Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г.В.Плеханова,
1987, т. 114

УДК 553.04

ВАРИАНТНЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЗНАЧИМОСТИ ОБЪЕКТА НА РАННИХ СТАДИЯХ ИЗУЧЕНИЯ

К.В.КИСТЕРОВ, А.А.ФЕДЧЕНКО

Геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых проводится каждый раз по окончании очередной стадии изучения подлежащего оценке объекта. На каждой из таких стадий в составе задачи геолого-экономической оценки можно выделить две последовательно решаемые подзадачи:

I. Прогнозирование эффективности вовлечения данного объекта в промышленное освоение.

2. Выбор оптимальной последовательности дальнейшего изучения и промышленного освоения известных в данном регионе объектов.

Эти подзадачи мы будем далее называть единичной и кадастровой, подчеркивая различные методы их решения и первичность единичной подзадачи по отношению к кадастровой.

К настоящему времени методические основы решения единичной подзадачи разработаны гораздо лучше, чем кадастровой, что вполне объяснимо эволюцией требований к результатам геолого-экономической оценки и историческими условиями развития минерально-сырьевой базы. Однако в современных условиях, когда одновременно проводятся опоискование и разведка десятков и сотен месторождений и рудопроявлений, особое значение приобретает решение кадастровой подзадачи: обоснованное решение вопроса о том, какие месторождения и в каких районах следует считать первоочередными для форсирования разведки и промышленного освоения, позволит резко повысить эффективность геолого-разведочных работ.

Особенно сложной и ответственной задача геолого-экономической оценки является на ранних стадиях изучения объекта, когда суть ее сводится к отбраковке и исключению из дальнейшего изучения бесперспективных объектов на основании ограниченного числа поверхностных горных выработок и отдельных скважин.

Вопросам оценки промышленной значимости отдельных месторождений (единичная подзадача) посвящены работы М.И.Агошкова, Ю.И.Арского, А.Б.Каждана, Л.П.Кобахидзе, В.И.Тернового, Н.А.Хрущева и др. Наиболее важными этапами развития методов решения единичной подзадачи представляются разработка оценочных (браковочных) кондиций для разбраковки рудопроявлений и месторождений на поисковой стадии [5, 6], построение региональной оценочной модели для конкретного геолого-промышленного типа месторождений [I], разработка браковочной диаграммы $C - a$ (среднее содержание –

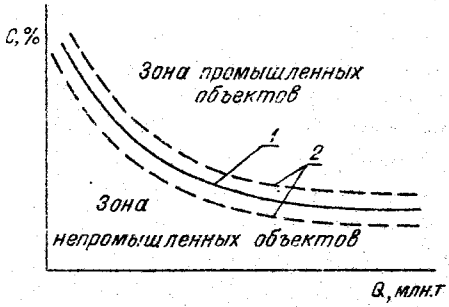


Рис.1. Схематическая региональная оценочная модель для разбраковки рудопроявлений и месторождений олова и определения их вероятной значимости [1]
1 – линия браковочных кондиций; 2 – границы „зоны неопределенности"

запасы руды) и учет надежности принятия решения с помощью «зоны неопределенности" (рис.1).

Заметим, что целесообразно перейти к рассмотрению браковочной диаграммы $C-M$, где M – запасы полезного ископаемого. Именно эта величина имеет решающее значение для решения кадастровой подзадачи. Кроме того, на диаграмме $C-M$ линия браковочных кондиций приближается к прямой, что увеличивает точность и наглядность построений.

