

обеспечение нормативов готовых к выемке запасов при сокращении длины вовлекаемых в обработку уступов, так и уменьшение максимально возможной длины активного фронта горных работ на этих участках за счет увеличения ширины рабочей площадки.

Разработан метод определения оптимальных значений ширины рабочей площадки и длины активного фронта горных работ удовлетворяющих требованиям нормируемых запасов, для различных вариантов производительности карьера по руде.

*Список использованных источников*

1. Норми технологичного проектування гірничодобувних підприємств із відкритим способом розробки родовищ корисних копалин. – Міністерство промислової політики України, м. Київ, 2007. – 279 с.
2. Трубецкой К.Н. Проектирование карьеров / К.Н.Трубецкой, Г.Л.Краснянский, В.В.Хронин. – М.:Высшая школа, 2009. – 694с.
3. Близиюков В.Г. Влияние концентрации горных работ на технико-экономические показатели разработки / В.Г. Близиюков, В.А.Ковальчук // Известия высших учебных заведений. Горный журнал, №8. 1992. – С.76-79.
4. Гавришев С.Е. Интенсивность формирования рабочей зоны глубоких карьеров / С.Е.Гавришев, К.В. Бурмистров, А.А. Колонюк. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. тех. ун-та им. Г.И. Носова, 2013. – 189 с.
5. Близиюков В.Г. Концентрация горных работ в карьере / В.Г. Близиюков, В.А.Ковальчук // Разработка рудных месторождений. – Киев: Техника, 1990. – Вып. 49. – С. 31-34.

Рукопис поступила 08.04.2016 г.

УДК 622.271.33.012.3:550.83.00015

*Є.К.Бабець, к.т.н.,с.н.с, професор, член-кореспондент АГНУ, директор,  
Є.П.Чистяков, к.т.н., завідувач відділу*

## **ПРИРОДООХОРОННІ ТЕХНОЛОГІЇ РОЗРОБКИ РУДНИХ КОПАЛЕНЬ УКРАЇНИ**

*Сучасна підземна розробка корисних копалин на території України виконується майже без виключення системами з обваленням порід, які над ними налягають. В результаті цього над виробленим простором по перше виникають без зовнішніх прикмет небезпечні зони вивр. Після них послідовно в часі формуються зони тріщин, терас та плавних зсувів. Внаслідок цього з користування вилучаються землі, які в них потрапляють.*

*Ключові слова: технологія, безпека, порожнеча, охорона, вирва, тріщина, закладка.*

*Современная подземная разработка полезных ископаемых на территории Украины выполняется преимущественно без исключения системами с обрушением налегающих пород. В результате этого над выработанным пространством во-первых возникают без внешних признаков опасные зоны провалов. После них последовательно формируются зоны трещин, террас и плавных сдвижений. Вследствие этого из пользования исключаются попадающие в них земли.*

*Ключевые слова: технология, безопасность, пустота, охрана, воронка, трещина, закладка.*

*Modern underground mining of mineral deposits on the territory of Ukraine is carried out mainly without exception systems with the bringing down of overlying rocks. As a result, over the worked-out space in the first place arise dangerous zones of craters without of external signs. After these formed zones of cracks, terraces and smooth displacement. As a consequence of this excluded of use lands, that get in this zones.*

*Key words: technology, safety, void, protection, crater, crack, laying.*

Видобуток корисних копалин на території України почався з третього тисячоліття до нашої з вилучення кременевих осколків з метою обробки шкір, виготовлення предметів побуту та інше. Розробка починалася з утворення колодязя по шар кременя. З завершенням його видобутку колодязь засипався щоб з нього не вискочив привід. Сучасною мовою це зветься технологією з закладанням виробленого простору. Нажаль, на даний час приклади її використання перилічують одиницями. Пов'язано це з тим, наша земля не ті обезцінена, але і з тим, що застосування її потребує попереднього вкладання коштів.

Перші підземні розробки системою з пошаровим закладанням вироблених просторів почалися в Кривбасі ще в повоєнні роки тому, що технічне обладнання того часу не дозволяло приймати більшу відстань від стелі до покрівлі. Кожний цикл починався з скреперування відбитої руди, продовжувався обладнанням трапів, вибурюванням, заряджанням і підриванням шпурів

