УДК 622.016(571.56)

Л.В. Петрова, А.И. Сивцева, А.М. Алексеев, А.Н. Петров

ВЫБОР СИСТЕМЫ РАЗРАБОТКИ В УСЛОВИЯХ РОССЫПНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ «ОБРЫВ-РАЗВАЛИСТЫЙ-ПРОМЕЖУТОЧНЫЙ»

В условиях россыпного месторождения «Обрыв-Развалистый-Промежуточный» выбор системы разработки при проектировании осуществлен на основании анализа и обобщения опыта подземной разработки многолетнемерзлых россыпных месторождений Северо-Востока РФ. Рассмотрены три варианта систем разработки: сплошная; столбовая; камерно-лавная. Для каждого варианта отмечены недостатки и достоинства, после чего принят наиболее оптимальный вариант — камерно-лавная система разработки. Определены оптимальные параметры системы разработки, такие как ширина камеры, ширина ленточного целика, длина камеры, минимальная выемочная мощность при ведении очистных работ. Приведено описание технологии отработки россыпи при ширине блока не более 10 м, при ширине блока до 30 м, при ширине блока более 60 м с определением ширины междукамерного целика. С учетом горно-геологических условий месторождения для проходки выработок принят буровзрывной способ, доставка горной массы предусматривается скреперными лебедками ЛС-55-2СМА ящичными скреперами. Выполнен расчет системы показателей эффективности деятельности предприятия, таких как текущая стоимость денег, внутренняя норма прибыли, индекс доходности капитальных вложений. По результатам расчета получены положительные показатели, можно сделать вывод о рентабельности и эффективности технических решений, возврат учтенных инвестиций гарантирован, что говорит в целом о целесообразности выбора системы разработки.

Ключевые слова: россыпные месторождения криолитозоны, подземная разработка, камерно-лавная система разработки, междукамерный целик, буровзрывные работы, очистная камера, лава.

DOI: 10.25018/0236-1493-2017-11-0-34-42

Основные отличия разработки россыпных месторождений от эксплуатации пластовых и рудных месторождений обусловлены, прежде всего, горно-геологическими особенностями самих россыпей, горнотехническими особенностями и социально-экономическими факторами, климатическими условиями региона [6—8, 10—12].

Месторождение «Обрыв-Развалистый-Промежуточный» расположено в Оймяконском районе РС (Я) и относится к россыпным месторождениям золота. Породы кровли и пласта представлены многолетнемерзлыми аллювиальными отложениями и сложены разнообразными комплексами перемежающихся слоев крупнообломочных дисперсных пород с включениями гальки, гравия и щебня. Льдистость 12—25%. Температура пород минус 3—6 °С. Крепость мерзлых пород по шкале Протодьяконова 6—7, коэффи-

ISSN 0236-1493. Горный информационно-аналитический бюллетень. 2017. № 11. С. 34–42.
© Л.В. Петрова, А.И. Сивцева, А.М. Алексеев, А.Н. Петров. 2017.

циент разрыхления $K_р$ = 1,6—1,7. Объемный вес пород и песков принят для расчетов γ = 2500 кг/м^3.

Запасы месторождения залегают на 13 изолированных участках. Размеры в плане, глубина залегания и запасы участков сильно различаются, в меньшей степени это касается мощности пластов.

Основным фактором, определяющим выбор подземного способа разработки, является глубина залегания пластов. Глубина залегания различных участков колеблется от 20 до 110 м. Большая часть участков имеет вытянутую форму при ширине 10—40 м, в редких случаях 50—60 м. Длина отдельных участков достигает 200—300 м.

Мощность песков составляет в среднем около 1,5 м и практически не превышает 3 м, что так же благоприятно для подземного способа разработки, позволяющего вести добычу с минимальным прихватом пустых пород и обеспечивающим максимальное качество подаваемых на промывку запасов.

Для климата района характерна большая продолжительность холодного периода, составляющая около 230 дней со среднесуточной температурой воздуха ниже нуля. Температуры воздуха в зимние месяцы понижаются до 55—65 °С.

Подземный способ разработки многолетнемерзлых россыпей позволяет вести горные работы в холодный период года, составляющий около 8 месяцев. Низкие температуры воздуха позволяют вести горные работы без нарушения мерзлого состояния песков и вмещающих пород, что обеспечивает сохранение их естественной устойчивости и минимальные расходы на крепление при проведении выработок.

