформації порід визначається за формулою

$$h_{скл} = \frac{B_{вир} \cdot (1 - \mu)}{\mu} \cdot \left( \frac{1 - 2 \cdot \mu}{1 - \mu} \frac{\sigma_p}{\sigma_z} \right), \quad (3)$$

де  $B_{вир}$  – ширина виробки в проходці, м;  $\mu$  – коефіцієнт Пуассона;  $\sigma_p$  – межа міцності порід на розтяг, т/м<sup>2</sup>;  $\sigma_z$  – головне вертикальне напруження т/м<sup>2</sup>.

Таким чином, визначивши зону максимального діючої руйнівного тиску на контурі виробки, а також параметри зони вивалоутворення, вживаються необхідні заходи для запобігання руйнування гірничої виробки. До таких заходів можна віднести: установка на певній ділянці посиленого кріплення, додаткове встановлення анкерів, використання ін'єкційних розчинів для запобігання вивалоутворення тощо.

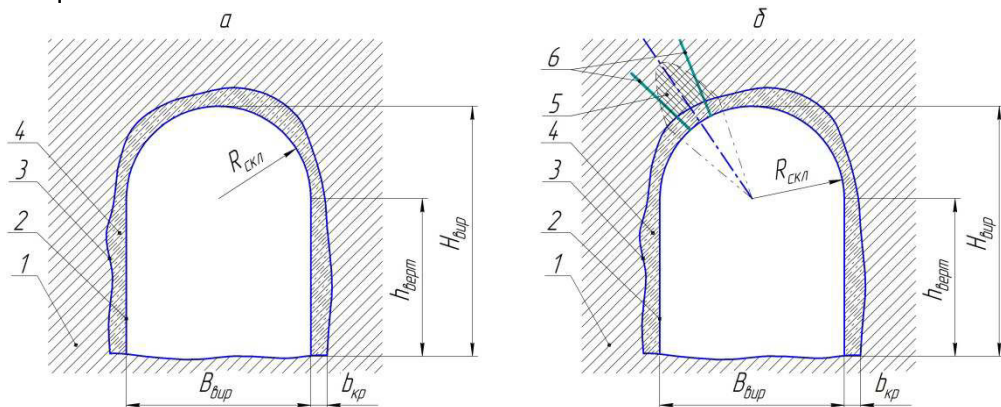


Рис. 3. Переріз підземної транспортної виробки пройденної в:  
а – стійкому масиві; б – нестійкому масиві; 1 – гірський масив; 2 – контур виробки у світлі; 3 – контур виробки в проходці; 4 – бетонне (залізобетонне) кріплення; 5 – зона вивалоутворення; 6 – анкер

Всі ці заходи дозволять суттєво знизити експлуатаційні витрати на підтримання гірничої виробки.

**Висновки.** В результаті досліджень встановлено, що застосу-

вання запропонованих варіантів схем розкриття з застосуванням самохідного обладнання при допрацюванні балансових запасів на великих глибинах дозволять: знизити капітальні вкладення та експлуатаційні витрати на підтримку гірничих виробок; підвищити продуктивність шахти зі збільшенням глибини розробки.

З метою зниження експлуатаційних витрат та забезпечення стійкості гірничих виробок запропоновані заходи щодо визначення зони вивалоутворення на контурі виробки та місця розташування небезпечної ділянки.

