

## ЗАВИСИМОСТЬ КАЧЕСТВЕННО-КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЗАПАСОВ РУДЫ ОТ ТЕХНОЛОГИИ ПОДЗЕМНОЙ ДОБЫЧИ

А.Г. Оганесян, Ю.А. Агабян (мл.)

*Национальный политехнический университет Армении*

На примере одного золотополиметаллического рудного тела показано влияние технологии подземной добычи на количество и качество балансовых запасов руды и металлов. На руднике применяется малоэффективная система разработки подэтажными штреками с соответствующими определенными качественно-количественными показателями запасов руды в недрах. Рекомендованные к внедрению оптимальные системы разработки (при мощности рудного тела или его отдельных частей свыше 1,2 м наиболее целесообразно применение системы горизонтальными слоями с твердеющей закладкой, а при мощностях ниже указанной выше величины - подэтажными штреками со щелевой выемкой руды) обеспечивают прирост в недрах: руды – на 50%; меди - 45%; цинка – 29%; свинца – 22%; золота – 23%; серебра – 29%.

**Ключевые слова:** система разработки, содержание, полезное ископаемое, кондиции, рудное тело.

**Введение.** Многообразие условий залегания и мощностей рудных тел, физико-механических свойств руд и вмещающих пород обуславливает необходимость применения разных систем подземной разработки.

Выбор оптимальной системы разработки для каждого рудного тела или отдельной его части является весьма ответственной и исключительно сложной задачей. От применяемой системы разработки зависят такие важные показатели функционирования рудника и в целом горно-обогатительного предприятия, как производительность горнорабочего, расходы материалов и энергии, полная себестоимость добычи руды, качественно-количественные показатели извлечения руды из недр, извлечение металлов в концентраты, полная себестоимость конечной продукции, приведенные затраты, удельная и общая прибыль горно-обогатительного комбината. Кроме того, система разработки значительно влияет на параметры кондиций, которые являются инструментом для оконтуривания и подсчета балансовых запасов полезного ископаемого. Следовательно, система подземной разработки влияет также на количество и качество балансовых запасов руды [1].

Справедливость изложенного продемонстрируем несколько ниже на конкретном примере.

**Постановка задачи и методы исследования.** Рассматриваемое в данной статье золотополиметаллическое месторождение состоит из 83 рудных тел, представленных рудными жилами и жильными (минерализованными) зонами [2]. По простиранию эти два морфологических типа рудных тел чередуются между собой. Жильные зоны состоят из серии параллельно или кулисообразно расположенных, невыдержанных по мощности тонких жил, прожилков и с обильной вкрапленностью рудных минералов во вмещающих призальбандовых породах.

Преимущественное простирание рудных тел – близширотное, падение в большинстве случаев на юг под углом  $70...80^{\circ}$ . Мощность рудных тел составляет  $0,67...5,75$  м, в том числе более 65% запасов руды сосредоточено в тонких жилах (мощностью до 2-х метров). Длина рудных тел по простиранию колеблется от нескольких десятков метров до 600 м, а вертикальная протяженность –  $150...450$  м.

Горнотехнические условия разработки месторождения довольно благоприятны: высокая устойчивость, высокая крепость руды и вмещающих пород (коэффициент крепости составляет  $10...14$ ). Гидрогеологические условия месторождения неблагоприятны: ожидаемый водоприток в подземном руднике составляет от  $13...14$  до  $30$  л/с и более.

В настоящее время на базе данного месторождения функционирует горнообогатительный комбинат при следующих инженерных решениях:

1. Годовая производительность –  $600$  тыс. т/год.
2. Вскрытие месторождения комбинированное: нагорная часть рельефа поверхности (выше горизонта  $780$  м) штольневая, а нижняя часть – уклонами.
3. В руднике внедрена и в настоящее время применяется так называемая система разработки с подэтажной отбойкой (рис. 1), описание и технико-экономические показатели которой приведены в работе [2].

