

УДК 622.272

DOI: 10.21209/2227-9245-2017-23-8-75-82

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПОДЗЕМНОЙ РАЗРАБОТКИ РУДНЫХ ТЕЛ СИСТЕМОЙ ПОДЭТАЖНЫХ ШТРЕКОВ

IMPROVEMENT OF UNDERGROUND MINING OF ORE BODIES BY A SYSTEM OF SUBLEVEL DRIFTS

*Г. Г. Пирогов, Забайкальский государственный университет, г. Чита
pirogov.chita@mail.ru*

G. Pirogov, Transbaikal State University, Chita



Приведена краткая горно-геологическая характеристика Ново-Широкинского золото-полиметаллического месторождения. Основные рудные тела крутопадающие с мощностью в пределах 4,0...30,0 м; породы и руда устойчивые. Разработку месторождения ведут системой подэтажных штреков с высотой блока, равной высоте этажа 50 м. Горизонт выпуска и доставки руды представлен рудоприемными воронками, дучками и скреперным штреком. Производительность труда забойных рабочих не превышает 20 т/чел.-смену. Предложена система подэтажных штреков с высотой блока, равной двойной высоте базового блока (100 м) на основе применения на очистных работах комплекса самоходных машин. Рассмотрены основные задачи перехода на новый вариант системы подэтажных штреков: разработка новой конструкции системы подэтажных штреков; исследование влияния увеличенной высоты блока на несущую способность междукамерных целиков; обоснование потерь руды при отработке блоков с увеличенной высотой; исследование влияния высоты блока на объем подготовительно-нарезных выработок; исследование возможности повышения качества рудной массы, отгружаемой из блока. Сформулировано заключение: увеличение высоты блока при системе подэтажных штреков до двойной высоты базового блока (этажа) позволяет исключить один междуэтажный целик, чем достигается сокращение потерь руды, снижение объема подготовительно-нарезных выработок, повышение концентрации горных работ, усреднение содержания полезных компонентов в рудной массе в пределах блока, но требует перехода на новую конструкцию системы, которая дает возможность сохранить несущую способность междукамерных целиков, использовать комплекс самоходных машин на очистной выемке

Ключевые слова: проблема; Ново-Широкинское месторождение; система подэтажных штреков; увеличенная высота блока; междукамерный целик; несущая способность; объем подготовительно-нарезных выработок; усреднение содержания полезных компонентов; потери руды; производительность труда

A brief geological characteristic of Novo-Sorokinsky gold-polymetallic deposits is given. The main ore bodies are steeply dipping with a capacity within...4,0 30,0 m; rock and are ore stable. The development of the field is a system of sublevel drifts with a height equal to the floor height of 50 m. The horizon of the production and delivery of ore is presented by ore-in-take funnels, draw points and scraper drift. The labor productivity of workers does not exceed 20 t/person-shift. The system of sublevel drifts with a height equal to twice the height of the base unit (100 m) on the basis of application on sewage works complex self-propelled machines is proposed. The main objectives of transition to a new variant system of sublevel drifts are discussed: development of a new design system of sublevel drifts; study of increased block height effect on the bearing capacity of inter-chamber pillars; justification for the loss of ore, when mining blocks with the increased height; study of the height of the block influence on the amount of preparatory and rifled workings; research opportunities to improve the quality of the rock mass delivered from a block. The conclusion is made: increasing the height of the unit, up to the double-height base unit (of floor), when the system of sublevel drifts is used allows to eliminate one of the intermediate pillar, which

results in the reduction of ore losses, reducing the volume of preparatory-threaded openings, increasing the concentration of mining operations, averaging the content of useful components in the ore mass within the block, but requires a new system design, which makes it possible to maintain the carrying capacity inter-chamber pillars and use a set of self-propelled machines for cleaning the recess

Key words: problem; Novo-Shirokinsky deposit; system of sublevel drifts; increased height of block; inter-chamber pillar; load capacity; volume of preparatory-threaded openings; average content of useful components; loss of ore; productivity

Одной из проблем экономики России является низкая производительность труда, в первую очередь, в горнодобывающей промышленности. Проблема актуальна для рудника, осуществляющего разработку основных запасов Ново-Широкинского золото-полиметаллического месторождения системой подэтажных штреков в достаточно сложных горно-геологических условиях. Рудник испытывает дефицит рабочих кадров, использует вахтовый метод.