1. Ступнік М. І., Письменний С. В. Комбіновані способи подальшої розробки залізорудних родовищ Криворізького басейну. *Гірничий вісник* : науково-технічний збірник. 2012. № 95(1). С. 3–7. 2. Ступнік Н. І., Письменний С. В. Перспективні технологічні варіанти подальшої обробки залізорудних родовищ системами з масовим обрушенням руди. *Вісник Криворізького національного університету*. 2012. № 30. С. 3–7. 3. Колосов В. А., Воловик В. П., Дядечкин Н. І. Современное состояние и перспективы развития предприятий по добыче и переработке железорудного и флюсового сырья в Украине. *Горн. журн.* М. : МГУ, 2000. № 6. С. 162–168. 4. Rymarchuk B. I., Shepel O. L. & Khudyk M. V. (2017). Expediency of application of the vertical concentrated charges to decrease losses of ore on a lying wall of deposits. *Natsional'nyi Hirnychiy Universytet. Naukovyi Visnyk; Dnipropetrovsk Iss.* 3. Pp. 32–37. 5. Комплексная разработка рудных месторождений / А. Д. Черных, В. А. Колосов, О. С. Брюховецкий и др.; под ред. А. Д. Черных. К. : Техніка, 2005. 376 с. 6. Бовин А. А., Курленя М. В., Шемякин Е. И. Проблемы разработки месторождений полезных ископаемых на больших глубинах. *Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых*. М. : [б. и.], 1983. № 3. С. 64–73. 7. Щелканов В. А., Сторчак С. А. Комбинированная разработка месторождений. *Кривой Рог* : КТУ, 1996. 293 с. 8. Ступнік Н. І., Федько М. Б., Колосов В. А., Письменний С. В. Разработка рекомендаций по выбору типа крепления горных выработок и сопряжений в условиях неравномерных шахт ГП "ВОСТГОК". *Науковий вісник НГУ*. 2014. № 5. С. 21–25. 9. Письменний С. В. Визначення кутової точки руйнівного тиску на контурі гірничої виробки з урахуванням техногенних сил. *Вісник Криворізького національного університету*. Кривий Ріг. 2017. № 45. С. 166–172. 10. Письменний С. В. Методика визначення активної зони склепоутворення на контурі підземно-транспортної виробки при комбінованій розробці залізорудних родовищ. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Механіко-технологічні системи та комплекси* : зб. науков. праць. Х. : НТУ «ХПІ», 2017. № 16 (1238). С. 99–106.

## REFERENCES:

1. Stupnik M. I., Pysmennyi S. V. Kombinovani sposoby podalshoi rozrobky zalizorudnykh rodovyshch Kryvorizkoho baseinu. *Hirnychiy visnyk* : naukovotekhnichnyi zbirnyk. 2012. № 95(1). S. 3–7. 2. Stupnyk N. Y., Pysmennyi S. V.

Perspektyvnye tekhnolohycheskye varyanty dalneishei otrabotky zhelezorudnykh mestorozhdeniy systemamy s massovym obrushenyem rudy. Visnyk Kryvorizkoho natsionalnogo universytetu. 2012. № 30. S. 3–7. 3. Kolosov V. A., Volovyk V. P., Diadechkin N. Y. Sovremennoe sostoyaniye y perspektyvy razvytiya predpriyatiy po dobyche y pererabotke zhelezorudnogo y flusovogo syr'ya v Ukrainy. Horn. zhurn. M. : MHU, 2000. № 6. S. 162–168. 4. Rymarchuk B. I., Shepel O. L. & Khudyk M. V. (2017). Expediency of application of the vertical concentrated charges to decrease losses of ore on a lying wall of deposits. Natsionalnyi Hirnychiy Universytet. Naukovyi Visnyk; Dnipropetrovsk Iss. 3. Pp. 32–37. 5. Kompleksnaia razrabotka rudnykh mestorozhdeniy / A. D. Chernykh, V. A. Kolosov, O. S. Briukhovetskiy y dr.; pod red. A. D. Chernykh. K. : Tekhnika, 2005. 376 s. 6. Bovyn A. A., Kurlenia M. V., Shemiakyn E. Y. Problemy razrabotky mestorozhdeniy poleznykh yskopaemykh na bolshykh hlubynakh. Fyzyko-tekhnicheskye problemy razrabotky poleznykh yskopaemykh. M. : [b. y.], 1983. № 3. S. 64–73. 7. Shchelkanov V. A., Storchak S. A. Kombynyrovannaia razrabotka mestorozhdeniy. Kryvoi Roh : KTU, 1996. 293 s. 8. Stupnyk N. Y., Fedko M. B., Kolosov V. A., Pysmennyi S. V. Razrabotka rekomendatsiy po vyboru typu krepleniya hornykh vyrabotok y sopriazheniy v uslovyy uranovykh shakht HP "VOSTHOK". Naukovyi visnyk NHU. 2014. № 5. S. 21–25. 9. Pysmennyi S. V. Vyznachennia kutovoi tochky ruinivnogo tysku na konturi hirnychoi vyrobky z urakhuvanniam tekhnohennykh syl. Visnyk Kryvorizkoho natsionalnogo universytetu. Kryvyi Rih. 2017. № 45. S. 166–172. 10. Pysmennyi S. V. Metodyka vyznachennia aktyvnoi zony sklepoutvorennia na konturi pidzemno-transportnoi vyrobky pry kombinovanii rozrobttsi zalizorudnykh rodovyshch. Visnyk Natsionalnogo tekhnichnogo universytetu «KhPI». Mekhaniko-tekhnolohichni systemy ta komplekсы : zb. naukov. prats. Kh. : NTU «KhPI», 2017. № 16 (1238). S. 99–106.

