

УДК [622.02:539.2]:622.83

**Скипочка С. И.**, д-р техн. наук, профессор,  
**Паламарчук Т. А.**, д-р техн. наук, ст. науч. сотр.,  
**Прохорец Л. В.**, канд. техн. наук,  
**Бобро Н. Т.**, магистр  
 (ИГТМ им. Н.С. Полякова НАН Украины)

**АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ И  
 ПАРАМЕТРОВ ЦЕЛИКОВ НА КОЭФФИЦИЕНТ ЗАПАСА ИХ  
 ПРОЧНОСТИ**

**Скіпочка С. І.**, д-р техн. наук, професор,  
**Паламарчук Т. А.**, д-р техн. наук, ст. наук. співроб.,  
**Прохорец Л. В.**, канд. техн. наук,  
**Бобро Н. Т.**, магістр  
 (ИГТМ ім. М.С. Полякова НАН України)

**АНАЛІЗ ВПЛИВУ ГІРНИЧО-ГЕОЛОГІЧНИХ УМОВ І ПАРАМЕТРІВ  
 ЦІЛІКІВ НА КОЕФІЦІЄНТ ЗАПАСУ ЇХ МІЦНОСТІ**

**Skipochka S. I.**, D.Sc. (Tech.), Professor,  
**Palamarchuk T. A.**, D.Sc. (Tech.), Senior Researcher,  
**Prokhorets L. V.**, Ph.D.(Tech.),  
**Bobro N. T.**, M.Sc. (Tech.)  
 (N.S. Polyakov IGTM NAS of Ukraine)

**ANALYSIS OF INFLUENCE OF MINING-AND-GEOLOGICAL  
 CONDITIONS AND PARAMETERS OF PILLARS ON THEIR SAFETY  
 FACTOR**

**Аннотация.** Предмет исследований – изменение коэффициента запаса прочности целиков нерудных месторождений. Цель исследований – проанализировать влияние горногеологических условий и параметров целиков на коэффициент запаса их прочности. В результате проведенных исследований установлено, что с увеличением высоты целика и глубины его залегания наблюдается тенденция к снижению коэффициента запаса прочности, а увеличение длины целика приводит к увеличению коэффициента запаса прочности. С увеличением длительности эксплуатации целика значительных изменений коэффициента запаса прочности не наблюдается. При фиксированном минимальном коэффициенте запаса прочности  $n = 3$ , обычно принятом при разработке гипсовых месторождений, с увеличением глубины залегания гипсовых пластов ширина целика должна существенно возрастать, а с увеличением времени эксплуатации месторождения при фиксированной длине целика его ширина на одной и той же глубине должна возрастать не так быстро.

Для всех глубин увеличение скорости ведения очистных работ приводит к возрастанию коэффициента запаса прочности. При этом вероятность неразрушения целиков возрастает.

**Ключевые слова:** месторождения гипса, камерно-столбовая система разработки, горногеологические условия, параметры целиков, коэффициент запаса прочности.

За последние десятилетия нерудные (неметаллические) полезные ископаемые по объёмам добычи и стоимости используемого сырья в мире намного обогнали руды металлов. Украина в этом плане не является исключением. В нашей стране нерудные ископаемые наиболее распространены как по количеству видов, так и по количеству открытых и освоенных месторождений. Объясняется это тем, что к ним относятся чрезвычайно разнообразные по происхождению породы и минералы. По запасам отдельных нерудных полезных ископаемых (серы, облицовочного камня, каолина) Украина занимает ведущее место в Европе, а по запасам графита – второе в мире, уступая только Китаю.

По областям применения в народном хозяйстве добываемые в Украине нерудные ископаемые можно разделить на три группы: сырье для химической промышленности (сера, каменная и калийная соль, фосфориты, апатиты), строительное сырье (мергель, мел, известняк, глина, гипс, туф, песчаник, граниты, мрамор) и другие виды сырья (каолин, графит, ценные и полудрагоценные камни, формовочные и стеклянные пески).

