

## **НОВАЯ СХЕМА БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ ОЧИСТНОЙ ВЫЕМКИ РУДЫ КРУТОПАДАЮЩИХ РУДНЫХ ТЕЛ**

**А.Г. Оганнисян, Г.А. Армаганян, Л.С. Маилян**

*Национальный политехнический университет Армении*

Задачи поиска путей повышения эффективности подземной разработки весьма тонких и тонких крутопадающих жил всегда находились в центре внимания большого числа исследователей, поскольку такие рудные тела имеют сложные или очень сложные горно-геологические и горнотехнические условия: небольшие запасы руды, часто сложная морфология, изменчивая мощность, длина по простиранию и глубина падения, нередко неустойчивые или средней устойчивости руда и вмещающие породы.

В Армении есть ряд месторождений цветных и благородных металлов, которые характеризуются маломощными рудными телами. К их числу относятся, в частности, Шаумянское, Азатекское, Арманиское, Личквз-Тейское золотополиметаллические и др. месторождения, повышение эффективности эксплуатации которых связано с развитием и совершенствованием систем подземной разработки.

В этой связи одним из направлений в системе разработки маломощных рудных тел является повышение качественно-количественных показателей отбойки руды путем использования рациональной взаимосвязи между шириной очистного пространства и схемой установки шпуров, их диаметром, длиной, типом заряда и структурой взрывчатых веществ (ВВ).

Для системы разработки, применяемой в подземном руднике одного из горно-обогатительного комбината Армении, была предложена новая схема буровзрывной отбойки руды, согласно которой в выемочном участке предусматривается пробурить ряд из 19 скважин по простиранию, присвоив им поочередные номера с 5 до 23, где диаметр заряжаемой скважины составит 64 мм, а диаметр незаряжаемой скважины – 89 мм. Заряжаемые и незаряжаемые скважины пробуривают в шахматном порядке.

Преимуществами новой схемы буровзрывной отбойки руды являются: сокращение количества ВВ и площади очистного забоя, снижение объема добычи товарной руды, повышение безопасности труда забойного рабочего и, как результат, повышение эффективности добычи руды вследствие снижения разубоживания.

**Ключевые слова:** руда, рудное тело, система разработки, потери, разубоживание, скважина.

**Введение.** Одним из важнейших горно-геологических факторов, влияющих на выбор подземной системы разработки, является мощность рудного тела или отдельной его части, от которой существенно зависят выбор способа выемки руды и его эффективность. Резкое изменение мощности рудного тела или отдельной его части усложняет его отработку. Ширина очистного пространства зависит от мощности рудного тела, и это сильно проявляется особенно при разработке весьма тонких (до 0,6 м) и тонких (от 0,6 до 2,0 м) крутопадающих рудных тел.

Задачи поиска путей повышения эффективности подземной разработки весьма тонких и тонких крутопадающих рудных тел всегда находились в центре внимания большого числа исследователей, поскольку такие рудные тела имеют сложные и весьма сложные горно-геологические и горнотехнические условия: небольшие запасы руды, часто сложная морфология, изменчивая мощность, длина по простиранию и глубина падения, нередко неустойчивые или средней устойчивости руда и вмещающие породы. Следовательно, эксплуатация вышеуказанных рудных тел, как правило, характеризуется низкими технико-экономическими показателями [1]:

- низкая производительность труда забойного рабочего, так как примерно 60% общих технологических процессов приходится на ручную работу;

- низкая интенсивность отработки выемочного блока;

- низкие качественно-количественные показатели извлечения руды из недр, основной причиной которых является маленькая ширина очистного пространства, обусловленная мощностью рудного тела.

В связи с эксплуатацией весьма тонких и тонких рудных тел известны два подхода к механизации производственных процессов [2]: совмещение бурового оборудования в процессе отбойки породорудного массива и малогабаритных погрузочно-доставочных машин в процессе доставки во время подготовительно-нарезных и очистных работ в эксплуатационном блоке [3-13], а также применение механизированных очистных комплексов для разработки рудных тел вертикальными забоями. Последнее ограничено изменчивостью элементов залегания и мощности рудного тела по простиранию и падению, наличием тектонических нарушений и включениями пустых пород.

