

ОБОСНОВАНИЕ ПРЕДЕЛЬНЫХ КОНТУРОВ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКИ КРУТОПАДАЮЩИХ ЖИЛ И ЖИЛЬНЫХ ЗОН

А.Т. Багдасарян

Национальный политехнический университет Армении

Дано обоснование предельных контуров открытой разработки для условий золотополиметаллического месторождения, представленного крутопадающими жилами, а также жильными и рудными зонами. Эксплуатация месторождения в основном началась в 2008 г. Добыча прерывалась в 2016-2020 и 2023-2024 гг. и велась в очень малых объёмах в 2021-2022 гг. В настоящее время месторождение не эксплуатируется.

Для решения поставленной задачи сначала проведен анализ горно-геологических и горно-технических условий золотополиметаллического месторождения, представленного жилами, а также жильными и рудными зонами. Далее представлена методическая основа решения задачи, согласно которой контуры границ карьера обосновываются на основе условия равенства граничного и контурного коэффициентов вскрыши. Выведена формула для определения граничного коэффициента вскрыши, основанная на условии равенства прибылей, получаемых при открытом и подземном способах разработки. Приведены известные формулы для определения контурного коэффициента вскрыши для условий рассматриваемого месторождения. Промышленные контуры жил на планах опробования проводились преимущественно по геологическим границам, а по жильным и рудным зонам – по бортовому содержанию. Оконтуривание запасов руды проводилось на вертикальных проекциях рудных тел. После оконтуривания запасов были построены разрезы рудных тел по сему разведочным профилям. Рассчитано среднее значение контурного коэффициента вскрыши по разрезам. Для определения граничного коэффициента вскрыши рассчитаны показатели разработки рассматриваемого месторождения. Путем сопоставления расчетных значений контурного и граничного коэффициентов вскрыши выбрана граница между открытыми и подземными горными работами - нижняя граница открытых работ для условий золотополиметаллического месторождения, представленного жилами, жильными и рудными зонами.

Ключевые слова: месторождение, граничный коэффициент вскрыши, предельные контуры открытой разработки.

Введение. В Республике Армения имеются небольшие золоторудные и золотополиметаллические месторождения с утвержденными запасами, представленные жилами, а также жильными и рудными зонами, выходящими на дневную поверхность. К ним относятся Меграсарское и Мгартское

золоторудные, Воскедзорское, Азатекское и Арманисское золотополиметаллические месторождения [1-7]. Разработка таких месторождений предполагает использование открыто-подземного комбинированного способа, при котором возникает необходимость определения предельных контуров открытой разработки, т.е. необходимость определения границы между открытой и подземной разработками или оптимальной глубины карьера. Поэтому при эксплуатации месторождений, представленных жилами и жильными зонами, обоснование предельных границ открытой разработки является актуальной задачей [8, 9].

Решению рассматриваемой задачи посвящены труды многих исследователей [10-12]. В этих работах основой решения задачи практически является граничный коэффициент вскрыши, который, в отличие от других коэффициентов вскрыши, является экономической категорией. Оптимальные границы карьера обосновываются исходя из условия равенства граничного и другого коэффициентов вскрыши. Следовательно, задачу обоснования оптимальных границ карьера можно разделить на две составляющие:

1. Определение граничного коэффициента вскрыши.
2. Обоснование оптимальных границ карьера путем сравнения обоснованного значения граничного коэффициента вскрыши и любого геометрического коэффициента вскрыши (текущего, контурного, среднего и т.д.).

Целью данного исследования является повышение экономической эффективности разработки жил и жильных зон, имеющих выходы на дневную поверхность, путем обоснования оптимальной глубины карьера, исходя из условия равенства граничного и контурного коэффициентов вскрыши.

Постановка задачи и методы исследования. Постановка задачи сводится к обоснованию оптимальной глубины карьера исходя из условия равенства граничного ($K_{гр}$, т/т) и контурного ($K_{кон}$, м/м) коэффициентов вскрыши:

$$K_{гр} = K_{кон} . \quad (1)$$

Граничный коэффициент вскрыши определяется для двух случаев [8, 9]:

- 1) когда разработка месторождения экономически целесообразна только открытым способом;
- 2) когда разработка месторождения экономически целесообразна комбинированным открыто-подземным способом.

