

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПРИМЕНЕНИЯ ЛИМИТОВ
СОДЕРЖАНИЙ ДЛЯ ПОДСЧЕТА ЗАПАСОВ ЖИЛ И ЖИЛЬНЫХ ЗОН**

А.Г. Оганесян¹, А.Т. Багдасарян¹, С.В. Мамян², Р.А. Кочарян³

¹Национальный политехнический университет Армении

²Министерство территориального управления и инфраструктур РА

³ЗАО “Геоэкономика”

Разработана методика применения параметров кондиций – лимитов содержаний - для подсчета запасов рудных месторождений, представленных жильными зонами и жилами. При подсчете запасов рудных месторождений полезных ископаемых из параметров кондиций в основном используют лимиты содержаний: бортовое содержание полезного компонента в краевой пробе (группе проб), минимальное содержание полезного компонента по разведочному пересечению, минимальное содержание полезного компонента по интервалу рудного тела, минимальное промышленное содержание полезного компонента в подсчетном блоке. Представленная методика учитывает значимость и особенности лимитов содержаний. Бортовое содержание фиксирует рудное тело по мощности, минимальное содержание полезного компонента по разведочному пересечению предопределяет кондиционные пробы по пересечению, минимальное содержание полезного компонента по интервалу рудного тела – кондиционные пробы по интервалу, а по минимальному промышленному содержанию полезного компонента в подсчетном блоке определяется отнесение запасов подсчетного блока к балансовым или забалансовым. Поскольку контуры рудного тела по мощности определяются бортовым содержанием, то при определении промышленных границ рудного тела этот лимит следует применить в первую очередь (на планах опробования разведочных горизонтов). Далее применяется минимальное содержание в пересечении, потом - минимальное содержимое в интервале. Этот порядок необходимо обязательно соблюдать. Затем из планов опробования контуры рудных тел переводятся на их вертикальные проекции, где и определяются границы расчетных блоков балансовых или забалансовых запасов с использованием минимального промышленного содержания. Рассмотрены простые случаи применения лимитов содержаний, тогда как на самом деле эти случаи гораздо сложнее и требуют индивидуальных подходов. Однако разработанная методика обозначила правильную последовательность шагов применения лимитов содержаний и основные принципы, общие для всех случаев.

Ключевые слова: месторождение, жила, жильная зона, параметры кондиций, методика применения.

Введение. Известно, что кондиции представляют собой совокупность требований к качеству и количеству минерального сырья. Кондиции также являются инструментом для подсчета запасов данного месторождения [1-3]. При подсчете запасов рудных месторождений полезных ископаемых из параметров кондиций в основном используют лимиты содержаний: бортовое содержание полезного компонента в краевой пробе (группе проб), минимальное содержание полезного компонента по разведочному пересечению, минимальное содержание полезного компонента по интервалу рудного тела, минимальное промышленное содержание полезного компонента в подсчетном блоке [4-6]. С помощью вышеуказанных параметров кондиций осуществляется оконтуривание балансовых запасов, в пределах которых подсчитываются запасы руды и полезных компонентов.

На величину запасов руд и полезных компонентов месторождений, а следовательно, и на ожидаемый экономический эффект от эксплуатации месторождений большое влияние оказывают как натуральные значения параметров кондиций, так и правильное их применение при подсчете запасов. В то же время многие авторы работ по промышленной оценке месторождений и подсчету запасов, на наш взгляд, демонстрируют неправильный подход как к обоснованию параметров кондиций, так и к их применению при подсчете запасов, что в конечном итоге приводит к необоснованному сокращению или увеличению количества запасов полезных ископаемых [7-9]. Это, в свою очередь, приводит к неправильной оценке потенциала месторождения и ожидаемой экономической эффективности от его эксплуатации. В свете изложенного исследование указанных вопросов является актуальной задачей. Цель исследования – разработка методики применения лимитов содержаний при подсчете запасов жил и жильных зон.