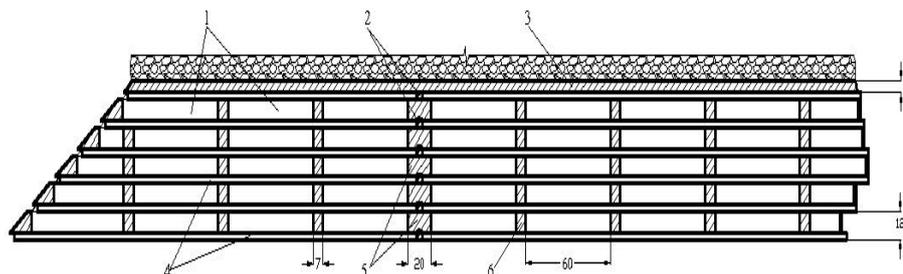


Рис. 1. Система разработки подэтажными штреками: 1 - камеры; 2 – квершлага; 3 - потолочина; 4 - подэтажные штреки; 5 - охранные целики; 6 - междукамерные целики

Проходка подготовительно-нарезных выработок осуществляется буровым станком марки “Boomer 282” и зарядочной машиной марки “Boliver”, а очистная выемка руды - буровым станком марки “Diames-262” и зарядочной машиной типа “Minquip”. Доставка руды осуществляется автосамосвалами марки “MT 2000”, погрузка - погрузочно-доставочными машинами марки “ST 2D”.

4. Рудничный транспорт до горизонта 780 м электровозный, а ниже горизонта 780 м - автомобильный.

5. Водоотлив самоточный до горизонта 780 м, а из нижних горизонтов производится насосами.

6. Извлечение золота в товарный концентрат – 88%.

7. Цена 1 г золота – 41 дол. США/г.

Для подсчета балансовых запасов руды и полезных компонентов (золото, серебро, медь, цинк, свинец) обоснованы следующие основные параметры кондиций, полученные согласно нашим исследованиям:

1) для оконтуривания и подсчета запасов руководствуются содержанием условного золота в руде, определяемого с помощью коэффициентов перевода содержания прочих полезных компонентов в условное содержание золота;

2) бортовое содержание условного золота в пробе – 1,9 г/т;

3) минимальное промышленное содержание условного золота следует принять по данным табл. 1.

Таблица 1

Мощность рудного тела, м	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0
Содержание, г/т	12,4	9,3	7,4	6,2	5,3	4,7	4,1	3,7	3,6	3,4	3,3	3,2	2,9	2,7	2,6	2,5	2,4

4) максимально допустимые интервалы пустых пород и некондиционных руд, включаемых в подсчет балансовых запасов - 5 м;

5) к некондиционным рудам, оставляемым в недрах в виде целиков, относятся интервалы по простиранию с содержанием условного золота по данным табл. 2.

Таблица 2

Мощность рудного тела, м	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0
Содержание, г/т	11,4	8,6	6,8	5,7	4,9	4,3	3,8	3,4	3,3	3,2	3,1	2,9	2,7	2,4	2,4	2,3	2,2

Вышеотмеченными параметрами кондиций произведен подсчет запасов руды и металлов одного рудного тела, проекция которого на вертикальную плоскость представлена на рис. 2, а результаты подсчета - в табл. 3.



Таблица 3

Результаты подсчета запасов руды и металлов  
при использовании системы разработки подэтажными штреками

Номер блока	Запасы руды, тыс. т	Среднее содержание						Запасы металлов				
		Cu, %	Zn, %	Pb, %	Au, г/т	Ag, г/т	Au <sub>усл.</sub> , г/т	Cu, т	Zn, т	Pb, т	Au, кг	Ag, т
БЛОК 1-C <sub>1</sub>	153,6	0,8	6,1	1,1	9,4	120,6	14,8	1299	9372	1675	1445	18
БЛОК 2-C <sub>1</sub>	155,4	0,9	6,6	1,1	7,6	116,6	13,2	1413	10214	1703	1185	18
БЛОК 3-C <sub>2</sub>	72,1	0,8	3,3	0,3	3,0	65,6	6,5	611	2361	190	220	5
ВСЕГО	381,2	0,9	5,8	0,9	7,5	10,5	11,4	3323	21947	3568	2851	41

