

А.С. Белоусов**ОПТИМИЗАЦИЯ ЗАКЛАДОЧНЫХ РАБОТ
НА УРАНОВЫХ РУДНИКАХ ПАО «ППГХО»**

Приведена геологическая и горно-техническая характеристики условий залегания урановых рудных тел Стрельцовского рудного поля, на основании которых выбрана система разработки «Горизонтальные слои с твердеющей закладкой» в нисходящем порядке. Для повышения эффективности отработки маломощных урановых рудных тел предложена технология неполного погашения твердеющей закладкой выработанного пространства очистного блока с коэффициентом погашения $k = 0,67$ при следующих условиях: отработка маломощных рудных тел одиночными заходками; в блоках, расположенных вне предохранительных зон 1 и 2 категорий; при устойчивых и средней устойчивости вмещающих породах; при коэффициенте устойчивости искусственного массива в кровле более 1,3. Определены блоки, в которых производились опытно-промышленные работы по уменьшению объема подаваемой закладки, методы контроля и наблюдения. Сделаны выводы по итогам выполненных работ. Приведен экономический эффект по блоку 5-521 за 2014 г., составивший 11,8 млн руб.

Ключевые слова: месторождение полезных ископаемых, добыча, радиоактивное сырье, руда, вмещающие породы, система разработки, закладочные работы, коэффициент погашения, устойчивость, нормативная прочность, опытно-промышленные работы.

Стрельцовское уранорудное поле находится в Забайкальском крае России, в 540 км юго-восточнее г. Читы и в 16 км восточнее г. Краснокаменск. Добыча радиоактивного сырья на месторождениях производится подземным способом четырьмя рудниками – № 1, 2, 4 и 8.

Месторождения «Стрельцовское», «Антей», «Октябрьское», «Лучистое», «Мартовское», «Мало-Тулукуевское» относятся к уникальным по запасам полезного ископаемого и содержанию металла в руде и характеризуются весьма разнообразными типами рудных залежей и сложными горно-геологическими условиями залегания.

На «Стрельцовском», «Октябрьском» и «Лучистом» месторождениях вмещающие породы верхнего структурного этажа представлены переслаивающейся толщей конгломератов, андезито-базальтов, трахидацитов, базальтов, их туфов и туфолов, которые вне зон тек-

тонических нарушений характеризуются как среднеустойчивые. В зонах нарушений, вблизи контактов литологических разностей пород и на рудоносных участках, в связи с повышенной трещиноватостью и метасоматическими изменениями, породы неустойчивые. В крупных тектонических нарушениях, где мощность зоны дробления достигает 2–5 м породы весьма неустойчивые, склонные к внезапному самообрушению с образованием вывалов. Коэффициент крепости пород по шкале профессора М.М. Протодяконова $f = 8 \div 16$. Вмещающими породами месторождения «Антей» являются граниты фундамента, характеризующиеся как среднеустойчивые вне зон тектонических нарушений и до неустойчивых в зонах нарушений.

Рудные тела месторождений приурочены к тектоническим нарушениям, представляющим собой трещину шириной $0,2 \div 1,8$ м, выполненную брекчией

вмещающих пород. По морфологическим особенностям рудные тела характеризуются наличием в них нескольких разобленных или сложносочлененных мелких залежей, которые и образуют рудную зону.

Устойчивость руд зависит от степени их нарушенности. Наиболее неустойчивые участки приурочены к зонам тектонических швов. Крепость руд $f = 6 \div 14$.

Исходя из сложившихся геологических и горно-технических условий, для добычи запасов месторождений Стрельцовского рудного поля принята система разработки «Горизонтальные слои с твердеющей закладкой» и ее вариант отработки «сверху-вниз».

Система позволяет безопасно для горнорабочих вести очистные работы под искусственной кровлей, созданной путем подачи твердеющей закладочной смеси в отработанные заходки вышележащего слоя и значительно уменьшить радоновыделение. Данной системой отрабатывается до 90% запасов, при этом погашению подлежат и очистные и нарезные выработки блока с коэффициентом погашения равным 0,8.

Закладочные работы выполняются в соответствии с требованиями стандартов предприятия СТО 0106-110-2002 «Нисходящая слоевая система разработки с твердеющей закладкой. Оценка устойчивости искусственной кровли. Выбор вида и параметров крепи. ОАО «ППГХО» и СТО 07621060-081-2014. «Твердеющая закладка. Требования к закладочным материалам. Составы твердеющих закладочных смесей. ОАО «ППГХО».

Для повышения эффективности отработки маломощных урановых рудных тел специалистами «ППГХО», как один из вариантов, была предложена технология неполного погашения твердеющей закладкой выработанного пространства с коэффициентом погашения равным 0,67 при следующих условиях:

- отработка маломощных рудных тел одиночными заходками шириной 3–4 м;
- в блоках, расположенных вне предохранительных зон 1 и 2 категорий;
- при устойчивых и средней устойчивости вмещающих породах;
- при коэффициенте устойчивости искусственного массива в кровле более 1,3.