Постановка задачи и разработка методики (результаты исследования). Постановка задачи заключается в разработке такой методики применения лимитов содержаний, которая позволит более объективно оценить минерально-сырьевую базу месторождения и правильно подсчитать количество балансовых и забалансовых запасов.

Известно [10, 11], что промышленные контуры рудного тела по мощности определяются использованием бортового содержания полезного компонента в руде (рис. 1).

На рис. 1 рассматривается случай, когда рудное тело представлено жильной зоной с прожилко-вкрапленным оруденением, включающей стержневую жилу (в центральной части рудного тела по мощности, средняя мощность жилы - $m_{сж} = 3 м$, среднее содержание металла в жиле - $\alpha_{сж} = 3\%$) [12]. От центра

рудного тела к флангам (в крест простирания рудного тела) содержание постепенно снижается – от 3% до 0,01%. Поэтому промышленные контуры рудного тела необходимо определять с применением бортового содержания. В соответствии со схемой, представленной на рис. 1, ниже приведены результаты определения промышленных контуров рудного тела (табл.), на рис. 2 – график зависимости мощности рудного тела от содержания металла в прирезаемых запасах, а на рис. 3 – график зависимости среднего содержания по пересечению от содержания металла в прирезаемых запасах.

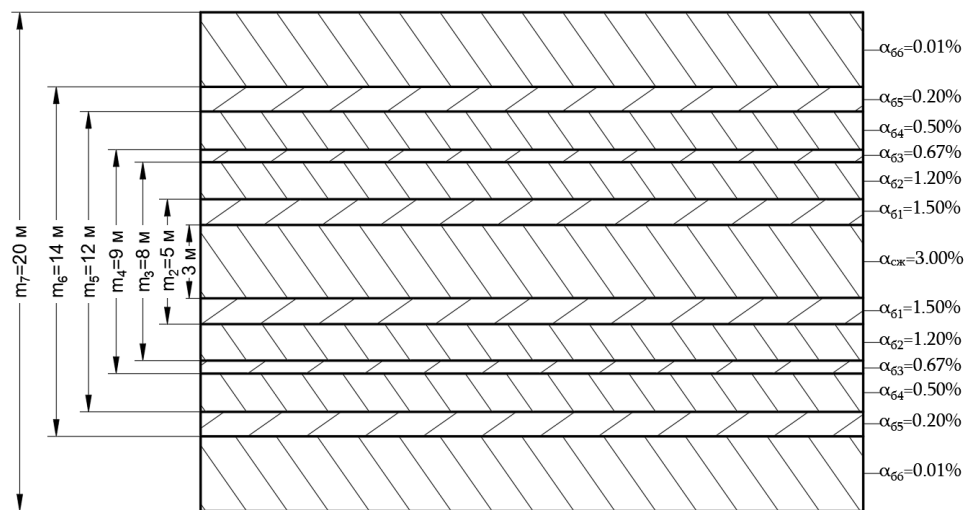


Рис. 1. Схема применения бортового содержания: $\alpha_{сж}$ – содержание металла в стержневой жиле, %; $\alpha_{61}... \alpha_{66}$ – варианты бортового содержания металла, %; $t_1... t_6$ – мощность рудного тела в пересечениях 1...6 м

Таблица

Определение промышленных контуров рудного тела

Номер пересечения, n_h	Содержание металла в прирезаемых запасах, α_n , %	Мощность рудного тела по пересечению, t_n , м	Среднее содержание металла по пересечению, $\alpha_{пер.n}$, %
-	3,00	3	3,00
1	1,50	5	2,40
2	1,20	8	1,95
3	0,67	9	1,81
4	0,50	12	1,48
5	0,20	14	1,30
6	0,01	20	0,91