Рецензент: д.т.н., професор Маланчук З. Р. (НУВГП)

---

**Kalinichenko V. O., Doctor of Engineering, Professor, Pysmennyi S. V., Candidate of Engineering (Ph.D.), Associate Professor, Kalinichenko O. V., Candidate of Economics (Ph.D.), Associate Professor** (State Institution of Higher Education "Kryvyi Rih National University", Kryvyi Rih)

### **OPENING THE RESERVES OF RAILWAYS OF KRYVYI RIH BASIN UNDERGROUND WAY BELOW DEPTHS 1500...1700 M**

**Development of deposits of rich iron ores of the Kryvyi Rih basin is currently carried out underground. All ore deposits are opened with vertical trunks located in the lying side from the processed reserves. With further development of the deposit at great depths, the capital and operational costs of opening are significantly increased. When the**

balance reserves of the deposit are refined at great depths, an autopsy scheme is proposed with the use of powerful high-performance self-propelled equipment. These schemes provide for the slanting of the inclined transportation of a large cross-sectional area. The optimal scheme of opening stocks are schemes using self-propelled technology. Taking into account that the transport development crosses several different layers, it is necessary to ensure the stability of the mining for the entire period of operation in order to reduce operating costs. Analytical studies have identified hazardous zones on the mine workout contour depending on the physical and mechanical properties of the rocks.

*Keywords:* opening, horizon, production, costs, reserves.

---

Калиниченко В. А., д.т.н., профессор, Письменный С. В., к.т.н., доцент, Калиниченко Е. В., к.э.н., доцент (Государственное высшее учебное заведение "Криворожский национальный университет", г. Кривой Рог)

#### **ВСКРЫТИЕ ЗАПАСОВ ЖЕЛЕЗНЫХ РУД КРИВОРОЖСКОГО БАСЕЙНА ПОДЗЕМНЫМ СПОСОБОМ НИЖЕ ГЛУБИНЫ 1500...1700 М**

Разработка залежей богатых железных руд Криворожского бассейна в настоящее время осуществляется подземным способом. Все рудные залежи вскрыты вертикальными стволами расположенными в лежащем боку от отрабатываемых запасов. При дальнейшей отработке месторождения на больших глубинах значительно увеличиваются капитальные и эксплуатационные затраты на вскрытие. При доработке балансовых запасов месторождения на больших глубинах предлагаются схемы вскрытия с применением мощного высокопроизводительного самоходного оборудования. Данные схемы предусматривают проходку наклонной транспортной выработки. Учитывая, что транспортная выработка пересекает несколько различных пластов, необходимо обеспечить устойчивость горной выработки на весь период эксплуатации для уменьшения эксплуатационных расходов. Аналитическими исследованиями определены опасные зоны на контуре горной выработки в зависимости от физико-механических свойств горных пород.

*Ключевые слова:* вскрытие, горизонт, выработка, затраты, запасы.

---