

УДК 658.562.64:622.3

Е. Нуржумин, А. Курманкожаев

МЕТОДИКА КВАЛИМЕТРИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ СЛОЖНОСТИ ЗАПАСОВ ВЫЕМОЧНЫХ ЗОН ЗАЛЕЖИ

Освещены основные аспекты оценки сложности запасов дифференцированно по отдельным участкам залежей, изложена методика квалиметрической оценки сложности выемочных участков, приведены разработанные модельные выражения описывающих сложности запасов залежей по их внутрирудному и приконтурному участкам отработки при добыче.

Ключевые слова: квалиметрическая критерия, оценка, оценочные показатели, изменчивость, сложность, распределение, руда, среднее, модальное значение, достоверность, дисперсия, количество информации.

Общая квалиметрическая сложность выемочных зон залежи может быть рассмотрена по качественному составу внутрирудного массива и геоморфологическому строению приконтурного участка залежи, являющимся самостоятельными выемочными единицами в пределах рабочих горизонтов.

В основу методики квалиметрической оценки сложности запасов залежей положен принцип дифференциации общего выемочного горногеометрического поля залежи на контур внутрирудного массива и контур приконтурного участка залежи для раздельной оценки их сложности. Квалиметрическая оценка количественной и качественной сложности запасов рудной залежи проводится путем использования основных качественно-образующих параметров залежи, с учетом выходов разновидностей рудной продукции при добыче. Соответственно эти параметры-показатели служат в качестве основных квалиметрических показателей формирования качествообразования при добыче.

Квалиметрическими показателями-параметрами, которые легли в основу метода оценки сложности в качестве базовых ее исходных величин приняты:

- модальное значение показателя — как более достоверное и информативное значение показателя;
- среднее значение показателя — как промышленное минимальное среднее по выемочным единицам рудника.

Аналитическое соотношение этих величин с учетом амплитудной изменчивости распространения показателя, комплексированно сведены в единую квалиметрическую структуру, которая позволяет обосновать аналитической основы рекомендуемого метода.

Аналитическая основа квалиметрической оценки сложности запасов по степени неравномерности распространения металла по внутрирудному массиву залежи представлена модельным выражением в виде:

$$\omega_{\text{р.м.}} = \frac{x_{\text{мо}}}{x_{\text{ср}}} \lg(x_{\text{max}} - x_{\text{min}}), \quad (1)$$

где $x_{\text{мо}}$, $x_{\text{ср}}$ — соответственно модальное и среднее значения показате-

ля залежи; x_{\max} , x_{\min} — соответственно максимальное и минимальное значения показателя залежи.

Численное значение отношения моды к среднему бывает различными в зависимости от вида распределения металла по залежи. При нормальном и равномерном распределений это отношение равно единице ($\frac{x_{mo}}{x_{cp}} = 1$), а

при других видах распределения металла по залежи включая логнормальное, гамма-, показательное и распределения Вейбулла, это отношение обычно больше единицы ($\frac{x_{mo}}{x_{cp}} > 1$). Так

как, распределение металла в основном как правило имеет правоасимметричную форму, для которых $x_{mo} > x_{cp}$.

Такое статистическое свойство изменения значений численного отношения моды и среднему (x_{mo} / x_{cp}) в зависимости от вида (типа) закономерности распределения изучаемого металла отражает характер неравномерности размещения его значений по залежи. Тем самым это отношение позволяет количественно оценить специфические особенности присущих к характеру распределения металла по залежи. При равномерности отклонений значений металла от своего среднего, т.е. при качественно простых запасах залежей это отношение минимальное, а при неравномерности этих отклонений, т.е. при качественной сложности запасов залежи это отношение становится существенно большим.

Известно, что показатели — характеристики сложности используются при обосновании методики разведки, параметров разведочной сети, точности подсчета запасов, оптимиза-

ции потерь и разубоживания, для сравнения качества добычных работ, оценки качественных характеристик эксплуатационных блоков и добычи при различных направлениях горных работ, а также — как степень осложняющий выемку полезных ископаемых, снижающий производительное использование горнотранспортного оборудования и т.д.