На основании изучения геологической характеристики пород кровли и по «Классификации многолетнемерзлых обломочных пород по устойчивости», предварительно породы кровли относятся ко II классу — устойчивые [1].

Выбор системы разработки при проектировании осуществлен на основании анализа и обобщения опыта подземной разработки многолетнемерзлых россыпных месторождений Северо-Востока РФ. Рассмотрены три возможных варианта систем разработки как наиболее подходящие для рассматриваемых условий:

1 вариант — сплошная система разработки

Сплошная система разработки находит ограниченное применение при отработке узких и сложной конфигурации россыпных месторождении, а также в ряде случаев при доработке ранее отработанных шахт. Подготовка шахтного поля к очистной выемке, производится проведением основного транспортного штрека в центре или по контуру россыпи и вентиляционными шурфами. Направление продвигания забоя возможно смежными, встречными лавами. Чаще выемка производится без оставления регулярных целиков, но при недостаточно устойчивой кровле или слишком больших площадях обнажения оставляются нерегулярные целики.

Очистная выемка начинается непосредственно из рассечек и ведется в направлении от границ поля к стволу. Отбитые в лаве пески доставляются скрепером на штрек, по которому скреперной лебедкой транспортируются к стволу. Проветривание выработок производится с выводом воздушной струи на поверхность через вентиляционные шурфы. Доля подготовительных и нарезных работ при этой системе составляет 6—12%. Процент оставления целиков при данной системе разработки составляет незначительный и составляет 3—4,5% производительность шахт, отрабатываемых сплошной системой разработки, 100—170 м^3/сут.

Основным достоинством сплошной системы разработки является небольшой срок подготовки шахтного поля.

Недостатками являются большие затраты на нарезку предохранительных околоштрековых целиков, сложность ведения буровзрывных работ и доставки песков у целиков, недостаточная эффективность проветривания призабойного пространства, большой расход крепежного леса на крепление в выработанном пространстве транспортного штрека и вентиляционных ходков, дополнительные затраты на ремонт и содержание оставшихся выработок, ненадежность запасных выходов, большой разброс песков, снижающий производительность скреперных установок и увеличивающий эксплуатационные потери полезного ископаемого.

Таким образом, сплошная система разработки несмотря на меньший объем ГПР и нарезных работ, незначительные потери в целиках, не обеспечивает безопасную и безаварийную работу в очистных и подготовительных выработках. Также, нужно учитывать недостаточную эффективность проветривания призабойного пространства, большой расход крепежного леса на крепление в выработанном пространстве транспортного штрека и вентиляционных ходков.

2 вариант — столбовая система разработки

Столбовая система разработки является более совершенной и безопасной по сравнению со сплошной системой разработки. месторождений. Условия применения этой системы разработки мощность пласта не более 3 м, ширина россыпи до 50 м или более. Подготовка шахтного поля к очистной выемке, производится проведением предварительным оконтуриванием шахтного поля транспортным и вентиляционными штреками. Очистная выемка принята от границ шахтного поля к стволу. Но несмотря на несколько большой объем подготовительных и нарезных работ, эта система имеет ряд преимуществ.

К достоинствам прежде всего следует отнести: уточнение контуров россыпи в процессе проходки выработок и возможность значительного повышения производительности доставочных средств за счет постоянной длины лав и отсутствия околоштрековых целиков, отсутствие затрат на поддержание в выработанном пространстве запасных выходов и вентиляционных выработок, существенное улучшение условий проветривания очистных выработок и безопасного выхода рабочих из лав, управления горным давлением [2—5, 13—16].

Объем подготовительных и нарезных работ составляет 10—14%, потери песков в целиках не превышают 5,5—7%. Производительность шахт составляет 150—300 м^3/сут.

Несмотря на ряд достоинств, применение столбовой системы разработки в условиях месторождения «Обрыв-Развалистый-Промежуточный» является затруднительным, т.к. участки месторождения в плане являются не выдержанными, т.е. выемочные столбы не будут иметь постоянную ширину, что является основным требованием этой системы. К тому же размеры выделенных геологических блоков в основном небольшие, как по простиранию, так и вкрест простирания, а значительная часть блоков имеет ширину менее 20—30 м, что недостаточно для применения столбовой системы.