**Результаты исследования.** В работе [2] обоснована нецелесообразность используемой на руднике системы разработки подэтажными штреками и при мощности рудного тела или ее отдельной части свыше 1,2 м рекомендована к внедрению система горизонтальными слоями с твердеющей закладкой, известная схема которой приведена на рис. 3 [3], а при мощностях рудного тела меньше отмеченной выше величины - подэтажными штреками со щелевой выемкой руды (рис. 4) [4].

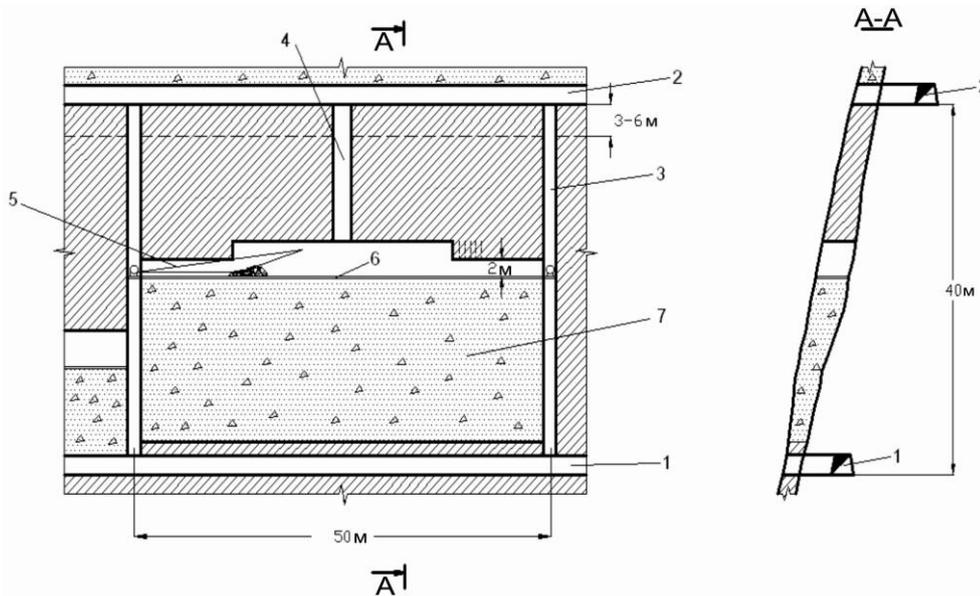


Рис. 3. Вариант системы разработки горизонтальными слоями с твердеющей закладкой со скреперной доставкой руды: 1 - откаточный штрек; 2 - вентиляционно-закладочный штрек; 3 - блоковый восстающий; 4 - закладочный восстающий; 5 - скреперная установка; 6 - бетонный настил; 7 - твердеющая закладка

