

## ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ПОДЗЕМНОЙ РАЗРАБОТКИ ПОДРАБОТАННЫХ МЕДИСТЫХ РУД НА РУДНИКЕ «ОКТЯБРЬСКИЙ»

*Зассеев И.А., Сахнов А.В., Габараева А.О., Гегелашвили М.В., Бедоев Г.М.*

*Северо-Кавказский горно-металлургический институт  
(государственный технологический университет), Владикавказ*

**Ключевые слова:** технология подземной разработки, медистые руды, твердеющая закладка, напряженное состояние залежи, опережающая выемка, защищенные зоны, сплошная камерная система.

**Аннотация.** Представлены результаты исследований, направленных на совершенствование технологии очистной выемки при подземной отработке подработанных руд. Выявлено, что выемка медистых руд активизирует геомеханические процессы в рудовмещающем массиве и вызовет расширение зоны сдвижения налегающих пород. Установлено, что величины вертикальной составляющей напряжений зависят от высоты и ширины очистной камеры и удаленности её от кровли богатых руд. Для отработки подработанных медистых руд рекомендуется применение вариантов камерной системы разработки с предварительным созданием сплошных защищенных зон путем выемки руды в верхних заходках и их закладки твердеющей смесью повышенной прочности. Результаты работы могут использоваться на горнорудных предприятиях при подземной отработке подработанных руд.

## FEATURES OF THE TECHNOLOGY OF UNDERGROUND MINING OF MINED COPPER ORES AT THE OKTYABRSKY MINE

*Zasseev I.A., Sakhnov A.V., Gabaraeva A.O., Gegelashvili M.V., Bedoev G.M.*

*North Caucasian Institute of Mining and Metallurgy (State Technological University), Vladikavkaz*

**Keywords:** underground mining technology, copper ores, hardening deposit, stressed state of the deposit, advanced excavation, protected areas, solid chamber system.

**Abstract.** The results of theoretical and experimental studies aimed at improving the technology of laying and cleaning operations during underground mining of mined copper ores at the Oktyabrsky mine are presented. It has been revealed that the extraction of copper ores activates geomechanical processes in the ore-bearing massif and, regardless of how the extraction of reserves in the unprocessed massif develops, it will cause the expansion of the zone of displacement of the overlying rocks. It has been established that the magnitude of the vertical component of stresses in sub-storey chamber mining systems with the laying of the worked-out space depends on the height and width of the cleaning chamber and its distance from the roof of rich ores. For the processing of mined copper ores, it is recommended to use variants of a chamber mining system with the laying of the worked-out space with the preliminary creation of continuous protected zones by excavating ore in the upper deposits and laying them with a hardening mixture of increased strength. The results of the work can be used at mining enterprises in the design of technology for mining deposits by development systems with the laying of the developed space.

### Введение

В практике разработки месторождений Талнахского рудного узла превалировала первоочередная отработка участков богатых руд. Изучение особенностей состояния подработанной залежи медистых руд позволит разработать подземные геотехнологии их освоения.

### Материалы и методы исследований

Залежи медистых руд в пределах поля рудника «Октябрьский» представляют собой многоярусную, часто кулисообразную зону оруденения, мощностью в центральной части до 60-70 метров. Падение под углом 10÷15°, глубина залегания от поверхности до кровли рудных тел составляет 480÷850 м [1-4].

Методы исследований включают натурные исследования массива горных пород и моделирование на эквивалентных материалах.

## Результаты

Перспективное планирование ведения горных работ и разработка рекомендаций по обеспечению безопасных условий отработки залежи медистых руд требуют проведения контроля за изменением напряженного состояния в рудовмещающем массиве. Расчеты напряженного состояния горного и рудоносного массивов были проведены в плоскостях, удаленных от кровли богатых руд на 100 м [5-7].

На рисунке 1 приведены результаты расчетов напряжений.