3 вариант — камерно-лавная система разработки

Камерно-лавная система разработки отличается от сплошной меньшим размером площади обнажения, разработка также ведется лавами. Эта система сочетает основные элементы камерной

системы (по природно-производственным факторам) и сплошной (по технологическим факторам) [9].

Камера-лава — очистная выработка, ограниченная междукамерными целиками, откаточным штреком и массивом горных пород, которая отрабатывается длинным забоем. Одна сторона целика камеры-лавы оконтуривается предварительно проводимым штреком — рассечкой, вторая сторона целика образуется забоем камеры-лавы при достижении установленной величины пролета. В основу этой системы положено использование временной естественной устойчивости кровли и целиков. Управление кровлей осуществляется междукамерными целиками, для поддержания заколов используются костры и стойки как вспомогательное средство управления кровлей.

Основные достоинства этой системы — высокая производительность, широкие возможности механизации трудоемких процессов добычи, резкое снижение расхода крепежного материала и трудоемкости управления кровлей, сочетание достоинств длинного и узкого забоев.

Объем подготовительных и нарезных работ составляет 15—25 %, а потери в целиках не превышают 10—15%. Производительность шахт 250—500 м^3/сут.

Опыт подземной разработки многолетнемерзлый россыпей показал, что камерно-лавная система, разработки получила доминирующее применение на россыпных шахтах Северо-Востока РФ (Магаданская область, россыпи Оймяконья, Кулара, Аллах-Юня).

Основными причинами этого являются техническая простота системы, достаточно высокая производительность, простота и эффективность управления кровлей, хорошее проветривание очистных забоев и, как следствие безопасность горных работ, небольшой расход крепежного леса, высокая достоверность уточнения контуров россыпи в процессе проходки рассечек камер-лав.

Учитывая вышеизложенное, для условий рассматриваемого месторождения принята камерно-лавная система разработки (рисунок).

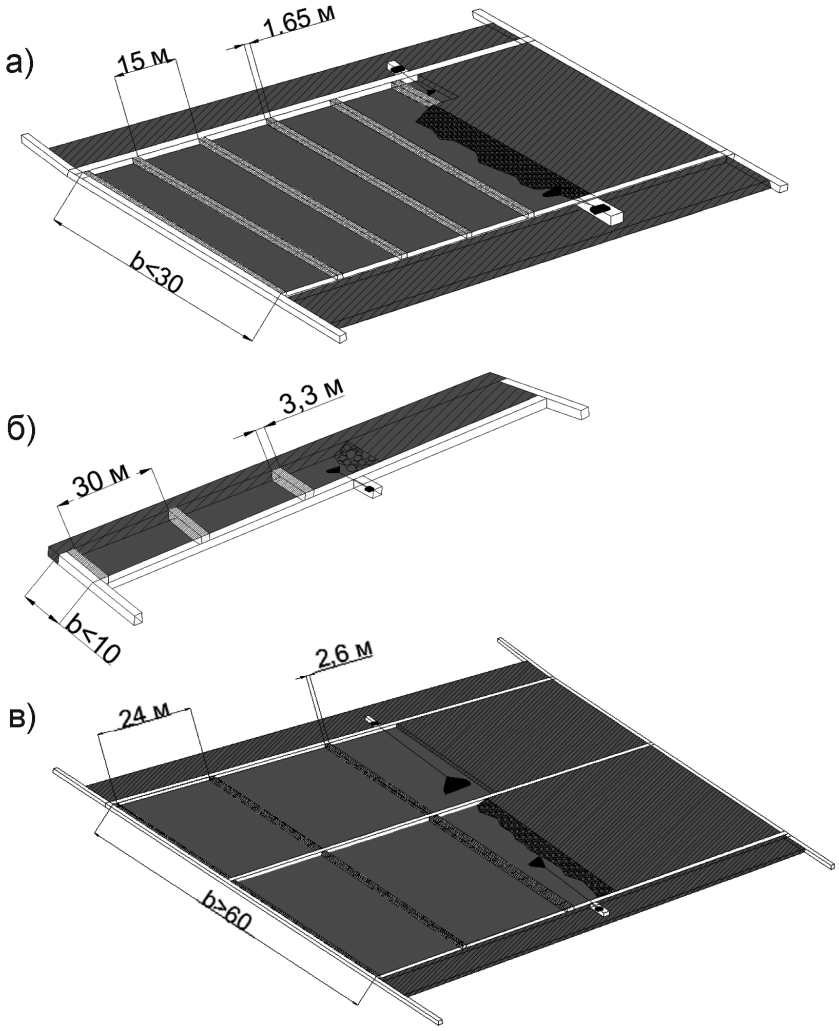
Отработка запасов ведется камерами, располагаемыми в основном вкрест простирания россыпей. Управление кровлей при применении данной системы предусматривается за счет оставления жестких межкамерных ленточных целиков. Направление работ в камере, как правило, по простиранию россыпи.

