

Прогнозиране на основните параметри в блоковете, ограничени чрез екстраполация, на примера на находище Злата

П. А. Василев

Научноизследователски институт по полезни
изкопаеми, 1505 София

P. A. Vassilev — Prediction of the main parameters in blocks, bounded through extrapolation on the example of Zlata Deposit. The mean content (mean thickness) in blocks, bounded through extrapolation in depth, is determined on the basis of their mean values in the prospected horizon (the upper horizontal side of the blocks) and their predicted mean values along the extrapolated contour (the lower horizontal side of the blocks). For this purpose a method for determination of the predicted mean content (thickness) along the extrapolated contour is developed.

The formulas and method proposed have been tested in the gold deposit of Zlata where they showed good results.

В процеса на геоложкото проучване част от блоковете в дълбочина се ограничават чрез екстраполация. Най-често под блоковете със запаси от категория C_1 се екстраполират блокове, в които запасите се отнасят към категория C_2 или C_1 . Обикновено тези блокове се ограничават от две страни (хоризонтални). Горната страна представлява долната хоризонтална проучвателна изработка на по-горележащия блок със запаси от категория C_1 , а долната е екстраполираният контур на блока със запаси от категория C_2 или C_1 . При това средното съдържание и средната мощност (имат се пред вид средно съдържание на полезния компонент и средна мощност на рудните тела) в блок, ограничен чрез екстраполация, се приемат равни на средните стойности, наблюдавани в горната страна на екстраполирания блок (по протежение на единствената проучвателна хоризонтална изработка).

Би било по-рационално, ако средното съдържание и средната мощност в блока, ограничен чрез екстраполация в дълбочина, се определят както с отчитане на средните стойности на съдържанието и мощността в горната страна на блока (т.е. на единствената проучвателна хоризонтална изработка), така и с отчитане на прогнозираните средни величини на съдържанието и мощността по протежение на екстраполирания контур.

По-долу се разглеждат три начина за определяне на прогнозираните средни стойности на съдържанието и мощността по протежение на екстраполирания контур.

I. Прогнозиране по метода на Браун (Шупов, 1972). Алгоритъмът на прогнозирането е следният:

а) определят се коефициентите A_i и B_i по формулите

$$A_i = \alpha \lambda_i + (1 - \alpha) A_{i-1},$$

$$B_i = \alpha A_i + (1 - \alpha) B_{i-1},$$

при което α варира от 0,1 до 0,9, като най-често се приема 0,5;

б) определят се коефициентите a и b :

$$a_i = 2A_i - B_i, \quad b_i = \frac{\alpha}{1 - \alpha} (A_i - B_i);$$

в) прогнозира се по формулата

$$\lambda_{i+N} = a_i + N b_i$$

при $N=1$,

$$\lambda_{i+1} = a_i + b_i.$$

II. Прогнозиране по метода на най-малките квадрати. За целта се строи график по известните значения на x и y . Според вида на кривата се избира степента на полинома. При явно линейна зависимост се определят коефициентите b_0 и b_1 , като уравнението има вида

$$y = b_0 + b_1 x.$$

При нелинейната зависимост се използва полином от втора степен. Определят се коефициентите b_0 , b_1 и b_2 , а уравнението има вида

$$y = b_0 + b_1 x + b_2 x^2.$$

Прогнозира се величината на y , знаейки тази на x .

Същността на метода на най-малките квадрати е изложена в съответните ръководства по математическа статистика (Христов, 1964).

III. Прогнозиране по начина, предложен от автора (Vasilev, 1979). В зависимост от характера на изменение на съдържанието и мощността в пространството рудните тела условно могат да бъдат поделени на три групи, в които:

а) съдържанието (мощността) се изменя по посока (наклон) без определена закономерност;

б) се наблюдава закономерно снижаване на съдържанието (мощността) по посока (наклон);

в) се очертава закономерно нарастване на съдържанието (мощността) по посока (наклон).