Особый интерес представляет направление в области усовершенствования систем подземной разработки маломощных рудных тел, предложенное автором работы [14]. Проанализировав исследования ряда рудников, эксплуатирующих жильные месторождения, а также данные

горнотехнической литературы, автор [14] пришел к заключению, что дальнейшее совершенствование систем разработки в первую очередь должно быть направлено на:

1) повышение качественно-количественных показателей отбойки руды путем использования выявленной рациональной взаимосвязи между шириной очистного пространства и схемой установки шпуров, их диаметром, длиной, типом заряда и структурой взрывчатых веществ;

2) поиск новых технологических схем выемки руды с применением современного малогабаритного самоходного оборудования;

3) создание конкурентоспособных вариантов системы разработки с закладкой выемочного пространства, отбойкой вмещающими породами.

В Армении есть ряд месторождений цветных и благородных металлов, которые характеризуются маломощными рудными телами. К их числу относятся, в частности, Шаумянское, Азатекское, Арманисское, Личквз-Тейское золотополиметаллические и др. месторождения, повышение эффективности эксплуатации которых связано с развитием и совершенствованием систем подземной разработки.

В этом смысле очевидна актуальность исследования, целью которого является обеспечение роста эффективности добычи руды путем сокращения потерь и разубоживания.

**Постановка вопроса и обоснование методики.** Анализ известных путей совершенствования систем разработки маломощных рудных тел показывает, что повышение степени механизации технологических процессов очистки руды в качестве приоритетного направления приемлемо в условиях относительно большой мощности рудного тела, когда увеличение ширины очистного пространства обусловлено повышением мощности рудного тела.

Независимо от мощности рудного тела, увеличение ширины очистного пространства за счет отбойки боковых пород приводит к уменьшению коэффициента изменения качества руды при добыче, экономический ущерб от которого при определенных условиях может превысить сокращение затрат на добычу руды, что обусловлено повышением производительности труда.

Сверхразубоживание руды приводит к непроизводительным затратам на выемку, транспортировку и переработку боковых пород, что влечет снижение извлекаемой ценности конечного продукта. Несложно убедиться, что чем меньше мощность рудного тела, тем вреднее воздействие разубоживания, и при определенной мощности и содержании металла это может привести к неэффективному производству (в этой части запасы руды относятся к забалансовым). Кроме того, разубоживание руды приводит к увеличению

удельных капитальных затрат на единицу конечного продукта перерабатывающего предприятия. Очевидно, что при этом растут экологические затраты (компенсация земельных угодий, очистка воздушных и водных бассейнов и прочие затраты).

Для повышения экономической эффективности подземной добычи руды весьма актуальными вопросами являются развитие, совершенствование и создание новых систем подземной разработки месторождений, ключевая задача принципиальной схемы решения [15] которой сводится к выявлению “узких мест” (недостатки, оказывающие наибольшее влияние) и составлению рабочих гипотез по возможным мероприятиям с целью их полного или частичного устранения.

**Результаты исследования.** В настоящее время в подземном руднике одного из действующих горно-обогатительных комбинатов Армении применяется система разработки подэтажными штреками [16], при которой на стадии очистной выемки руды крутопадающей жилы мощностью до 0,7 м процесс отбойки осуществляется буровзрывным методом (рис. 1).