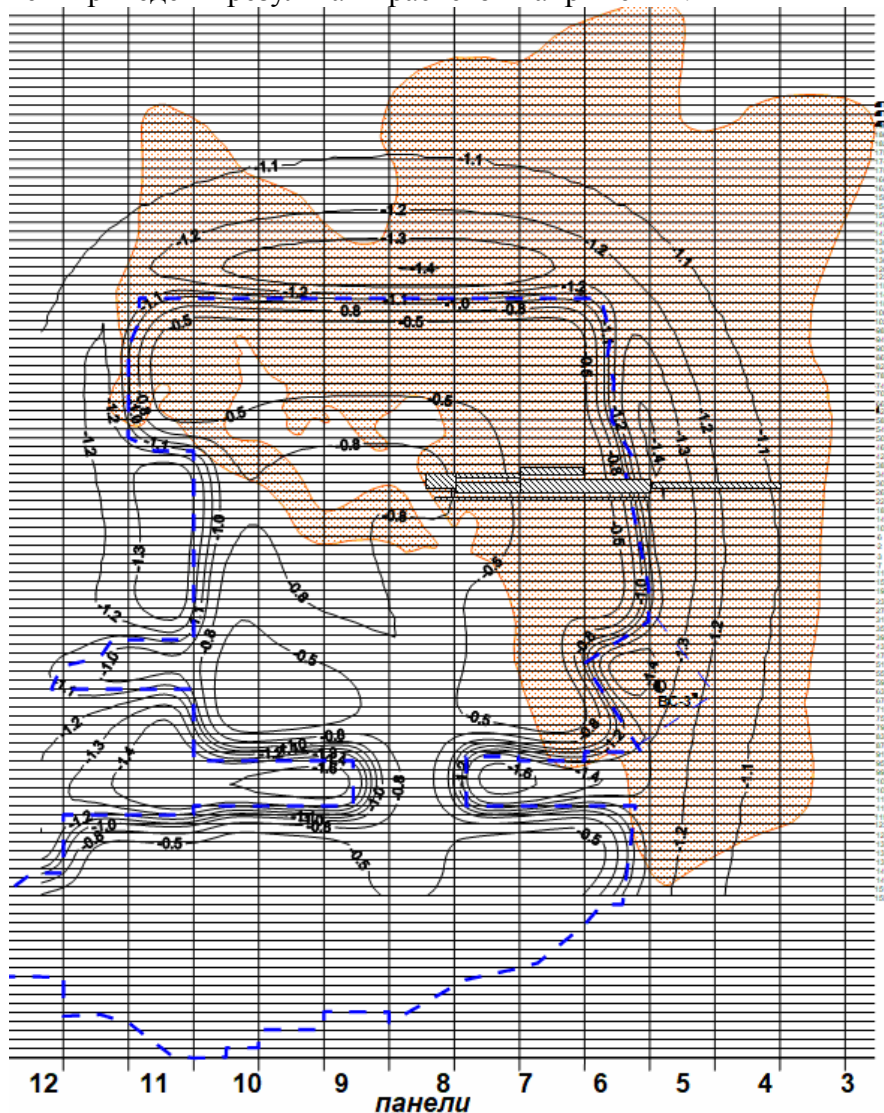


Рис. 1. Влияние первоочередной выемки богатых руд на напряженное состояние вышележащего массива

Расчеты представлены в изолиниях концентраций нормальных к рудной залежи напряжений  $\sigma_y/\gamma H$  (где  $H$  – глубина работ,  $\gamma$  – плотность пород).

Для условий рудников ЗФ ОАО «ГМК «Норильский никель» критерий критерия оценки состояния приконтурного массива может быть представлен неравенством вида [8]:

$$\sigma \leq 0,7[\sigma_{сж}], \quad (1)$$

где  $[\sigma_{сж}]$  – предел прочности горных пород на одноосное сжатие, МПа.

Критерий, базирующиеся с измеряемыми в приконтурном массиве выработки относительными деформациями ( $\epsilon$ ) и представлен неравенством вида [9]:

$$\epsilon \leq [\epsilon_{кр}], \quad (2)$$

где  $[\epsilon_{кр}]$  – критическая величина относительной деформации массива горных пород на растяжение.

На рисунке 2 представлены наиболее характерные результаты измерений напряжений.