Совершенствование технологии разработки возможно системой подэтажных штреков с увеличенной высотой блока, что увязывается с решением следующих задач:

- разработкой новой конструкции системы подэтажных штреков;
- исследованием влияния увеличенной высоты блока на несущую способность междукамерных целиков, установлением параметров очистного блока;
- обоснованием потерь руды при отработке блоков с увеличенной высотой;
- исследованием влияния высоты блока на объем подготовительно-нарезных выработок;
- исследованием возможности повышения качества рудной массы, отгружаемой из блока.

Характеристика Ново-Широкинского золото-полиметаллического месторождения: месторождение расположено в юго-восточной части Забайкальского края. Рудная минерализация локализуется в центральной части на протяжении 2 км. Глубина распространения по падению достигает 500...650 м. На месторождении выявлено 17 рудных тел, из которых основными являются Главное, V и VII, заключающие около 91 % балансовых запасов. По-

лезные компоненты: свинец, цинк, золото, серебро; попутные – медь, кадмий, сера. Основные сведения приведены в табл. 1.

Оценка состояния очистной выемки. Отработку запасов Главного рудного тела осуществляют системой подэтажных штреков.

Подготовительно-нарезные работы в блоке включают проходку откаточных штрека и орта, блокового восстающего, камеры скреперной лебёдки, скреперного штрека, рудоприемных воронок и дучек, подэтажных штреков, отрезных ортов и отрезного восстающего. Бурение веерных взрывных скважин выполняют станками пневмоударного бурения ЛПС-ЗУ. Диаметр взрывных скважин 110 мм. Отбойку руды производят вертикальными слоями взрыванием на подэтаже за один прием двух-трех комплектов веерных скважин с замедлением взрывов между веерами. Руду выпускают на скреперный штрек, из которого грузят через погрузочный полк в шахтные вагонетки.

Изложенная технология очистной выемки не способствует достижению высокой производительности труда. Производительность труда забойных рабочих не превышает 20 т/чел.-смену.

Предлагаемые решения. Система подэтажных штреков широко распространена в мировой и отечественной горнорудной практике. Конструкция, параметры системы, техника и технология очистной выемки, принятые на Новоширокинском руднике, не раскрывают её потенциальные возможности [6; 8; 9]. Высота блока, принятая согласно проекту равной *высоте этажа* – 50 м, что обуславливает повышенный объем подготовительно-нарезных выработок и потери руды. Возможное по-

вышение эффективности системы разработки заключается в увеличении высоты очистного блока до двойной высоты базового блока (100 м).

Таблица 1/Table 1

Краткая характеристика месторождения/Brief description of the deposit

| Горнотехнические характеристики/Mining characteristics | Ед. измерения/Unit. measurements | Значения характеристик/Characteristic values |
|--|---|---|
| Мощность рудных тел/Power of ore bodies | м/м | 4...30 |
| Преобладающий угол падения/The predominant angle of incidence | град./grad. | 80 |
| Коэффициент крепости по шкале М. М. Протодьяконова: – руды; – вмещающих пород Coefficient of strength on the scale of M. M. Protodyakonov: ores; host rocks | | 12...14 10...12 |
| Плотность: – руды; – вмещающих пород Density: ores; host rocks | т/м ³ /t/m | 3,1 2,8 |
| Устойчивость: – руды; – вмещающих пород Stability: ores; host rocks | | Устойчивые средней устойчивости |
| Среднее содержание в балансовых запасах: – свинца; – цинка; – золота; – серебра Average content in the balance reserves: lead; zinc; gold; silver | % % г/т/g/t г/т/g/t | 3,7 1,8 3,29 86,55 |
| Пределы прочности на сжатие: – руды; – породы Compressive strength: ores; breeds | МПа/МПа МПа/МПа | 120...140 130...170 |
| Предел прочности на растяжение: – руды; – породы Ultimate tensile strength: ores; breeds | МПа/МПа МПа/МПа | 13 15 |
| Коэффициент Пуассона: – руды; – породы/ Poisson's ratio: ores; breeds | | 0,32 0,25 |
| Модуль упругости породы: – руды; – породы Modulus of elasticity of rock: ores; breeds | Па/Па Па/Па | 9 * 10 ¹⁰ 8,8 * 10 ¹⁰ |

С целью сохранения несущей способности междукамерных целиков без увеличения их ширины, следовательно, запасов в них, предлагаем уменьшить степень их нарушения горными выработками – блоковые восстающие размещать в породах лежащего бока по контакту рудного тела,

подэтажные штреки проходить до границ междукамерных целиков и сбивать подэтажными заездами с подэтажными полевыми штреками (план подэтажа на рис. 1), имеющими соединения со спиральным этажным съездом. Предлагаемая конструкция системы приведена на рис. 1.