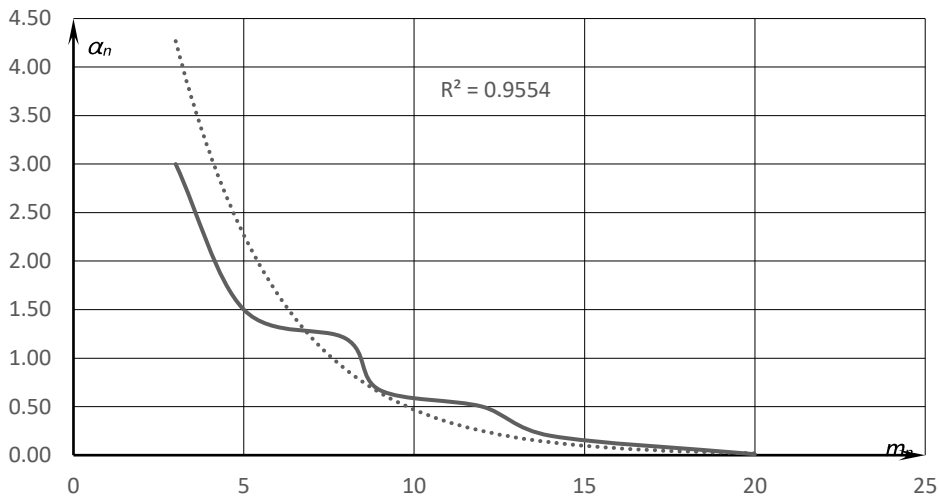


Рис. 2. График зависимости мощности рудного тела от содержания в прирезаемых запасах

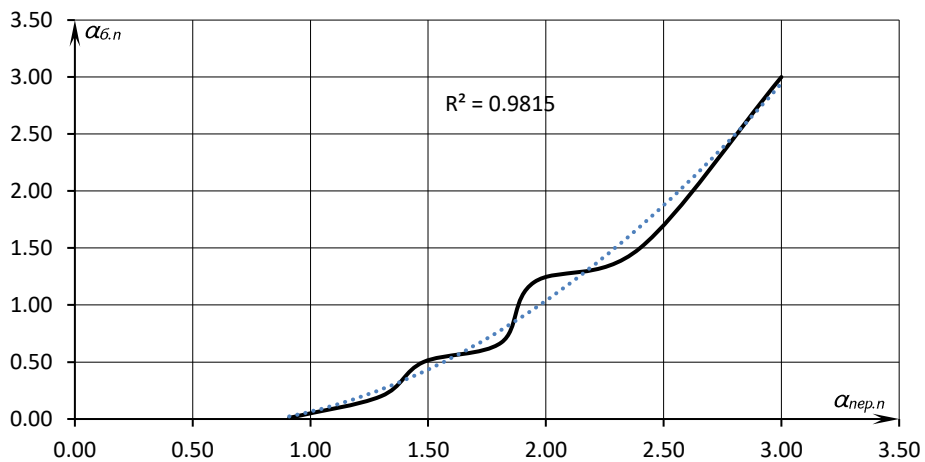


Рис. 3. График зависимости среднего содержания по пересечению от бортового содержания

Как видно из данных табл. 1 и рис. 2 и 3, с увеличением бортового содержания мощность рудного тела снижается, а среднее содержание по пересечению увеличивается.

Обратим внимание на то, что в краевой пробе пересечения, где содержание $\alpha_7 = 0,01\%$, рудное тело со всеми геологическими границами включается в

промышленные контуры, но очевидно, что хотя среднее содержание по пересечению 7 составило 0,91%, краевая проба с таким содержанием (0,01%) является некондиционной и должна быть исключена из подсчета запасов. Таким же подходом поочередно рассматриваются остальные краевые пробы. Наконец, промышленные контуры рудного тела проходят по той краевой пробе, в которой содержание металла больше бортового содержания или равно ему:

$$\alpha_n \geq \alpha_b. \quad (1)$$

Бортовое содержание не применяется в случаях, когда рудное пересечение представлено одной пробой.

