

# РАЗРАБОТКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ОБРАЗОВАНИЙ

---

УДК 622.273.2

DOI: 10.21440/0536-1028-2018-2-4-9

## ПРОБЛЕМЫ ОТРАБОТКИ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ ЦЕЛИКОВ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

ВАЛИЕВ Н. Г., БЕРКОВИЧ В. Х., ПРОПП В. Д., КОКАРЕВ К. В.

*В работе рассмотрены вопросы добычи потерянных запасов руд из предохранительных целиков, которые раньше обрабатывать было невыгодно. В настоящее время в силу ухудшения горно-геологических условий в ряде случаев оказывается экономически целесообразным возвращаться на ранее отработанные участки и разрабатывать оставленные при эксплуатации на верхних горизонтах целики. В таких целиках зачастую находится около 25 % балансовых запасов металлических руд, до 60–70 % калийных солей и свыше 30 % угля. Технология отработки этих целиков играет не последнюю роль при оценке возможности их выемки, так как охранный целик представляет собой, как правило, сильно трещиноватый, нарушенный тектоникой рудный массив. При отработке охранных целиков возможны две ситуации: первая – прочностные характеристики рудного тела значительно выше прочности и устойчивости вмещающих пород; вторая – прочностные характеристики вмещающих пород значительно выше характеристик рудного массива. С учетом изложенного авторами предлагается вести выемку запасов из охранных целиков в первом случае камерными системами разработки с предварительным укреплением вмещающих пород, а во втором осуществлять ее под защитой бетонной крепи, создаваемой в рудном теле в виде объемной решетки. Предложенная технология была испытана на Березовском месторождении и Зырянском свинцовом комбинате. Результаты выполненных исследований дают основание рекомендовать разработанную авторами технологию для применения на других предприятиях с аналогичными горно-геологическими условиями.*

**Ключевые слова:** охранный целик; потерянные запасы; нарушенный рудный массив; предварительное укрепление вмещающих пород; объемная решетка; бетонная крепь.

В настоящее время в силу ухудшения горно-геологических условий, увеличения глубины разработки и других причин на многих рудниках содержание металла в добываемой рудной массе постоянно снижается, а затраты на добычу возрастают. Поэтому в ряде случаев оказывается экономически целесообразным возвращаться на ранее отработанные участки и разрабатывать оставленные при эксплуатации на верхних горизонтах целики, в том числе охранные, которые раньше обрабатывать было невыгодно. В целиках различного назначения, глав-

---

**Валиев Нияз Гадым-оглы** – доктор технических наук, профессор, первый проректор, ведущий кафедрой горного дела. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет. E-mail: science@ursmu.ru

**Беркович Вячеслав Ханмович** – кандидат технических наук, доцент кафедры горного дела. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет. E-mail: vyacheslav.berkovich@m.ursmu.ru

**Пропп Владимир Давыдович** – кандидат технических наук, доцент кафедры горного дела. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет. E-mail: vladimir.propp@mail.ru

**Кокарев Константин Владимирович** – кандидат технических наук, доцент кафедры горного дела. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет. E-mail: konstantin.kokarev@m.ursmu.ru

ным образом в предохранительных (охранных) целиках стволов шахт и транспортных магистралей, законсервировано огромное количество ценных руд. В таких целиках зачастую находится около 25 % балансовых запасов металлических руд, до 60–70 % калийных солей и свыше 30 % угля. Поэтому даже частичная выемка этих запасов является актуальной задачей для многих рудников. При этом оказывается важным не только сам процесс выемки руды из охранного целика, осуществляемый по результатам исследований и уточнения механизма процесса сдвижения пород, поведения подрабатываемого объекта в условиях контролируемых деформаций, но и время начала отработки охранного целика. На практике чаще всего возможность отработки охранного целика или его части появляется уже после того, как горные работы опустились на нижележащие горизонты. При этом чем дальше переносится начало отработки, тем больше увеличиваются затраты на поддержание капитальных и подготовительных выработок.

