

УДК 622.349.5

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОТРАБОТКИ УРАНОВЫХ РУДНЫХ ТЕЛ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СТРЕЛЬЦОВСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ



**А. С. БЕЛОУСОВ,**  
начальник отдела горного  
проектирования управления  
обеспечения горных работ ЦНИЛ,  
BelousovAS@ppgho.ru



**И. А. КИСЕЛЕВ,**  
заместитель  
генерального  
директора – главный  
инженер



**О. Н. АЛЕКСЕЕВ,**  
директор  
ООО «Ремонтно-  
механический  
завод»

ПАО «ППГХО», Краснокаменск, Россия

### Введение

Стрельцовское рудное поле расположено на юго-востоке Забайкальского края, в 16 км от г. Краснокаменска. В геологическом отношении рудное поле представляет собой крупную вулканотектоническую структуру – кальдеру проседания площадью 140 км<sup>2</sup> и включает 19 урановых месторождений. На Стрельцовском и Мало-Тулукуевском месторождениях вмещающие породы представлены фельзитами и переслаивающейся толщей конгломератов, андезитобазальтов, трахидацитов и их туфов, которые вне зон тектонических нарушений характеризуются как среднеустойчивые. В зонах нарушений, на рудоносных участках породы неустойчивые и весьма неустойчивые. На месторождении Антей вмещающими породами являются граниты – устойчивые и средней устойчивости. Оруденение локализуется в крутопадающих разломах, трещинах, тектонических нарушениях, руды в которых сложноструктурные, в основном неустойчивые, и лишь рудные маломощные тела, расположенные по мелким трещинам, характеризуются как средней устойчивости. Эксплуатацию месторождений Стрельцовское, Антей, Мало-Тулукуевское осуществляет «Приаргунское производственное горно-химическое объединение» (ПАО «ППГХО»). Исходя из сложившихся горно-геологических условий, до 80 % запасов месторождений Стрельцовского рудного поля отрабатывают с использованием системы разработки горизонтальными слоями с закладкой твердеющими смесями (вариант отработки сверху вниз, характеризуется большим объемом подготовительных, нарезных и закладочных работ, что оказывает существенное влияние на себестоимость добычи урана). Данная система при всех ее недостатках позволяет создать надежную искусственную кровлю и обезопасить

*Рассмотрены варианты эффективной подготовки и отработки урановых рудных тел Стрельцовского месторождения с применением системы разработки горизонтальными слоями с твердеющей закладкой. Предложено вдвое уменьшить объемы подготовительно-нарезных работ за счет проходки выработок с оставлением в кровле одного слоя и выемки его при отработке нижнего слоя.*

**Ключевые слова:** урановое рудное тело, система разработки, горизонтальные слои, подготовительные работы, очистные работы, вентиляция, закладочные работы.

**DOI:** 10.17580/gzh.2018.07.04

рабочее место горнорабочего очистного забоя (ГРОЗ). Производительность труда ГРОЗ достигла 8–9 м<sup>3</sup>/чел.-смену). Уменьшение содержания полезного ископаемого в руде привело к росту затрат на добычу и переработку, при этом мировые цены на продажу урана существенно снизились. Данная тенденция обусловила пересмотр кондиций отрабатываемых месторождений в сторону повышения минимального бортового содержания полезного ископаемого [1, 2].

### Технология комплексной двухслойной выемки маломощных крутопадающих урановых рудных тел

Увеличение производительности труда, повышение эффективности отработки месторождений Стрельцовского рудного поля за счет разработки и внедрения новых технологий подготовки и выемки урановых рудных тел позволили на первом этапе эффективно применить на всех рудниках ПАО «ППГХО» комплексную двухслойную выемку маломощных (до 3 м) крутопадающих средней устойчивости урановых рудных тел, расположенных во вмещающих породах средней устойчивости (рис. 1).

На сегодняшний день из-за уменьшения выемочной мощности рудных тел до 2–2,5 м технология предполагает отработку слоев повышенной высоты. Технологическим регламентом предприятия и рядом нормативных документов [3–5] определены как условия применения данной технологии, так и способы выполнения процессов добычи урана по ней. Сущность технологии заключается в отработке запасов двух слоев высотой 3 м каждый с одного слоевого орта. Для этого в очистном блоке, расположенном между вентиляционными и откаточным горизонтами (высота этажа 60 м), поочередно проходят слоевые орты по вертикали через каждые 6 м, начиная с верхнего горизонта (орта). По уровню – 6 м проходят очистную заходку по руде высотой 3 м,

затем в этой очистной заходке селективно вынимают руду, расположенную в ее кровле, двумя лентами высотой по 1,5 м каждая. Далее очистное пространство погашают твердеющей закладочной смесью и выполняют врезку очередного слоевого орта, расположенного на 6 м ниже, и повторяют очистные и закладочные работы на слое блока [6–11].