После оконтуривания рудного тела по мощности с применением бортового содержания необходимо рассчитать среднее содержание по пересечению и сравнить его с натуральным значением лимита содержания "минимальное содержание по пересечению" ($\alpha_{min.n}$, %). Если полученное среднее содержание ($\alpha_{пер}$, %) больше указанного лимита содержания или равно ему:

$$\alpha_{пер} \geq \alpha_{min.n}, \quad (2)$$

то данное пересечение включается в подсчет запасов.

Предположим, что в результате расчетов бортовое содержание составляет 0,21%, а минимальное содержание по пересечению – 1,32%. Следовательно, по данным, приведенным в табл. 1, мощность рудного тела составит 12 м вместо 14 м, поскольку проба с содержанием 0,20% также будет исключена из подсчета запасов и будет иметь место условие (2):

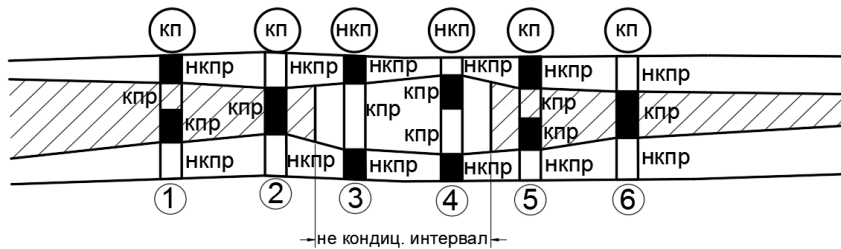
$$1,48 \% \geq 1,32\%.$$

После применения лимита содержания "минимальное содержание по пересечению" должно последовать применение лимита содержания "минимальное содержание в интервале по простиранию рудного тела" (α_{minu} , %), с применением которого оконтуриваются некондиционные интервалы по простиранию рудного тела (рис. 4).

Из рис. 4 видно, что по 3-му и 4-му пересечениям рудного тела выделен некондиционный интервал. Это означает, что среднее содержание металла по этим пересечениям было меньше натурального значения лимита содержания "минимальное содержание в интервале по простиранию рудного тела", то есть не выполнялось следующее условие:

$$\alpha_{с.и} \geq \alpha_{minu}, \quad (3)$$

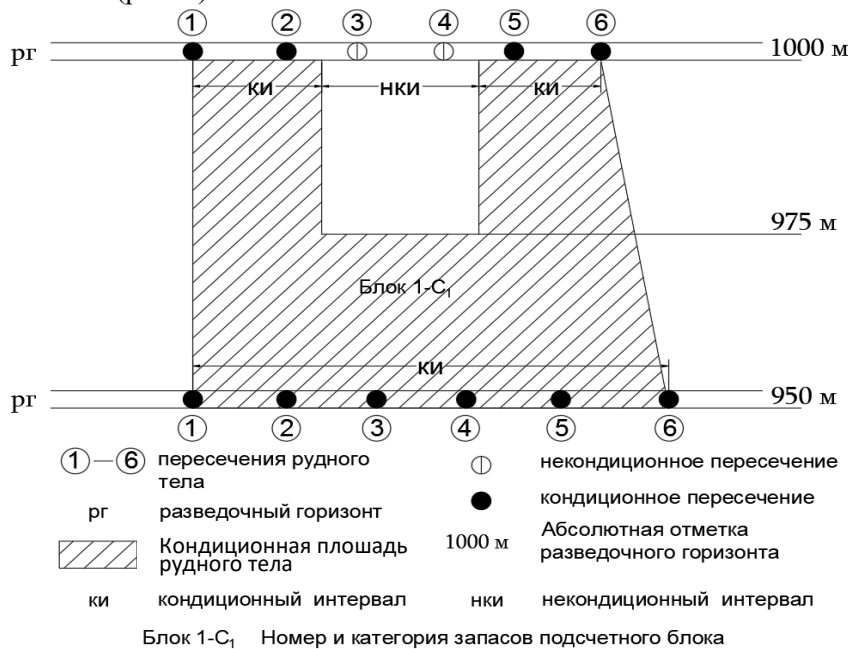
где $\alpha_{с.и}$ – среднее содержание металла в интервале по простиранию рудного тела, %; α_{minu} – минимальное содержание в интервале по простиранию рудного тела, %.