Разработка рассматриваемого в данном исследовании золотополиметаллического месторождения экономически целесообразна комбинированным открыто-подземным способом, поэтому здесь будет рассматриваться только

2-й случай. Схема к определению границ открытых работ при комбинированном способе разработки приведена на рис. 1 [9].

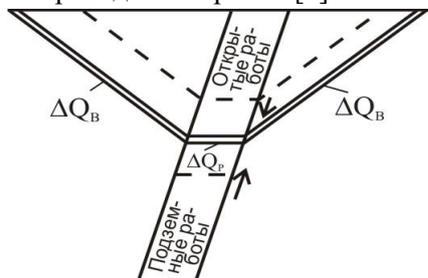


Рис. 1. Схема к определению границ открытых работ при комбинированном способе разработки

Нетрудно себе представить, что дальнейшее понижение глубины открытых работ приведет к сокращению прибыли за счет сокращения добычи руды подземным способом; с повышением же глубины открытых работ прибыль будет уменьшаться ввиду сокращения добычи руды открытым способом.

Для определения прибыли с 1 t прироста необходимо от извлекаемой ценности 1 t руды вычесть затраты на добычу и переработку 1 t прироста, т.е. стоимостное выражение минимального промышленного содержания.

Тогда прибыль с 1 t прироста запасов составит:

- для открытого способа разработки $I_{ц.о} - D_{min(o)}$;
- для подземного способа разработки $I_{ц.п} - D_{min(n)}$,

где $I_{ц.о}$ и $I_{ц.п}$ - извлекаемые ценности 1 t руды при открытом (на предельной глубине карьера) и подземном способах разработки, драм/ t (долл. США/ t); $D_{min(o)}$ и $D_{min(n)}$ - стоимостные выражения минимального промышленного содержания (уровень учитываемых затрат при обосновании минимального промышленного содержания) при открытом и подземном способах разработки, драм/ t (долл. США/ t).

При экономической целесообразности разработки месторождения комбинированным открыто-подземным способом граничный коэффициент вскрыши ($K_{зр}$, t/m) определяется из условия равенства прибылей при открытом и подземном способах разработки.

Прибыль по отработке запасов ΔQ_p при открытом (Π_o , драм/ t или долл. США/ t) и подземном (Π_n , драм/ t или долл. США/ t) способах разработки можно определить соответственно по формулам [8]

$$\Pi_o = (I_{ц.о} - D_{min(o)}) \Delta Q_p \frac{K_{н.о}}{K_{к.о}}, \quad (2)$$

$$\Pi_n = (I_{ц.н} - D_{min(n)}) \Delta Q_p \frac{K_{н.н}}{K_{к.н}}, \quad (3)$$

где $K_{н.о}$ и $K_{н.н}$ - коэффициенты извлечения руды из недр при открытом и подземном способах разработки, доли единицы; $K_{к.о}$ и $K_{к.н}$ - коэффициенты изменения качества руды при открытом и подземном способах разработки, доли единицы.

Приравнивая формулы (2) и (3), получим

$$(I_{ц.о} - D_{min(o)}) \Delta Q_p \frac{K_{н.о}}{K_{к.о}} = (I_{ц.н} - D_{min(n)}) \Delta Q_p \frac{K_{н.н}}{K_{к.н}},$$

или

$$(I_{ц.о} - D_{min(o)}) \frac{K_{н.о}}{K_{к.о}} = (I_{ц.н} - D_{min(n)}) \frac{K_{н.н}}{K_{к.н}}. \quad (4)$$

Извлекаемую ценность 1 т руды можно определить по формуле [9]

$$I_{ц} = C_{к} \gamma, \quad (5)$$

где $C_{к}$ – цена 1 т концентрата, драм/т (долл. США/т); γ - выход концентрата из руды, доли единицы.

Цена 1 т концентрата определяется по договорным условиям между производителем и потребителем концентрата, а выход концентрата из руды определяется исходя из баланса металла по формуле

$$\gamma = \frac{\alpha K_{к} - \theta}{\beta - \theta}, \quad (6)$$

где α – содержание полезного компонента в руде, % (г/т); $K_{к}$ - коэффициент изменения качества руды при добыче, доли единицы; β – содержание полезного компонента в концентрате, % (г/т); θ – содержание полезного компонента в хвостах обогащения, % (г/т); $K_{к}$ – коэффициент изменения качества руды при добыче, доли единицы.