Представленная технология подготовки и отработки маломощных урановых рудных тел внедрена на рудниках ПАО «ППГХО» с 2003 г., когда при ведении подготовительных, нарезных и очистных работ использовали бункерно-ковшовую погрузочно-доставочную машину МПДН-1 (габаритные размеры: длина – 3105; ширина – 1890; высота – 2250 мм) [12].

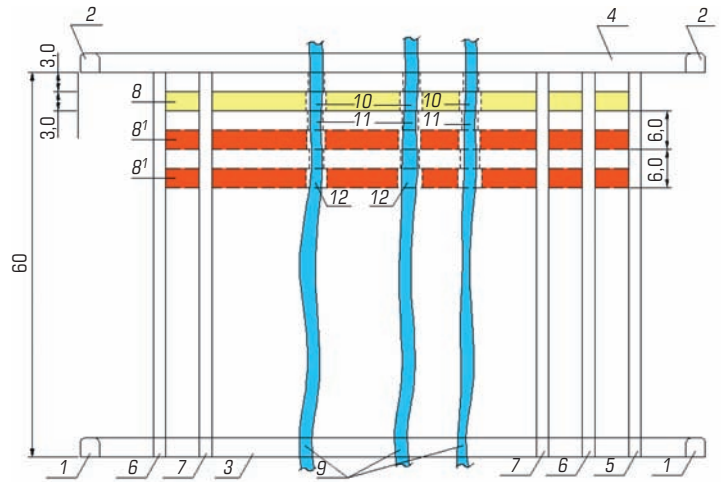
Врезку нового слоя в блоке осуществляли с пары рудоспуск-восстающий путем опускания расчлененной на две части ПДМ МПДН-1 по заполненному рудой (породой) рудоспуску с помощью выпуска руды через люк, оборудованный шахтным вибропитателем ВПР или ПВГ. Буровое оборудование, применяемое в этих условиях, – переносные перфораторы ПП-54В с распорными колонками ЛКР-1.

Начиная с 2007 г. на рудники ПАО «ППГХО» стали поступать новые погрузочно-доставочные машины как отечественного – ПД-23 (6200×1500×1950), так и зарубежного: Того 151 (LN-203) (6970×1480×1840); Microscoop 100E (D) – (LN-201) (5030×1050×2320); L-130 Aramine (5269×1040×2000); МПДЭ (5800×1290×1956) и др. производства, конструкция которых не предусматривает расчленение ПДМ на несколько частей в режиме постоянного ее транспортирования на вновь врезаемые нижележащие слои очистного блока. Аналогичная ситуация наблюдается и с самоходными буровыми установками УБШ-221, УБШ-207, УБШ-101, Minibur 1F/E, конструкция и параметры которых также не позволяют опускать машины через рудоспуск.

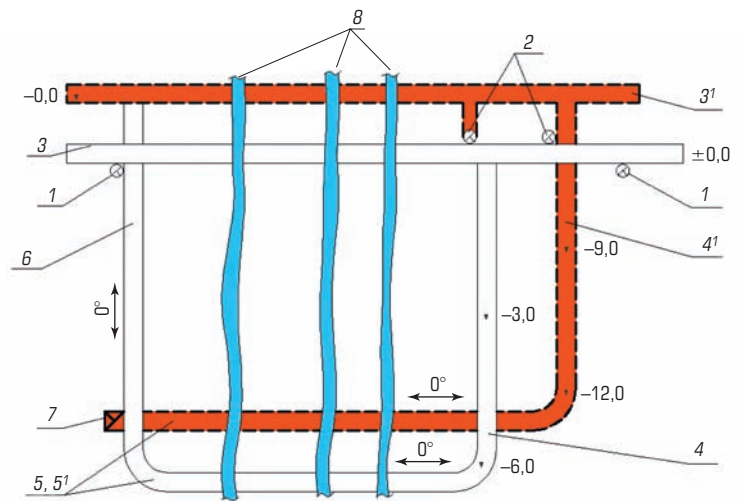
**Технология слоевой выемки с врезкой нижележащего слоя локальными уклонами**

Специалисты ПАО «ППГХО» предложили и внедрили способ врезки нижележащего слоя с помощью локального уклона, проходимого новыми ПДМ и буровыми установками под углом 10–12°. При этом с одного слоевого орта в отработку вовлекались запасы трех слоев, расположенных в маломощных крутопадающих урановых рудных телах (рис. 2, 3) или совместно залегающих маломощных рудных тел и рудного тела средней мощности, или мощного рудного тела (см. рис. 2).