Главным недостатком решения единичной подзадачи с помощью диаграммы $C-Q$ является недостаточный учет различных вариантов промышленного освоения объекта, связанных с целенаправленным выбором кондиций для оконтуривания рудных тел. Если этот подход можно считать в какой-то мере оправданным для месторождений с низкой изменчивостью содержаний, то для месторождений с резко выраженной пространственной изменчивостью и характерным наличием рудных столбов (например, месторождений благородных и редких металлов) необходимо рассмотреть следующий вопрос: нельзя ли непромышленный, бесперспективный объект «вывести" на диаграмме в зону промышленных, оконтурив только достаточно богатые рудные тела и пожертвовав некоторой небольшой частью запасов, связанных с бедными рудами, или (если объект с самого начала оценивался как промышленный, нельзя ли таким образом улучшить его характеристики). Иными словами, на подобных диаграммах объект должен выглядеть не как точка, а как линия, отражающая разные варианты применения оконтуривающих кондиций; кроме того, желательно учесть зависимость запасов и средних содержаний от селективности планируемого способа отработки [2, с.334], так как каждому из таких способов соответствует иная линия.

Расчет параметров C и M для различных вариантов оконтуривающих кондиций на поисковой стадии принципиально не может быть выполнен методом вариантного подсчета запасов ввиду малого количества проб. Решение подобной задачи может быть получено только теоретико-вероятностными методами, что требует, однако, знания закона распределения содержаний по вероятности, свойственного месторождениям рассматриваемого генетического типа. Рассмотрим ход такого решения на условном примере.

Анализ содержаний золота в пробах по материалам разведки группы месторождений, представленных дайками кислого состава с наложенным кварцево-жильным оруденением, показал, что вероятностное распределение содержаний хорошо соответствует логнормальному закону. Проведено детальное поисковое опробование одного из перспективных объектов этого типа, представленного роем даек в осадочных породах; по равномерной сети отобрано 500 проб массой по 10 кг; суммарная длина опробованных даек 20 км, средняя мощность 20 м, обоснованная величина вертикальной подвески 200 м, плотность по-

род 2,5 т/м^3, запас горной массы 200 млн.т. Статистический анализ данных опробования показал, что частотное распределение величины $x = \ln c$ (здесь c – содержание золота, г/т) соответствует нормальному закону с параметрами: среднее $a(x) = -0,97$, стандарт $S(x) = 1,90$.

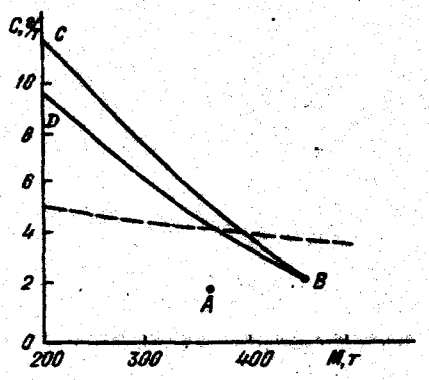


Рис.2. Диаграмма C–M возможных вариантов оценки параметров объекта (пунктиром выделена линия браковочных кондиций)

Оценка среднего содержания, полученная для объекта в целом методом среднего арифметического, составляет 1,8 г/т; оценка запасов составляет 360 т (точка A на рис.2) и объект следует отнести к разряду бесперспективных. Эти оценки являются, однако, малоэффективными; в данном случае целесообразно воспользоваться известной для логнормального закона высокоэффективной оценкой $\bar{c}$ среднего содержания [4]:

$$\bar{c} = \exp\left[a(x) + 0,5S(x)^2\right] = 2,30 \text{ г/т.}$$

Оценка запасов возрастает при этом до 460 т (точка B на рис.2), но объект по-прежнему остается в зоне бесперспективных.

Пространственное распределение проб с высокими содержаниями как будто бы указывает на возможность выделения внутри опробованных даек обогащенных тел, но предсказать результаты такого оконтуривания невозможно из-за малого количества проб. Чтобы получить теоретически обоснованную оценку перспектив объекта, необходимо перейти от параметров логнормального закона, установленных для проб массой в 10 кг, к параметрам логнормального закона распределения по вероятности содержаний в эксплуатационных блоках (например, по 10 тыс.т). Это нетрудно сделать, используя схему де Вейса [2, с.164–210]. Тогда $a(x) = 0,08$, $S(x) = 1,23$. Как показал Н.К.Разумовский [3], распределение M по x в этом случае остается нормальным со средним $a(m) = a(x) + S(x)^2 = 1,59$ и той же дисперсией. Совместный анализ этих двух распределений позволяет стандартными методами (с использованием таблиц интеграла Лапласа) рассчитать зависимость среднего содержания и запасов в контурах от принятого для эксплуатационных блоков минимально-промышленного содержания. Построенная по данным такого расчета вариантная линия BC (рис.2) пересекается с браковочной кривой в точке $C = 4,0$ г/т, $M = 400$ т. Это означает, что объект может быть переведен в промышленные ценой потери 13 % запасов и 50 % объемов руды.