В соответствии с формулами (5) и (6) извлекаемая ценность 1 т руды равняется

$$I_{ц} = \frac{\alpha K_{к} - \theta}{\beta - \theta} C_{к}. \quad (7)$$

Вопрос о целесообразности разработки того или иного прироста запасов руды решается исходя из условия: $\Delta Z \leq I_{ц}$, где ΔZ – пропорциональные затраты на добычу и переработку 1 т прироста запасов руды (в данном случае на предельной глубине карьера), драм/т (долл. США/т).

Очевидно, при открытой разработке ΔZ представляет собой величину $D_{min(o)}$ в элементарном объеме руды ΔQ_p , расположенном на предельной глубине карьера (см. рис. 1). Величину $D_{min(o)}$ определим по формуле

$$D_{min(o)} = Z'_{д.о} + Z'_{н.г} \Delta K_{г}, \quad (8)$$

где $Z'_{до}$ - пропорциональная часть затрат на добычу (без затрат на вскрышу) и переработку 1 т руды, *драм/т (долл. США/т)*; $Z'_{н.в}$ - пропорциональная часть затрат на удаление 1 т вскрыши, отвалообразование и ликвидацию ущерба, наносимого окружающей среде, *драм/т (долл. США/т)*; ΔK_g - коэффициент вскрыши в прирезаемых контурах карьера, т.е. отношение прироста вскрыши к приросту эксплуатационных запасов, *т/т*.

Очевидно, при решении данной задачи величина ΔK_g представляет собой граничный коэффициент вскрыши $K_{зр}$. Подставив из формулы (8) значение $D_{min(o)}$ в (4), находим

$$K_{зр} = \frac{I_{ц.о} - Z'_{до}}{Z'_{н.в}} - \left(I_{ц.н} - D_{min(n)} \right) \frac{K_{н.н}}{K_{к.н}} \frac{K_{к.о}}{K_{н.о} Z'_{н.в}} . \quad (9)$$

Контурный коэффициент вскрыши $K_{кон}$ при равнинном рельефе земной поверхности и вытянутых рудных тел (рис. 2) определяется следующей линейной зависимостью [13]:

$$K_{кон} = \frac{H_o (ctg\beta_1 + ctg\beta_2)}{m_{гор}} , \quad (10)$$

где H_o - оптимальная глубина карьера, *м*; β_1 и β_2 - углы наклона бортов карьера со стороны лежачего и висячего боков рудного тела, *градус*; $m_{гор}$ - горизонтальная мощность рудного тела, *м*.

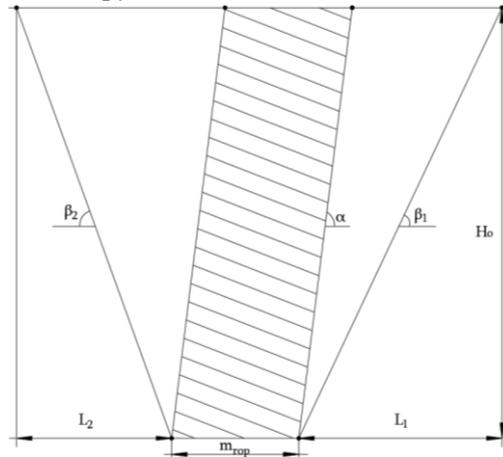


Рис. 2. Схема определения контурного коэффициента вскрыши при равнинном рельефе и вытянутом рудном теле

Для рассматриваемого месторождения формулу (10) можно преобразовать следующим образом:

$$K_{к} = \frac{L_1 + L_2 + L_3 - m_{гор}}{m_{гор}} , \quad (11)$$

где L_1, L_2, L_3 – на рис. 3 проекции бортов карьера и дна карьера на горизонтальную плоскость, м; $m_{\text{гор}}$ – на рис. 3 суммарная горизонтальная мощность рудных тел на дне карьера.

Определив величину H_0 из формулы (11) и учитывая условие (1), получим следующую формулу [13] для определения оптимальной глубины карьера:

$$H_0 = \frac{K_{\text{зр}} m_{\text{гор}}}{\text{ctg}\beta_1 + \text{ctg}\beta_2}. \quad (12)$$

Результаты исследования. Объектом исследования являлось золото-полиметаллическое месторождение с 12 рудными телами: жилами и жильными и рудными зонами, из которых промышленное значение имеют рудные тела №№ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 11, 12 и их апофизы [14, 15].