Способ врезки нижележащих слоев локальными уклонами (локальными они названы потому, что отнесены к нарезным выработкам, и срок их эксплуатации соответствует сроку эксплуатации слоевого орта) распространили и на отработку очистных блоков, где выемку запасов осуществляют слоями повышенной высоты. Новый способ врезки позволил эффективно обрабатывать маломощные рудные тела, используя систему разработки горизонтальными слоями с твердеющей закладкой как при неустойчивых, так и при средней устойчивости рудных тел и вмещающих породах.

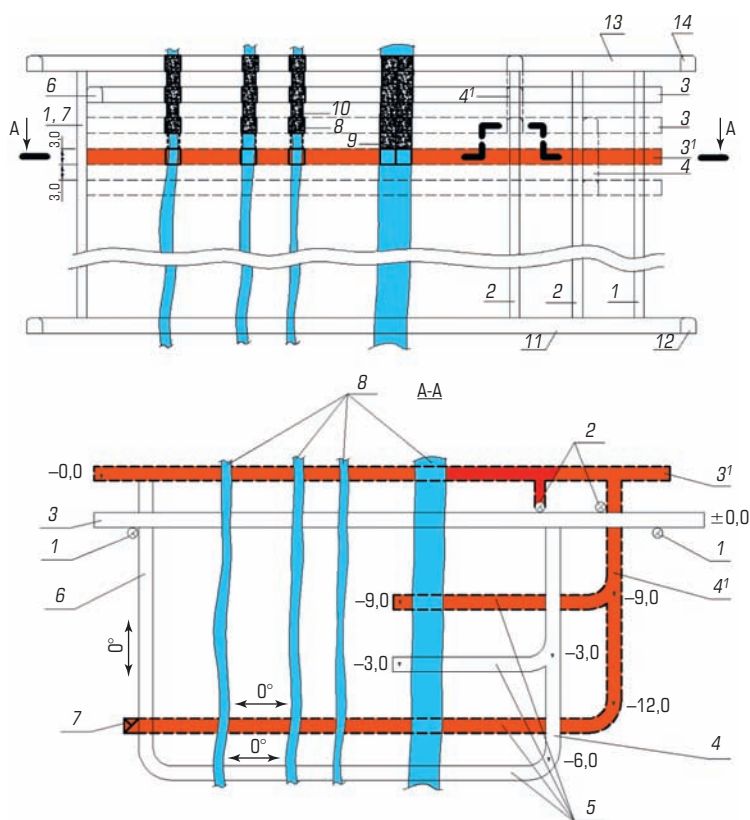


**Рис. 1. Схема подготовительных и нарезных работ при комплексной двухслойной выемке маломощных рудных тел с врезкой нижележащих слоев через рудоспуск:**  
 1 – откаточный штрек; 2 – вентиляционный штрек; 3 – откаточный орт; 4 – вентиляционный орт; 5 – материальный восстающий; 6 – вентиляционно-ходовой восстающий; 7 – рудоспуск; 8 – рабочий слоевой орт; 8' – проектный слоевой орт; 9 – рудные тела; 10 – очистная заходка нижнего слоя; 11 – выемка рудного тела верхнего слоя; 12 – проектная очистная заходка нижнего слоя



**Рис. 2. Схема подготовительно-нарезных работ с врезкой нижележащего слоя локальными уклонами и отработкой слоями повышенной высоты:**  
 1 – восстающий; 2 – рудоспуск; 3 – слоевой орт; 3' – слоевой орт нижележащего слоя; 4, 4' – локальные уклоны; 5, 5' – разрезные орты; 6 – вентиляционный штрек; 7 – вентиляционно-ходовой восстающий; 8 – рудные тела

Локальный уклон и современная погрузочно-доставочная и буровая техника позволили создать новые технологии подготовки и отработки горизонтальными слоями с твердеющей закладкой. В очистном блоке высотой 60 м отработку запасов осуществ-



**Рис. 3. Схема подготовительных и нарезных работ с врезкой нижележащего слоя локальными уклонами, с отработкой маломощных рудных тел слоями повышенной высоты и выемкой запасов трех слоев с одного слоевого орта из рудных тел средней мощности:**

1 – восстающий; 2 – рудоспуск; 3 – слоевой орт; 3' – слоевой орт нижележащего слоя; 4, 4' – локальные уклоны; 5 – разрезной орт; 6 – вентиляционный штрек; 7 – вентиляционно-ходовой восстающий; 8 – рудные тела; 9 – отработанная очистная заходка; 10 – очистная заходка, отработанная селективно; 11 – откаточный орт; 12 – откаточный штрек; 13 – вентиляционный орт; 14 – вентиляционный штрек

влют с 7–10-слоевых ортов, при этом сами слоевые орты закладке не подлежат. Классическая же схема отработки предполагает 20 слоевых ортов, погашаемых твердеющей закладочной смесью.