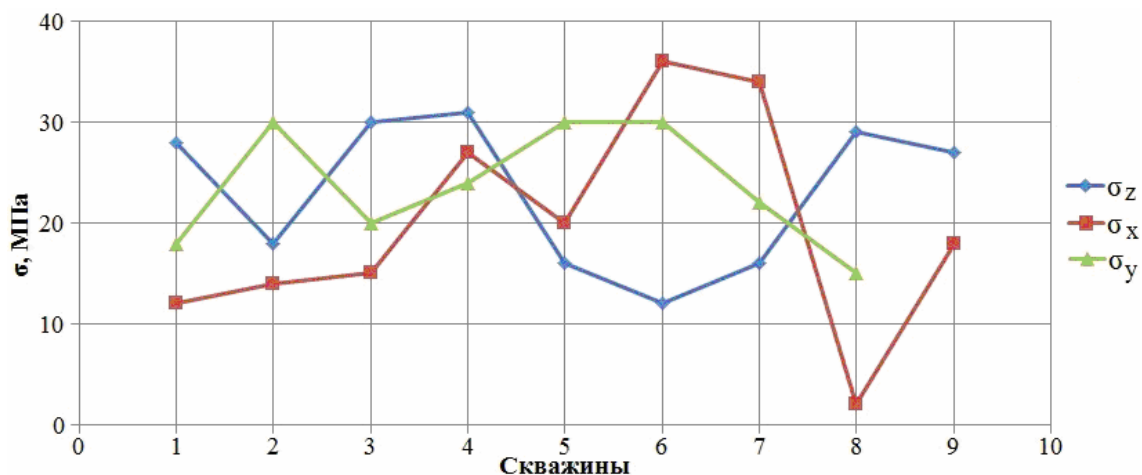


Рис. 2. Параметры напряжений над зоной очистных работ

Исследования показали, что выемка медистых руд активизирует расслоение и сдвигание слоистой налегающей толщи. Однако она не повлечет за собой существенного изменения напряженного состояния в нетронутом массиве до тех пор, пока не возрастет общий пролет подработки по сплошным и медистым рудам. Однако, независимо от того как будет развиваться выемка запасов в неподработанном массиве, она вызовет расширение зоны сдвига налегающих пород.

Проектом предусмотрено применение вариантов камерной системы разработки с закладкой выработанного пространства (рис. 3) [10].

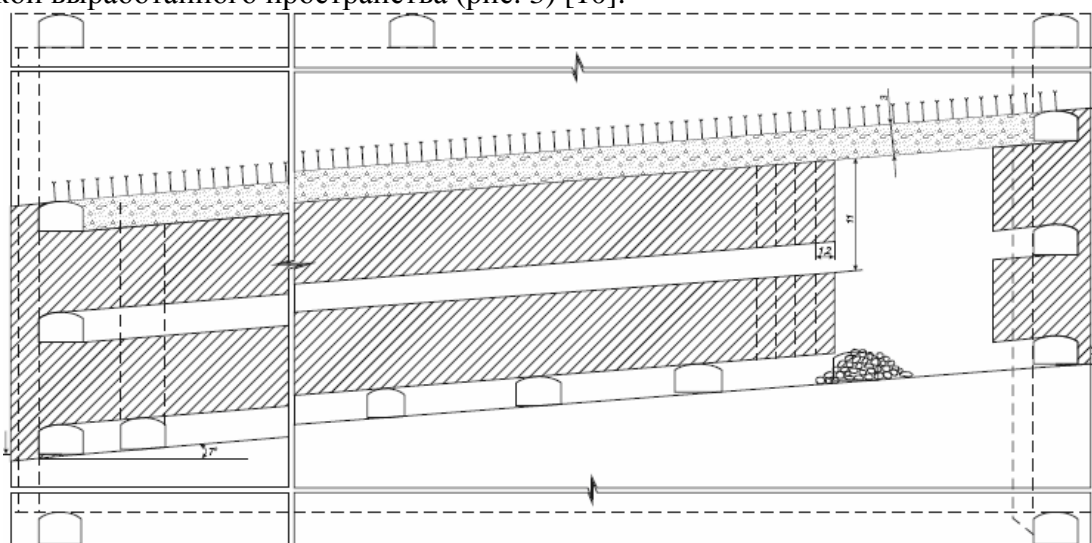


Рис. 3. Вариант камерной системы разработки

Участок медистых руд относится к опасным по горным ударам, отработку которого необходимо вести в пределах защищенной зоны. Образование защищенной зоны производится путем выемки руды заходками и их закладки, или путем бурения разгрузочных скважин.