При этом координированную (закономерной) составляющую часть сложности с некоторым приближением можно характеризовать, во-первых, с наблюдаемой геометрической формы приконтактных неровностей; во-вторых закономерностью преобладающего распространения по какой-либо одной из сторон линейного интерполированного контура (или контура технологической поверхности) рудного тела, которые соответственно ведут к уменьшению запасов руды за счет потери выпуклых рудных выступов от контура рудного тела или к увеличению запасов руды за счет разубоживающего руду объема вогнутых к контуру рудного тела непромышленных (породных и т.д.) неровностей; в-третьих распространенностью случаев таких, когда как выпуклых нерудных поверхности, так и вогнутые породные части равномерно распределены по обе стороны от сглаженного интерполированного контура рудных тел. При этом в качестве определяющих системных параметров функции разделения перемешиваемых рудных масс при отработке приконтактных зон залежей установлены: мощности приконтактных неровностей и выемочного технологического слоя, протяженности геологической и технологической поверхностей, показатель изменчивости и взаимоуклонения, содержание компонента в промышленных, некондиционных, теряе-

мых рудах и разубоживающих горных массах.

Сложность строения рудных тел обуславливается размерами, конфигурацией формы и взаимным положением поверхностей контакта, внутренним строением и эксплуатационной (производственной) мощностью рудных тел. Геометрическая характеристика изменчивости как показатель сложности объективно может быть выражена в виде безразмерного эмпирического коэффициента, определяемое как отношение протяженности геологической поверхности (L_k) к протяженности ее базовой поверхности (L_o) (технологической, или поверхности срезаемой приконтактные неровности, более сглаженной по контуру рудного тела). Это соотношение $\mu = L_k/L_o$, как критерий неровностей контакта руд с породой характеризует геометрии поверхности контура рудного тела с точки зрения высоты, количества и плотности распространения приконтактных неровностей. При $\mu = 1$, геологическая поверхность рудного тела представляет идеально гладкую поверхность и почти совпадает с технологической поверхностью. Соответственно, чем больше значение μ , тем более сложна геологическая поверхность.

В качестве общего интегрального показателя квалиметрической сложности выемочного приконтурного участка залежи принят модельное выражение в виде

$$\omega_{\text{впз}} = \left(1 + \frac{\varphi_k}{2} \right) \frac{m_{\text{пз}}}{m_{\text{р.т.}}}, \quad (2)$$

Здесь мощности приконтактной зоны $m_{\text{пз}}$ и рудного тела $m_{\text{р.т.}}$ определяются с учетом мощности внутрирудных прослоев пород и некондиционных руд по выемочному горногеометрическому участку. Квалимет-

рический показатель в целом комплексно отражает сложности рудных тел по выемочному участку, и позволяет комплексно оценить геометрии геолого-морфологического строения рудных тел дифференцированно с выявлением геометрической и статистической их характеристик. Важным преимуществом показателя сложности является возможность его определения при любых стадиях освоения месторождения по значениям качественных показателей рудных тел.

Показатель φ_k характеризуется геологической поверхности рудного тела с точки зрения чистоты ее отработки, т.е. до минимума потерь и разубоживания, достигаемого при максимальном сближении технологической и геологической поверхности при отработке рудного тела. В основу концепций оценки изменчивости признака заложен принцип, который заключается в оценке изменчивости размещения содержаний компонента в руде по степени пространственно-информационного рассеяния меры доступных состояний его значений по заданному направлению пространства залежи. В структуре модели характеристики изменчивости основная стержневая роль отведена взаимодействию и взаимосвязи основных вероятностно-статистических параметров, описывающих и определяющих степень изменчивости размещения геолого-горногеометрических показателей залежи. В результате исследований в качестве таких параметров установлены: 1) абсолютная вероятностно-статистическая мера изменения признака, выражаемая через среднее квадратическое или среднее арифметические значения первых последовательных разностей, выступающие как показатели геометрии пространственного изменения признака (σ_{Δ}); 2)

относительная количественная мера измерения количества информации, выражаемая через структурно-информационную функцию в виде количества информации $H(s_i)$ и выступающая как количественно-информационная оценка изменения числа разнообразия свойств признака изучаемого объекта месторождения. Характерным и параметризуемым структурным отображением взаимодействия этих параметров, отвечающим требованиям рациональной характеристики изменчивости, является относительно соизмеримое их количественное выражение, равное отношению величины среднего квадратического значения (σ_{Δ}) вычисляемого по первым последовательным разностям значений признака, к количеству информации, вычисляемого по числу разнообразия значений признака $H(s_i)$.