За час відпрацювання круто падаючих покладів на відміну від полого падаючих їх напружено-деформований стан не тільки швидше зростає з глибиною але і принципово відрізняється за механізмом та розподілом напружень в масиві порід що його оточує. З'являються зони опорного тиску та розвантаження. Першим властиві прояви гірських ударів, другим – обвалення земної поверхні та повітряні удари в шахті. До того ж природний напружений стан масиву міцних скельних гірських порід за своїми властивостями в довгому часі зберігає тектонічні напруження. Їх розподіл в просторі досить не рівномірний. Як показала практика, він не залежить від глибини. Не остання роль належить і технології гірничих робіт. Різноманітність умов відпрацювання покладів і задач, що потребують вирішення проблем ефективного та безпечного ведіння гірничих робіт в

першу чергу обумовлює необхідність визначення в просторі і часі механізмів та інтенсивності проявів гірського тиску і зсувів порід. Найбільш представничим за гірничотехнічними та геологічними умовами є Криворізький залізорудний басейн, який має багату історію відпрацювання покладів, починаючи з поверхні до глибини 1350 метрів, включаючи одночасну відкриту і підземну розробку в межах гірничих відводів кар'єрів і шахт.

Природоохоронні технології використовувались при видобуванні корисних копалин на Запорізькому залізорудному комбінаті, Мужіївському золотополіметалевому комбінаті та Східному ГЗК. На рис. 1 наведена панорама земної поверхні, яка підпрацьована підземними гірничими роботами Запорізького залізорудного комбінату, який видобув руди понад 150млн тонн. На рис. 2 – панорама Малої гори, а на рис. 3 виробки Берегівського каолінового родовища, підпрацьовані очисними роботами Мужіївського золотополіметалевого комбінату. Як бачимо, на вище названих об'єктах небезпечні деформації відсутні. На рис. 4 наведено варіант поверхово-камерної системи з закладанням виробленого простору.



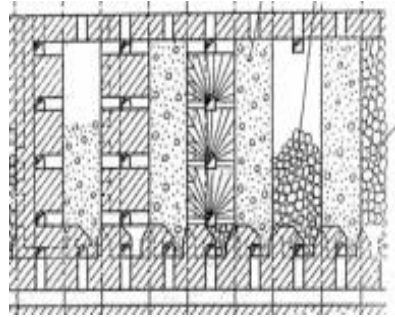
*Рис. 1. Панорама земної поверхні, що підпрацьована підземними гірничими роботами*



*Рис. 2. Панорама гори Малої, що підпрацьована підземними гірничими роботами*



**Рис. 3. Виробки в каолінах, які підпрацьовані гірничими роботами Мужийського родовища**



**Рис. 4. Варіант поверхово-камерної системи з закладкою**

Параметри зсувів поверхні та напружений стан порід розраховуються по приведеним нижче методикам.

Методика розрахунку параметрів зсувів

Максимальні осідання  $\eta_{mi}$  розраховуються в залежності від ступеня підпрацьовання поверхні від виїмки покладів.

Для умов неповного підпрацьовання [1, 2, 3]:

$$\eta_{mi} = 0,8m (1-A+AB) N_1 N_2 \cos\alpha_n, \quad (1)$$

а для умов повного підпрацьовання [2]:

$$\eta_{mi} = \frac{25m(1 - A + AB)}{25 + \sqrt{H}} \cos\alpha_n \quad (2)$$

де  $N_1 = \sqrt{\frac{0,9L}{H}}$ ;  $N_2 = \sqrt{\frac{0,9n}{H}}$ ,

L – розмір виробленого простору вхрест простягання, м;

n – розмір виробленого простору по простягання, м;

H – глибина розробки, м;

m – нормальна виймаємо потужність, м; при камерної виїмці згідно [3] в розрахунок приймається потужність останнього недозакладеного шару;

A – коефіцієнт заповнення виробленого простору;

B – коефіцієнт усадки закладки;

$\alpha_n$  – кут падіння рудного тіла, градус.

Осідання в мульдї зсуву визначаються за формулою [3,4]:

$$\eta_{(x)} = \eta_m S_{(z)}; \quad (3)$$

$$\eta_{(y1)} = \eta_m S_{(y1)}; \quad (4)$$

$$\eta_{(y2)} = \eta_m S_{(y2)} \quad (5)$$

где  $S_{(z)}$  – функція типової кривої осідань;

$$Z_{(x)} = \frac{x}{L_3} \text{ – по простяганню;}$$

$$Z_{(y1)} = \frac{y_1}{L_1} \text{ – по падінню;}$$

$$Z_{(y2)} = \frac{y_2}{L_2} \text{ – по підняттю;}$$

$L_1, L_2, L_3$  – довжина напівмудли відповідно по падінню, підняттю і простяганню, м;

$x, y_1, y_2$  – відстань від точки максимального осідання до заданої точки відповідно по простяганню, падінню і підняттю, м.