Случай 1. Рудни тела, в които съдържанието (мощността) се изменя без определена закономерност.

Означават се чрез:

$C_1, C_2, C_3 \dots C_n$ — средното съдържание (средната мощност) съответно в 1, 2, 3 ... n -ти подземен хоризонт;

$K_1, K_2 \dots K_{n-1}$ — коефициентът на изменение на средното съдържание (средната мощност) между два съседни подземни хоризонта;

$l_1, l_2 \dots l_n$ — разстоянието (в m) между два съседни подземни хоризонта.

Коефициентите $K_1, K_2 \dots K_{n-1}$ отразяват степента на нарастване или снижаване на средното съдържание (средната мощност) между два съседни подземни хоризонта.

Коефициентът на изменение на съдържанието (мощността) за цялото проучено рудно тяло (K) се определя като

$$K = \frac{K_1 l_1 + K_2 l_2 + \dots + K_{n-1} l_{n-1}}{l_1 + l_2 + \dots + l_{n-1}}.$$

При постоянно разстояние между подземните хоризонти (профилните линии) или сондажите в профилната линия

$$K = \frac{K_1 + K_2 + \dots + K_{n-1}}{n-1}.$$

Определянето на $K_1, K_2 \dots K_{n-1}$ се извършва по съотношенията

$$K_1 = \frac{C_1}{C_2},$$

$$K_2 = \frac{C_2}{C_3},$$

$$K_{n-1} = \frac{C_{n-1}}{C_n}.$$

Средното съдържание (средната мощност) по протежение на екстраполирания контур (паралелен на съседния подземен хоризонт) се извежда като

$$\frac{C_e}{C_{\min}} = K, \text{ откъдето } C_e = K \cdot C_{\min},$$

където

C_e е средното съдържание (средната мощност) по протежение на екстраполирания контур;

C_{\min} — минималното средно съдържание (минималната средна мощност), наблюдавано в един от изследваните подземни хоризонти.

Средното съдържание (средната мощност) в екстраполирания блок (C_0) се извежда като средно аритметично между това по протежение на екстраполирания контур и установеното средно съдържание (средна мощност) в съседния нему подземен хоризонт.

Случай 2. Рудни тела, в които се наблюдава закономерно снижаване на съдържанието (мощността).

В този случай величината на $K_1, K_2 \dots K_{n-1}$ се определя по съотношенията

$$K_1 = \frac{C_2}{C_1},$$

$$K_2 = \frac{C_3}{C_2},$$

⋮

$$K_{n-1} = \frac{C_n}{C_{n-1}}.$$

Останалите операции с оглед определянето на C_e са същите, както и при случай 1.

Случай 3. Рудни тела, в които се наблюдава закономерно нарастване на съдържанието (мощността).

В този случай стойностите на $K_1, K_2 \dots K_{n-1}$ се определят, както в предишния случай 2.

Но C_e се извежда като

$$C_e = K.C_c,$$

където

C_c е средното съдържание (средната мощност) в рудното тяло.

С оглед на поставената цел C_c по данните на подземните хоризонтални минни изработки се извежда като

$$C_c = \frac{\Sigma C_1 + \Sigma C_2 + \dots + \Sigma C_n}{n_1 + n_2 + \dots + n_n},$$

където

$\Sigma C_1 \dots \Sigma C_n$ са сумата на съдържанията (мощностите) в първи подземен хоризонт \dots , n -ти подземен хоризонт.

$n_1 \dots n_n$ — броят на опробваните сечения (сондажите) в първи подземен хоризонт \dots , n -ти подземен хоризонт.

Описаните по-горе три начина за прогнозиране на средното съдържание и средната мощност са експериментирани в условията на златорудното находище Злата. В табл. 1 и 2 са дадени нивата на проучвателно-експлоатационните хоризонти в дълбочина и наблюдаваните средни стойности на съдържанието на злато и на мощността на рудното тяло. Тези данни са заимствувани от Христов (1976), който отбелязва, че те са дадени във вид на условни единици.