Первичные камеры имеют боковой контакт с рудным или породным массивом. Высота камер зависит от нарушенности массива, наличия ослабляющих нарушений. Для условий медистых руд она не превысит 30-40 м.

Высота как первичных, так и вторичных камер, имеющих боковой контакт с закладочным массивом, определяется его прочностью на момент обнажения (табл. 1).

Табл. 1. Нормативная прочность закладочной смеси

Высота выработки, м	10	20	30	40	50
Прочность закладки, МПа	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0

Закладка первичных камер производится ангидрито-шлако-цементным составом со щебнем маркой 40. При условии подачи цемента в мельницу при такой марке состава прочность закладки 2,0 МПа достигается на сороковые сутки.

Вторичные камеры, имеющие боковые контакты с закладкой, можно закладывать либо пустыми породами, вынутыми при проходке выработок, либо низкомарочными видами закладки.

При исследовании влияния параметров камеры и удаленности её от кровли богатых руд на величину вертикальной составляющей естественного поля напряжений был принят трехфакторный эксперимент. Результаты исследований приведены в таблице 2.

Табл. 2. Результаты исследований

№№ опытов	Натуральный масштаб			$\sigma_x$ , МПа
	$L_o$	$H_k$	$M_k$	
1	20	20	10	5,7
2	80	20	10	3,8
3	20	40	10	6,2
4	80	40	10	4,2
5	20	20	30	4,4
6	80	20	30	0,8
7	20	40	30	5
8	80	40	30	1,2
9	20	30	20	5,2
10	80	30	20	3,4
11	50	20	20	7
12	50	40	20	7,65
13	50	30	10	4,9
14	50	30	30	9,3

Примечание.  $L_o$  – расстояние от камеры до кровли богатых руд, м;  $H_k$  – высота камеры, м;  $M_k$  – ширина камеры, м.

Результаты обработки экспериментальных данных для установления зависимости величины вертикальной составляющей напряжений от высоты очистной камеры и удаленности её от кровли ранее отработанных руд представлены на рисунке 4.

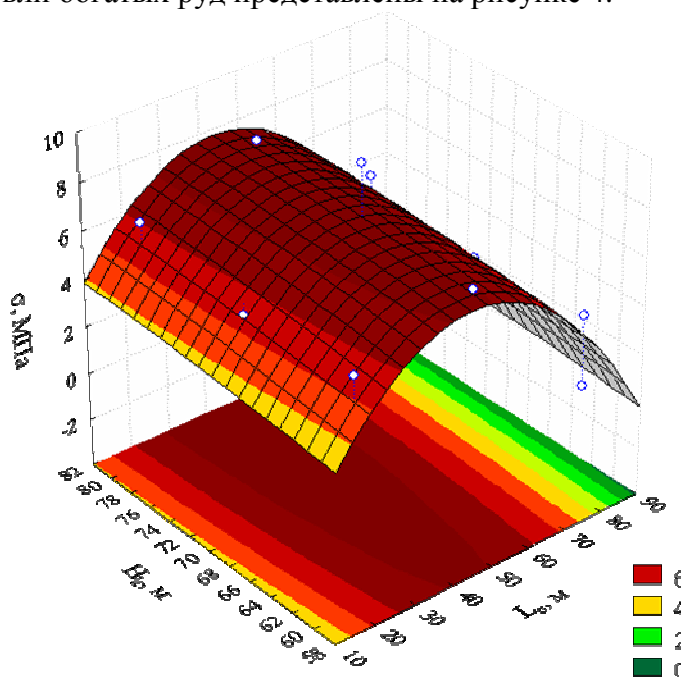


Рис. 4. Зависимость вертикальной составляющей напряжений от высоты очистной камеры и удаленности её от кровли ранее отработанных руд

Результаты обработки экспериментальных данных для установления зависимости величины вертикальной составляющей напряжений от высоты и ширины очистной камеры представлены на рисунке 5.

