

**ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ИЗУЧЕННОСТИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ
МЕТОДОМ ВТОРЫХ РАЗНОСТЕЙ ПРИ ПЕРЕМЕННОМ
ЗНАЧЕНИИ ИНТЕРВАЛА ОПРОБОВАНИЯ**

А. И. ВОЛКОВ

(Представлено научным семинаром кафедр маркшейдерского дела и геодезии)

Метод вторых разностей, предложенный проф. Д. А. Казаковским [1] для оценки степени изученности месторождения и определения ошибки аналогии, предполагает, что наблюдения за изменением того или иного элемента месторождения (мощности, содержания и т. д.) производятся по разведочной сетке.

Разведочная сетка может быть квадратной, прямоугольной, ромбической и т. д. Обязательным условием для каждой разведочной сетки является равенство ее соответствующих сторон.

Метод вторых разностей может быть применен для определения степени изученности интересующего нас элемента месторождения не только в пределах какой-либо площади, но и по какому-либо заданному направлению, например, по направлению отдельной выработки, разведочной линии и т. д. Основным условием в этом случае также является соблюдение равенства расстояний между точками опробования.

Однако нужно иметь в виду, что при проведении разведочных работ строгое соблюдение равенства расстояний между разведочными выработками является затруднительным. Отклонения от проектного интервала между разведочными выработками могут вызваться различными причинами, например: наличием на разведываемом участке искусственных сооружений, оврагов, водоемов, искривлением скважин. Имея в виду только искривление скважин, можно уже утверждать, что расстояние между разведочными выработками (точками опробования) никогда не остается постоянным, и это непостоянство может достигать значительных размеров.

Естественно, возникает вопрос, можно ли в этом случае для вскрытия характера изменчивости месторождения и оценки его изученности применять метод вторых разностей. Мы думаем, что на этот вопрос следует дать положительный ответ.

Покажем справедливость этого мнения прежде всего в отношении возможности вскрытия характера закономерности изучаемого элемента месторождения. Вскрыть характер закономерности — это значит определить, по закону прямой или закону кривой происходит изменение интересующего нас элемента месторождения. Как известно, задача эта

очень просто решается графически. Аналитически она легко может быть решена методом приведенных разностей.

Приведение разностей к одному интервалу может быть осуществлено по формуле

$$\Delta_i' = \frac{\Delta_i}{L_i} \cdot L_0, \quad (1)$$

где Δ_i' — приведенная первая разность к интервалу, равному L_0 ;

Δ_i — первая разность, соответствующая интервалу L_i .

Если приведенные разности, вычисленные по формуле (1), будут равны между собой, то это будет свидетельствовать о прямолинейном характере изменения изучаемого элемента месторождения, в противном случае закономерность будет криволинейной. При решении поставленной задачи L_0 может быть выбрано произвольно.

Приведенный в табл. 1 пример иллюстрирует применение метода приведенных разностей для вскрытия характера закономерности изменения изучаемого элемента месторождения.

Таблица 1

№ пп.	Измеренное значение мощности, m	Интервал опробования, L	Первые разности, Δ	Приведенные разности, Δ'	Вторые разности, Δ''
1	2,0				
2	3,0	10	1,0	1,0	
3	3,5	5	0,5	1,0	0
4	4,5	10	1,0	1,0	0
5	5,0	5	0,5	1,0	0
6	6,0	10	1,0	1,0	0
7	6,5	5	0,5	1,0	0
8	7,5	10	1,0	1,0	0
9	8,0	5	0,5	1,0	0

То, что приведенные разности в данном примере оказались равными друг другу, а вторые разности, вычисленные по приведенным разностям обратились в нули, свидетельствует о прямолинейном характере изменения мощности в рассматриваемом случае.

При решении вопроса о возможности применения метода приведенных разностей к оценке изученности месторождения при переменном интервале опробования следует иметь в виду, что приведение первых разностей к одному интервалу опробования осуществляется методом прямолинейной интерполяции, что равносильно допущению наличия прямолинейной закономерности между каждой парой точек опробования. Такое допущение является вынужденным, так как фактический характер изменения изучаемого свойства между каждой парой точек опробования остается для нас всегда неизвестным. Приведенные разности, таким образом, являются величинами в значительной мере теоретическими, позволяющими перейти от разведанной кривой в заданном направлении, с неравномерным расположением точек опробования к приведенной с равномерным расположением последних.

Имея в виду, что приведенная кривая соединяет между соответствующими точками прямолинейную закономерность разведанной кривой, мы можем говорить о подобии этих кривых (см. рис. 1) и на основании этого при решении вопроса о изученности месторождения

разведанную кривую, с определенной степенью достоверности, заменять приведенной кривой. Искажение от такой замены в оценке разведанности месторождения будет тем меньше, чем меньше будут колебания интервала опробования и более закономерно будет происходить изменение изучаемого свойства.