Сумарне осідання від відпрацювання кількох покладів визначається підсумовуванням оцінок ізоліній осідань від відпрацювання кожної поклади. У розрахунках прийнято коефіцієнт заповнення виробленого простору при камерної виїмки і висоті камер не менше 60 м  $A = 0,95$ , при висоті камер менше 60 м  $A = 0,9$ ; коефіцієнт усадки  $B = 0,03$ . В розрахункові величини осідань згідно [5, 6] вводиться коефіцієнт перевантаження  $K_3 = 1,1$ .

По кожному розрізу по кутах зрушення  $\beta, \beta_1, \delta$ , визначеним для Південно-Білозерського та Переверзівського родовищ за [9] і рівним для обох родовищ  $55^\circ$ , відбудовуються межі зони зрушень, а по кутах  $\Psi_1, \Psi_2, \Psi_3$  визначаються точки максимального осідання. Кут  $\Psi_1$  відбудовується від нижньої межі виробленого простору і визначається за методикою [5, 6]. Кути  $\Psi_2$  і  $\Psi_3$  відбудовуються від верхньої межі виробленого простору відповідно в лежачому боці і по простяганню. Кут  $\Psi_2$  визначається в залежності від кута падіння потужності рудного тіла і системи розробки згідно [5, 6]. Кут  $\Psi_3 = 630$ . Після побудови ізоліній осідань від кожної поклади вироблено підсумовування оцінок їх поверхонь і побудовані ізолінії сумарних осідань від відпрацювання покладів Південно-Білозерського та Переверзівського родовищ.

Нахили і кривизна згідно [5, 6] визначаються за формулами:

- в напівмудлі по простяганню:

$$i_{(x)} = \frac{\eta_m}{L_3} \cdot F(Z_x) \quad (6)$$

$$K_{(x)} = \frac{\eta_m}{L_3^2} \cdot F'(Z_x) \quad (7)$$

- в напівмудлі по підняттю:

$$i_{(y_2)} = \frac{\eta_m}{L_2} \cdot F(Z_{y_2}) \quad (8)$$

$$K_{(y_2)} = \frac{\eta_m}{L_2^2} \cdot F'(Z_{y_2}) \quad (9)$$

- в напівмульдї по падінню:

$$i_{(y_1)} = \frac{\eta_m}{L_1} \cdot F(Z_{y_1}) \quad (10)$$

$$K_{(y_1)} = \frac{\eta_m}{L_1^2} \cdot F'(Z_{y_1}) \quad (11)$$

де  $F(Zx)$ ,  $F(Zy_1)$ ,  $F(Zy_2)$  - функції типових кривих нахилів відповідно по простяганню, падінню і підняттю;

$F'(Zx)$ ,  $F'(Zy_1)$ ,  $F'(Zy_2)$  - функції типових кривих кривизни відповідно по простяганню, падінню і підняттю.

Крім цього, згідно з [10, 11] нахил і кривизна визначаються за формулами:

$$i = \frac{\eta_n - \eta_{n-1}}{d} \quad (12)$$

$$K = \frac{2(i_{\text{посл.}} - i_{\text{пред.}})}{d_{\text{посл.}} + d_{\text{пред.}}} \quad (13)$$

де  $\eta_n, \eta_{n-1}$  - осідання в данній та попередній точках;

$d$  - горизонтальна відстань між точками, м;

$I_{\text{посл.}}, I_{\text{пред.}}$  - нахил последующего и предыдущего интервала;

$d_{\text{посл.}}, d_{\text{пред.}}$  - горизонтальна довжина подальшого і попереднього інтервалу.

З двох значень нахилів і кривизни приймається більше. Горизонтальна деформація згідно [4, 5] визначається за формулами:

- в напівмульдї по простяганню:

$$\varepsilon_x = 0,5a_o \frac{\eta_m}{L_3} F'(Z_x) \quad (14)$$

- в напівмульдї по падінню

$$\varepsilon_{y_1} = 0,5a_o \frac{\eta_m}{L_1} F'(Z_{y_1}) \quad (15)$$

- в напівмульдї по підняттю

$$\varepsilon_{y_2} = 0,5a_o \frac{\eta_m}{L_2} F'(Z_{y_2}) \quad (16)$$

Згідно [1]  $a_o = 0,25$ .