Использование капитального уклона, отнесенного к горно-подготовительным выработкам как выработки для врезки новых слоев, обуславливает лишь повышение себестоимости полезного ископаемого вследствие затрат на проходку и поддержание уклона в течение времени отработки запасов блока, а это 5–10 лет. При этом срок подготовки блока увеличивается до полугода [13, 14].

### Заключение

Экономический эффект от внедрения технологии достигает 60 млн руб. при полной отработке блока. Реализация технологии с отработкой слоев повышенной высоты, вскрытием нижележащих слоев с помощью локальных уклонов и отработкой запасов трех слоев с одного слоевого орта позволила значительно снизить объемы закладочных операций – до 10000 тыс. м<sup>3</sup> на очистной блок. Объемы нарезных работ снижаются на 700 м. Следствием этого явилось значительное повышение эффективности отработки маломощных урановых рудных тел по системе разработки горизонтальными слоями с закладкой, позволяющей добывать уран как из устойчивых, так и неустойчивых рудных тел, используя твердеющую закладочную смесь для создания искусственной кровли в очистных выработках.

### Библиографический список

См. англ. блок. [dx](#)

«GORNYI ZHURNAL», 2018, № 7, pp. 28–31  
DOI: 10.17580/gzh.2018.07.04

#### Improvement of mining efficiency in the Strel'tsovskoe uranium ore field

##### Information about authors

**A. S. Belousov**<sup>1</sup>, Head of Mine Planning, Control and Support Department of the Central Research Laboratory, BelousovAS@ppgho.ru

**I. A. Kiselev**<sup>1</sup>, Deputy Chief Executive Officer – Chief Engineer

**O. N. Alekseev**<sup>2</sup>, Director

<sup>1</sup> Priargunsky Mining and Chemical Works, Krasnokamensk, Russia

<sup>2</sup> Repair-and-Engineering Works, Krasnokamensk, Russia

##### Abstract

The article gives a brief geographical and geological characteristic of the Strel'tsovskoe ore field where Priargunsky Mining and Chemical Works extracts uranium from mostly thin and medium-thick ore bodies. The mining system is stoping in horizontal layers with cemented backfill.

The authors describe two new technologies of preparing and developing thin and medium-thick ore

bodies using local declines and extracting uranium ore by increased height layers within a single process. The cost of mining and haulage is reduced due to decreased volumes of face-entry drivage, backfilling and selective breakage.

In stoping, Priargunsky MCW uses load-haul-dumpers PD-2E manufactured by the Repair-and-Engineering Works of Priargunsky MCW, L130 Aramine, MPDE and other.

Intending to improve mining technology and efficiency in complex-structure uranium ore bodies, Priargunsky MCW successfully develops production in modern economic environment. Economic efficiency of new technologies reaches 60 MRub at complete extraction of ore blocks. The technology with the increased height layers, local access declines to lower-lying layers and development of three layers from a single cross-cut has allowed considerable reduction in the volume of backfilling – to 10000 thou m<sup>3</sup> per a stoping block. The volume of face-entry drivage is decreased by 700 m. As a result, efficiency of mining in thin uranium ore bodies using the system of stoping in horizontal layers with cemented backfill has been essentially improved, which enables development of both stable and unstable ore bodies by means of making an artificial backfill roof in stopes.