Аналогично можно рассчитать перспективы объекта в случае отработки только групп не менее чем по 10 эксплуатационных блоков того же объема, т.е. при селективности отработки в 100 тыс.т (линия BD на рис.2): теперь вывести объект в промышленные удается только при параметрах $C = 4,2$ г/т и $M = 360$ т, т.е. ценой потери 22 % запасов.

В качестве меры точности проведенных построений можно принять точность оценки, определяемую стандартными статистическими методами; в данном случае границы 90-процентного доверительного интервала -27 и +37 %. Подчеркнем, что этот показатель относится только к абсолютной величине оценок C и M, но не к относительной величине потери запасов при «выводе» объекта в разряд промышленных.

Полученные данные дают полную информацию для решения кадастровой подзадачи, которая теперь приобретает следующую формулировку: из числа известных объектов выделить такой их набор, вовлечение которого в разведку в течение года даст прирост запасов, равный годовой планируемой народнохозяйственной потребности, осуществимо при имеющихся технических возможностях и отвечает некоторому дополнительному условию (минимизация объемов руд, максимизация прибыли, учет критической величины потерь запасов при выведении объекта в промышленные и т.п.) или комбинации таких условий.

Решение подобных задач требует применения ЭВМ и не представляет принципиальных трудностей. Необходимо учесть, что при сложении запасов отдельных объектов точность оценки запасов будет повышаться, так что конечный результат решения кадастровой подзадачи будет обладать высокой степенью точности, почти не зависящей от точности решения единичной подзадачи для отдельного объекта.

В заключение остановимся на некоторых наиболее важных следствиях применения предлагаемой методики:

1. Необходимо исследовать и типизировать соотношения браковочной кривой и вариантных линий на диаграмме $C-M$ для различных генетических (геолого-промышленных) типов месторождений.

2. Последовательное применение этой методики должно существенно расширить перспективы минерально-сырьевой базы за счет перевода в промышленные ряда объектов, ранее считавшихся бесперспективными.

3. В случае принятия объекта к разведке данные вариантной оценки могут быть использованы для обоснования рациональной методики разведочных работ (в первую очередь, плотности сети проб).

4. Аналогичные методы в принципе могут быть применены не только на поисковой стадии, но и на других стадиях оценочных работ.

5. Предлагаемая методика будет способствовать повышению эффективности геолого-разведочных работ, однако главный ожидаемый эффект состоит в повышении эффективности работы горно-добывающих и горно-перерабатывающих предприятий за счет выбора для эксплуатации оптимального набора объектов, обладающего максимально возможными содержаниями полезного компонента при заданном объеме добычи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Арский Ю.М. Геолого-экономические основы оценки месторождений редких металлов на стадии поисков. Л., изд. ЛГУ, 1979.

2. Матерон Ж. Основы прикладной геостатистики. М., Мир, 1968.

3. Разумовский Н.К. Механический состав россыпного золота и новые данные по методике подсчета запасов россыпей. – Советская золотопромышленность, 1939, № 12.

4. Родионов Д.А. Об оценивании среднего содержания и дисперсии логнормально распределенных компонентов в породах и рудах. – Геохимия, 1962, № 7.

5. Хрущов Н.А. Основные принципы разработки оценочных кондиций для рудных месторождений на стадии поисков и поисково-оценочных работ. – Советская геология, 1969, № 8.

6. Хрущов Н.А. Методы экономической оценки месторождений твердых полезных ископаемых. М., Недра, 1975.