Розрахунок нахилів, кривизни і горизонтальної деформації по напрямках, які не паралельні головним перетинам мульдї, проводиться за формулами:

$$I_\lambda = I_{xy} \cos \lambda + I_{yx} \sin \lambda \quad (17)$$

де  $\lambda$  – кут, відлічуваний проти годинникової стрілки від напрямку простягання пласта до заданого напрямку:

$$I_{xy} = I_x S(Z_y); \quad (18)$$

$$I_{yx} = I_y S(Z_x). \quad (19)$$

$$K_\lambda = K_{xy} \cos^2 \lambda + K_{yx} \sin^2 \lambda + J_{xy} \quad (20)$$

$$K_{xy} = K_x S(Z_y); \quad (21)$$

$$K_{yx} = K_y S(Z_x); \quad (22)$$

де  $J_{xy} = \frac{i_x F(Z_{y_1})}{L_1}$ , якщо точка розташована в напівмульдї по падінню;

$J_{xy} = \frac{i_x F(Z_{y_2})}{L_2}$ , якщо точка розташована в напівмульдї по підняттю.

$$\varepsilon_\lambda = \varepsilon_{xy} \cos^2 \lambda + \varepsilon_{yx} \sin^2 \lambda + \Delta xy, \quad (23)$$

де  $\varepsilon_{xy} = \varepsilon_x S(Z_y);$

$\varepsilon_{yx} = \varepsilon_y S(Z_x);$

$\Delta xy = \frac{\xi_x F(Z_{y_1})}{L_1} + \frac{\xi_y F(Z_x)}{L_3}$ , якщо точка розташована в напівмульдї по падінню;

падіню;

$\Delta xy = \frac{\xi_x F(Z_{y_2})}{L_2} + \frac{\xi_y F(Z_x)}{L_3}$  якщо точка розташована в напівмульдї по підняттю;

підняттю;

$\xi_x, \xi_y$  – горизонтальні зсуви вхрест та по простяганняю.

#### Методика оцінки напруженого стану порід

До потенційно ударонебезпечних відносяться породи міцністю  $f \geq 9$ , які мають деформаційну характеристику  $K_d \geq 0,7$  (малюнок 5)

До схильних до гірських ударів [6, 7] відносяться ділянки масиву, складені ударонебезпечними породами при рівні напруженого стан  $\eta > 0,2$ , який визначається за формулою:

$$\eta = \frac{K\gamma H + \sigma_\tau}{R_{сж}}, \quad (24)$$

де  $\eta$  – рівень напруженого стану масиву;

$K$  – коефіцієнт концентрації напружень, обумовлений впливом очисних робіт;

$\gamma = 2,6$  – приведена об'ємна вага налягаючи порід, т/м<sup>3</sup>;

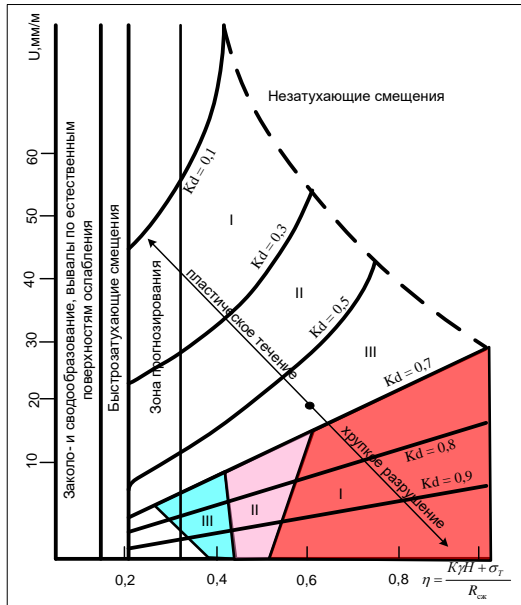
$H$  – глибина залягання виробки від поверхні, м;

$R_{сж}$  – міцність порід, т/м<sup>2</sup>, що визначається з виразу:

$R_{cm} = -1,0485f^3 + 70,182f^2 + 482,17f + 741,69$ , де  $f$  – коефіцієнт міцності порід за шкалою М.М. Протодьяконова

$\sigma_T$  – тектонічні напруження,  $\text{т/м}^2$ .

Рівень напруженого стану масиву визначається рішенням оберненої задачі за встановленими обстеженням виробок інтенсивності і механізму проявів гірського тиску з використанням схеми, наведеної на рис. 5.



*Рис. 5. Схема до прогнозу механізмів і інтенсивності прояву гірського тиску в залежності від рівня напруженого стану масиву  $\eta$  і деформаційної характеристики порід  $K_d$*

Візуальні ознаки рівня напруженого стану масиву і орієнтація максимальних напружень відносно виробки наведені в таблиці.