При прилагането на начина на автора е експериментиран случай 2 по отношение на съдържанието на злато и случай 1 (а от хоризонт 1684 — случай 3) по отношение на мощността на рудното тяло.

Получените резултати от прилагането на трите метода за прогнозиране са дадени в табл. 1 и 2. Вижда се, че методът на най-малките квадрати е доста ненадежден и даже сочи абсурдни резултати. Методите на Браун и автора дават доста обнадеждаващи резултати. Както по отношение на съдържание на злато, така и по отношение на мощността на рудното тяло в четири от случаите прогнозираната величина, определена по начина на автора, е най-близка до действителната (определена по проучвателно-експлоатационни данни), а в други четири случая това предимно е на страната на метода на Браун.

В табл. 3 и 4 са дадени прогнозираните стойности на средното съдържание и средната мощност в отделните блокове в дълбочина. От табл. 3 и 4 се вижда, че:

Таблица 1

Прогнозиране на средното съдържание в дълбочина

Хоризонт	Съдържание на злато, g/t	Прогнозно средно съдържание (g/t) по метода на		
		Браун	най-малките квадрати	автора
2037	27,08	—	—	—
2000	24,76	—	27,99	—
1975	19,79	—	25,52	—
1933	15,88	19,21	21,25	17,15
1909	14,18	14,65	18,80	13,35
1877	10,75	13,20	14,46	12,16
1807	12,23	10,32	7,92	8,90
1739	10,60	11,36	0,32	9,65
1684	6,94	11,06	0	9,46
1627	5,08	6,55	0	5,96
1571	3,31	4,16	0	4,28

Таблица 2

Прогнозиране на мощността на рудното тяло в дълбочина

Хоризонт	Мощност на рудното тяло	Прогнозна средна мощност (т) на рудното тяло по метода на	
		Браун	автора
2037	3,23	—	—
2000	2,65	—	—
1975	2,36	—	—
1933	2,66	2,22	2,78
1909	2,21	1,99	2,50
1877	2,31	1,99	2,45
1807	2,72	2,18	2,35
1739	2,95	2,74	2,24
1684	3,19	3,04	2,69
1627	3,21	3,14	2,78
1571	2,81	3,27	2,83

Таблица 3

Прогнозиране на средното съдържание в блоковете в дълбочина

Блок, заключен между хоризонти	Съдържание на злато (g/t) по данни от двата ограничаващи хоризонта	Средно съдържание на злато (g/t), получено			
		чрез екстраполация на данните на горния хоризонт	по данните от горния хоризонт и по прогнозираното съдържание от долния хоризонт по метода на		
			Браун	най-малките квадрати	автора
1975 и 1933	17,83	19,79	19,50	20,52	18,47
1933 и 1909	15,03	15,88	15,26	17,34	14,61
1909 и 1877	12,46	14,18	13,69	14,32	13,17
1877 и 1807	11,49	10,75	10,53	9,33	9,82
1807 и 1739	11,41	12,23	11,79	6,27	10,94
1739 и 1684	8,77	10,60	10,83	5,30	10,03
1684 и 1627	6,01	6,94	6,74	3,47	6,45
1627 и 1571	4,19	5,08	4,62	2,54	4,68

а. Екстраполирането, т.е. разпространяването на средното съдържание (средната мощност) от горния хоризонт върху блока, ограничен чрез екстраполация, е по-неточно в сравнение със средното съдържание (средната мощност), определено както по данните на горния хоризонт, така и използвайки прогнозираната величина по протежение на екстраполирания контур (определена по начина на автора).

б. За осемте експериментирани блока екстраполирането на данните от горния хоризонт върху целия блок (ограничен чрез екстраполация) е най-правилно решение (дава резултат, най-близък до този по данните на два съседни проучвателно-експлоатационни хоризонта) само в един случай — за съдържание на злато, и в два случая — за мощност. В същото време начинът на автора е най-прецизен в пет случая — за съдържание на злато, и в четири случая — за мощност. Методът на Браун е най-точен в два случая както за съдържание на злато, така и за мощност.