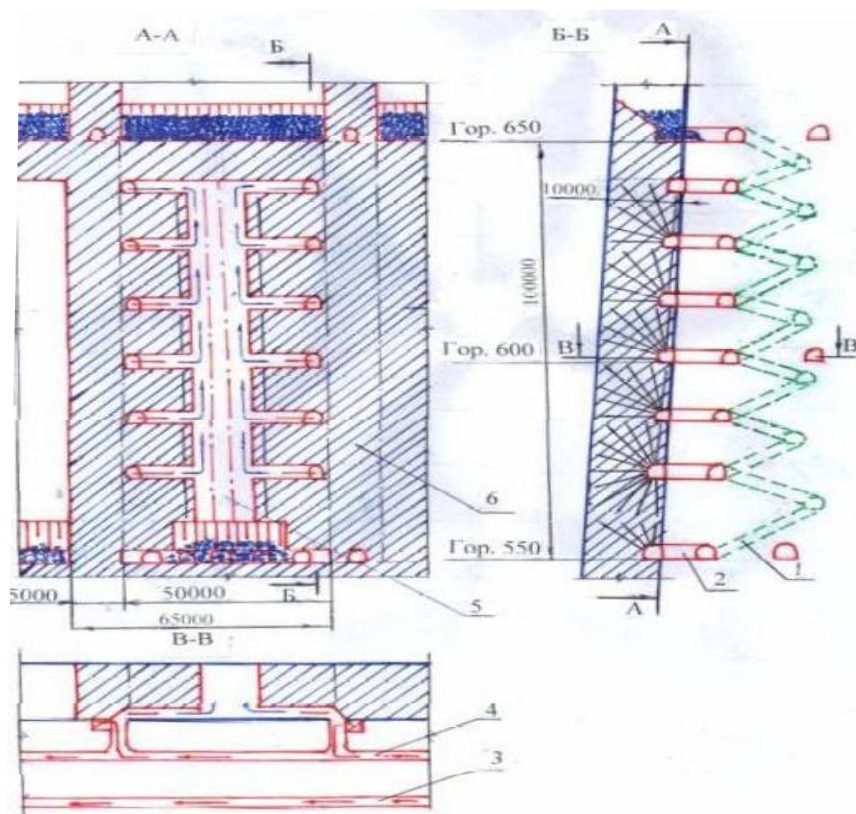


Рис. 1. Вариант конструкции системы подэтажных штреков с увеличенной высотой блока:
1 – спиральный съезд; 2 – заезды на подэтажи; 3 – транспортный штрек;
4 – транспортно-вентиляционный штрек; 5 – отрезная щель; 6 – МКЦ

Fig. 1. The design variant of a system of sub-floor drifts with an increased block height:
1 – spiral congress; 2 – arrivals to sub-stages; 3 – transport drift; 4 – transport-ventilation drift;
5 – cutting slot; 6 – MKTs

Очистные работы с целью повышения концентрации горных работ развиваются от центра очистной камеры, места образования отрезной щели к флангам. В предлагаемом варианте технология очистной выемки базируется на применении комплекса самоходных машин, включающего самоходную буровую установку для бурения взрывных скважин, погрузочно-доставочные и вспомогательные машины.

Для передвижения самоходных буровых установок на подэтажи предусмотрены спиральный съезд, полевые подэтажные штреки с заездами в рудные подэтажные штреки. Блочные восстающие сбивают с промежуточным рабочим горизонтом, необходимым для других систем разработки, для улучшения вентиляции блока, инже-

нерного обеспечения очистной выемки, доставки материалов и повышения безопасности работ (дополнительный запасный выход из блока).

Несущая способность междукамерных целиков определяется прочностными свойствами руды, принятыми размерами целиков, степенью нарушения монолитности горными выработками [1; 4; 7; 11]. Ширина междукамерного целика, длина очистной камеры приняты согласно практике рудника: они равны соответственно 15 и 50 м. Физико-механические свойства руды изложены в табл. 1. Исследования предельных нагрузок на монолитный (не нарушенный выработками) междукамерный целик (рис. 2) показали его устойчивость при увеличенной высоте.