**Висновок.** Сучасна розробка корисних копалин підземним способом в Україні переважно виконується великомасштабними технологіями. В процесі очисної виїмки об'єм порожнеч, за станом яких треба стежити, перевищує майже мільйон кубічних метрів. Визначення механізмів і інтенсивності прояву гірського тиску є першоосовною оцінки рівня небезпеки складеної на об'єкті ситуації, дозволяє оперативну і достатньо надійно



Візуальні ознаки рівня напруженого стану масиву і орієнтація максимальних напружень відносно виробки

Місце прояви порушення	Форма і інтенсивність порушення	Орієнтація $\sigma_{\max}$	Рівень напруженого стану масиву
Порушень немає по всьому периметру	Оконтурування виробки по природним поверхням ослаблення	Вертикальн о	$\leq 0,12$
В п'ятах склепіння і стінках по обидва боки	Лушення в поглибленнях в вершинах зчленувань тріщин природної окремості	Вертикальн о	$0,12 < \eta \leq 0,2$
	Локальні розшарування структурних блоків по "живому"		$0,2 < \eta \leq 0,3$
	Відшарування по "живому", "бочкування" виробок. Динамічне заколоутворення, випинання ударобезпечних порід		$0,3 < \eta \leq 0,5$
	Гірські удари		$\eta > 0,5$
По середині склепіння	Лушення в поглибленнях в вершинах зчленувань тріщин природної окремості	Горизонтальн о	$0,12 < \eta \leq 0,2$
	Локальні розшарування структурних блоків по "живому"		$0,2 < \eta \leq 0,3$
	Відшарування по "живому", "бочкування" виробок. Динамічне заколоутворення, випинання ударобезпечних порід		$0,3 < \eta \leq 0,5$
	Гірські удари		$\eta > 0,5$
Зсув вогнища порушення від замка склепіння	Лушення в поглибленнях в вершинах зчленувань тріщин природної окремості	По дотичній до поверхні порушення	$0,12 < \eta \leq 0,2$
	Локальні розшарування структурних блоків по "живому"		$0,2 < \eta \leq 0,3$
	Відшарування по "живому", "бочкування" виробок. Динамічне заколоутворення, випинання ударобезпечних порід		$0,3 < \eta \leq 0,5$
	Гірські удари		$\eta > 0,5$

визначати в часі і просторі динаміку «всплиття» склепінь обвалення, прогнозувати загрозу підпрацювання велико напірних водоносних горизонтів, визначати параметри зсувів земної поверхні. Зменшення шкідливого впливу підземних гірничих робіт на навколишнє середовище досягається застосуванням технологій з закладанням виробленого простору.

### *Список використаних джерел*

1. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях М.: Недра, 1981. – 288 с.
2. Сдвигание горных пород и земной поверхности в главнейших угольных бассейнах СССР / Под ред. М. В. Короткова, М.: Углетехиздат, 1958. – 250 с.
3. Закладочные работы в шахтах/ под. Ред. Д. М. Бронникова, М.Н. Цыгалова. М.: Недра, 1989. – 400 с.
4. Инструкция по наблюдению за сдвижением горных пород и земной поверхности при подземной разработке рудных месторождений. Л.: ВНИМИ, 1975. – 135 с.
5. Сдвигание горных пород и земной поверхности в главнейших угольных бассейнах СССР / Под ред. М. В. Короткова, М.: Углетехиздат, 1958. – 250 с.
6. Инструкция по безопасному ведению горных работ на рудных и нерудных месторождениях, склонных к горным ударам. Л.: ВНИМИ, –1989. – 145 с.
7. Безопасное ведение горных работ на подверженных горным ударам месторождениях и объектах строительства подземных сооружений (Указания), Кривой Рог: НИГРИ, – 1988. – 75с

Рукопис надійшов 22.04.2016 р.

УДК 622.25.012.2

***В.И. Мошинский***, научный сотрудник,  
*Научно-исследовательский горнорудный институт ГВУЗ (КНУ)*

### **ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ УВЕЛИЧЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ КАМЕР 1-Й ОЧЕРЕДИ ПЕРЕВЕРЗЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

*Приведена оценка возможности увеличения параметров камер 1-й очереди на Переверзевском месторождении на основе условия недостижения зоной трещин Бучакского и Мелового водоносных горизонтов.*

*Ключевые слова: камера, целик, параметр, безопасность, трещина, горизонт, зона.*

*Приведена оцінка можливості збільшення параметрів камер 1-ї черги на Переверзівському родовищі на основі умови недосягнення зоною тріщин Бучакського та крейдового водоносних горизонтів.*

*Ключові слова: камера, цілик, параметр, безпека, тріщина, горизонт, зона. .*