Основная часть перечисленного сырья добывается открытым способом, поэтому не является предметом исследований данной работы. Подземным способом ведется добыча гипса, поваренной и калийной солей. При этом, в качестве основной, применяются камерная и камерно-столбовая системы разработки. Интенсификация горных работ при таких системах разработки подразумевает поддержание выработок целиками минимально возможных размеров с достаточной несущей способностью, что позволяло бы при высоком коэффициенте извлечения полезного ископаемого обеспечить продолжительную и безопасную эксплуатацию месторождения. В этой связи задачи расчета параметров системы разработки нерудных месторождений и обеспечения безопасного состояния горных выработок, охраняемых целиками, несмотря на многочисленные исследования в этой области, по-прежнему остаются актуальными.

Повышение устойчивости горнотехнических сооружений и обеспечение безопасности труда шахтеров является важнейшей задачей и необходимым условием при разработке месторождений полезных ископаемых. Эта задача является многофункциональной, она включает как обязательное проведение оперативного и текущего мониторинга состояния геотехнических систем, так и предварительное выполнение расчетов по обоснованию параметров систем разработок с учетом возрастающей интенсификации горных работ, а также своевременное внедрение современных технологических решений, обеспечивающих повышение безопасности горных работ [1] – [8].

При расчете элементов камерно-столбовой системы разработки весьма широко используются положения гипотезы возникающих растягивающих напряжений, предложенной в ИГТМ НАН Украины.

Несущую способность целика  $R_{Ц}$  определяют с учетом деформационных и прочностных свойств горных пород, геометрических размеров элементов системы разработки и особенностей процесса разрушения по формуле:

$$R_{\text{ц}} = \frac{abK_{\phi}K_c\sigma_p(1+2\nu^2)}{\nu}, \quad (1)$$

где  $a$  – ширина целика, м;  $b$  – длина целика, м;  $K_{\phi} = \frac{0,21h_0/b+0,79}{0,7h_0/b+0,28}$  – коэффициент формы;  $K_c = 0,9$  – коэффициент структурного ослабления;  $\sigma_p$  – предел прочности на растяжение, МПа;  $\nu$  – коэффициент Пуассона.

Для расчета ширины ленточных целиков целесообразно использовать выражение:

$$a = \frac{\gamma H n l \nu}{K_{\phi} K_c \sigma_p (1+2\nu^2)(1-\nu) - \gamma H n \nu}, \quad (2)$$

где  $H$  – глубина залегания, м;  $l$  – пролет камеры, м;  $\gamma$  – удельный вес налегающих пород, Н/м<sup>3</sup>;  $n$  – коэффициент запаса прочности.

В зонах геологических нарушений необходимо оставление нарушенной части в середине целика. При этом необходимо учитывать размер его ненарушенной части.

Выполнен расчет изменения величины коэффициента Пуассона в зависимости от времени эксплуатации целика. При расчетах с учетом фактора времени весьма положительно зарекомендовала себя замена коэффициента Пуассона временным оператором:

$$\bar{\nu}(\tau) = \nu \left\{ 1 + \frac{1-2\nu_0}{2\nu_0} \frac{\chi}{\beta} \left[ 1 - \exp\left(- (1-\alpha)^{(1-\alpha)} \beta \tau^{(1-\alpha)}\right) \right] \right\}, \quad (3)$$

где  $\nu_0$  – условно мгновенное значение коэффициента Пуассона;  $\alpha$ ,  $\chi$ ,  $\beta$  – реологические параметры горных пород.

На рис. 1 представлена зависимость изменения коэффициента Пуассона от времени эксплуатации целика, из которой следует, что с увеличением времени эксплуатации коэффициент Пуассона возрастает.