При вычислении приведенных разностей по формуле (1) неизбежно возникает вопрос, что следует принять за L_0 . За L_0 всегда следует принимать доминирующий в данном случае интервал опробования или среднее значение интервала для разведанного участка.

При выборе L_0 нужно помнить, что эта величина должна характеризовать густоту опробования разведанного участка, что искусственное уменьшение этой величины, так же как и искусственное ее увеличение, приведет к искажению показателя изученности месторождения. Это станет ясным, если учесть, что с уменьшением L_0 связано уменьшение суммы вторых разностей, а увеличение L_0 всегда ведет к увеличению этой суммы. Сумма же вторых разностей связана, как известно, обратной зависимостью с коэффициентом изученности месторождения R и прямой с ошибкой аналогии M .

Если первые разности, вычисленные по непосредственным данным, являются действительными разностями, то приведенные разности являются лишь вероятными значениями, отвечающими интервалу L_0 .

При определении весов приведенных разностей необходимо иметь в виду, что степень достоверности их будет тем меньше, чем больше величина интерполяции (экстрополяции). На основании этого мы считаем, что за веса приведенных разностей следует принимать величины, обратные абсолютным разностям между фактическими и приведенным интервалами опробования.

При таком выборе весов веса приведенных разностей следует принимать равными единице во всех случаях, когда указанные разности между интервалами опробования находятся в пределе от нуля до единицы.

Это замечание, хотя и указывает на некоторое несовершенство способа определения весов приведенных разностей, однако ведет лишь к усилению влияния тех проб, интервал опробования которых близок к приведенному, что является вполне логичным; кроме того, это замечание находится в соответствии с точностью, с которой фактически определяется интервал опробования, особенно при разведке бурением.

В соответствии с принятым нами значением весов приведенных разностей, веса вторых разностей найдем по формуле

$$P_i = \frac{A}{\varepsilon_i + \varepsilon_{i+1}}, \quad (2)$$

где A — постоянная произвольная величина,

$\varepsilon_i, \varepsilon_{i+1}$ — величины, определяемые из выражений

$$\begin{aligned} \varepsilon_i &= |L_0 - L_i|, \\ \varepsilon_{i+1} &= |L_0 - L_{i+1}|. \end{aligned} \quad (3)$$

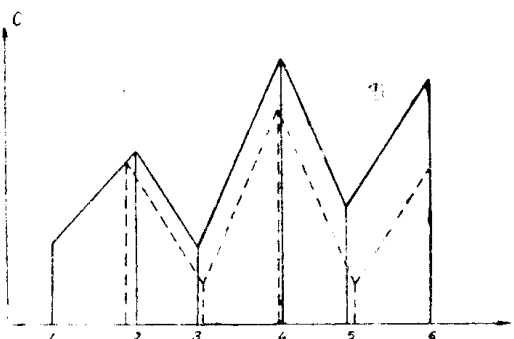


Рис. 1.

где L_i и L_{i+1} — фактическое значение смежных интервалов опробования.

При вычислении весов ε принимается равный единице, во всех случаях, когда оно находится в пределе от 0 до 1.

В том случае, когда приведенный интервал опробования не может быть принят общим вдоль и поперек разведочной сетки, показатель абсолютной изменчивости I_a должен вычисляться как среднее взвешенное из этих показателей вдоль и поперек разведочной сетки по формуле

$$I_a = \frac{\sum P_1 \Delta_1'' + \sum P_2 \Delta_2''}{\sum P_1 + \sum P_2}, \quad (4)$$

где $\sum P_1$ и $\sum P_2$ — сумма весов вторых разностей вдоль и поперек разведочной сетки;

$\sum P_1 \Delta_1''$ и $\sum P_2 \Delta_2''$ — сумма произведений весов на вторые разности вдоль и поперек разведочной сетки.

Формула (4) не учитывает величины интервалов опробования вдоль и поперек разведочной сетки. С учетом этого абсолютный показатель изменчивости I_a должен вычисляться по формуле:

$$I_a = \frac{I_{a1} \cdot L_{02} + I_{a2} \cdot L_{01}}{L_{01} + L_{02}}, \quad (5)$$

где I_{a1} , I_{a2} — абсолютные показатели изменчивости изучаемого свойства вдоль и поперек разведочной линии;

L_{01} , L_{02} — приведенные интервалы опробования вдоль и поперек разведочной сетки.

Формулу (5) следует, видимо, рекомендовать при большой разнице интервалов опробования вдоль и поперек разведочной сетки, однако лишь в том случае, когда интервалы опробования выбирались без учета характера изменения изучаемого свойства месторождения в этих направлениях.

