

## К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПОНЯТИЯ «РУДНЫЙ СТОЛБ»

В. А. НАРСЕЕВ, Г. Б. ЛЕВИН, В. Л. ЛОСЬ (КазИМС)

Термин «рудный столб» укоренился в геологической литературе (В. Линдгрэн, 1932, 1934; А. Бетман, 1948; М. В. Крейтер, 1956; Н. И. Бородаевский, 1960; Ф. Н. Шахов, 1962; Ф. И. Вольфсон, 1960 и др.). По Н. И. Бородаевскому (1960), «основным признаком для выделения рудного столба надо считать наличие руды с содержанием более высоким, чем среднее по месторождению или рудному телу. Неправильно относить к рудным столбам участки с обычным средним содержанием, выделяющимся на фоне некондиционной руды...». Экономическая основа большинства определений условна и не отражает генетической сущности явления, в силу чего не может быть использована при геолого-геохимических исследованиях. Вместе с тем, несомненно, что рудные столбы являются отражением закономерности распределения вещества в рудном теле (поле содержаний, геохимическом поле). Нами изучалось распределение содержаний золота в рудах собственно золоторудных месторождений Казахстана (Акжал, Васильевское, Бакырчик, Балажал, Бестюбе, Жолымбет, Джетыгара, Аксу, Архарлы, Ретивый и др.).

Установлено, что в общем случае распределение содержаний Au, как и других элементов в рудах (Fe, Cu, Pb, Zn) полимодальное (вариационная кривая многовершинная), т. е. характеризуемая им совокупность неоднородная. Такую совокупность можно представить как сумму однородных нормально или логнормально распределенных подсовокупностей (элементарное распределение — Рэ) [1, 2]. Функция плотности содержаний будет иметь вид:

$$p(x) = a_1 p_1(x) + a_2 p_2(x) + \dots + a_k p_k(x),$$

где:  $a_i$  — «вес»  $P_{э_i}$ ,  $P_i(x)$  — функция плотности нормального (логнормального) распределения.

Разделение элементарных распределений возможно только при условии:  $\alpha_{i+1} - \alpha_i > \sigma_{i+1} + \sigma$ , где  $\alpha$  и  $\sigma$  — среднее и стандартное отклонение элементарного распределения.

Таким образом, распределение содержаний Au в месторождениях является ступенчатым. Все Рэ образуют в пространстве области определенной интенсивности минерализации с естественными границами (на вариационной кривой минимума). Эти области и будут представлять собой рудные зоны, столбы и т. д.

Нахождение граничных значений ( $x_r$ ) содержаний между двумя элементарными распределениями возможно, если известны параметры этих распределений. При этом граничным будет называться содержание, когда проба с таким содержанием может быть равно вероятно отнесена к любому из разделяемых Рэ. Отсюда видим, что  $x_r$  является величиной стохастической.

Имеем  $P_{э_i}$  и  $P_{э_{i+1}}$ , между которыми надо найти  $x_r[i - (i+1)]$ . Условие равновероятного отнесения:  $a_i p_i(x) = a_{i+1} p_{i+1}(x)$  проводя логарифмирование и положив  $\frac{\lg l}{2S^2} = b_i$ , в окончательном виде получим:

$$Ax^2 + Bx + C = 0,$$

где  $A = b_{i+1} - b_i$ ,

$$B = 2(x_i b_i - x_{i+1} b_{i+1}),$$

$$C = -x_i^2 b_i + x_{i+1}^2 b_{i+1} + \lg_1 a_i - \lg a_{i+1} - \lg S_i + \lg S_{i+1}.$$

Если мы хотим определить значение  $x$ , при котором вероятность отнесения пробы к Рэ<sub>j</sub> в  $n$  раз отличается от вероятности отнесения к Рэ<sub>i+1</sub>, т. е.  $\frac{a_i p_i(x)}{a_{i+1} p_{i+1}(x)} = n$ , то величина  $-\lg n$  войдет в  $C$ .