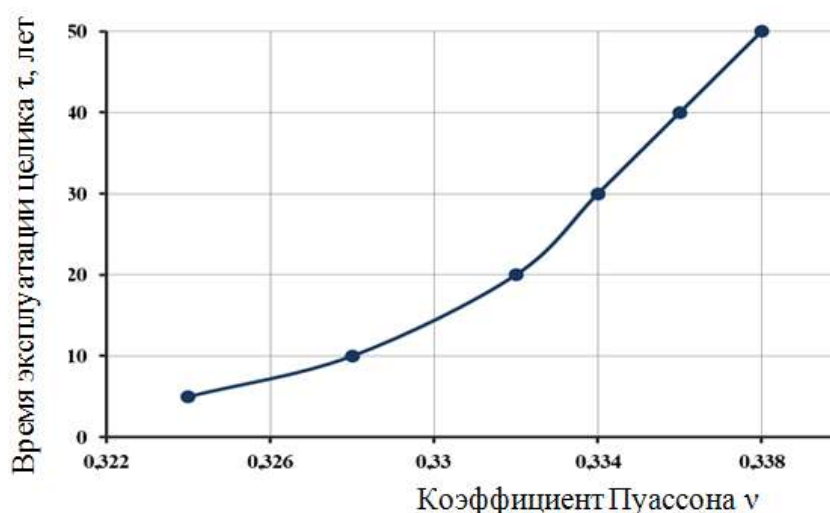


Рисунок 1 - Зависимость изменения коэффициента Пуассона от времени эксплуатации целика

Коэффициент запаса прочности по истечению времени  $\tau$  после оформления целика определяется по формуле [9]:

$$n = \frac{abK_{\phi}K_c\sigma_p}{(a+l)(b+l)\gamma H} \cdot \frac{1+2\nu^2(\tau)}{\nu(\tau)}, \quad (4)$$

где  $l'$  - пролет сбойки, м.

Для расчета коэффициента запаса прочности при различной высоте камер приняты следующие исходные данные, полученные в ИГТМ НАН Украины по результатам испытаний гипсоносных пород Артемовского месторождения гипса:  $a = 10,0$  м;  $b = 15,0-20,0$  м;  $\sigma_p = 3,0$  МПа;  $l = 10,0$  м;  $l' = 10,0$  м;  $K_c = 0,9$ ;  $\gamma = 2,3$  т/м<sup>3</sup>. Результаты расчетов коэффициента запаса прочности целиков приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Изменение коэффициента запаса прочности от горногеологических условий и параметров целиков

Время $\tau$ , лет	Глубина $H$ , м	Длина целика $b$ , м	Высота камер $h$ , м	Коэффициент запаса прочности целика ( $n$ )
5	30,0	15,0	10,0/15,0/20,0	5,4/4,4/3,9
		20,0		6,9/5,7/4,9
	50,0	15,0	10,0/15,0/20,0	3,3/2,6/2,3
		20,0		4,1/3,4/2,9
	100	15,0	10,0/15,0/20,0	1,6/1,3/1,2
		20,0		2,1/1,7/1,5
10	30	15,0	10,0/15,0/20,0	5,4/4,3/3,8
		20,0		6,9/5,7/4,8
	50	15,0	10,0/15,0/20,0	3,2/2,6/2,3
		20,0		4,1/3,4/2,9
	100	15,0	10,0/15,0/20,0	1,6/1,3/1,1
		20,0		2,1/1,7/1,4
30	30	15,0	10,0/15,0/20,0	5,3/4,3/3,8
		20,0		6,7/5,6/4,8
	50	15,0	10,0/15,0/20,0	3,2/2,5/2,3
		20,0		4,1/3,4/2,8
	100	15,0	10,0/15,0/20,0	1,6/1,3/1,1
		20,0		2,0/1,7/1,4
50	30	15,0	10,0/15,0/20,0	5,3/4,2/3,7
		20,0		6,7/5,6/4,7
	50	15,0	10,0/15,0/20,0	3,2/2,5/2,3
		20,0		4,0/3,3/2,8
	100	15,0	10,0/15,0/20,0	1,6/1,3/1,1
		20,0		2,0/1,7/1,4

Анализ полученных результатов показывает, что с увеличением высоты целика и глубины его залегания наблюдается тенденция к снижению коэффициента запаса прочности, а увеличение длины целика приводит к увеличению коэффициента запаса прочности. С увеличением длительности эксплуатации целика значительных изменений коэффициента запаса прочности не наблюдается.