Подготовка участка будет заключаться в проведении вентиляционного и транспортного штреков на границах участка по простиранию россыпи и сбоек между ними на флангах шахтного поля.

Максимальная длина камеры будет принята равной 50 м (рисунок, *а*). Большая часть участков россыпей будет отра-

Расчетные параметры междукамерных целиков при камерно-лавной системе разработки

Глубина разработки, м	Класс устойчивости пород кровли	Ширина МКЦ, м		
		Ширина камеры, м		
		30	20	10
30	I	2,4	1,5	1,0
	II	2,9	2,0	1,0
60	I	2,6	1,7	1,0
	II	3,1	2,2	1,1



Камерно-лавная система разработки: при ширине блока до 30 м (а); при ширине блока не более 10 м (б); при ширине блока более 60 м (в)

батываться более короткими камерами. Участки россыпи шириной менее 23 м отрабатываются тупиковыми заходками длиной 10 м и шириной 10 м, проводимыми с обеих или с одной стороны штрека (рисунок, *б*). При отработке участков шириной более 50 м участок разбивается на две панели проведением панельного штрека. Отработка панелей ведется параллельно, с максимальным отставанием забоев не более 6 м (рисунок, *в*). Расчетные параметры междукамерных целиков при камерно-лавной системе разработки приведены в таблице.

Очистные работы начинаются после проведения рассечки на всю длину камеры. Отбойка песков производится с применением БВР. Доставка песков до скреперного штрека при помощи скреперной лебедки ЗОЛС и ящичного скрепера емкостью 0,6 м^3.

Крепление очистных камер в соответствие с инструкцией [1] заключается в установке сигнальной крепи — одна

стойка через каждые 10 м и временной призабойной крепи в виде отдельных стоек или кустов, параметры которой уточняются в процессе эксплуатации.

На сопряжениях очистных и подготовительных выработок устанавливаются кусты крепи из 2—3 стоек. Проветривание очистных камер осуществляется за счет общешахтной депрессии.

Основными параметрами системы разработки являются:

- ширина камеры;
- ширина ленточного целика;
- длина камеры;
- минимальная выемочная мощность при ведении очистных работ.

Длина камеры определяется следующими факторами:

- шириной отрабатываемого участка россыпи;
- рациональной длиной доставки песков для выбранного оборудования;
- допустимым сроком погашения камерного запаса песков, который не должен превышать 20 суток;
- допустимой площадью обнажения кровли в рабочей камере

Для условий рассматриваемого месторождения максимальная длина камеры принята равной 50 м. Большая часть участков россыпей будет отрабатываться более короткими камерами.

Подготовка участка будет заключаться в проведении вентиляционного и транспортного штреков на границах участка по простиранию россыпи и сбоек между ними на флангах шахтного поля.

Участки россыпи шириной менее 23 м отрабатываются тупиковыми заходками длиной 10 м и шириной 10 м, проводимыми с обеих или с одной стороны штрека.

Учитывая горно-геологические условия для проходки выработок, принят буровзрывной способ. Для бурения шпуров диаметром 40 мм применяется ручной перфоратор ПП63В2 с пневмоподдержкой П-1. В качестве основного вида ВВ будет применяться патронированный аммонит № 6ЖВ диаметром 32 мм. Бурение шпуров при проходке стволов производится ручными перфораторами на пневмоподдержках ПП-63СВП. Инициирование заряда электрическое. Доставка породы на поверхность при проходке стволов предусматривается ящичными скреперами, скреперными лебедками 110ЛС2СМА с ящичным скрепером СЯ-1,0, емкостью 1,0 м^3 и конвейерами КЛ-800 (2Л80У) с шириной ленты 800 мм. Доставку песков по скреперным штрекам предусматривается производить посредством ящичных скреперов (емкостью 0,6—0,8 м^3) и скреперных лебедок 55ЛС-2СМ с ящичным скрепером типа СЯ емкостью 0,8—1,0 м^3. Доставка отбитых песков на штрек скреперования осуществляется скреперной лебедкой 30ЛС-2С с ящичным скрепером СЯ-0,6.