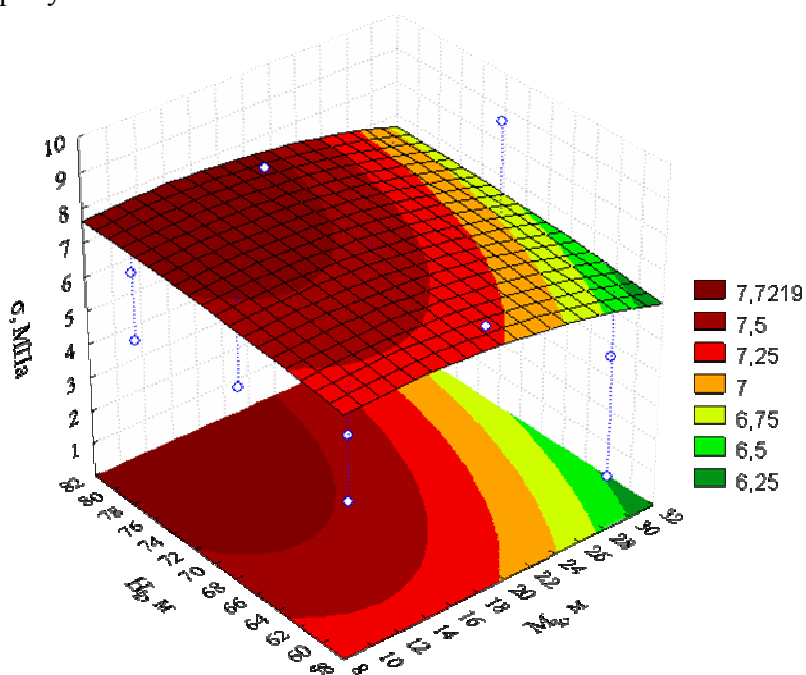


Рис. 5. Зависимость вертикальной составляющей напряжений от параметров очистной камеры

Величина вертикальной составляющей напряжений зависит от высоты и ширины очистной камеры, удаленности её от кровли богатых руд, и изменяется по полиномиальной зависимости:

$$\sigma_x = -6,93097 + 0,33939x_1 - 0,00345x_2 + 0,143x_3 - 0,00081x_1^2 + 0,14567x_2^2 - 0,00306x_3^2 - 0,00013x_1x_2 - 0,00146x_1x_3 + 0,00012x_2x_3, \quad (3)$$

где  $x_1 = L_0$ ;  $x_2 = H_k$ ;  $x_3 = M_k$ .

### Заключение

Таким образом, установлены параметры формирования полей напряжений при отработке залежей медистых руд и закономерностей изменения величины напряжений от удаления зоны очистных работ.

Подземные геотехнологии освоения нарушенных медистых руд с предварительным созданием сплошных защищенных зон путем выемки руды в верхних заходках и их закладки твердеющей смесью повышенной прочности обеспечивают необходимую устойчивость рудовмещающего массива.

### Список литературы

1. Габараев О.З., Голик В.И., Разоренов Ю.И. Управление геомеханикой скального массива при подземной добыче руд // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2017. – № 3. – С. 55-65.
2. Габараев О.З., Голик В.И., Разоренов Ю.И., Каргинов К.Г. Подготовка мощных месторождений наклонными съездами // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2017. – № 4. – С. 4-10.
3. Габараев О.З., Петров Ю.С., Соколов А.А. Обобщенная оценка влияния горного предприятия на окружающую природную среду // Горный журнал. – 2015. – №8. – С. 25- 27.
4. Габараев О.З. Исследование геомеханических свойств породной закладки в условиях объемного сжатия // Горный информационно-аналитический бюллетень». – 2001. – №8. – С. 211-214.
5. Габараев О.З., Дмитрак Ю.В., Дребенштедт К., Савелков В.И. Закономерности взаимодействия разрушенных геоматериалов и рудовмещающего массива при отработке подработанных вкрапленных руд // Устойчивое развитие горных территорий. – 2017. – № 4. – С. 406-413.
6. Габараев О.З., Валиев Н.Г., Майстров Ю.А., Зассеев И.А. Обоснование параметров технологии отработки подработанных вкрапленных руд // Устойчивое развитие горных территорий. – 2017. – № 1. – С. 109-115.