В табл. 2 приведены результаты вычислений по формуле (2) ширины целиков в зависимости от глубины залегания и времени эксплуатации, при минимально допустимом коэффициенте запаса прочности  $n = 3$ , обычно принятом при разработке гипсовых месторождений.

Таблица 2 - Результаты расчета ширины целиков в зависимости от глубины залегания и времени эксплуатации

Время $\tau$ , лет	Глубина залегания $H$ , м	Длина целика $b$ , м	Ширина целика $a$ , м
5	30	20	2,7
	40		4,0
	50		5,5
	100		24,6
10	30	20	2,8
	40		4,0
	50		5,6
	100		25,7
30	30	20	2,9
	40		4,2
	50		5,9
	100		28,8
50	30	20	3,0
	40		4,3
	50		6,0
	100		30,1

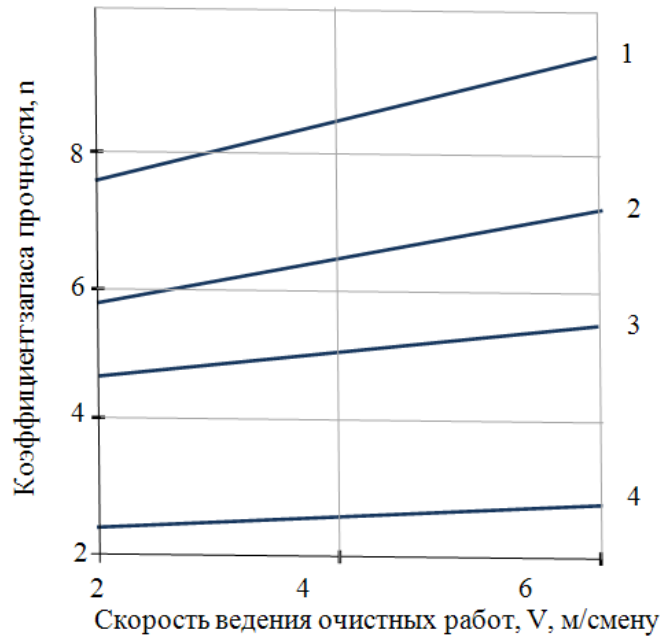
Из анализа результатов вытекает, что при фиксированном минимальном коэффициенте запаса прочности  $n = 3$  с увеличением глубины залегания гипсовых пластов ширина целика должна существенно возрастать, а с увеличением времени эксплуатации месторождения при фиксированной длине целика его ширина на одной и той же глубине должна возрастать не так быстро.

Заменяя в уравнениях, определяющих параметры камерно-столбовой системы разработки в породах разной прочности [1], выражения для пределов прочности породного массива на временные операторы, и учитывая зависимость пределов прочности от скорости нагружения или скорости ведения горных работ, можно учесть и изменения полученных параметров от скорости ведения горных работ в окрестности геотехнических сооружений:

$$\sigma_V = \sigma_0(0,11 \ln V + 1), \quad (5)$$

где  $\sigma_V$  – прочность горных пород при их нагружении со скоростью  $V$ , МПа.

Подставляя в формулу (4) значение прочности горных пород из (5), получим зависимость изменения коэффициента запаса прочности от скорости ведения горных работ (рис. 2).



1 –  $H = 30$  м; 2 –  $H = 40$  м; 3 –  $H = 50$  м; 4 –  $H = 100$  м

Рисунок 2 - Изменение коэффициента запаса прочности в зависимости от скорости ведения очистных работ на различных глубинах залегания

Из рис. 2, следует, что для всех глубин при увеличении скорости ведения очистных работ необходимо увеличение коэффициента запаса прочности.

По результатам лабораторных испытаний, натуральных наблюдений за смещением потолочин и разрушением целиков во времени, а также вероятностно-статистической обработки упругих данных установлена эмпирическая зависимость уровня надежности эксплуатации целиков от коэффициента запаса прочности:

$$W = 1 - \frac{\tau}{n^6} . \quad (6)$$

где  $n$  – коэффициент запаса прочности;  $\tau$  – время, лет.