Считается, что оставление охранных целиков достаточных размеров является самой надежной мерой защиты сооружений. При этом запасы руды в целиках числятся на балансе предприятия до отработки всего месторождения или его части. Если запасы руды в охранных целиках частично или полностью не будут отработаны при погашении участка, горизонта или ликвидации горнодобывающего предприятия, то они относятся к общерудничным потерям.

В каждом конкретном случае целесообразность расконсервации и выемки охранных целиков может быть установлена на основе методических рекомендаций с учетом относительной ценности руды в целиках, возможного увеличения производственной мощности рудника, необходимых дополнительных капиталовложений и других факторов. Кроме того, не последнюю роль при оценке возможности выемки целиков играет технология их отработки, так как охранный целик представляет собой, как правило, сильно трещиноватый, нарушенный тектоникой рудный массив. Следует отметить, что в горнорудной практике накоплен опыт отработки запасов, находящихся в зоне охранных целиков, системами разработки с закладкой выработанного пространства твердеющими смесями. Основным назначением твердеющей закладки является обеспечение безопасной отработки месторождений с сохранением земной поверхности. Однако применение твердеющих смесей не всегда возможно. В настоящее время горнорудная промышленность испытывает большой дефицит цемента, который к тому же дорог стоит, что значительно усложняет и снижает эффективность разработки месторождений под охраняемыми объектами (стоимость возведения 1 м<sup>3</sup> закладочного массива составляет 35–40 % от общей себестоимости добычи руды), поэтому вопрос удешевления закладочных работ имеет большое народнохозяйственное значение.

Изучение опыта отработки охранных целиков показывает, что применяемая технология добычи с использованием бетонной и твердеющей закладок не обеспечивает высокой производительности труда забойного рабочего и характеризуется повышенными затратами на проведение закладочных работ. Это объясняется тем, что во многих случаях отработку охранных целиков усложняет необходимость правильного развития горных работ, так как возрастает протяженность горноподготовительных выработок, затрудняется проветривание очистных и подготовительных забоев, увеличивается опасность возникновения подземных пожаров и др. Все это приводит к снижению эффективности капиталовложений, увеличению эксплуатационных затрат и уменьшению размера прибыли от реализации конечного продукта [1].

При отработке охранных целиков, как правило, возможны две ситуации: первая – прочностные характеристики рудного тела значительно выше прочности

и устойчивости вмещающих пород; вторая – прочностные характеристики вмещающих пород значительно выше характеристик рудного массива. С учетом изложенного авторами предлагается выемку запасов из охранных целиков в первом случае вести камерными системами разработки с предварительным укреплением вмещающих пород (*Способ разработки залежей полезного ископаемого: а. с. 1199000. Заяв. № 3649191/22-03, 1983. Публикация в открытой печати запрещена*), во втором – осуществлять под защитой бетонной крепи, создаваемой в рудном теле в виде объемной решетки [2].

В первом случае при отработке рудных тел между вмещающими породами, нарушенными тектоническими трещинами, укрепление пород происходит за счет повышения сил сцепления между отдельными кусками пород, позволяющими удерживать от вывала наиболее неустойчивые их части. В качестве примера приведем отработку охрannого целика в этаже –187 ... –212 м Березовского месторождения, который пересекается мощным тектоническим нарушением, колеблющимся в пределах 4–5 м, с углом падения  $30^\circ$  (рис. 1).