Важным параметром системы разработки, влияющим на себестоимость добычи, является коэффициент расхода подготовительно-нарезных выработок, определяемый по формуле

$$K_{п.-н.в.} = (V_{п.в.} + V_{н.в.}), \text{ м}^3 / 1000 \text{ т руды},$$

где $V_{п.в.}$; $V_{н.в.}$ – соответственно объем подготовительных и нарезных выработок.

Зависимость коэффициента расхода подготовительно-нарезных выработок от величины высоты блока имеет обратный характер (рис. 3). Увеличение высоты сопровождается увеличением запасов руды в блоке. Но в случае высоты блока, равной двойной высоте базового, полностью исключается один междуэтажный целик, в состав которого входят потолочина и днище, включающие выработки приема, выпуска и погрузки руды.

Существенными потерями руды при разработке камерных запасов системой подэтажных штреков являются потери при погашении целиков: МКЦ, потолочины и днища. Переход на блоки с высотой, равной двойной высоте базового блока, исключает, как указывалось ранее, междуэтажный целик на промежуточном рабочем горизонте, чем достигается снижение потерь, как показывают расчеты, на 50 %.

Извлечение металла при обогащении зависит от стабильности качества рудной массы, поступающей на обогащение. Существует много достаточно эффективных способов усреднения качества руды [2; 3; 5; 10]. При увеличении высоты блока до двойной высоты базового появляется возможность беззатратного усреднения качества руды, выдаваемой из блока, заданной очередностью отбойки на подэтажах. На рис. 4, 5 приведены распределения свинца и цинка по высоте блока.

Рис. 4, 5 показывают неравномерное распределение полезных компонентов на подэтажах 15, 30, 45, 60, 75 и 90 м (высота подэтажа 15 м).

Предлагаемый способ усреднения содержания металла в рудной массе при системе разработки подэтажными штреками и увеличенной высоте блока можно рас-

смотреть на основе распределения свинца (рис. 4), высота подэтажа принята 15 м. В скобках приведены значения высоты падения рудной массы от основания блока, м.

| Номера подэтажей: | 1 (15) | 2 (30) | 3 (45) | 4 (60) | 5 (75) | 6 (90) |
|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Содержание свинца, % | 3,5 | 3,1 | 4,0 | 2,7 | 3,7 | 2,8 |

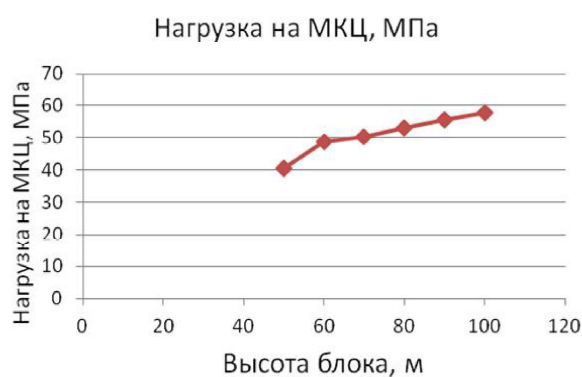


Рис. 2. Зависимость нагрузки на междукамерный целик от высоты блока

Fig. 2. Load dependence on the inter-chamber pillar from the block height

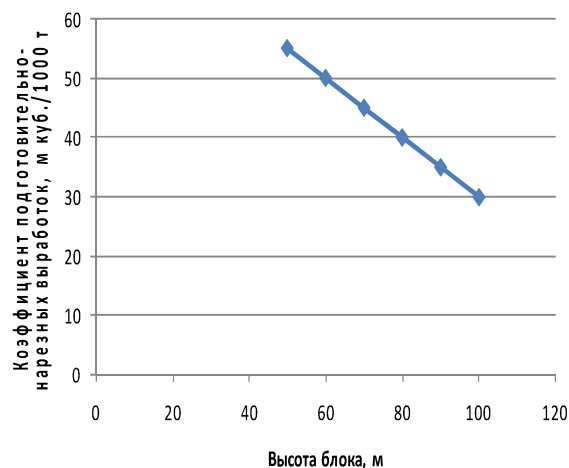


Рис. 3. Зависимость коэффициента подготовительно-нарезных выработок от высоты блока

Fig. 3. Dependence of the coefficient of preparatory-cut workings on the height of the block