Применение неполной закладки выработанного пространства запрещается:

- в блоках, расположенных в зонах, угрожаемых или опасных по горным ударам;
- на слоях, где запланирована отработка руд вторичными заходками;
- в очистных выработках, отрабатываемых слоями повышенной высоты.

Высота слоя неполной закладки в закладываемых секциях должна быть менее 2,0 м.

Опытно-промышленные работы выполнены в блоках 4г-611, 4а-629, 5-521, 5-829 и 4е-703 с различными горно-геологическими условиями. Оценка устойчивости искусственной кровли определяется по СТП 0105-110-2002, где исходя из ширины обнажения закладочного массива, принимается нормативная прочность закладки, Мпа. Так при ширине обнажения до 3,5 м прочность закладки должна быть не менее 2,5 Мпа.

С целью выявления возможных динамических процессов (значительное обрушение закладки или вмещающих пород) внутри закладочных массивов и массивов вмещающих пород в непрерывном режиме производился мониторинг геомеханической обстановки промплощадки рудника № 1. Мониторинг производился на основе данных АШСКГД (автоматизированной широкодиапазонной системы контроля давления). Ключевым фактором при анализе данных микросейсмического мониторинга явилось наличие или отсутствие очагов сейсмических собы-

тий в закладочных массивах очистных блоков, где проводились опытно-промышленные работы. Анализ данных наблюдений за сдвижением основан на наличии или отсутствии обрушений искусственной кровли, произошедших по причине снижения коэффициента заполнения выработанного пространства твердеющей закладкой.

Для инструментального контроля сдвижения массива горных пород в подземных горных выработках, находящихся в зоне влияния очистных работ организовано инструментальное наблюдение сдвижения реперов в наблюдательных станциях вентиляционных ортов верхних горизонтов очистных блоков. Метод наблюдения – техническое нивелирование. Периодичность наблюдений – один раз в месяц, до конца эксплуатации экспериментальных блоков.

Опытно-промышленные работы ведутся в течение 3 лет, при этом получены следующие результаты:

- блоки с маломощными рудными телами 4е-703, 5–829, 4а-629 и 5–521 отработаны одиночными заходками и погашены твердеющей закладкой с коэффициентом погашения $k = 0,67$;
- сдвижений земной поверхности, кровли и бортов горных выработок не выявлено;
- закладочный массив в т.ч. и искусственная кровля очистных заходок сдвижениям и вывалам не подвержены;

- имело место незначительное, в пределах первых процентов, увеличение радоновыделения с очистных заходок, сопряжения которых со слоевым ортом незаизолировано на 100%.

Выводы и рекомендации

- продолжить опытно-промышленные работы с заполнением выработанного пространства в объеме 67%;
- окончательные результаты и выводы сделать по очистным блокам полностью отработанным с коэффициентом погашения $k = 0,67$;
- в проектах отработки блоков маломощные рудные тела, расположенные в породах средней устойчивости и выше, обрабатывать с общим коэффициентом погашения $k = 0,67$.

Таким образом, выполняя опытно-промышленные работы по внедрению технологии неполной закладки выработанного пространства удалось снизить коэффициент погашения в очистных заходках с 0,96 до 0,67. Объем укладываемой закладочной смеси в одну очистную заходку $L = 100$ м снижается на 288 м³ при себестоимости 1 м³ закладочной смеси на руднике № 1 равной 1091,59 руб.

За 2014 г. только в блоке 5–521 выработанное пространство составило 30 160 м³, по новой технологии уложено закладки 19 680 м³, недозалив составил 10 800 м³, эффективность – 11,8 млн руб.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СТО 07621060-056-2012 Система разработки «Горизонтальные слои с твердеющей закладкой». – Краснокаменск: ОАО «ППХО», 2012. – 88 с.
2. ТР 07621060-09-2012 «Ведение очистных работ в условиях подземных рудников». – Краснокаменск: ОАО «ППХО», 2012. – 88 с.
3. Дробот Б.П. Послойная разработка рудных месторождений под искусственной кровлей. – М.: Недра, 1978. – 160 с.
4. Дубинин Н.Г., Фесенко В.А. Совершенствование технологии выемки тонких наклонных жил. – Новосибирск, 1974. – 111 с.
5. Ефремов В.С. и др. Подготовка блоков при разработке рудных залежей. – М.: Недра, 1974. – 208 с.
6. Иванов В.Г. и др. Оптимизация разработки сложноструктурных урановых месторождений. – М.: Горная книга, 2007. – 265 с.
7. Попов Г.Н., Лобанов Д.П. Разработка месторождений радиоактивных руд. – М.: Атомиздат, 1970. – 328 с.
8. Чесноков Н.И., Петросов А.А., Шевченко Б.В. Системы разработки месторождений урана с твердеющей закладкой. – М.: Атомиздат, 1975. – 296 с.