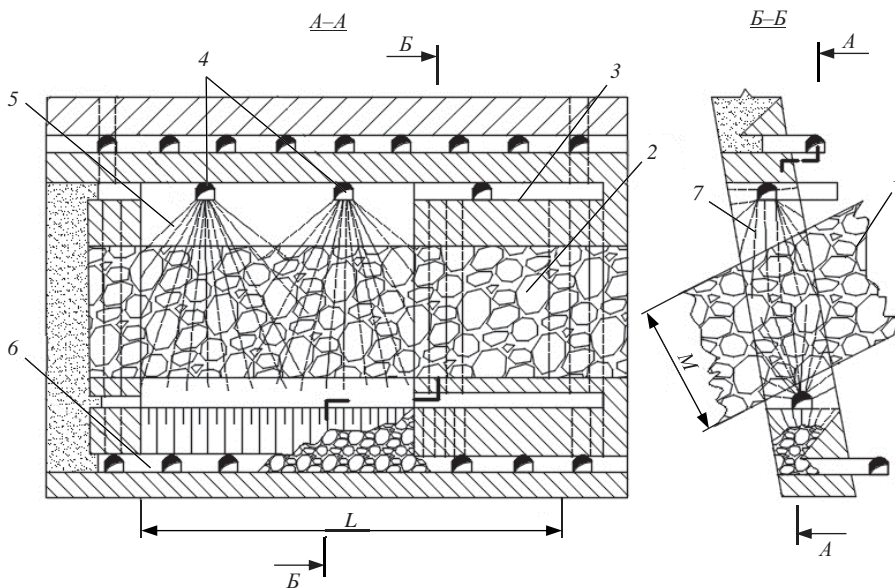


Рис. 1. Вариант камерной системы разработки с предварительным укреплением вмещающих пород (Березовское месторождение):

1 – мощное тектоническое нарушение; 2 – зона разлома; 3 – рудное тело; 4 – орты бурового горизонта; 5 – веера крепежных буровых скважин; 6 – плоское днище; 7 – веера отбойных буровых скважин

Непосредственная зона разлома представлена глинистым и обломочным материалом. От нее отходят опережающие трещины, создающие зону ослабленных пород. Выше этой зоны руды и породы достаточно устойчивы. Укрепление зон тектонических нарушений осуществляют из ортов бурового горизонта –193 м, которые проходят висячем боку в трех метрах от контакта с рудным телом. В них устанавливают буровые станки НКР-100 и обуривают вмещающие породы веерами крепежных буровых скважин на расстоянии 2 м от контакта с рудным телом. Каждую скважину заполняют цементным раствором, предварительно введя в них канатные анкеры, которые удерживают от вывала разрушенные породы. Такое крепление зоны ослабленных тектоническим нарушением пород, опережающее очистные работы, предотвращает обрушение висячего бока. Для ускорения процесса схватывания в раствор добавляют хлористый кальций в количестве 3 %

от веса воды. Предел прочности на сжатие составляет 20,0 МПа, на разрыв – 3,6 МПа. Выпуск и доставку отбитой руды ведут через плоское днище самоходными машинами типа СТ-2Б [3].

Параметры предварительного укрепления пород в зонах тектонических нарушений рассматриваются через силовое воздействие, необходимое для поддержания неустойчивых пород в этих зонах. Так, параметры предварительного укрепления пород канатными анкерами определяются из формул:

$$\sigma_{к.р} = n_1 F_{ук}; \quad l_c = M + l_3; \quad l_3 = F_{ук} / (2c\pi d),$$

где  $\sigma_{к.р}$  – предел прочности каната на растяжение, Н;  $n_1$  – коэффициент запаса;  $F_{ук}$  – силовое воздействие канатных анкеров в зонах тектонических нарушений, Н;  $l_c$  – длина крепежной скважины, м;  $M$  – мощность тектонической зоны, м;  $l_3$  – глубина задела анкера в устойчивые породы, м;  $c$  – сцепление бетона со стенками скважин, Па;  $d$  – диаметр скважины, м.

Толщина опережающего искусственного целика, получаемого путем укрепления неустойчивых пород, определяется по формуле:

$$Q = 0,63 \sqrt{F_{ук} L / (h \sigma_p)},$$

где  $Q$  – мощность искусственного целика, м;  $L$  – длина камеры по простиранию, м;  $h$  – высота элемента бетонной крепи или искусственного целика, м;  $\sigma_p$  – предел прочности материала на растяжение, Па.