Таким образом, в качестве характеристики изменчивости размещения признаков месторождения принята вероятностно-информационная мера, выражаемая как отношение среднего квадратического значения амплитуд колебаний изучаемого признака к количеству информации. Значение, рекомендуемой вероятностно-информационной характеристики изменчивости размещения признака, определяется как среднее квадратическое значение рассеяния признака, измеряемого относительно единицы количества информации по заданному направлению пространства залежи по формуле

$$\varphi_i = \frac{\sigma_{\Delta}}{H}(s_i), \quad (3)$$

где φ_i — характеристика изменчивости размещения признака по объекту (интервалу пресечения, площади, уча-

стку или по залежи); $\sigma_{\Delta}(s_i)$ — среднее квадратическое значение рассеяний признака; $H(s_i)$ — количество информации, определяемого по изучаемому объекту s_i .

Представляется правомерным считать, что в геолого-технологических системах главным показателем изменчивости признака может служить дисперсионная мера рассеяния значений этого признака. Известно, что дисперсия случайного процесса является его энергетической характеристикой. Как функции системы дисперсия является мерой рассеяния, отклонения признака от некоторой средней величины к неупорядоченности геохимических систем.

Таким образом, в качестве вероятностно-статистической меры возможного разнообразия значений признака принимается дисперсия рассеяния значений признака, вычисляемая через первые последовательные разности (Δ_i)

$$\sigma_{\Delta}^2 = \left(\frac{\sum_{i=1}^{n-1} (\Delta_i)^2}{2n} \right), \quad (4)$$

где n — число первых разностей; i — интервал между соседними показателями изучаемого признака.

Критерий среднего квадратического значения разностей в качестве характеристики общего среднего варьирования признака для ряда наблюдений в геометрии недр в теоретических и эмпирических аспектах достаточно обоснован.

Основной структурообразующий параметр оценки изменчивости размещения признака залежи также является мера допустимого разнообразия совокупности значений признака — коли-

чество относительной информации. Состояния геолого-технологических систем определяется числом разнообразия, т.е. диапазоном изменения различных значений рассматриваемого признака. Следовательно, количество информации по изучаемому направлению пространства залежи (s) может быть вычислено по формуле:

$$H(s) = \log_2(x_{\max} - x_{\min}), \quad (5)$$

При основании логарифма равном шагу квантования, формула количества информации принимает вид:

$$I(s) = \lg(x_{\max} - x_{\min}) - 1, \quad (6)$$

где x_{\max}, x_{\min} — соответственно верхняя и нижняя границы вариации.

Приведенная мера информации отвечает свойством: 1) характеризует совокупность состояния, т.е. разно-

образии значений изучаемого признака; 2) меры относительна, а не абсолютна, ибо определяется выбором единичных значений его вероятностей; 3) связана с другими структурно-статистическими характеристиками, хотя не характеризует само взаимодействие.

Величина оценки сложности запасов залежи по выемочным участкам зависит от интервала разведки, имеющей локальный характер, и по существу является мерой зависимости среднего или дисперсии рассеяния признака от количества информации, приходящегося на число разнообразия по выемочному участку залежи. Здесь количество информации служит как показатель, определяющий сколько единичной информации (дискретного интервала) приходится на число разнообразий по заданному объекту. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Курманкожаев Азимхан — доктор технических наук, профессор, академик НАЕН РК, зав. кафедрой, Казахский национальный технический университет, тел. 394-96-81,

Нуржумин Ерик — кандидат технических наук, доцент, Казахский аграрный университет, зав. кафедрой, тел. 397-947.



РАЗМЫШЛЕНИЯ И ДИАЛОГИ

– В одной книге советов про бизнес предлагается сделать массу дел, научиться разным искусствам и ремеслам и работать, работать и работать.

– Автор выбрал безошибочный рецепт: если много работать, успех в любом деле обеспечен. Впрочем, в случае неудачи можно сказать: «вы недостаточно старались».