Таблица 4

Прогнозиране на средната мощност в блоковете в дълбочина

Блок, заключен между хоризонти	Мощност на рудното тяло (m) по данни от двата ограничаващи хоризонта	Средна мощност на рудното тяло (m), получено		
		чрез екстраполация на данните на горния хоризонт	по данните от горния хоризонт и по прогнозираната мощност от долния хоризонт по метода на	
			Браун	автора
1975 и 1933	2,51	2,36	2,29	2,57
1933 и 1909	2,43	2,66	2,63	2,58
1909 и 1877	2,26	2,21	2,10	2,33
1877 и 1807	2,51	2,31	2,24	2,33
1807 и 1739	2,83	2,72	2,73	2,48
1739 и 1684	3,07	2,95	2,99	2,82
1684 и 1627	3,20	3,19	3,16	2,99
1627 и 1571	3,01	3,21	3,24	3,02

Приведеният по-горе анализ показва, че най-правилно е средното съдържание и средната мощност в блокове, ограничени чрез екстраполация, да се определят по формулата

$$(1) \quad C = \frac{C_{гх} \cdot L_{гх} + C_{ек} \cdot L_{ек}}{L_{гх} + L_{ек}},$$

където

C е средното съдържание (средната мощност) в блок, ограничен чрез екстраполация, % (g/t);

$C_{гх}$ — средното съдържание (средната мощност) в горния хоризонт (в хоризонталната подземна изработка), % (g/t);

$L_{гх}$ — дължината на горния хоризонт, m;

$C_{ек}$ — средното съдържание (средната мощност) по протежение на екстраполирания контур, % (g/t);

$L_{ек}$ — дължината на екстраполирания контур, m.

Средното съдържание (средната мощност) по протежение на екстраполирания контур се определя чрез прогнозиране. За целта могат да се използват начинът, предложен от автора, методът на Браун или да се експериментира някой друг известен математичен метод. Засега предложението от автора начин е най-геологичен. Освен това прилагането му в условията на находище Злата, както и използването на формула (1) показват, че е и най-резултатен, което дава основание да се препоръчва неговото внедряване.

Прогнозирането на средното съдържание (средната мощност) по посока на екстраполирания контур е възможно само при наличието на минимум три по-горележащи проучвателни хоризонта.

Колкото по-изменчиво е средното съдържание (средната мощност) между отделните хоризонти, т.е. колкото по-висока е величината на коефициента на вариация на изследвания параметър между отделните хоризонти, толкова по-наложително и ефективно е използването на предлаганата формула (1). Обратно, при слаба (доста равномерна) изменчивост на средното съдържание (средната мощност) между отделните хоризонти (т.е. при коефициент на вариация на гореспоменатите параметри между отделните хоризонти до 20%) е целесъобразно екстраполирането, т.е. разпространява-

нето на средното съдържание (средната мощност), наблюдавано по протежение на проучвателния хоризонт, върху целия блок, ограничен чрез екстраполация.

Л и т е р а т у р а

- И в а х н е н к о, А. Г., В. Г. Л а п а. 1965. *Кибернетически предсказывающие устройства*. Киев, Наукова думка.
- Х р и с т о в, В. л. 1964. *Основи на теорията на вероятностите и математическата статистика с приложение в техниката и икономиката*. С., Техника. 266 с.
- Х р и с т о в, М. 1976. Множествена корелация в геологията на примера на находище Злата, Трънско. — *Рудообраз. проц. и минерал. наход.*, 4, 26—37.
- Ш у п о в, Л. П. 1972. *Прикладные математические методы в обогащении полезных ископаемых*. М., Недра. 168 с.
- V a s i l e v, P. A s. 1979. Prognosticating of the contents and the thickness within the limits of the extrapolated sections. — In: *Hornická Příbram ve vědě a technice*. Příbram. 431—442.

(Постъпила на 25. XI. 1980 г.)