Определив  $x_r$  между Рэ<sub>i</sub> и Рэ<sub>i+1</sub> можно высчитать сколько проб с содержанием ниже  $x_r$  может быть отнесено к Рэ<sub>i+1</sub>. (Если мы находим нижнюю границу рудного столба, то сколько проб ниже  $x_r$  может быть включено в контур рудного столба, без нарушения его неразрывности).

Вычисление производится при помощи функции  $\Phi(z)$ , таблицы которой имеются во всех учебниках математики  $P(x > x_r) = 0,5 - \Phi(z)$ ;  $P(x < x_r) = 1 - P(x > x_r) = 0,5 + \Phi(z)$   $z = \frac{x_r - x}{S}$ .

Таким образом,  $P(x < x_r)$  100% проб с содержанием ниже  $x$  может быть отнесено к рудному столбу (без нарушения его неразрывности). При этом надо помнить, что проб с содержанием, меньшим  $\bar{x} - 2S$ , будет 2%, а пробы с содержанием  $\bar{x} - 3S$  вообще практически не будут (одна проба с  $x < \bar{x} - 3S$  уже вызовет нарушение неразрывности).

Надо иметь в виду, что параметры Рэ на золоторудных месторождениях не стабильны и изменяются в довольно значительных пределах\*.  $x_r$ , вычисленные по плотности распределения содержаний всего месторождения, могут не отвечать естественным границам в каких-то его частях. Более точно будет, если вычислить  $x_r$  для частей месторождения. Отсюда ясно, что одна и та же граница в пределах месторождения может иметь несколько различные численные значения.

В свете изложенного рудными столбами следует называть объемные первичные концентрации элементов (минералов), выделяемые на основе геологических наблюдений и данных анализа статистического распределения содержаний.

Условия выделения отдельных «столбов»:

1. Неразрывность\*\*.
2. Отсутствие тренда на небольших участках. (В целом для месторождения тренд возможен).

\* В области даже одного Рэ имеется тренд, но без резких градиентов. Соседние Рэ могут сливаться ( $a_{i+1} - a < \sigma_{i+1} + \sigma_i$ ) и раздваиваться.

\*\* «Инородные» тела, разрывы и пр. не считать нарушением неразрывности столба.

Рудный столб является геологическим телом и характеризуется параметрами — длиной по простиранию ( $l_{пр}$ ), падению — ( $l_{па}$ ), склону ( $l_c$ ), ширине ( $n$ ), мощности ( $m$ ). Производными от них, характеризующими морфологию столба, являются коэффициент линейности  $K_l = \frac{l_c}{n}$ , коэффициент сложности контура  $K_{ск} = \frac{L}{S}$ , где  $L$  — общая длина контура и  $S$  — его площадь.

Являясь частью рудного тела, столбы, как правило, включают в себе основные запасы металла. Для характеристики рудоносности рудных столбов может быть предложен ряд коэффициентов:

$$\text{насыщенности } K_n = \frac{S_{рс}}{B_{рт}},$$

$$\text{концентрированности } K_{конц} = \frac{C_{рс}}{C_{рт}},$$

$$\text{относительной продуктивности } K_{оп} = K_n \cdot K_{конц} \cdot 100,$$

$$\text{абсолютной продуктивности } K_{ап} = \frac{Q_{рс}}{Q_{рт}}.$$

$S_{рс}$ ,  $C_{рс}$ ,  $Q_{рс}$  — площадь, содержание и запасы рудного столба,  $S_{рт}$ ,  $C_{рт}$ ,  $Q_{рт}$  — то же рудного поля в целом.

В зависимости от числа элементарных распределений можно выделить столбы различных порядков. Рудные столбы I порядка — части рудного тела, характеризующие его внутреннее строение, заключающие в себе основную массу запасов и отвечающие требованию неразрывности. Рудные столбы II и более высоких порядков — линзы, гнезда, бонанцы в пределах столбов I порядка. Условием их выделения может быть только определенный уровень интенсивности минерализации.