Эксплуатация месторождения в основном началась в 2008 году, поскольку после утверждения запасов в 1988 году последовал распад СССР, и до 2008 года ни одна компания не вела его разработку. Добыча прерывалась в 2016-2020 и 2023-2024 гг. и велась в очень малых объёмах в 2021-2022 гг. Протяженность рудных зон, жил и жильных зон по простиранию достигает 100...1000 м и более, падение их составляет 80...85°, местами – вертикальное.

Внутреннее строение рудных тел сложное. Здесь выделяются два морфологических типа: жилы и жильные и рудные зоны. Оруденение распределено крайне неравномерно. Богатые гнездообразные и линзовидные участки, бедные и пустые или некондиционные участки сменяют друг друга в обобщённой геологическими границами единой тектонической структуре. Мощность рудных тел колеблется от 0,2 до 10 м.

Иногда на отрезках пересечения и сочленения различных структурных элементов встречаются обогащенные зоны (рудные столбы) различных размеров, вытянутые по падению до 200...300 м.

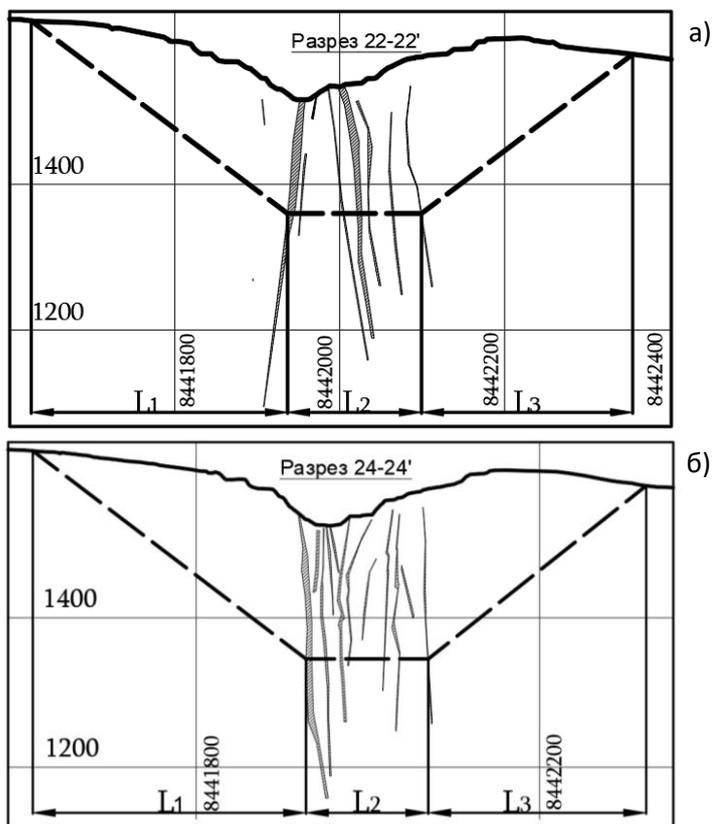
Рудные тела образованы более мелкими линейно вытянутыми рудными интервалами, представленными жилами, прожилками, линзами и гнездообразными скоплениями, протяжённость которых достигает от 1 до 10...30 м. В пределах общей зоны дробления они располагаются кулисообразно или цепочечно, вытягиваясь вдоль тектонического нарушения. Хотя переход от одного интервала минерализации к другому постепенный, золотоносные участки образуют отдельные подзоны в пределах одной общей жильной зоны, представленной интенсивно обогащёнными кварцем участками.

По падению рудные тела прослежены на глубине до нескольких сотен метров при мощности 0,5...4 м. Прослеженная глубина рудных тел достигает 200...480 м. Рудные тела на глубоких горизонтах разделяются от боковых

пород чёткими контактами, выраженными зонами трещиноватости или тектоническими швами, благодаря чему границы кондиционных руд практически повсеместно совпадают с геологическими границами. В некоторых случаях границы промышленных руд устанавливаются на основании результатов пробирного и химического анализов.

По сложности геологического строения и “Классификации запасов и прогнозных ресурсов месторождений твердых полезных ископаемых” РА [16] месторождение отнесено к 3-й группе.

Промышленные контуры жил на планах опробования проводились преимущественно по геологическим границам, а по жильным и рудным зонам – по бортовому содержанию. Оконтуривание запасов руды проводилось на вертикальных проекциях рудных тел. После оконтуривания запасов были построены разрезы рудных тел по 7-и разведочным линиям, схематические изображения наиболее характерных из которых приведены на рис. 3.