Зависимость уровня надежности  $W$  от коэффициента запаса прочности целиков и срока их службы представлена в табл. 3.

Полученные значения вероятности неразрушения целиков могут быть использованы при расчете надежности системы «кровля – целик». В работе [10] предложены методы оценки надежности кровли, состоящей из одного или нескольких слоев. Наибольший интерес представляют прочностные свойства пород кровли, изучение которых проводится в лаборатории. Так как эмпирические прочностные параметры имеют широкий разброс значений, в

качестве исчерпывающей оценки является статистическое распределение прочности данного породного слоя.

Таблица 3 – Вероятности неразрушения целиков

$n$	$\tau$ , лет						
	10	20	40	60	100	120	140
2	0,8437	0,6875	0,375				
2,5	0,959	0,9181	0,836	0,7542	0,5904		
3,0	0,9863	0,9725	0,9451	0,9188	0,8628	0,82,54	0,8079
3,5	0,9946	0,9891	0,9782	0,9674	0,9456	0,9347	0,9238
4,0	0,9976	0,9951	0,9902	0,9853	0,9804	0,9756	0,9658

Анализ данных, приведенных в табл. 3, позволяет сделать вывод, что с увеличением коэффициента запаса прочности вероятность неразрушения целиков возрастает. Однако после 40 лет наблюдается снижение вероятности неразрушения.

**Выводы.** Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что с увеличением высоты целика и глубины его залегания наблюдается тенденция к снижению коэффициента запаса прочности, а увеличение длины целика приводит к увеличению коэффициента запаса прочности. С возрастанием длительности эксплуатации целика значительных изменений коэффициента запаса прочности не наблюдается.

Показано, что при фиксированном минимальном коэффициенте запаса прочности  $n = 3$ , обычно принятом при разработке гипсовых месторождений, с увеличением глубины залегания гипсовых пластов ширина целика должна существенно возрастать, а с увеличением времени эксплуатации месторождения при фиксированной длине целика его ширина на одной и той же глубине должна возрастать не так быстро.

Для всех глубин увеличение скорости ведения очистных работ приводит к возрастанию коэффициента запаса прочности, при этом вероятность неразрушения целиков возрастает.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. К расчету элементов камерно-столбовой системы разработки в породах разной прочности с учетом интенсификации горных работ / С. И. Скипа, Т. А. Паламарчук, А. А. Яланский [и др.] // Сучасні ресурсозберігаючі технології гірничого виробництва. Науково-виробничий ж-л. Кременчуцький нац. ун-т ім. М. Остроградського. – Кременчук. – 2017. – № 1(19). – С. 53-65.
2. Кизияров, О. Л. Исследование влияния скорости подвигания очистного забоя на НДС кровли в лаве / О. Л. Кизияров // Сб. науч. тр. ДонГТУ, 2012. – Вып. 37. – С. 102-109.
3. Кирничанский, Г. Т. Элементы теории деформирования и разрушения горных пород / Г. Т. Кирничанский. – Киев: Наук. думка, 1989. – 184 с.
4. Меркин, Д. Р. Введение в механику гибкой нити / Д. Р. Меркин. – М.: Наука, 1980. – 240 с.
5. Singh, T. N. Influence of strain rate and cyclic compression on physico-mechanical behavior of rock / T. N. Singh, A. Suresh Naidu // J. Indian Eng. and Materials Sciences. – 2000. – Vol. 8. – P. 8-12.
6. Перспектива і задачі великомасштабного впровадження на вугільних шахтах України анкерних систем для охорони гірничих виробок / А. Ф. Булат, Б. М. Усаченко, В. В. Радченко [та ін.] //

Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. тр. – Днепропетровск: ИГТМ НАНУ, 1998. – Вып. 5. – С. 35-40.

7. Константинова, С. А. Методические подходы, применяемые для решения задач геодинамической безопасности при разработке Верхнекамского месторождения калийных солей / С. А. Константинова // Сб. науч. тр. ОАО «Галургия». – Соликамск, 2002. – С. 18–40.