- | | | | |
|------|--------------------------|---|--|
| ①—⑥ | пересечения рудного тела | ⊖ | некондиционное пересечение |
| нкпр | некондиционная проба | ▨ | кондиционный интервал по простираанию рудного тела |
| кпр | кондиционная проба | □ | некондиционный интервал по простираанию рудного тела |
| ⊖ | кондиционное пересечение | | |

Рис. 4. Схема применения лимита содержания "минимальное содержание интервала по простираанию рудного тела"

После оконтуривания рудного тела на планах опробования с использованием лимитов содержаний "бортовое содержание", "минимальное содержание по пересечению" и "минимальное содержание в интервале по простираанию рудного тела" полученные контуры переносят на вертикальную проекцию рудного тела (рис. 5).



- | | | | |
|---|-----------------------------------|--------|---|
| ①—⑥ | пересечения рудного тела | ⊖ | некондиционное пересечение |
| рг | разведочный горизонт | ● | кондиционное пересечение |
| ▨ | Кондиционная площадь рудного тела | 1000 м | Абсолютная отметка разведочного горизонта |
| ки | кондиционный интервал | нки | некондиционный интервал |
| Блок 1-С ₁ Номер и категория запасов подсчетного блока | | | |

Рис. 5. Схема применения минимального промышленного содержания

На рис. 5 рассмотрен случай, когда расчетный Блок 1-С₁ рудного тела оконтурен двумя разведочными горизонтами, при этом на верхнем горизонте оконтурен некондиционный интервал по простиранию рудного тела (см. рис. 4).

Кондиционная площадь рудного тела по блоку определяется путем сравнения среднего содержания подсчетного блока и минимального промышленного содержания, то есть при выполнении следующего условия:

$$\alpha_{ср.б} \geq \alpha_{min}, \quad (4)$$

где $\alpha_{ср.б}$ – среднее содержание металла в подсчетном блоке рудного тела, %; α_{min} – минимальное промышленное содержание в подсчетном блоке рудного тела, %.

Если среднее содержание полезного компонента в оконтуренном блоке меньше минимального промышленного содержания, то такой блок исключается из подсчета запасов.

Заключение

1. Для объективной оценки минерально-сырьевой базы месторождений и правильного подсчета количества запасов чрезвычайно важно не только обоснование оптимальных значений параметров кондиций, особенно лимитов содержаний, но и правильное их применение при подсчете запасов.

2. В данном исследовании были рассмотрены простые, можно сказать, классические случаи применения лимитов содержаний, тогда как на самом деле эти случаи гораздо сложнее и требуют индивидуальных подходов. Однако разработанная методика обозначила правильную последовательность шагов применения лимитов содержаний и основные принципы, общие для всех случаев.

3. Оконтуривание и подсчет запасов полезных ископаемых должны осуществлять специалисты, глубоко понимающие сущность, значение и цели применения параметров кондиций, особенно лимитов содержаний.

Литература

1. **Коган И.Д.** Подсчет запасов и геолого-промышленная оценка рудных месторождений. -М.: Недра, 1974.-304 с.
2. **Смирнов В.И., Прокофьев А.П., Борзунов В.М.** Подсчет запасов месторождений полезных ископаемых. -М.: Госгеолтехиздат, 1960.- 672 с.
3. **Агабалян Ю.А.** Общая теория оптимального освоения недр (твердые полезные ископаемые).- Saarbrucken (Германия): Palmarium Academic Publishing, 2015.-288 с.
4. **Агабалян Ю.А.** Теория и практика оптимального освоения недр.-М.: Недра, 1994.- 176 с.
5. Горная энциклопедия / Ред. **Е.А. Козловский**; Ред. кол.: **М.И. Агошков, Н.К. Байбаков, А.С. Болдырев и др.** - М.: Сов. Энциклопедия. Т. 1. Аа-лава - Геосистема. 1984.- 560 с.