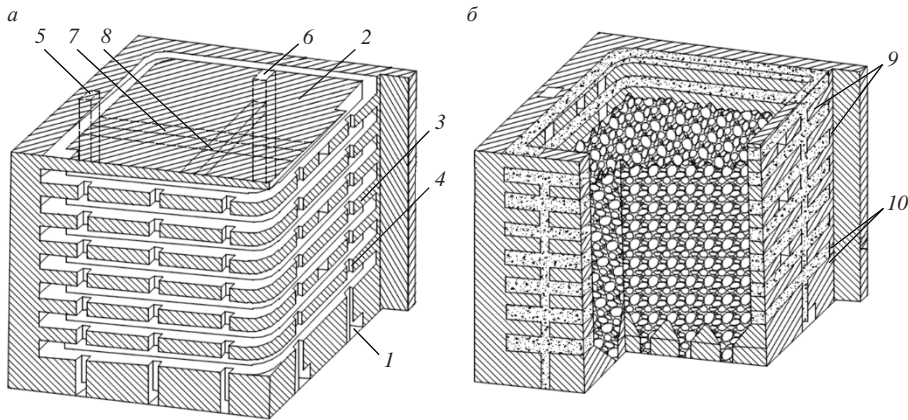


Рис. 2. Вариант камерной системы разработки с поддержанием очистного пространства опережающей бетонной крепью:

*a* – возведение опережающей бетонной крепи; *б* – выпуск отбитой горной массы; 1 – нижний горизонт; 2 – выемочный участок; 3 – спиральные выработки; 4 – рудоспуск; 5 – блоковый восстающий; 6 – отрезной восстающий; 7 – подэтажные буровые штреки; 8 – подэтажные буровые орты; 9 – бетонные перемычки; 10 – выпускные дучки

Результаты исследований были приняты к внедрению на руднике, что позволило в настоящее время увеличить объем добычи руды производительными камерными системами разработки до 90 %. Кроме того, результаты выполненных исследований дают основание рекомендовать разработанную авторами технологию для применения на других предприятиях с аналогичными горно-геологическими условиями [3, 4].

Во втором случае при отработке неустойчивого рудного целика возводится опережающая бетонная крепь в виде объемной решетки, под защитой которой осуществляют выемку рудных запасов путем последовательного проведения друг над другом выработок по простиранию и вкрест простирания рудного тела с последующей их закладкой твердеющей смесью (рис. 2).

Работы по созданию опережающей бетонной крепи начинаются с проходки из откаточных выработок нижнего горизонта по контуру выемочного участка спиральной выработки, которую сбивают на всю высоту этажа рудоспусками. Одновременно с выработками, необходимыми для создания опережающей бетонной крепи, проходят блоковые и отрезные восстающие, которые сбиваются поэтажными буровыми штреками и ортами. После завершения этих работ все откаточные выработки нижнего горизонта изолируют бетонными перемычками, а с верхнего подают твердеющую закладку, заполняя тем самым спиралевидную выработку и систему рудоспусков. Набрав требуемую прочность, твердеющая закладка образует бетонную крепь, под прикрытием которой ведутся очистные работы в охранном целике. Выпуск отбитой руды производится через дучки.

**Технико-экономические показатели новой и базовой технологий отработки охранного целика вентиляционного ствола**

Показатель	Базовая технология	Новая технология
Удельный объем подготовительных работ, м <sup>3</sup> /тыс. т	12,1	10,8
Удельный объем нарезных работ, м <sup>3</sup> /тыс. т	90,0	47,0
Объем руды, извлеченной из охранного целика, %	75,0	87,2
Потери руды, %	6,5	3,3
Разубоживание руды, %	15,4	5,2
Производительность труда забойного рабочего, м <sup>3</sup> /чел.-см.	1,3	2,1
Себестоимость добычи и переработки, р./т	109,79	92,69

Предложенная технология была внедрена на Зырянском свинцовом комбинате [5] и рекомендована для других горнорудных предприятий.

Анализ результатов внедрения новой технологии показал, что она позволяет (таблица):

- снизить себестоимость добычи руды за счет уменьшения расхода закладочного материала и объема трудозатратных работ по закладке выработанного пространства;
- снизить потери и разубоживание руды за счет увеличения устойчивого пролета обнажений кровли и бесцеликовой выемки полезного ископаемого;
- повысить эффективность отработки охранного целика шахтного ствола в целом.