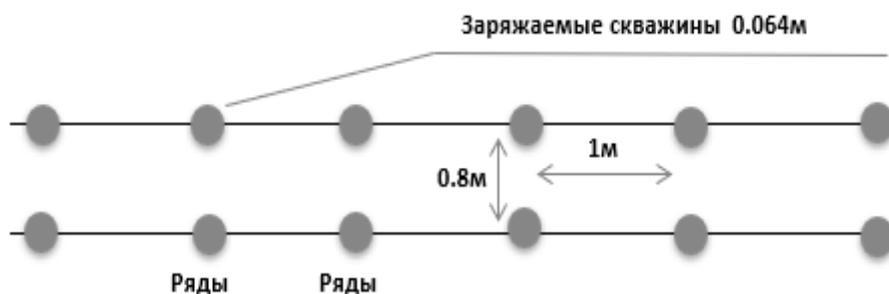


Рис. 1. Применяемая схема буровзрывных работ по отбойке руды из массива

В результате минимальная ширина образовавшегося очистного пространства составляет 2,2 м, что приводит к сверхразубоживанию до 80%. С целью сокращения разубоживания руды была составлена новая схема буровзрывных работ по отбойке руды из массива (рис.2), для экспериментальных работ был выбран участок рудного тела с азимутом простирания  $100...110^{\circ}$ , углом падения  $80...90^{\circ}$  и средней мощностью 0,48 м. Длина последнего составляет 8,5 м, высота – 10,6 м (рис. 3).

При новой схеме буровзрывных работ предлагается принимать расстояние между заряжаемыми и незаряжаемыми скважинами в пределах 30 см, а расстояние между незаряжаемыми рядами – 60 см. Волна, вызванная взрывом заряжаемых скважин, направляется к незаряжаемым скважинам, где

происходит ее затухание, что в результате дает возможность управлять волнами и выполнять отбойку незаряжаемыми скважинами.



Рис. 2. Предлагаемая схема буровзрывных работ по отбойке руды из массива

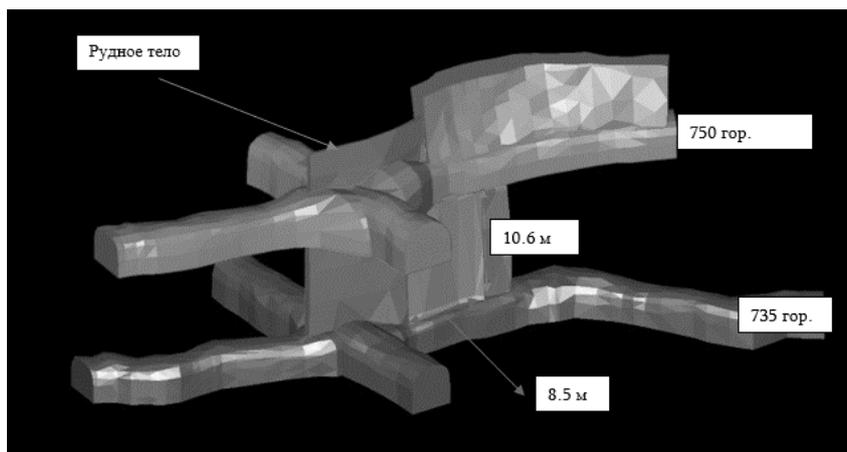


Рис. 3. Изображение участка рудного тела

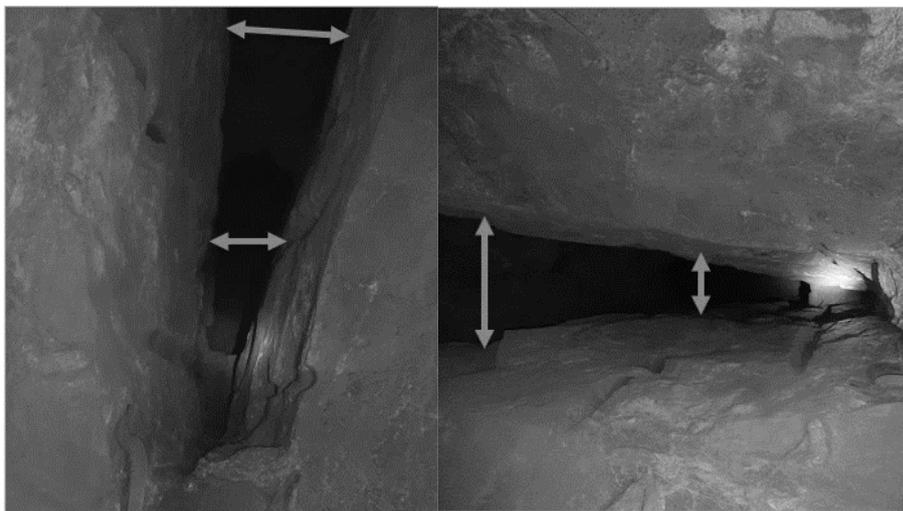
Согласно предлагаемой схеме буровзрывных работ, в выемочном участке предусматривается пробурить ряд из 19 скважин по простиранию, присвоив им поочередные номера с 5 до 23, где диаметр заряжаемой скважины составит 64 мм, а диаметр незаряжаемой скважины – 89 мм. Заряжаемые и незаряжаемые скважины пробуриваются в шахматном порядке.