8. Закономерности изменения напряженного состояния массива при интенсификации горных работ / С. И. Скипочка, Т. А. Паламарчук, Л. В. Прохорец, Н. Т. Бобро // Сучасні ресурсозберігаючі технології гірничого виробництва. Науково-виробничий ж-л. Кременчуцький нац. ун-т. – Кременчук, 2016. – Вип. 2. – С. 26-40.

9. Бобро, Н. Т. Вероятностная оценка прочности многослойной потолочины камерных выработок / Н. Т. Бобро, Г. Т. Рубец, В. Б. Усаченко // Геотехническая механика. Межвед. сб. науч. тр. - Днепропетровск: ИГТМ НАНУ, 2006. – Вып. 66. – С. 191-195.

10. Глушко В. Т. Реология горного массива / В. Т. Глушко, В. П. Чередниченко, Б. С. Усаченко. – К.: Наук. думка, 1981. – 180 с.

---

#### REFERENCES

1. Skipochka, S. I., Palamarchuk, T. A., Yalansky, A. A., Prokhorets, L. V. and Bobro, N. T. (2017), “To calculation of the camera-pillar system of development elements in the rocks of different strength with the account of intensification of mountain works”, *Suchasni resursoenergozberigauchi tehnologiyi girnichogo virobnitstva*, vol. 1, no. 19, pp. 53-65.

2. Kiziyarov, O.L. (2012), “Investigation of influence velocity movement of coal face on stress-strain state of roof in the lava”, *Coll. scientific. tr. DonGTU*, vol. 37, pp. 102-109.

3. Kirnichanskiy, G.T., Usachenko, B.M. and Khayit, M.D. (1983), *K voprosy teorii deformirovaniya i razrysheniya pri sgatii* [To the question of the theory of deformation and fracture under compression], (Manuscript of the VINITI - No. 156 - 83), Dnepropetrovsk, SU.

4. Merkin, D.R. (1980), *Vvedenie v mekhaniku gibkoy niti* [Introduction to the mechanics of a flexible thread], Nauka, Moscow, SU.

5. Singh, T. N. and Suresh Naidu A. (2000), “Influence of strain rate and cyclic compression on physico-mechanical behavior of rock”, *J. Indian Eng. and Materials Sciences*, vol. 8, pp. 8-12.

6. Bulat, A. F., Usachenko, B. M., Radchenko, V. V., Bolshakov, P. Ya. and Vinogradov, V.V. (1998), “Perspective and tasks of a large-scale expansion in the Ukrainian mines of Ukrainian anchoring systems for the protection of mining workers (Respectively of program "The Anker")”, *Geo-Technical Mechanics*, no. 5, pp. 35-40.

7. Konstantinova, S. A. (2002) “Methodical approaches used to solve geodynamic safety problems in the development of the Verkhnekamsk deposit of potassium salts”, *Sb. nauch. tr. OAO "Galurgiya"*, pp. 18-40.

8. Skipochka, S. I., Palamarchuk, T. A., Prokhorets, L. V. and Bobro, N. T. (2016), “Laws of changes in the stress-strain state of the rock massif at intensification of mining operations”, *Suchasni resursoenergozberigauchi tehnologiyi girnichogo virobnitstva*, vol. 2, no. 18, pp. 26-39.

9. Bobro, N. T., Rubets, G. T. and Usachenko, V. B. (2006), “Probabilistic evaluation of the strength of a multilayer ceiling of chamber workings”, *Geo-Technical Mechanics*, no. 66, pp. 191-195.

10. Glushko, V. T., Cherednichenko, V. P. and Usatenko, B. S. (1981), *Reologiya gornogo massiva* [Rheology of the rock massif], Naukova dumka, Kiev, SU.

---

#### Об авторах

**Скипочка Сергей Иванович**, доктор технических наук, профессор, заведующий отделом механики горных пород, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАНУ), Днепр, Украина, [skipochka@ukr.net](mailto:skipochka@ukr.net).