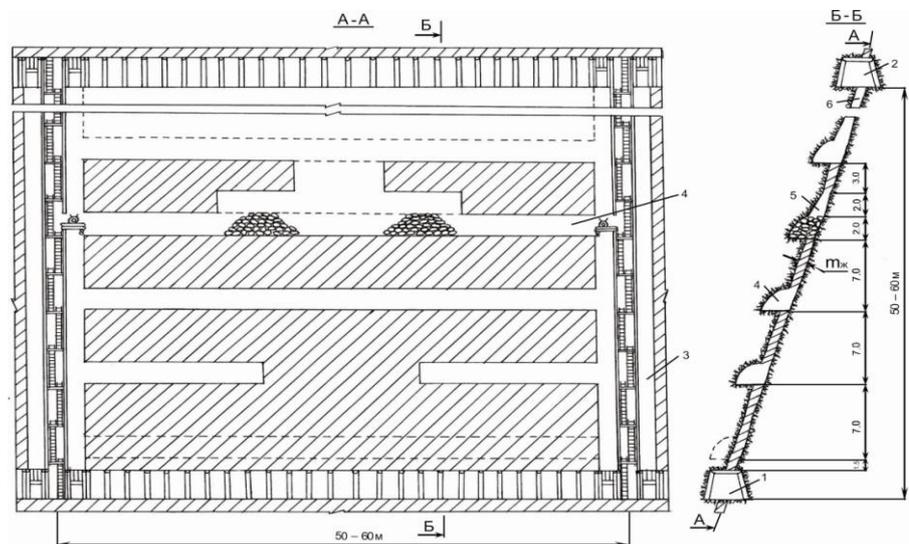


Рис. 4. Система разработки подэтажными штреками со щелевой выемкой руды: 1 - откаточный штрек; 2 - вентиляционный штрек; 3 - блоковый восстающий; 4 - подэтажные штреки; 5 - первичная щель; 6 - вторичная щель

На основе предложенных технологических решений выполнен расчет следующих параметров кондиций:

- 1) для рудных тел мощностью до 1,2 м бортовое содержание условного золота в пробе составляет 1,8 г/т, а при больших мощностях - 2,1 г/т;
- 2) в зависимости от мощности рудного тела минимальное промышленное содержание условного золота следует принять по данным табл. 4.

Таблица 4

Мощность рудного тела, м	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0
Содержание, г/т	3,3	3,0	2,8	2,7	2,6	2,5		2,4		2,5		2,4			2,3		2,2

- 3) к некондиционным рудам следует отнести интервалы рудного тела по простирацию с содержанием условного золота ниже показателей табл. 5.

Таблица 5

Мощность рудного тела, м	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0
Содержание, г/т	3,0	2,7	2,5	2,4	2,3		2,2		2,1			0,8				0,7	

- 4) следует исключить из подсчета запасов некондиционные интервалы рудного тела длиной более 5 м.

На основе рассчитанных параметров кондиций произведен подсчет запасов руды и металлов того же рудного тела, проекции которого на вертикальную плоскость представлены на рис. 5, а результаты подсчета - в табл. 6.