6. **Агабалян Ю.А.** Обоснование лимитов содержаний и некоторые вопросы разработки месторождений.- Ереван: Изд-во “Айастан”, 1975.- 200 с.
7. **Твердов А.А., Тибилев Д.П.** Проблемы и основные недостатки материалов ТЭО постоянных разведочных кондиций // ГЛОБУС.- М., 2015.- № 2 (36).- С. 12-19.
8. **Антипова Н.М.** Особенности обоснования разведочных и эксплуатационных кондиций // Инновационные процессы в организации горного производства: Отдельный выпуск Горного информационно-аналитического бюллетеня.- 2011. - № 6. – С. 11-14.
9. **Мининг С.С.** Критерии и методы обоснования эксплуатационных кондиций для оценки запасов железных руд при добыче открытым способом в рыночных условиях: Автореферат дис. ... к.т.н.- Москва, Белгород, 2002.
<https://earthpapers.net/kriterii-i-metody-obosnovaniya-ekspluatatsionnyh-konditsiy-dlya-otsenki-zapasov-zheleznyh-rud-pri-dobyche-otkryтым-sposob>.
10. **Брайнан Х.** Бортовые содержания и оптимизация стратегии горных работ: Перевод с англ.- М.: Эксмо, 2022. – 384 с.
11. **Lane K.F.** The economic Definition of Ore: Cut-off Grades in Theory and Practice,.- 4th edition (Mining Journal Books).- London.- 2015.- 147 p.
12. **Աղաբալյան Յու.Ա., Հովհաննիսյան Ա.Շ., Բաղդասարյան Ա.Թ.** Պինդ օգտակար հանածոների հանքավայրերի արդյունաբերական գնահատում և մշակման պարամետրերի օպտիմալացում: Դասագիրք / ՀԱՊՀ.- Եր.: Ճարտարագետ, 2017.- 260 էջ:

*Поступила в редакцию 27.11.2024.
Принята к опубликованию 30.01.2025.*

ՊԱՐՈՒՆԱԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՍԱՀՄԱՆԱՔԱՆԱԿՆԵՐԻ ԿԻՐԱՌՄԱՆ ՄԵԹՈԴԻԿԱՅԻ ՄՇԱԿՈՒՄԸ ԵՐԱԿՆԵՐԻ ԵՎ ԵՐԱԿԱՅԻՆ ԳՈՏԻՆԵՐԻ ՊԱՇԱՐՆԵՐԻ ՀԱՇՎԱՐԿՄԱՆ ՀԱՄԱՐ

Ա.Հ. Հովհաննիսյան, Ա.Թ. Բաղդասարյան, Ա.Վ. Մամյան, Ռ.Ա. Քոչարյան

Մշակվել է կոնդիցիաների պարամետրերի՝ պարունակությունների սահմանաքանակների կիրառման մեթոդիկա՝ երակներով և երակային գոտիներով ներկայացված հանքավայրերի պաշարների հաշվարկման համար: Հանքաքարային հանքավայրերի օգտակար հանածոների պաշարների հաշվարկման ժամանակ կոնդիցիաների պարամետրերից հիմնականում օգտագործվում են պարունակությունների սահմանաքանակները. օգտակար բաղադրիչի եզրագծային պարունակությունը եզրային նմուշում (նմուշների խմբում), օգտակար բաղադրիչի նվազագույն պարունակությունը հետախուզական հատույթում, օգտակար բաղադրիչի նվազագույն պարունակությունը հանքամարմնի տարածման ուղղությամբ միջակայքում, օգտակար բաղադրիչի նվազագույն արդյունաբերական պարունակությունը հաշվարկային բլոկում: Եզրագծային պարունակությունը ամրակայում է