**Паламарчук Татьяна Андреевна**, доктор технических наук, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник в отделе механики горных пород, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАНУ), Днепр, Украина, [tp208\\_2008@ukr.net](mailto:tp208_2008@ukr.net).

**Прохорец Лилия Викторовна**, кандидат технических наук, научный сотрудник в отделе механики горных пород, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАНУ), Днепр, Украина, [prohoreclv@gmail.com](mailto:prohoreclv@gmail.com).



**Бобро Николай Трофимович**, магістр, інженер в отделе механики горных пород, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАНУ), Днепр, Украина, [office.igtm@nas.gov.ua](mailto:office.igtm@nas.gov.ua).

#### About the authors

**Skipochka Sergey Ivanovich**, Doctor of Technical Sciences (D. Sc.), Professor, Head of Rock Mechanics Department, N.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepr, Ukraine, [skipochka@ukr.net](mailto:skipochka@ukr.net).

**Palamarchuk Tatyana Andreevna**, Doctor of Technical Sciences (D. Sc.), Senior Researcher, Principal Researcher in Rock Mechanics Department, N.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepr, Ukraine, [tp208\\_2008@ukr.net](mailto:tp208_2008@ukr.net).

**Prokhorets Liliya Victorovna**, Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Researcher in Rock Mechanics Department, N.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepr, Ukraine, [prohoreclv@gmail.com](mailto:prohoreclv@gmail.com).

**Bobro Nicolay Trophimovich**, Master of Science, Engineer in Rock Mechanics Department, N.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepr, Ukraine, [office.igtm@nas.gov.ua](mailto:office.igtm@nas.gov.ua).

**Анотація.** Предмет досліджень - зміна коефіцієнта запасу міцності ціликів нерудних родовищ. Мета досліджень - проаналізувати вплив гірничогеологічних умов і параметрів ціликів на коефіцієнт запасу їхньої міцності. У результаті проведених досліджень встановлено, що зі збільшенням висоти цілика і глибини його залягання спостерігається тенденція до зниження коефіцієнта запасу міцності, а збільшення довжини цілика приводить до збільшення коефіцієнта запасу міцності. Зі збільшенням тривалості експлуатації цілика значних змін коефіцієнта запасу міцності не спостерігається. При фіксованому мінімальному коефіцієнті запасу міцності  $n = 3$ , зазвичай прийнятому при розробці гіпсових родовищ, зі збільшенням глибини залягання гіпсових шарів ширина цілика повинна істотно зростати, а зі збільшенням часу експлуатації родовища при фіксованій довжині цілика його ширина на одній і тій же глибині повинна зростати не так швидко.

Для всіх глибин збільшення швидкості ведення очисних робіт призводить до зростання коефіцієнта запасу міцності. При цьому ймовірність неруйнування ціликів зростає.

**Ключові слова:** родовища гіпсу, камерно-стовпова система розробки, гірничогеологічні умови, параметри ціликів, коефіцієнт запасу міцності.

**Annotation.** Subject of the research was change of the pillar safety factor in the non-metallic deposits. Objective of the research was to analyze influence of mining and geological conditions and parameters of the pillars on their safety factor. As a result of the studies, it was established that with increased height of the pillar and depth of its bedding, there is a tendency to the safety factor reduce, and increase of the pillar length leads to increase of the safety factor. With increase of the pillar service life, no significant changes of the safety factor were observed. At the fixed minimum safety factor  $n = 3$ , which is normally accepted for the gypsum deposits, and at increased depth of the gypsum strata occurrence, width of the pillar should be increased substantially, and with increased duration of the deposit exploitation at the fixed length of the pillar, its width at the same depth should not be increased so rapidly.

For all depths, increased rate of winning operations leads to increase of the safety factor. In this case, probability of the pillar failure decreases.

**Keywords:** deposits of gypsum, chamber-and-pillar mining, geological conditions, parameters of the pillars, safety factor.

*Стаття постуила в редакцію 22.11.2017*

*Рекомендовано к публикации д-ром техн. наук А.А. Яланским*