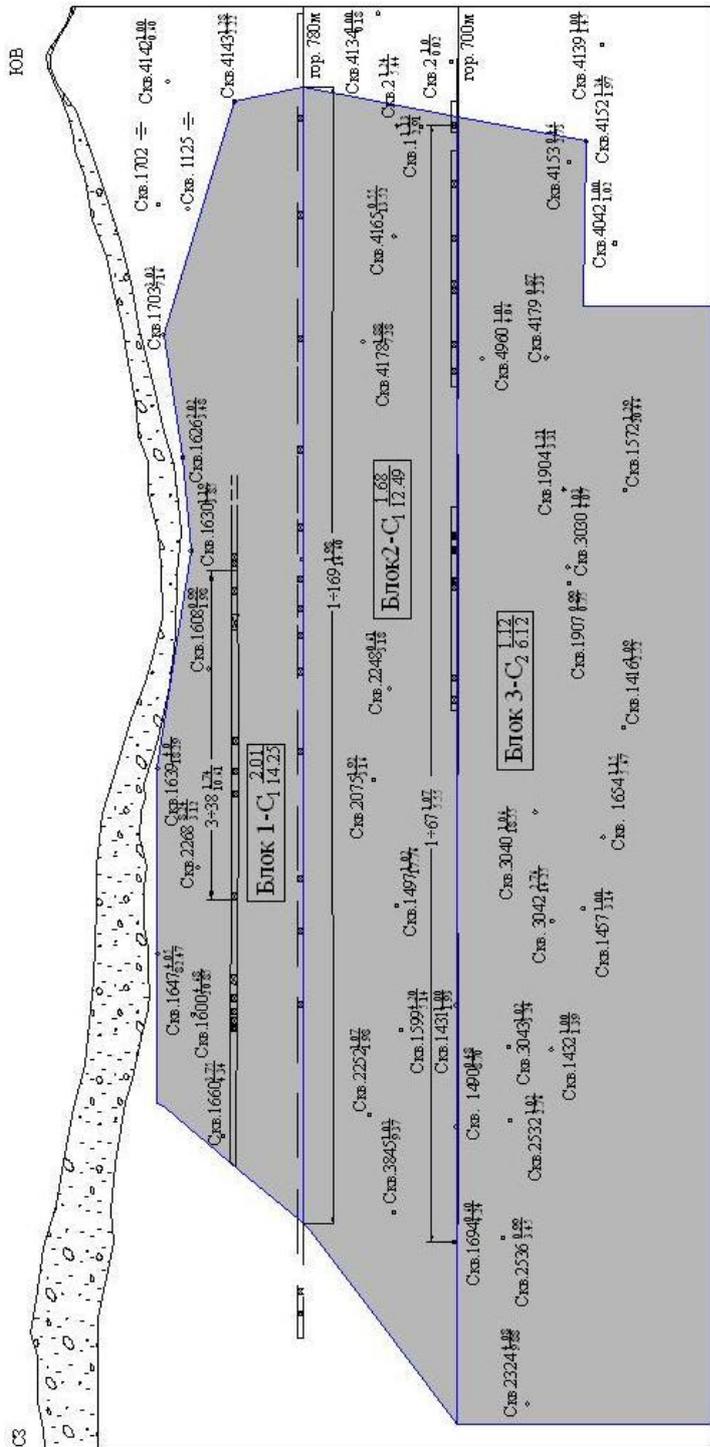


Рис. 5. Проекция рудного тела на вертикальную плоскость при совместном использовании системы разработки подэтажными штреками со щелевой выемкой руды и горизонтальными слоями с твердеющей закладкой

Таблица 6

*Результаты подсчета запасов руды и металлов  
при предложенном варианте использования систем разработки подэтажными  
штреками со щелевой выемкой руды и горизонтальными слоями  
с твердеющей закладкой*

Номер блока	Запасы руды, тыс. т	Среднее содержание						Запасы металлов				
		Cu, %	Zn, %	Pb, %	Au, г/т	Ag, г/т	Au <sub>усл.</sub> , г/т	Cu, т	Zn, т	Pb, т	Au, кг	Ag, т
БЛОК 1-С <sub>1</sub>	169,0	0,8	5,8	1,1	9,0	116,1	14,2	1413	9896	1793	1520	20
БЛОК 2-С <sub>1</sub>	192,2	0,9	6,2	1,0	7,2	110,4	12,5	1703	11925	2019	1378	21
БЛОК 3-С <sub>2</sub>	211,1	0,8	3,1	0,3	2,9	61,6	6,1	1712	6599	552	609	13
ВСЕГО	572,2	0,8	5,0	0,8	6,1	94,1	8,4	4829	28420	4364	3507	53

Сравнительный анализ данных табл. 3 и 6 показывает, что отработка рудного тела при совместном применении систем разработки подэтажными штреками со щелевой выемкой руды и горизонтальными слоями с твердеющей закладкой обеспечивает прирост в недрах: руды – на 50%; меди – 45%; цинка – 29%; свинца – 22%; золота – 23%; серебра – 29%.

**Выводы.** Проект эксплуатации каждого месторождения производится на основе утвержденных балансовых запасов полезного ископаемого и компонентов, а оконтуривание и подсчет этих запасов – с помощью утвержденных параметров кондиций, которые, в свою очередь, зависят от технологии добычи полезного ископаемого.

Следовательно, если при промышленной оценке месторождения с обоснованием параметров кондиции произведен неправильный выбор оптимальной системы разработки, то можно сделать заключение о необоснованности подсчитанных запасов полезного ископаемого, которые заложены в основу проектирования.