9. Шурьгин С.В., Белоусов А.С., Алексеев О.Н. Совершенствование системы разработки маломощных рудных тел в ОАО «ГППХО» // Горный журнал. – 2013. – № 8(2). – 64 с.

10. Шурьгин С.В., Белоусов А.С., Алексеев О.Н. Технология отработки «слепых» руд-

ных тел // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2013. – № 10. – 432 с.

11. Стандарт предприятия СТО 07621060-081-2014 Твердеющая закладка. Требования к закладочным материалам. Составы твердеющих закладочных смесей. – Красноярск: ОАО «ГППХО», 2015. – 77 с. **ИАС**

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Белоусов Анатолий Сергеевич – начальник отдела горного проектирования АО «ВНИПИИПТ» ГК Росатом, e-mail: belousov as@hhgho.ru.

UDC 622.395.5

OPTIMIZATION OF BACKFILLING IN THE URANIUM ORE MINES OF PRIARGUNSKY MINING AND CHEMICAL WORKS

Belousov A.S., Head of Mine Design Department, VNIPIPT, Rosatom State Nuclear Energy Corporation, Moscow, Russia, e-mail: belousov as@hhgho.ru.

The article describes ground and technical conditions of uranium ore mining in the Streltsov ore cluster, based on which the method of the descent horizontal cutting with solidifying backfilling has been preferred.

Aimed at enhancement of mining efficiency in thin ore bodies, it is suggested to use the technology of semi-complete backfilling for blocks with the extraction coefficient $\kappa = 0.67$ under the following conditions: thin ore body development with single cuts; blocks located outside of the safety category 1 and 2 zones; stable and medium-stable enclosing rocks; stability factor in the roof of the man-made massif is more than 1.3.

The pilot project research on feasibility of reduced backfill, as well as the trial of the control and monitoring techniques was performed in chosen rock blocks. Based on the research findings, the economic effect for block 5–521 had made RUB 11,8 million in 2014.

Key words: mineral deposit, radioactive raw material, ore, enclosing rocks, mining method, backfilling, extraction coefficient, stability, rated strength, pilot project.

REFERENCES

1. Sistema razrabotki «Gorizontal'nye sloi s tverdeyushchei zakladkoi». Standart predpriyatiya SТО 07621060-056-2012 (Method of horizontal cutting with solidifying backfilling. Internal standard 07621060-056-2012), Krasnokamensk, ОАО «PPGKhO», 2012, 88 p.

2. Tekhnologicheskii reglament «Vedenie ochistnykh rabot v usloviyakh podzemnykh rudnikov» TR 07621060-09-2012 (Production procedures for stoping. PP 07621060-09-2012), Krasnokamensk, ОАО «PPGKhO», 2012, 88 p.

3. Drobot B.P. *Posloinaya razrabotka rudnykh mestorozhdenii pod iskusstvennoi krovlei* (Slice ore mining under man-made roof), Moscow, Nedra, 1978, 160 p.

4. Dubinin N.G., Fesenko V.A. *Sovershenstvovanie tekhnologii vyemki tonkikh naklonnykh zhil* (Improvement of geotechnology for thin inclined lodes), Novosibirsk, 1974, 111 p.

5. Efremov V.S. *Podgotovka blokov pri razrabotke rudnykh zalezhei* (Block preparation in ore mining), Moscow, Nedra, 1974, 208 p.

6. Ivanov V.G. *Optimizatsiya razrabotki slozhnostrukturnykh uranovykh mestorozhdenii* (Optimization of complex-structure uranium ore deposit mining), Moscow, Gornaya kniga, 2007, 265 p.

7. Popov G.N., Lobanov D.P. *Razrabotka mestorozhdenii radioaktivnykh rud* (Radioactive ore mining), Moscow, Atomizdat, 1970, 328 p.

8. Chesnokov N.I., Petrosov A.A., Shevchenko B.V. *Sistemy razrabotki mestorozhdenii urana s tverdeyushchei zakladkoi* (Methods of cutting with solidifying backfilling for uranium ore bodies), Moscow, Atomizdat, 1975, 296 p.

9. Shurygin S.V., Belousov A.S., Alekseev O.N. *Gornyi zhurnal*. 2013, no 8(2), 64 p.

10. Shurygin S.V., Belousov A.S., Alekseev O.N. *Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten'*. 2013, no 10, 432 p.

11. *Tverdeyushchaya zakladka. Trebovaniya k zakladochnym materialam. Sostavy tverdeyushchikh zakladochnykh smesei. Standart predpriyatiya SТО 07621060-081-2014* (Solidifying backfill. Requirements for backfill materials. Compositions of backfill mixtures. Internal standard 07621060-081-2014), Krasnokamensk, ОАО «PPGKhO», 2015, 77 p.