На рис. 4 показано натуральное изображение расположения заряжаемых и незаряжаемых скважин в выемочном участке рудного тела.



*Рис. 4. Натуральное изображение скважин диаметрами 64 мм и 89 мм, расположенных в выемочном участке*

После взрыва скважинных зарядов фотоизображения очистного пространства приведены на рис. 5, а графические изображения поперечного сечения - на рис. 6.



*Рис. 5. Фотоизображения очистного пространства после взрыва*

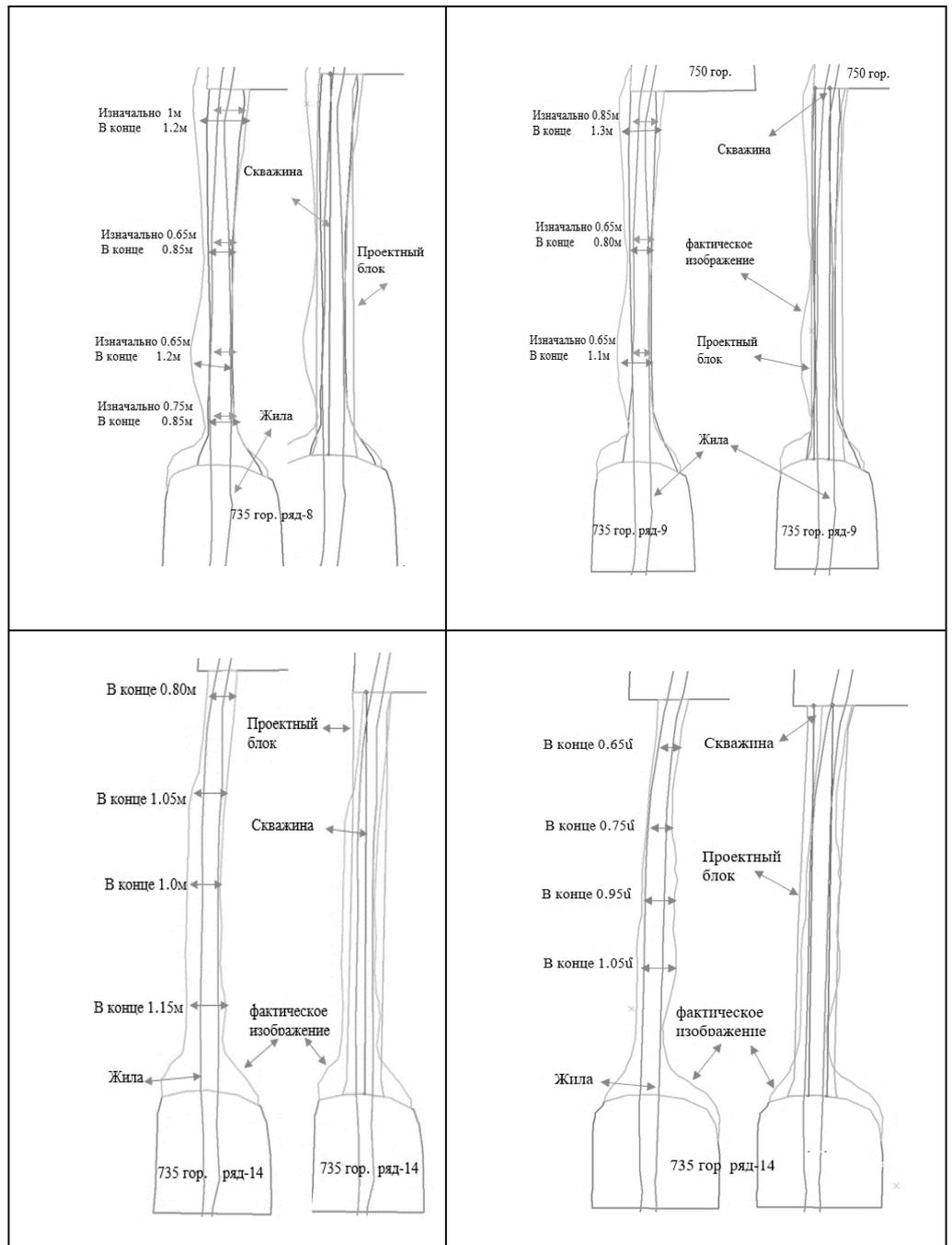


Рис. 6. Графические изображения поперечного сечения очистного пространства после взрыва

Фактические результаты предлагаемых и применяемых схем взрывных работ представлены в таблице.

Таблица

Фактические результаты предлагаемых и применяемых схем взрывных работ

Наименование показателя	Единица измерения	Значение показателя	
		применяемое	предлагаемое
Средняя мощность участка рудного тела	м	0,48	
Средняя толщина отбитых боковых пород	м	1,72	0,62
Средняя ширина очистного пространства	м	2,20	1,10
Разубоживание руды	%	78,2	56,4

Анализ показателей, приведенных в таблице, показывает, что при предлагаемой схеме буровзрывных работ разубоживание руды сокращается примерно на 28%. Положительный экономический эффект последнего заключается в повышении качества добываемой руды. Если предположить, что содержание золота в рудном массиве составляет 5 г/т, то в добытой руде при применяемой схеме буровзрывных работ оно будет 1,09 г/т, а при предлагаемой схеме – 2,18 г/т. Разница составляет примерно 1 г/т, что при цене 1 г золота в 60 долларов США является довольно ощутимой величиной.

Преимуществами предлагаемой схемы буровзрывных работ являются:

- сокращение количества ВВ;
- уменьшение площади очистного забоя;
- снижение объема добытой руды;
- повышение безопасности труда забойного рабочего;
- повышение эффективности добычи руды.

Недостатками предлагаемой схемы буровзрывных работ являются:

- увеличение объема буровых работ;
- возможные значительные потери при изменчивости элементов залегания жильного участка.

**Заключение.** Эксперимент можно считать удавшимся для конкретного участка, однако для обоснованного и заключительного вывода данную схему необходимо применять на участках с разной структурой и горнотехническими условиями для оценки ее эффективности. Предлагаемые рекомендации приводят к снижению показателя разубоживания руды, уменьшению риска обрушения боковых пород щелей и общей площади обнажения.