7. Рыльникова М.В., Калмыков В.Н., Ивашов Н.А. Вскрытие при комбинированной разработке медно-колчеданных месторождений // Горная промышленность. – 2003. – № 2. – С. 38-42.
8. Рыльникова М.В., Калмыков В.Н., Ивашов Н.А. Эффективные схемы вскрытия при комбинированной разработке рудных месторождений // Недропользование – XXI век. – 2007. – № 2. – С. 44-48.
9. Бадтиев Б.П., Галаов Р.Б., Марысюк В.П. Камерная система разработки вкрапленных руд в условиях подработки на руднике «Комсомольский» // Горный журнал. – 2009. – №10. – С. 58-60.
10. Валиев Н.Г., Беркович В.Х., Пропп В.Д., Гусманов Ф.Ф. Рациональный способ повторного использования закладочного материала // VIII Международная научно-техническая конференция «Инновационные геотехнологии при разработке рудных и нерудных месторождений»: сборник докладов. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2019. – С. 16-19.

#### References

1. Gabaraev O.Z., Golik V.I., Razorenov Yu.I. Management of geomechanics of a rock massif during underground ore mining // Bulletin of the Kuzbass State Technical University. 2017, no. 3, pp. 55-65.
2. Gabaraev O.Z., Golik V.I., Razorenov Yu.I., Karginov K.G. Preparation of powerful deposits by inclined congresses // News of higher educational institutions. Mining Journal. 2017, no. 4, pp. 4-10.
3. Gabaraev O.Z., Petrov Yu.S., Sokolov A.A. Generalized assessment of the impact of a mining enterprise on the environment // Mining journal. 2015, no. 8, pp. 25-27.
4. Gabaraev O.Z. Investigation of the geomechanical properties of a rock deposit under conditions of volumetric compression // Mining information and analytical bulletin. 2001, no. 8, pp. 211-214.
5. Gabaraev O.Z., Dmitrak Yu.V., Drebenstedt K., Savelkov V.I. Patterns of interaction of destroyed geomaterials and ore-containing massif at working off of the processed interspersed ores // Sustainable development of mountain territories. 2017, no. 4, pp. 406-413.
6. Gabaraev O.Z., Valiev N.G., Maistrov Yu.A., Zasseev I.A. Substantiation of the parameters of the technology of mining of processed interspersed ores // Sustainable development of mountain territories. 2017, no. 1, pp. 109-115.
7. Rylnikova M.V., Kalmykov V.N., Ivashov N.A. Opening during combined development of copper-pyrite deposits // Mining industry. 2003, no. 2, pp. 38-42.
8. Rylnikova M.V., Kalmykov V.N., Ivashov N.A. Effective opening schemes for combined mining of ore deposits // Subsoil use – XXI century. 2007, no. 2, pp. 44-48.
9. Badtiev B.P., Galaov R.B., Marysyuk V.P. Chamber system for the development of interspersed ores in the conditions of part-time work at the Komsomolsky mine // Mining journal. 2009, no. 10, pp. 58-60.
10. Valiev N.G., Berkovich V.H., Propp V.D., Gusmanov F.F. Rational way to reuse the laying material // VIII International Scientific and Technical Conference "Innovative geotechnologies in the development of ore and non-metallic deposits": collection of reports. – Ekaterinburg: Publ. house of USMU, 2019. – P. 16-19.

#### Сведения об авторах:

#### Information about authors:

<b>Зассеев Игорь Анатольевич</b> – аспирант	<b>Zasseev Igor Anatoltvich</b> - postgraduate student
<b>Сахнов Александр Владимирович</b> – аспирант	<b>Sakhnov Alexander Vladimirovich</b> – postgraduate student
<b>Габараева Алана Олеговна</b> – аспирант	<b>Gabaraeva Alana Olegovna</b> – postgraduate student
<b>Гегелашвили Михаил Владимирович</b> – доктор технических наук, профессор кафедры горного дела	<b>Gegelashvili Mikhail Vladimirovich</b> – doctor of technical sciences, professor of the mining Department
<b>Бедоев Георгий Муратович</b> – аспирант	<b>Bedoev Georgy Muratovich</b> – postgraduate student
makarov_sibsiu@mail.ru	

Получена 15.08.2024