հանքային մարմինն ըստ հզորության, օգտակար բաղադրիչի նվազագույն պարունակությունը հետախուզական հատույթում կանխորոշում է կոնդիցիոն նմուշները հետախուզահատույթում, օգտակար բաղադրիչի նվազագույն պարունակությունը հանքամարմնի տարածման ուղղությամբ միջակայքում՝ կոնդիցիոն նմուշների միջակայքում: Իսկ ըստ հաշվարկային բլոկում օգտակար բաղադրիչի նվազագույն արդյունաբերական պարունակության՝ որոշվում է հաշվարկային բլոկի պաշարների՝ հաշվեկշռայիններին կամ արտահաշվեկշռայիններին վերագրելը:

Քանի որ ըստ հզորության հանքային մարմնի եզրագծերը որոշվում են օգտակար բաղադրիչի եզրագծային պարունակությամբ, ուստի հանքային մարմնի արդյունաբերական եզրագծերը որոշելիս եզրագծային պարունակությունը պետք է կիրառվի առաջինը (հետախուզական հորիզոնների նմուշարկման հատակագծերի վրա): Այս կիրառվում է նվազագույն պարունակությունը հետախուզահատույթում, հետո՝ նվազագույն պարունակությունը հանքամարմնի տարածման ուղղությամբ միջակայքում: Այնուհետև նմուշարկման հատակագծերից հանքային մարմինների եզրագծերն անցկացվում են դրանց ուղղաձիգ պրոյեկցիաների վրա, որտեղ էլ նվազագույն արդյունաբերական պարունակության կիրառմամբ որոշվում են հաշվեկշռային կամ արտահաշվեկշռային պաշարների հաշվարկային բլոկների սահմանները: Դիտարկվել են պարունակությունների սահմանաքանակների կիրառման պարզ օրինակներ, այն դեպքում, երբ դրանք շատ ավելի բարդ են և պահանջում են անհատական մոտեցումներ:

Սակայն մշակված մեթոդիկան նախանշել է պարունակությունների սահմանաքանակների կիրառման քայլերի ճիշտ հաջորդականությունը և հիմնական սկզբունքները, որոնք ընդհանուր են բոլոր դեպքերի համար:

Առանցքային բաներ. հանքավայր, երակ, երակային գոտի, կոնդիցիաների պարամետրեր, կիրառման մեթոդիկա:

DEVELOPMENT OF A METHOD FOR APPLYING CONTENT LIMITS TO CALCULATE THE RESERVES OF VEIN AND VEIN ZONES

**A.H. Hovhannisyan, A.T. Baghdasaryan, S.V. Mamyan,
R.A. Kocharyan**

A method of application of parameters of conditions - limits of contents, for calculation of reserves of ore deposits represented by veins and veins zone, has been developed. When calculating the reserves of ore deposits from the parameters of the conditions, the limits of the contents: cut-off grade of the useful component in the edge probe (in the group of probes), minimal content of the useful component at the exploration intersection, minimal content of the useful component at the interval of the ore body, minimal industrial content of the useful component in the counting block are mainly used. The presented methodology takes into account the significance and features of content limits. The cut-off grade fixes the ore body by thickness, the minimum content of the useful component at the exploration intersection predetermines the quality samples at the intersection, the

minimum content of the useful component in the interval of the ore body - quality samples in the interval, and the minimum industrial content of the useful component in the calculation block determines the classification of the reserves of the calculation block as balance or off-balance. Since the contours of the ore body in terms of thickness are determined by the cut-off grade, then when determining the industrial boundaries of the ore body, this limit should be applied first of all (on the plans for testing exploration horizons). Then the minimum content in the intersection is applied, then the minimum content in the interval.

Then, from the plans for testing, the contours of the ore bodies are transferred to their vertical projections, where the boundaries of the calculated blocks of balance or off-balance reserves are determined using the minimum industrial content. Simple cases of applying content limits were considered, whereas in reality these cases are much more complex and require individual approaches.

However, the developed methodology outlined the correct sequence of steps for applying content limits and the basic principles common to all cases.

Keywords: deposit, vein, vein zone, condition parameters, application method.