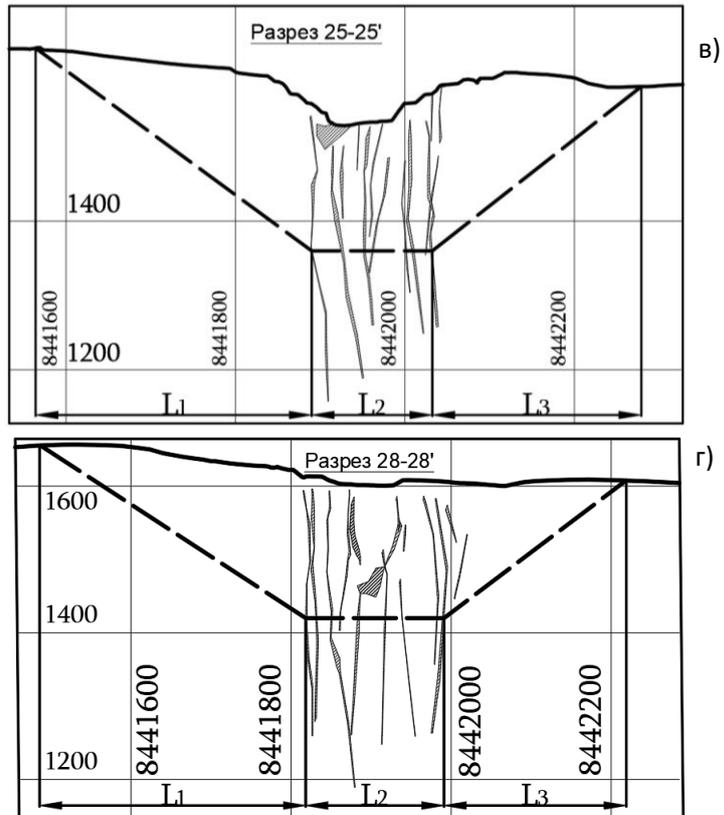


Рис. 3. Схема определения контурного коэффициента вскрыши в условиях золотополиметаллического месторождения по контурам, построенным на разведочных профилях:

 контуры рудных тел,
  контуры карьера,
  контуры земной поверхности,
  координатная сетка;
 а – разрез 22-22', б – разрез 24-24', в – разрез 25-25', г – разрез 28-28'

Горизонт дна построенного карьера находился на отметке 1330 м.

Результаты расчета среднего значения контурного коэффициента вскрыши по разрезам, построенным на разведочных профилях, приведены в таблице.

Для определения граничного коэффициента вскрыши рассчитаны следующие показатели разработки рассматриваемого месторождения, входящие в формулу (9):

- извлекаемая ценность 1 т руды при подземном способе разработки:

$$I_{ц,п} = 104,17 \text{ долл. США/т};$$

- стоимостные выражения минимального промышленного содержания при подземном способе разработки:

Таблица

Расчет среднего значения контурного коэффициента вскрыши по разрезам

	Разрез	$L_1, м$	$L_2, м$	$L_3, м$	$m_{гор}, м$	$K_k, м/м$
1	22-22'	348.66	287.31	182.36	21.25	38.5
2	23-23'	391.27	308.68	167.43	19.07	45.5
3	24-24'	363.70	290.01	162.82	16.32	50.0
4	25-25'	368.83	279.17	161.21	13.84	58.5
5	26-26'	379.40	271.62	162.51	14.72	55.3
6	27-27'	351.93	239.47	185.94	18.02	43.1
7	28-28'	359.53	246.56	187.5	13.03	60.9
Итого		2563.32	1922.82	1209.77	116.25	-
Среднее		-	-	-	-	49.0

- $D_{min(n)} = 43,16$ долл. США/т;

- коэффициенты извлечения руды из недр при открытом и подземном способах разработки:

$K_{н.о} = 0,97$ и $K_{н.п} = 0,95$;

- коэффициенты изменения качества руды при открытом и подземном способах разработки:

$K_{к.о} = 0,78$ и $K_{к.п} = 0,94$;

- извлекаемая ценность 1 т руды при открытом способе разработки:

$I_{ц.о} = 137,9$ долл. США/т;

- пропорциональная часть затрат на добычу (без затрат на вскрышу) и переработку 1 т руды - $Z'_{до} = 20,0$ долл. США/т;

- пропорциональная часть затрат на удаление 1 т вскрыши, отвалообразование и ликвидацию ущерба, наносимого окружающей среде:

$Z'_{н.в.} = 1,4$ долл. США/т.