Режим работы шахты — сезонный, в осенне-зимний период, вахтовый метод, непрерывная рабочая неделя — в две смены по 10,5 ч. В смену продолжительностью 10,5 ч выполняется 2 цикла, т.е. отрабатывается лава по всей длине — 30 м. Подвигание забоя за цикл составляет 1,7 м., т.е. скорость подвигания забоя в сутки составляет 3,4 м. Объем добываемой горной массы в сутки из одной камеры-лавы составит 183,6 м^3. Расчетная месячная производительность забоя составит 5508 м^3.

Заключение

Исходя из расчета экономических показателей, можно сделать вывод о рентабельности проекта: $NPV > 0$ и IRR составляет 124%, т.е. легко реализуемый, возврат учтенных инвестиций гарантирован, так как индекс доходности капитальных вложений $PI = 148\%$ (при ставке дисконтирования $E = 12\%$), что говорит в целом о целесообразности выбора системы разработки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Инструкция* по разработке многолетнемерзлых россыпей подземным способом (камерные и столбовые системы разработки) РД 06-326-99, режим доступа: свободный. URL: http://lawru.info/dok/1999/11/18/n401876.htm

2. *Kirzhner F., Sherstov V., Ilkovskii K., Gurov S., Mordvov M., Sytnik Y.* Underground mining of a frozen placer deposit in the Arctic // Gluckauf: Die Fachzeitschrift fur Rohstoff, Bergbau und Energie. Verlag Glueckauf GmbH. 2001, No 6, vol. 137.

3. *Milyuta B. I., Kuznetsov V., Sherstov V. A.* Placer Deposits of Yakutia: Technical Improvements and Mechanazation . Presentation at 13th Annual Alaskan Conference on Placer Mining, Fairbanks, Alaska, March 4—7. Fairbanks Placer Mining Conference Committee, Fairbanks, Alaska, pp. 9—11.

4. *Nelson M. G.* Underground Mining of Frozen Placers // Underground Mining Methods: Engineering Fundamentals and International Case Studies. 2001. pp. 119—128. URL: https://books.google.ru/books?id = N9Xpi6a5304C&pg = PA126&lpg = PA126&dq = Nelson+M.+G.+Underg round+Mining+of+Frozen+Placers,+chapter+in+Underground+Mining+Methods:+Engineering +Fundamentals+and+International+Case+Studies&source = bl&ots = AGHCvbKm-b&sig = -DG-Vw7HZcpHAzL4huHuU01YP-k&hl = ru&sa = X&ved = 0ahUKEwjdpdr3sZbRAhUBDiwKHSigCq4Q 6AEIGjAA#v = onepage&q&f = false

5. *Seymour J. B., Tesarik D. R. McKibbin R. W.* Stability of Permafrost Gravels in an Alaskan Underground Placer Mine. In Mining in the Arctic / Proceedings of the 4th International Symposium, Svalbard, Norway, July 1996, pp.147—156.

6. *Быховский Л. З.*, *Спорыхина Л. В.* Россыпные месторождения в сырьевой базе и добыче полезных ископаемых // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. — 2013. — № 6. — С. 6—17.

7. *Лаломов А. В.*, *Бочнева А. А.*, *Чефранов Р. М.*, *Чефранова А. В.* Россыпные месторождения арктической зоны России: Современное состояние и пути развития минерально-сырьевой базы // Арктика: экология и экономика. — 2015. — № 2 (18). — С. 66—77.

8. *Марков В. С.*, *Лабутин В. Н.*, *Ёлшин В. К.* Безрывная разработка многолетнемерзлых россыпных месторождений подземным способом. — Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2014. — 176 с.

9. *Марков В. С.*, *Лабутин В. Н.*, *Николаева А. А.* Камерная система при подземной разработке алмазоносной россыпи «Солур» // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2014. — № 9. — С. 365—370.