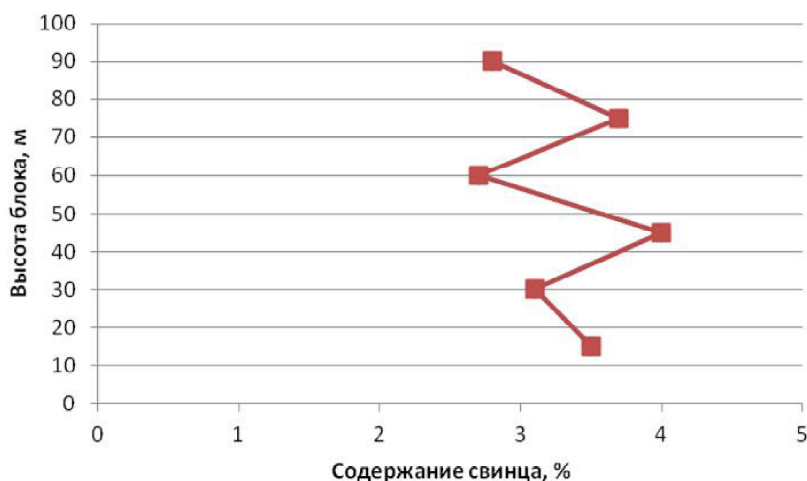


Рис. 4. Распределение содержания свинца (%) по высоте блока
 Fig. 4. Distribution of lead content (%) by block height

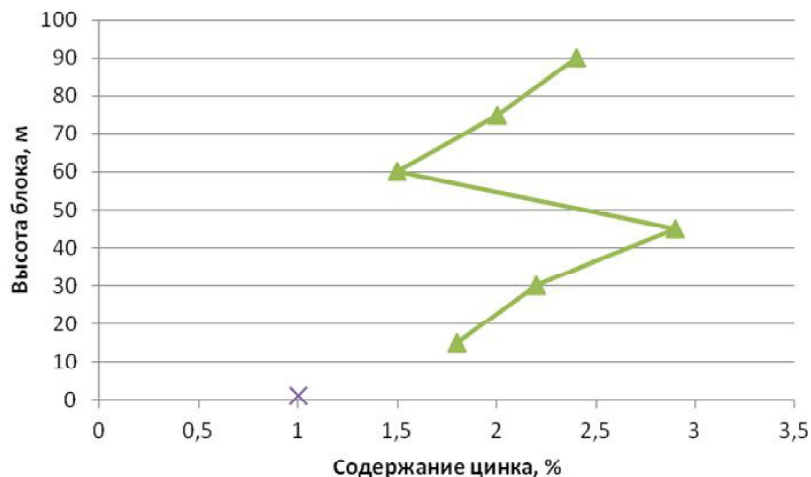


Рис. 5. Распределение содержания цинка по высоте блока
 Fig. 5. Distribution of zinc content by block height

Очистные забои всех подэтажей расположены в одной вертикальной плоскости (рис. 1). Отбиваемые слои обруивают одновременно, но скважинные заряды взрывают в определенной последовательности. Применительно к рассматриваемому примеру заряды взрывают в следующей очередности: первая очередь – заряды третьего и четвертого подэтажей; вторая очередь – заряды пятого и шестого подэтажей; третья очередь – заряды первого и второго подэтажей. Применяют замедленное взрывание. На горизонт выпуска и погрузки поступает

усредненная рудная масса. Содержание металлов на подэтажах устанавливают геологи по буровому шламу и рекомендуют очередность взрывания скважинных зарядов.

Заключение. Увеличение высоты блока при системе подэтажных штреков до двойной высоты базового блока (этажа) позволяет исключить один междуэтажный целик, чем достигается существенное сокращение потерь руды, снижение объема подготовительно-нарезных выработок, повышение концентрации горных работ, усреднение содержания полезных компо-

нентов в рудной массе в пределах блока, но требует перехода на новую конструкцию системы, предложенную нами, которая дает возможность сохранить несущую способность междукамерных целиков, использовать комплекс самоходных машин.