#### Литература

1. Агабалян Ю.А. Общая теория оптимального освоения недр (твердые полезные ископаемые). – Ереван: Айастан, 2014. – 288 с.
2. Агабалян Ю.А., Оганесян А.Г., Алавердян А.А., Агабалян Ю.А. (мл.). Критерии выбора системы подземной разработки золотополиметаллического месторождения // Горный журнал. – М., 2013. – №2. – С. 105-108.
3. Агошков М.И., Борисов С.С., Боярский В.А. Разработка рудных и нерудных месторождений. – М.: Недра, 1983. – 424 с.
4. Системы разработки жильных месторождений / М.И. Агошков, М.Е. Мухин, А.Ф. Назарчик и др. – М.: Госгортехиздат, 1960. – 376 с.

*Поступила в редакцию 20.11.2014.  
Принята к опубликованию 02.04.2015.*

**ՀԱՆՔԱՔԱՐԻ ՊԱՇԱՐՆԵՐԻ ՈՐԱԿԱՔԱՆԱԿԱԿԱՆ ՑՈՒՑԱՆԻՇՆԵՐԻ  
ԿԱՌՎԱԾՈՒԹՅՈՒՆԸ ՍՏՈՐԳԵՏՆՅԱ ԱՐԴՅՈՒՆԱՀԱՆՄԱՆ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱՅԻՑ**

**Ա.Հ. Հովհաննիսյան, ՅՈւ.Ա. Աղաբալյան (կրտ.)**

Ոսկի-բազմամետաղային հանքամարմնի օրինակով ցույց է տրված ստորգետնյա արդյունահանման տեխնոլոգիայի ազդեցությունը հանքաքարի և մետաղների հաշվեկշռային պաշարների քանակի և որակի վրա: Հանքում կիրառվում է փոքր արդունավետությամբ ենթահարկային շտրեկներով մշակման համակարգ, որին համապատասխանում են ընդերքում հանքաքարի պաշարների որոշակի որակաքանակական ցուցանիշներ: Ներդրման համար առաջարկվող օպտիմալ մշակման համակարգերը (հանքամարմնի կամ դրա առանձին մասերի 1,2 մ-ից մեծ հզորության դեպքում առավել նպատակահարմար է կիրառել հորիզոնական շերտերի հանությամբ և պնդացող լցանյութով լցափակմամբ, իսկ հանքամարմնի նշված մեծությունից փոքր հզորությունների դեպքում՝ ենթահարկային շտրեկներով՝ հանքաքարի ճեղքային հանությամբ համակարգը) ապահովում են հավելյալ ընդերքում. հանքաքար՝ 50%, պղինձ՝ 45%, ցինկ՝ 29%, կապար՝ 22%, ոսկի՝ 23%, արծաթ՝ 29%:

**Առանցքային բառեր.** մշակման համակարգ, պարունակություն, օգտակար հանածո, կոնդիցիաներ, հանքային մարմին:

**DEPENDENCE OF THE QUALITATIVE-QUANTITATIVE INDICATORS OF ORE  
RESERVES ON THE TECHNOLOGY OF UNDERGROUND MINING**

**A.H. Hovhannisyanyan, Y.A. Agabalyan (junior)**

On the example of one gold polymetallic ore body, the impact of underground mining technology on the quantity and quality of ore and metal balance reserves is shown. In the mine, an inefficient mining system with sublevel drifts corresponding to certain qualitative and quantitative indicators of ore reserves in the bowels is used. The recommended optimal mining systems to be introduced (with thickness of the ore body or its parts of more than 1,2 m, the most appropriate use of the method of horizontal slices with solidifying backfill, and when thickness is below the value of the marked - sublevel drifts with crevice recess of ore) provide growth: the ore in bowels by 50%; copper - 45%; zinc - 29%; plumbum - 22%; gold - 23%; silver - 29%.

**Keywords:** mining method, ore content, useful mineral, condition, content, ore body.