10. *Попов Г. И.*, *Марков В. С.*, *Роев М. Н.*, *Петрова Л. В.* Особенности условий проведения горных выработок при разведке россыпных месторождений Якутии // Разведка и охрана недр. — 2013. — № 12. — С. 62—64.

11. *Слепцов А. Е.*, *Елшин В. К.*, *Марков В. С.* Взаимодействие механизированных крепей с боковыми породами в условиях россыпных шахт Севера. — Новосибирск: Наука, 1993. — 134 с.

12. *Слепцов А. Е.*, *Марков В. С.*, *Елшин В. К.*, *Сугаренко Г. Г.*, *Мамонов А. Ф.* Новые технические и технологические решения при разработке многолетнемерзлых россыпных месторождений подземным способом (препринт). — Якутск: ЯНЦ СО РАН, 1989. — 33 с.

13. *Шерстов В. А. Марков В. С.* Совершенствование механизации производственных процессов при подземной разработке многолетнемерзлых оловоносных россыпей Заполярья // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2003. — № 1. — С. 196—198.

14. *Шерстов В. А.* Подземная разработка многолетнемерзлых россыпных месторождений. — Якутск: Якутский госуниверситет, ИГДС СО РАН, 2002. — 124 с.

15. *Шерстов В. А.*, *Васильев П. Н.* К выбору повторной подземной отработки техногенных многолетнемерзлых россыпей // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2005. — № 3. — С. 162—164.

16. *Шерстов В. А.*, *Ермаков С. А.* Совершенствование разработки оловоносной россыпи в арктической зоне Заполярья // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2008. — № 4. — С. 94—101. ГИАБ.

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Петрова Любовь Владимировна[1] — старший преподаватель,
e-mail: eL_Pi@mail.ru,
Сивцева Алена Ивановна[1] — ассистент кафедры,
Алексеев Андрей Михайлович[1] — старший преподаватель,
e-mail: am.alekseev@s-vfu.ru,
Петров Андрей Николаевич[1] — кандидат технических наук,
доцент, зав. кафедрой,
[1] Горный институт,
Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова.

ISSN 0236-1493. Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2017. No. 11, pp. 34–42.

UDC 622.016(571.56).

L.V. Petrova, A.I. Sivceva, A.M. Alekseev, A.N. Petrov

SELECTING A MINING SYSTEM FOR OBRYV-RAZVALISTY-PROMEZHUTOCHNY PLACER

The correct choice of mining method of mineral deposits has importance on the economic efficiency of mining enterprises. In the conditions of «Obryv-Razvalisty-Promezhutochny» placer deposits the choice of mining method in the design is accomplished based on the analysis and generalization of experience of underground mining of placer deposits of permafrost in the North East of the Russian Federation. There are three variations of mining method for the existing conditions: longwall method; long-pillar mining; chamber-longwall method. The advantages and disadvantages are marked for each option, and then the most optimal variation — chamber-longwall method is accepted.

The optimum parameters of mining method, such as the chamber width, the width of the belt pillar, the length of the chamber, the minimum working-bed height are identified. There is the description of placer mining technology at the panel width of 10 m, with the width of up to 30 m, with the width of more than 60 m with the definition of the width of the interchamber pillar. The drivage with blasting technique is accepted according to the geological conditions of the deposit for sinking mines, the scraping of rock mass is provided with scraper winch LS-55-2SMA, box-type scrapers. There is the calculation of the system performance of the enterprise, such as the Net present value, Internal rate of return, Profitable Index.

According to the results of calculation, positive indicators are obtained hense we can conclude about profitability and effectiveness of technical solutions, return of investment is guaranteed that in general shows the feasibility of the choice of mining method.

Key words: placer deposits of permafrost, underground mining, chamber-longwall mining, interchamber pillar, drilling and blasting, extraction chamber, longwall.

DOI: 10.25018/0236-1493-2017-11-0-34-42

AUTHORS

Petrova L.V.[1], Senior Lecturer,
e-mail: eL_Pi@mail.ru,
Sivtseva A.I.[1], Assistant of Chair,
Alekseev A.M.[1], Senior Lecturer,
e-mail: am.alekseev@s-vfu.ru,
Petrov A.N.[1], Candidate of Technical Sciences,
Assistant Professor, Head of Chair,
[1] North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov,
Mining Institute, 678000, Yakutsk, Russia.