Список литературы

1. Барях Д. А., Ломакин И. С. Оценка изменения несущей способности междукамерных целиков в условиях повышения глинизации пород // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2011. № 4. С. 7–11.
2. Богуславский Э. И. Управление качеством руды. СПб.: СПГГИ, 2002.
3. Волков Ю. В., Соколов И. В., Смирнов А. А., Антипин Ю. Г. Влияние качества руды в массиве на эффективность отработки камер // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2011. № 3. С. 14–17.
4. Волков Ю. В., Соколов И. В., Смирнов А. А., Антипин Ю. Г. Влияние геометрических параметров камеры на эффективность её отработки // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2012. № 8. С. 21–26.
5. Ломоносов Г. Г. Производственные процессы подземной разработки рудных месторождений. М.: Горная книга, 2013. 517 с.
6. Мельниченко А. М. Особенность разубоживания руд при подземной разработке маломощных месторождений // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2016. № 1. С. 408–412.
7. Потапчук М. И., Терешкин А. А., Рассказов М. И. Оценка геомеханического состояния массива горных пород при отработке сложноструктурных рудных тел системой подэтажных штреков с управляемым обрушением кровли // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2015. № 12. С. 39–45.
8. Разоренов Ю. И., Белодедов А. А., Шмаленок С. А. Определение потерь и разубоживания при разработке месторождений полезных ископаемых // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2009. № 9. С. 47–50.
9. Рахимбеков С. М. Оптимизация конструктивных параметров очистных блоков // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2013. № 4. С. 46–50.
10. Соколов И. В., Смирнов А. А., Антипин Ю. Г. Влияние показателей извлечения на эффективность технологии подземной разработки рудных месторождений // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2012. № 3. С. 4–11.
11. Шеховцева В. О., Шеховцев В. С., Лобанова Г. В. Прогнозирование геометрических параметров породного массива при отработке слепых рудных залежей // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2011. № 7. С. 52–55.

References

1. Baryakh D. A., Lomakin I. S. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten* (Mining information-analytical Bulletin), 2011, no. 4, pp. 7–11.
2. Boguslavskiy E. I. *Upravlenie kachestvom rudy* [Ore quality management]. St. Petersburg: SPGGI, 2002.
3. Volkov Yu. V., Sokolov I. V., Smirnov A. A., Antipin Yu. G. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten* (Mining information-analytical Bulletin), 2011, no. 3, pp. 14–17.
4. Volkov Yu. V., Sokolov I. V., Smirnov A. A., Antipin Yu. G. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten* (Mining information-analytical Bulletin), 2012, no. 8, pp. 21–26.
5. Lomonosov G. G. *Proizvodstvennyye protsessy podzemnoy razrabotki rudnykh mestorozhdeniy* [Production processes of underground mining of ore deposits]. Moscow: Mining book, 2013. 517 p.
6. Melnichenko A. M. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten* (Mining information – analytical Bulletin), 2016, no. 1, pp. 408–412.
7. Potapchuk M. I., Tereshkin A. A., Rasskazov M. I. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten* (Mining information-analytical Bulletin), 2015, no. 12, pp. 39–45.
8. Razorenov Yu. I., Belodedov A. A., Smolenak S. A. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten* (Mining information-analytical Bulletin), 2009, no. 9, pp. 47–50.
9. Rakhimbekov S. M. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten* (Mining information-analytical Bulletin), 2013, no. 4, pp. 46–50.
10. Sokolov I. V., Smirnov A. A., Antipin Yu. G. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten* (Mining information-analytical Bulletin), 2012, no. 3, pp. 4–11.
11. Shekhovtseva V. O., Shehovtsov V. S., Lobanov G. V. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten* (Mining information-analytical Bulletin), 2011, no. 7, pp. 52–55.

Коротко об авторе

Briefly about the author

Пирогов Геннадий Георгиевич, д-р техн. наук, профессор кафедры «Подземная разработка месторождений полезных ископаемых», Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия. Область научных интересов: научное обоснование и создание новых технологий разработки рудных месторождений
pirogov.chita@mail.ru

Gennady Pirogov, doctor of technical sciences, professor, Underground Mining of Mineral Deposits department, Transbaikal State University, Chita, Russia. Sphere of scientific interests: scientific substantiation and development of new technologies for development of mineral deposits

Образец цитирования

Пирогов Г. Г. Совершенствование подземной разработки рудных тел системой подэтажных штреков // Вестн. Забайкал. гос. ун-та. 2017. Т. 23. № 8. С. 75–82. DOI: 10.21209/2227-9245-2017-23-8-75-82.

Pirogov G. Improvement of underground mining of ore bodies by a system of sublevel drifts // Transbaikal State University Journal. 2017. 23. 23. № 8. pp. 75–82. DOI: 10.21209/2227-9245-2017-23-8-75-82.

Дата поступления статьи: 03.07.2017 г.
Дата опубликования статьи: 31.08.2017 г.