**Keywords:** uranium ore body, mining system, horizontal layers, preparatory work, stoping, ventilation, backfilling.

## References

- Lu Liming. Iron Ore: Mineralogy, Processing and Environmental Sustainability. Cambridge : Woodhead Publishing, 2015. 641 p.
- Pishbin M., Fathianpour N., Mokhtari A. R. Uniaxial Compressive Strength spatial estimation using different interpolation techniques. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*. 2016. Vol. 89. pp. 136–150.
- Local Standard STO 07621060-056-2012. Mining System: Stopping in Horizontal Layers with Cemented Backfill. Krasnokamensk : PPGKHO, 2012. 89 p.
- Production Procedures TR 07621060-09-2012. Stopping. Krasnokamensk : PPGKHO, 2012. 88 p.
- Local Standard STP 187-89. Classification of Rocks of C Ore Bodies in Underground Mining in Rockburst-Nonhazardous Sites. Krasnokamensk : PPGKHO, 1989. 8 p.
- Dadiev M. N. Mining of joint vertical vein- and sheet-like uranium ore bodies using high-duty self-propelling load-haul-dumpers. *Vestnik Zabaikalskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2014. No. 10(113). pp. 27–33.
- Ivanov V. G., Kultyshev V. I., Kolesaev V. B., Litvinenko V. G., Sheludchenko V. G., Tirskey A. V. Optimization of Complex-Structure Uranium Deposit Mining. Moscow : Gornaya Kniga, 2007. 265 p.
- Efremov V. S., Nesterenko V. V., Myzhin S. D., Lysenko Yu. I. Block Preparation in Ore Body Mining. Moscow : Nedra, 1974. 208 p.
- Shurygin S. V., Belousov A. S., Alekseev O. N. Improvement of mining system for thin ore bodies at Priargunsky Mining and Chemical Works. *Gornyi Zhurnal*. 2013. No. 8-2. pp. 19–20.
- Azadi M. R., Taghichian A., Taheri A. Optimization of cement-based grouts using chemical additives. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*. 2017. Vol. 9, Iss. 4. pp. 623–637.
- Zhang Z.-X. Rock Fracture and Blasting: Theory and Applications. Oxford : Butterworth-Heinemann, 2016. 528 p.
- Solomennikov V. A., Cheskidov V. I. Selection of Load-haul-dump machines for hard mineral mining in difficult mining and geological conditions. *Journal of Mining Science*. 2015. Vol. 51, No. 6. pp. 1213–1219.
- Guseva A. I., Koptelov M. V., Svyatov A. S. Enhancing sustainability of investment projects in atomic engineering. *Tsvetnye metally*. 2015. No. 2. pp. 8–13.
- Andreeva A. A., Mansurov S. Yu., Miklushevskii D. V., Mansurov Yu. N. Model of innovative process for large industrial undertakings. *Tsvetnye metally*. 2015. No. 3. pp. 74–77. DOI: 10.17580/tsm.2015.03.15

УДК 622.83:622.349.5

## ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ БЕЗОПАСНОЙ И ЭФФЕКТИВНОЙ ОТРАБОТКИ УРАНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПРИАРГУНСКОГО ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ГОРНО-ХИМИЧЕСКОГО ОБЪЕДИНЕНИЯ\*



**Е. Н. КАМНЕВ**,  
ученый секретарь,  
проф., д-р геол.-  
минерал. наук



**А. М. ИОФБЕ**,  
начальник  
лаборатории,  
канд. техн. наук



**Д. В. ВЕЛИЧКО**,  
ведущий  
инженер,  
Velichko.D.V@vnipt.ru

АО «ВНИПИПромтехнологии», Москва, Россия



**Д. В. ТЮРИН**,  
главный маркшейдер  
ПАО «ППГХО», Краснокамск, Россия

### Введение

Проектом 2008 г. для отработки Аргунского и Жерлового месторождений предусматривались следующие системы разработки (при их долевым участии, %):

1. Слоевая система разработки (слабонаклонные слои) с ведением очистных работ в направлении сверху вниз в двух вариантах: при нормальной высоте слоя (72,4 %); при повышенной высоте слоя (0,9 %).

По результатам многовариантного геомеханического моделирования определены параметры очистных блоков при отработке запасов по камерным и слоевым системам.

**Ключевые слова:** устойчивость горных выработок, очистной блок, критерий Хука – Брауна, численное моделирование, закладка твердеющими смесями, недозакладка.

**DOI:** 10.17580/gzh.2018.07.05

2. Система разработки с отбойкой руды из подэтажных выработок в двух вариантах: камерная с магазинированием взорванной руды (подэтажное магазинирование, 25,2 %); щелевая с отбойкой руды на открытую камеру-щель (подэтажные штреки – 1,5 %).

Горно-геологические условия и параметры залегания рудных тел на рудниках ПАО «ППГХО» предопределили применение в качестве основной системы горизонтальных слоев с закладкой выработанного пространства твердеющими смесями как в наибольшей степени обеспечивающей безопасность очистной выемки. Технология и условия применения системы разработки определены Стандартами предприятия и Технологическими регламентами. При выемке запасов руды с закладкой (с заполнением выработанного пространства на 80–85 %) развитие процессов сдвижения и деформаций не выходит из стадии устойчивого состояния вмещающих пород и земной поверхности. Фактическая средневзвешенная степень заполнения выработанного пространства твердеющей смесью при таких нормативах составляет 81 %.

\* В работе принимал участие начальник научно-технического отдела «АО «ВНИПИПромтехнологии» канд. техн. наук А. В. Селезнёв.