REFERENCES

1. *Instruktsiya po razrabotke mnogoletnemerzlykh rossypey podzemnym sposobom (kamernye i stolbovye sistemy razrabotki) RD 06-326-99* (Guidelines on underground mining of permafrost placers (open stoping and room-and-pillar systems) RD 06-326-99, available at: http://lawru.info/dok/1999/11/18/n401876.htm

2. Kirzhner F., Sherstov V., Ilkovskii K., Gurov S., Mordvov M., Sytnik Y. Underground mining of a frozen placer deposit in the Arctic. *Gluckauf: Die Fachzeitschrift fur Rohstoff, Bergbau und Energie. Verlag Glueckauf GmbH*. 2001, No 6, vol. 137.

3. Milyuta B. I., Kuznetsov V., Sherstov V. A. Placer Deposits of Yakutia: Technical Improvements and Mechanazation. *Presentation at 13th Annual Alaskan Conference on Placer Mining, Fairbanks, Alaska, March 4—7*. Fairbanks Placer Mining Conference Committee, Fairbanks, Alaska, pp. 9—11.

4. Nelson M. G. Underground Mining of Frozen Placers. *Underground Mining Methods: Engineering Fundamentals and International Case Studies*. 2001. pp. 119—128. URL: https://books.google.ru/books?id = N9Xpi6a5304C&pg = PA126&lpg = PA126&dq = Nelson+M.+G.+Underground+Mining+of+Frozen+Placers,+chapter+in+Underground+Mining+Methods:+Engineering+Fundamentals+and+International+Case+Studies&source = bl&ots = AGHCvbKm-b&sig = -DG-Vw7HZcpHAzL-4huHuU01YP-k&hl = ru&sa = X&ved = 0ahUKEwjdpdr3sZbRAhUBDiwKHSigCq4Q6AEIGjAA#v = onepage&q&f = false

5. Seymour J. B., Tesarik D. R. McKibbin R. W. Stability of Permafrost Gravels in an Alaskan Underground Placer Mine. In Mining in the Arctic. *Proceedings of the 4th International Symposium*, Svalbard, Norway, July 1996, pp. 147—156.

6. Bykhovskiy L. Z., Sporykhina L. V. *Mineral'nye resursy Rossii. Ekonomika i upravlenie*. 2013, no 6, pp. 6—17.

7. Lalomov A. V., Bochneva A. A., Chefranov R. M., Chefranova A. V. *Arktika: ekologiya i ekonomika*. 2015, no 2 (18), pp. 66—77.

8. Markov V. S., Labutin V. N., Elshin V. K. *Bezryvnaya razrabotka mnogoletnemerzlykh rossypnykh mestorozhdeniy podzemnym sposobom* (Non-blasting mining of permafrost placers using the underground method), Novosibirsk, Izd-vo SO RAN, 2014, 176 p.

9. Markov V. S., Labutin V. N., Nikolaeva A. A. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2014, no 9, pp. 365—370.

10. Popov G. I., Markov V. S., Roev M. N., Petrova L. V. *Razvedka i okhrana nedr*. 2013, no 12, pp. 62—64.

11. Sleptsov A. E., Elshin V. K., Markov V. S. *Vzaimodeystvie mekhanizirovannykh krepey s bokovymi porodami v usloviyakh rossypnykh shakht Severa* (Interaction between powered support and wall rocks in placer mines in the North), Novosibirsk, Nauka, 1993, 134 p.

12. Sleptsov A. E., Markov V. S., Elshin V. K., Sugarenko G. G., Mamonov A. F. *Novye tekhnicheskie i tekhnologicheskie resheniya pri razrabotke mnogoletnemerzlykh rossypnykh mestorozhdeniy podzemnym sposobom (preprint)* (New technical and process solutions in underground mining of placers in permafrost (Preprint)), Yakutsk, YaNTs SO RAN, 1989, 33 p.

13. Sherstov V. A. Markov V. S. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2003, no 1, pp. 196—198.

14. Sherstov V. A. *Podzemnaya razrabotka mnogoletnemerzlykh rossypnykh mestorozhdeniy* (Underground mining of permafrost placers), Yakutsk, Yakutskiy gosuniversitet, IGDS SO RAN, 2002, 124 p.

15. Sherstov V. A., Vasil'ev P. N. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2005, no 3, pp. 162—164.

16. Sherstov V. A., Ermakov S. A. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2008, no 4, pp. 94—101.