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Беркович В. Х. Отработка предохранительных целиков // Изв. вузов. Горный журнал. 1996. № 3–4. С. 93–104.
2. Способ разработки мощной неустойчивой рудной залежи: а. с. 574535. Заяв. № 2039034/03, 1974. Оpubл. в БИ, № 36, 1977.
3. Шведов А. П. Разработка эффективной технологии подземной добычи руд в зонах тектонических нарушений (на примере Березовского месторождения): автореф. дис. ... канд. техн. наук. Свердловск, 1987. 20 с.
4. Пропп В. Д., Беркович В. Х., Гусманов Ф. Ф., Осинцев В. А. Проблемы отработки глубоких горизонтов Гайского месторождения // Инновационные геотехнологии при разработке рудных и пластовых месторождений: матер. IV Междунар. науч.-техн. конф. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2015. С. 71–75.

5. Рационализаторские предложения и изобретения, внедренные в производство // Цветметинформация. 1978. № 10 (322). 7 с.

Поступила в редакцию 30 ноября 2017 года

## THE PROBLEMS OF DEVELOPING PROTECTION PILLARS UNDER THE EXPLOITATION OF ORE DEPOSITS

Valiev N. G., Berkovich V. Kh., Propp V. D., Kokarev K. V. – The Ural State Mining University, Ekaterinburg, the Russian Federation. E-mail: science@ursmu.ru

The present work considers the problems of mining lost ore reserves out of protection pillars, which were unprofitable to develop before. At present time due to the deterioration of mining and geological conditions, it is sometimes economically reasonable to return to the previously mined sections and develop the pillars at the upper horizons which were preserved under the exploitation. These pillars usually have over 25% of balance reserves of metallic ore, up to 60–70% of potassium salts and more than 30% of coal. The technology of mining these pillars plays important role under the assessment of the possibility of their excavation, because the protection pillar, as a rule, represents highly fissured and tectonically disturbed ore massif. When mining protection pillars two situations are possible: in the first one – strength characteristics of ore body are significantly higher than strength and stability of enclosing rock; in the second one – strength characteristics of enclosing rock are significantly higher than the characteristics of ore massif. Taking into account all stated by the authors, it is suggested to fulfill the excavation of reserves out of protective pillars with chamber systems of development with preliminary strengthening of enclosing rock in the first situation, and in the second situation – perform it under the protection of concrete support created in ore body in the shape of volumetric grating. The suggested technology has been tested at Berezovsky deposit and Zyryanovsky lead plant. The results of the investigations permit to recommend the technology developed by the authors to be used at other enterprises with similar mining and geological conditions.

**Key words:** protection pillar; lost ore; disturbed ore massif; preliminary strengthening of enclosing rock; volumetric grating; concrete support.

### REFERENCES

1. Berkovich V. Kh. [Protection pillars mining]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal – News of the Higher Institutions. Mining Journal*, 1996, no. 3–4, pp. 93–104. (In Russ.)
2. Bulatov V. F., Berkovich V. Kh., Tarchevskii E. V., Volkov Yu. V., Emel'ianov L. G. *Sposob razrabotki moshchnoi neustoichivoi rudnoi zalezhi* [The method of developing thick unstable ore deposit]. Certificate of authorship 574535. Application no. 2039034/03, 1974. Published in BI, no. 36, 1977.
3. Shvedov A. P. *Razrabotka effektivnoi tekhnologii podzemnoi dobychi rud v zonakh tektonicheskikh narushenii (na primere Berezovskogo mestorozhdeniia): avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk* [The development of effective technology of underground ore production in the areas of tectonic disturbances (by the example of Berezovsky deposit). Cand. eng. sci. abs. of diss.]. Sverdlovsk, 1987. 20 p.
4. Propp V. D., Berkovich V. Kh., Gusmanov F. F., Osintsev V. A. [The problems of mining deep horizons of Gaisky deposit]. *Innovatsionnye geotekhnologii pri razrabotke rudnykh i plastovykh mestorozhdenii: mater. IV Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf.* [Proc. 4th Int. Sci. and Tech. Conf. “Innovative technologies in the development of ore and stratified deposits”]. Ekaterinburg, UGGU Publ., 2015, pp. 71–75. (In Russ.)
5. [Rational suggestions and inventions, industrially implemented]. *Tsvetmetinformatsiia – Central Research Institute of Information and Technological and Economic Investigations of Non-Ferrous Metals*, 1978, no. 10 (322), 7 p. (In Russ.)