Подставив соответствующие значения в формулу (9), получим

$$K_{зр} = \frac{137,59 - 20,0}{1,4} - (104,17 - 43,16) \frac{0,95}{0,94} \times \frac{0,78}{0,97 \times 1,4} = 48,6 \text{ м/т.}$$

Заключение. В условиях рассматриваемого золотополиметаллического месторождения, представленного жилами, жильными и рудными зонами, контурный коэффициент вскрыши составляет: $K_{кон} = 49$ м/м, а рассчитанный выше граничный коэффициент вскрыши при комбинированном открыто-подземном способе разработки: $K_{гп} = 48,6$ м/м. Учитывая точность расчетов при решении данной задачи, можно с достаточной уверенностью утверждать, что для рассматриваемого карьера условие (1) выполняется: $48,6 \approx 49$. Поэтому

для нижней границы открытых работ принимается отметка дна этого карьера – 1330 м.

Литература

1. **Магакян И.Г.** Основные черты металлогении Армении // Советская геология.- 1959.- № 7.- С. 105-116.
2. Մաղաբյան Հ.Գ. Օգտակար հանածոների հանքավայրերի առաջացման պայմանները.- Երևան: ՀՍՍՀ ԳԱԱ հրատ., 1981.- 214 էջ:
3. **Асланян А.Т.** Региональная геология Армении.- Ереван: Айпетрат, 1958.- 431с.
4. **Паффенгольц К.Н.** Геология Армении. Армения в системе Кавказа и Малой Азии. – М.-Л.: Недра, 1948.- 895 с.
5. **Габриелян А.А.** Основные вопросы тектоники Армении.-Ереван: Издательство АН Армянской ССР, 1959.- 197 с.
6. Геология Армянской ССР. Том VI. Металлические полезные ископаемые // Ереван: Изд. АН АрмССР, 1967.- 540 с.
7. **Багдасарян А.Т., Езакян О.С.** Природные ресурсы Армении // Горный журнал.- М., 2007.- № 10.- С. 66-67.
8. **Агабалян Ю.А.** Общая теория оптимального освоения недр (твердые полезные ископаемые). – Saarbrucken, Германия: Palmarium Academic Publishing, 2015. – 288 с.
9. **Агабалян Ю.А., Оганесян А.Г., Багдасарян А.Т.** Промышленная оценка месторождений твердых полезных ископаемых и оптимизация параметров переработки: Учебник / НПУА.- Ер.: Изд-во НПУА “Чартарагет”, 2017.-260 с. (на арм. яз.).
10. **Арсентьев А.И.** Определение производительности и границ карьеров.-М.: Недра, 1970.- 319 с.
11. Современные принципы теории проектирования карьеров / **А.И. Арсентьев, Е.Е. Марков** и др.- Л.: Наука, 1987.- 256 с.
12. **Лесонен М.В., Сень М.С.** Обоснование границ открытых горных работ с учетом интересов государства и недропользователя // Горный журнал.- 2010.- №1.- С. 69-71.
13. **Багдасарян А.Т., Мамян С.В.** Обоснование параметра кондиции «максимальная глубина подсчета запасов» в условиях штокверкового медно-молибденового месторождения // Известия НАН РА и НПУА. Серия Технических наук.- 2023.- Том LXXVI, №4.- С. 460-468 (на арм. яз.).
14. **Авагян Г.С.** Минеральные ресурсы Армении. Современное состояние использования и пути повышения эффективности.- Ереван: Гитутюн НАН РА, 2004.- 431 с. (на арм.яз.).
15. **Багдасарян А.Т.** Группировка рудных месторождений Армении на основе анализа их горно-геологических и горно-технических условий и особенностей пе-

переработки руд // Вестник Национального политехнического университета Армении: Metallургия, материаловедение, недропользование.– Ереван, 2025. – №1.- С. 98 – 111.

16. Պինդ օգտակար հանածոների հանքավայրերի պաշարների և կանխատեսումային ռեսուրսների դասակարգում (հաստատված է ՀՀ կառավարության 14.03.2013թ.№ 274-Ն որոշմամբ) // ՀՀ պաշտոնական տեղեկագիր. – 10.04.2013. - № 19(959):

Поступила в редакцию 01.12.2025.

Принята к опубликованию 25.12.2025.