## Литература

1. Пути совершенствования очистной выемки жильных месторождений / **М.Ф. Шнайдер и др.** // Цветная металлургия. – М., 1988. – №6. – С. 14-17.
2. **Наджарян А.М.** Основные пути совершенствования систем разработки маломощных рудных тел в сложных горно-геологических условиях // Пути повышения эффективности разработки месторождений полезных ископаемых: Межвуз. сб. науч. трудов ЕрПИ. – Ереван, 1989. – С. 32-39.
3. **Рафиенко Д.И.** Пути совершенствования технологии разработки жильных месторождений в сложных горно-геологических условиях // Повышение эффективности разработки жильных месторождений.- М.: ИФЗ АН СССР, 1977. – С. 70–81.
4. **Агошков М.И., Фузган М.Д.** Механизация технологических процессов - основа совершенствования систем разработки // Горный журнал. – М., 1963. – N7. – С. 3-8.
5. Методическое пособие для планирования показателей очистной добычи в зависимости от выемочной мощности при разработке жильных месторождений / **М.И. Агошков, В.А. Симаков** и др.– М.: Изд-во ИГД, 1966. – 177 с.
6. **Агошков М.И.** Научные основы оценки экономических последствий потерь полезных ископаемых при разработке месторождений. – М.: ИФЗ АН СССР, 1972. – 150 с.
7. Некоторые вопросы по нормированию трудовых затрат в зависимости от ширины очистного пространства при разработке тонких жил / **М.И. Агошков и др.** // Горный журнал. – М., 1963. – N7. – С. 25-29.
8. **Соколов И.В., Смирнов А.А., Антипин Ю.Г., Барановский К.В.** Технология восходящей выемки золоторудного месторождения с применением сухой закладки // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – М., 2015 (9). – С. 14–19.
9. **Павлов А.М., Васильев Д.С.** Повышение эффективности подземной разработки тонких крутопадающих жил // Горная промышленность. – М., 2017. – N1 (131). – С. 86–87.
10. **Павлов А.М., Васильев Д.С.** Совершенствование технологии подземной разработки тонких крутопадающих тел золоторудного месторождения Коневинского // Известия Сибирского отделения Секции наук о Земле Российской академии естественных наук. Геология, разведка и разработка месторождений полезных ископаемых. - 2017. - Т. 40, N2. - С. 88–94.
11. **Пакулов В.В.** Разработка маломощных крутопадающих жил: Анализ современного состояния // Вестник ЧитГУ. – Чита, 2012. – N8. (87). – С. 23–30.
12. **Пирогов Г.Г., Пакулов В.В.** Обоснование новой технологии разработки маломощных крутопадающих жил // Вестник ЧитГУ. – Чита, 2010. – N5 (62). – С. 106–110.
13. **Лизункин В.М., Медведев В.В., Матвеев А.Е.** Пути повышения эффективности отработки маломощных крутопадающих сближенных урановых жил в сложных

горно-геологических и горно-технических условиях // Вестник Забайкальского государственного университета. – Чита, 2012. – N12 (91). – С. 29–34.

14. **Ляхов А.И.** Технология разработки жилых месторождений. – М.: Недра, 1974. – 201 с.
15. **Агабальян Ю.А., Наджарян А.М., Оганесян А.Г.** Повышение эффективности разработки крутопадающих рудных месторождений // Промышленность, строительство и архитектура Армении. – 1988. – N9. – С. 21–23.
16. **Агабальян Ю.А., Оганесян А.Г., Алавердян А.А., Агабальян Ю.А. (мл.).** Критерии выбора системы подземной разработки золотополиметаллического месторождения // Горный журнал. – М., 2013. – N2. – С. 105-108.

*Поступила в редакцию 05.02.2025.*

*Принята к опубликованию 04.06.2025.*

## **ՉԱՌԻԹԱՓ ՀԱՆՔԱՄԱՐՄԻՆՆԵՐԻ ՀԱՆՔԱՔԱՐԻ ՄԱՔՐԱՀԱՆՄԱՆ ՀՈՐԱՏԱՊԱՅԹԵՑՄԱՆ ԱՇԽԱՏԱՆՔՆԵՐԻ ՆՈՐ ՍԽԵՄԱ**

**Ա.Հ. Հովհաննիսյան, Հ.Ա. Արմաղանյան, Լ.Ս. Մախլյան**

Չափազանց բարակ և բարակ զառիթափ հանքային մարմինների ստորգետնյա մշակման արդյունավետության բարձրացման ուղիների որոնման հարցերը մշտապես գտնվել են մեծ թվով հետազոտողների ուշադրության կենտրոնում, քանի որ այդպիսի հանքային մարմիններն ունեն բարդ կամ չափազանց բարդ լեռնաերկրաբանական և լեռնատեխնիկական պայմաններ՝ հանքաքարի փոքր պաշարներ, հաճախ բարդ մորֆոլոգիա, փոփոխական հզորություն, տարածման երկարություն և անկման խորություն, ոչ հազվադեպ անկայուն կամ միջին կայունությամբ հանքաքար և պարփակող ապարներ:

Հայաստանում դրանց թվին են պատկանում Շահումյանի, Ազատեկի, Արմանիսի, Լիչքվազ-Թեյի ոսկի-բազմամետաղային և այլ հանքավայրեր, որոնց շահագործման արդյունավետության բարձրացումը կապված է ստորգետնյա մշակման համակարգերի զարգացման, կատարելագործման և նորերի ստեղծման հետ:

Այդ իմաստով ուղիներից մեկը փոքր հզորությամբ հանքային մարմինների մշակման համակարգի դեպքում մաքրման տարածության լայնության և պայթանցքերի տեղադրման սխեմայի, դրանց տրամագծի, երկարության, ՊՆ-ի լիցքի տեսակի, կառուցվածքի միջև բացահայտված ռացիոնալ փոխկախվածության օգտագործման ճանապարհով հանքաքարի պոկման որակաբանական ցուցանիշների բարձրացումն է:

Հայաստանի հանքահարստացուցիչ կոմբինատի ստորգետնյա հանքում կիրառվող մշակման համակարգի համար առաջարկվել է հանքաքարի մաքրահանման հորատապայթեցման նոր սխեմա, որի համաձայն հանությամբ տեղամասում նախատեսվում է հորատել ըստ հանքամարմնի տարածման ուղղությամբ 19 հորատաշարք՝ 5...23 հերթական համարներով, որտեղ պայթուցիկ նյութով լիցքավորվող հորատանցքերի

տրամագիծը կազմում է 64 մմ, իսկ չլիցքավորվող հորատանցքերի տրամագիծը՝ 89 մմ: Լիցքավորվող և չլիցքավորվող հորատանցքերը դասավորվում են շախմատաձև:

Հանքաքարի մաքրահանման հորատապայթեցման նոր սխեմայի առավելություններն են պայթուցիկ նյութի քանակի կրճատումը, մաքրահանման հանքախորշի մակերեսի և արդյունահանված ապրանքային հանքաքարի ծավալի փոքրացումը, հանքախորշային բանվորի աշխատանքի անվտանգության մեծացումը և արդյունքում հանքաքարի գերադրատացման կրճատման հետևանքով արդյունահանման արդյունավետության բարձրացումը:

**Առանցքային բառեր.** հանքաքար, հանքային մարմին, մշակման համակարգ, կորուստ, աղքատացում, հորատանցք:

## **A NEW SYSTEM OF DRILLING AND BLASTING OPERATIONS FOR STEEP ORE BODIES**

**A.H. Hovhannisyan, H.A. Armaghanyan, L.S. Mayilyan**

The tasks of finding ways to increase the efficiency of underground mining of extremely narrow and narrow rake veins have always been the focus of attention of a large number of researchers, since such ore bodies have complex or extremely complex mining-and-geological conditions, such as: poor ore reserves, often complex morphology, variable thickness, significant strike length and depth of dip, often soft or medium-soft ore and host rocks.

In Armenia, these include the Shahumyan, Azatek, Armanis, Lichkvaz-Tey gold and polymetallic deposits, etc. An increase of the efficiency of the operation of these mines depends on the development, improvement and creation of new underground mining systems.

In this regard, one of the ways in the development system of narrow ore bodies is to increase the qualitative and quantitative indicators of ore breaking with the help of the revealed rational interdependence between the width of the stope and the mounted wells geometry, their diameter, length, type of charge and the structure of explosives.

For the development system used in an underground mine of the mining and processing plant of Armenia, a new scheme of drilling-and-blasting of ore is proposed, according to which a row of 19 holes are suggested to be drilled in the stope along the strike of the ore body, with successive numbers from 5 to 23, where the diameter of the loading hole is 64 mm, and the diameter of the unloaded hole is 89 mm. The loading and unloaded holes are drilled in staggered rows.

The advantages of the new drilling-and-blasting scheme are: reducing the number of explosives, reducing the area of the stoping face and reducing the amount of commercial ore extraction, improving the safety of the faceworker, and as a result, increasing the efficiency of ore extraction due to reduced dilution.

**Keywords:** ore, ore body, development system, losses, dilution, well.