Показатель изученности месторождения R определяется из известного выражения

$$R = \frac{n}{1000 \cdot I}, \quad (6)$$

где n — число точек опробования,

I — относительный показатель изменчивости изучаемого элемента месторождения, равный

$$I = \frac{I_a}{L_0},$$

где L_0 — среднее значение изучаемого показателя месторождения.

С целью иллюстрации определения показателя изученности месторождения и ошибки аналогии с помощью приведенных разностей произведем обработку результатов измерения мощности вдоль заданного направления (рис. 2 и табл. 2).

Значение средней мощности m_0 и ошибки аналогии M при некоторых равных интервалах L измерения мощности в данном примере равны

$L = 5 \text{ м}$	$m_0 = 5,54 \text{ м}$	$M = \pm 2\%$
$L = 10 \text{ м}$	$m_0 = 5,53 \text{ м}$	$M = \pm 10\%$
$L = 15 \text{ м}$	$m_0 = 5,64 \text{ м}$	$M = \pm 13\%$
$L = 20 \text{ м}$	$m_0 = 5,40 \text{ м}$	$M = \pm 13\% (R = 0,012)$

Таблица 2

№ точек измерения мощн.	Интервал, L	№ точек измерения мощности	Интервал, L	№ точек измерения мощности	Интервал, L	№ точек измерения мощности	Интервал, L	Изменная мощность, m	Δ	Δ'	Δ''	P	$P_{\Delta''}$
1		27	15	1	1	1	4,3	-0,9	-1,2				
2	5	28	5	4	15	4	3,4	4,0	4,0			1	5,2
4	10	30	10	8	20	8	7,4	-3,3	-4,4			1	8,4
7	15	32	10	11	15	11	4,1	2,2	1,8			0,6	3,7
9	10	34	10	15	20	16	6,3	-1,3	-1,3			1	3,1
11	10	37	15	19	20	20	5,0	-0,2	-0,3			1	1,0
14	15	39	10	22	15	23	4,8	0,4	0,4			1	0,7
15	5	41	10	24	10	27	5,2	1,5	1,2			1	0,8
18	15	43	10	27	15	32	6,7	1,7	1,7			1	0,5
20	10	46	15	31	20	36	8,4	-4,8	-4,8			3	19,5
22	10	49	15	34	15	40	3,6	3,2	3,2			3	24,0
24	10			36	10	44	6,8	-0,7	-0,6			1	3,8
				40	20	49	6,1					14,6	70,7
				43	15		72,1						
				46	15								
				49	15								

$L_0 = 10 \text{ м}$
 $m_0 = 5,34 \text{ м}$
 $M = \pm 12\%$

$L_0 = 20 \text{ м}$
 $m_0 = 5,75 \text{ м}$
 $M = \pm 13\% (R = 0,015)$

$L_0 = 15 \text{ м}$
 $m_0 = 5,58 \text{ м}$
 $M = \pm 13\%$

A — при вычислении весов принималось равным 6.

Из таблицы 2 следует, что метод приведенных разностей дает результаты, близкие к тем, какие мы получили при постоянном интервале опробования.

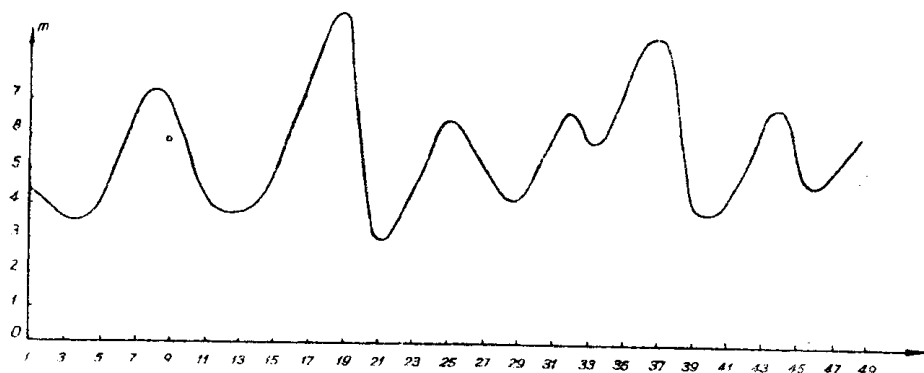


Рис. 2.

Предлагаемый, таким образом, метод приведенных разностей, основанный на прямолинейной интерполяции между точками опробования, значительно расширяет область применения метода вторых разностей и дает возможность в большинстве случаев определять ошибку аналогии двумя способами, т. е. с контролем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кизаковский Д. А., Оценка точности результатов в связи с геометризацией и подсчетом запасов месторождений. Углетехиздат, 1948.