ՋԱՌԻԹԱՓ ԵՐԱԿՆԵՐԻ ԵՎ ԵՐԱԿԱՅԻՆ ԳՈՏԻՆԵՐԻ ԲԱՅ ՄՇԱԿՄԱՆ ՍԱՀՄԱՆԱՅԻՆ ԵԶՐԱԳԾԵՐԻ ՀԻՄՆԱՎՈՐՈՒՄԸ

Ա.Թ. Բաղդասարյան

Իրականացվել է երակներով և երակային ու հանքային գոտիներով ներկայացված ոսկի-բազմամետաղային հանքավայրի լեռնաերկրաբանական և լեռնատեխնիկական պայմանների վերլուծություն: Ներկայացվել է խնդրի լուծման մեթոդաբանական հենքը, որի համաձայն՝ բացահայտված սահմանները հիմնավորվում են մակաբացման սահմանային և եզրագծային գործակիցների հավասարության պայմանի առկայության դեպքում: Դուրս է բերվել մակաբացման սահմանային գործակիցների որոշման բանաձև՝ հիմնվելով բաց և ստորգետնյա եղանակներով մշակման ժամանակ ստացվող շահույթների հավասարության պայմանի վրա: Բերվել են մակաբացման եզրագծային գործակցի որոշման հայտնի բանաձևեր՝ դիտարկվող հանքավայրի պայմանների համար: Հանքերակների արդյունաբերական եզրագծերը անցկացվել են նմուշարկման հատակագծերի վրա՝ հիմնականում երկրաբանական սահմաններով, իսկ երակային և հանքային գոտիներինը՝ եզրագծային պարունակությամբ: Հանքաքարի պաշարների եզրագծումն իրականացվել է հանքամարմինների ուղղաձիգ պրոյեկցիաների վրա: Պաշարների եզրագծումից հետո յոթ հետախուզական պրոֆիլներով կառուցվել են հանքային մարմինների լայնական կտրվածքները: Հաշվարկվել է եզրագծային մակաբացման գործակցի միջին արժեքը ըստ լայնական կտրվածքների: Սահմանային մակաբացման գործակիցը որոշելու համար հաշվարկվել են դիտարկվող հանքավայրի մշակման ցուցանիշները: Եզրագծային և սահմանային մակաբացման գործակիցների հաշվարկված արժեքները համեմատելով՝ ընտրվել է բաց և ստորգետնյա աշխատանքների միջև սահմանը՝ բաց մշակման ստորին սահմանը երակներով, երակային և հանքային գոտիներով ներկայացված ոսկի-բազմամետաղային հանքավայրի պայմանների համար:

Առանցքային բառեր. հանքավայր, մակաբացման սահմանային գործակից, բաց մշակման սահմանային եզրագծեր:

JUSTIFICATION OF MARGINAL CONTOURS OF OPEN DEVELOPMENT OF STEEPLY SLOPING VEINS AND VEIN ZONES

A.T. Baghdasaryan

The open-pit mining boundary limits were justified for a gold-polymetallic deposit consisting of steeply dipping veins and vein and ore zones. Deposit production began primarily in 2008. Mining was interrupted in 2016–2020 and 2023–2024, and continued on a very small scale in 2021–2022. The deposit is currently not in production.

To solve this problem, an analysis of the geological and technical conditions of the gold-polymetallic deposit, consisting of veins and vein and ore zones, was first conducted. A methodological framework for solving the problem is then presented, according to which the open-pit mine boundary limits are justified based on the condition of equality of the boundary and boundary stripping ratios. A formula for determining the boundary stripping ratio is derived, based on the condition of equality of profits obtained from open-pit and underground mining. Well-known formulas for determining the stripping ratio for the deposit under consideration are presented. Industrial vein outlines in sampling plans were drawn primarily along geological boundaries, while vein and ore zones were delineated using cutoff grades. Ore reserves were delineated using vertical projections of ore bodies. After reserve delineation, ore body cross-sections were constructed along seven exploration profiles. The average stripping ratio for the cross-sections was calculated. To determine the boundary stripping ratio, the deposit's development indicators were calculated. By comparing the calculated values of the stripping ratio and the boundary stripping ratio, the boundary between open-pit and underground mining was selected - the lower boundary of open-pit mining for a gold-polymetallic deposit consisting of veins, veins, and ore zones.

Keywords: deposit, boundary stripping ratio, open-pit mining limits.