Записка Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г.В.Плеханова,
том XC, 1981 г.

УДК 553:550.812.1

ПРИНЦИПЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ОЦЕНКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КОМПЛЕКСНЫХ РУД НА РАННИХ СТАДИЯХ ИЗУЧЕНИЯ

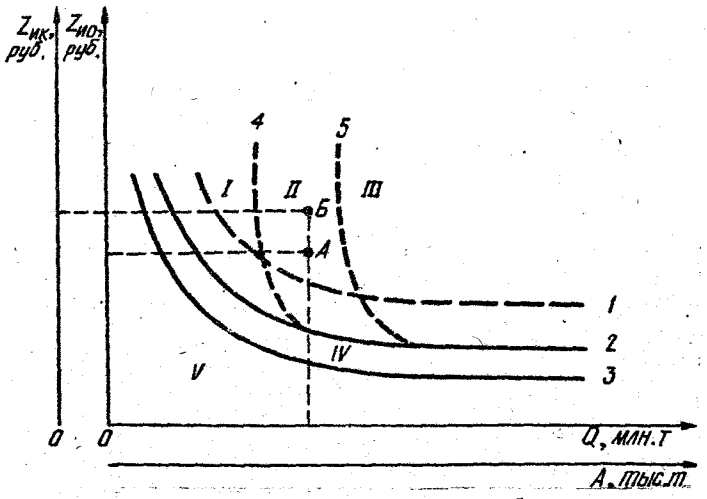
Ю.М.АРСКИЙ, П.П.РАССОЛОВ

Результатом поисково-оценочных работ должен быть выбор перспективных месторождений для предварительной разведки и отбраковка непромышленных рудопроявлений. В настоящее время оценка месторождений по данным поисково-оценочных работ производится с использованием в основном натуральных показателей: количества и качества запасов - без учета технико-экономических показателей. Значительная часть объектов, рекомендуемых к предварительной разведке, не имеет должного экономического обоснования, что объясняет частично отбраковку некоторых месторождений по завершении предварительной разведки. Н.А.Хрущов предложил оценочные (браковочные) кондиции для отбраковки непромышленных рудопроявлений на ранних стадиях их изучения. В ряде исследований (Н.А.Хрущов, Ю.П.Дежин, В.С.Бирюков, А.Г.Харченков, Ю.А.Киперман, Ю.М.Арский и др.) определены браковочные кондиции на некоторые виды твердых полезных ископаемых.

Предлагаемая оценочная модель характеризует определенный геолого-промышленный тип месторождений данного вида сырья. Она позволяет разделять оцениваемые объекты на вероятно промышленные и непромышленные и сравнивать между собой месторождения по ряду геолого-экономических показателей, выбирая первоочередные объекты для постановки предварительной разведки.

В процессе построения оценочная модель принимает три формы: аналитическую, в виде набора уравнений, отражающих взаимосвязи и взаимозависимости между основными геолого-экономическими показателями; табличную, включающую ряд расчетных таблиц оценочных параметров месторождений и поправочных коэффициентов к ним; графическую, наиболее компактную, позволяющую наглядно сравнивать различные месторождения.

Оценочная модель месторождений комплексного сырья может быть представлена графически в виде совокупности оценочных кривых в двойной системе координат: извлекаемая ценность основного полезного компонента (извлекаемая ценность комплекса полезных компонентов из I т руды) - запасы руды (годовая производственная мощность предприятия). Использование показателя „извлекаемая ценность" обусловлено содержанием в комплексных рудах резко



Схематическая оценочная модель для разбраковки комплексных месторождений и определения их вероятной значимости

$Z_{ио}$ – извлекаемая ценность основного компонента из 1 т руды, руб.; $Z_{ик}$ – извлекаемая ценность комплекса полезных компонентов из 1 т руды, руб.; Q – запасы руды, млн.т; A_2 – годовая производственная мощность по руде, тыс.т; 1 и 2 – кривые нормативной (0,15) и нулевой рентабельности; 3 – нижняя граница зоны неопределенности (браковочная кривая); 4 и 5 – границы зон с различной величиной вероятной прибыли за срок отработки запасов месторождений; I – мелкие месторождения, II – средние месторождения, III – крупные месторождения, IУ – месторождения сомнительного значения, У – непромышленные объекты; А – отметка месторождения по основному компоненту; Б – отметка месторождения по комплексу полезных компонентов

отличающихся по ценности полезных компонентов.

Так, в комплексных месторождениях карбонатитовых массивов, наряду с основными, но имеющими относительно небольшую извлекаемую ценность полезными компонентами: фосфором (в апатите) и железом (в магнетите) – присутствуют высокоценные попутные компоненты – редкие металлы, редкие земли, флогопит и пр. Учесть весь комплекс полезных компонентов можно при помощи показателя извлекаемой ценности из 1 т руды.

Основные элементы графического варианта оценочной модели следующие: кривая браковочных кондиций, учитывающих минимальные требования к количеству и качеству комплексного сырья; кривые, разграничивающие уровни различной рентабельности отработки месторождений; граничные кривые, разделяющие месторождения с различными классами крупности запасов полезных компонентов и различной массой прибыли за весь срок отработки (см.рисунок).

Построению оценочных кривых по извлекаемой ценности $Z_и$ и запасам руды Q предшествует построение модели по содержанию основного полезного компонента в руде $C_{пк}$ и запасам руды. Величины $Z_и$ и $C_{пк}$ связаны жесткой функциональной зависимостью типа

$$Z_и = Ц_0 \frac{C_{пк} K_р K_и}{C_к}, \qquad (I)$$

где $Ц_0$ – оптовая цена концентрата; $C_к$ – содержание полезного компонента в концентрате; $K_р$ и $K_и$ – коэффициенты соответственно разубоживания и извлечения полезного компонента в концентрат.

Величины, входящие в зависимость (I), постоянны для конкретного геологопромышленного типа руд. Поэтому каждому значению $C_{пк}$ соответствует строго определенное значение $Z_и$, что позволяет составить таблицы перевода содержания полезного компонента в руде в извлекаемую ценность 1 т руды для конкретных геологопромышленных типов месторождений.

При расчете параметров оценочной модели сначала обосновывают корреляционные и функциональные зависимости между возможными показателями освоения промышленных месторождений данного типа в регионе: средним содержанием основного полезного компонента, извлекаемой ценностью I т руды, запасами руды, годовой производительностью предприятия по руде A, себестоимостью I т концентрата $C_к$ и удельными капитальными вложениями на строительство горного предприятия $K_у$. Исходные данные для такого анализа определяют по результатам работы действующих горных предприятий и проектным данным.

Геолого-экономическая оценка на подстадии поисково-оценочных работ носит ориентировочный характер. Оценочные параметры месторождения установлены с определенной вероятностью. Поэтому отбраковка должна производиться с известной степенью осторожности. При этом необходимо единство в подходе к решению задач оценки месторождений на различных стадиях их изучения на основе общих принципов и критериев.

При расчетах браковочных кондиций для комплексных месторождений рекомендуется исходить из принципа рентабельной, а не бесприбыльно-безубыточной отработки. Исследования, проведенные на примере оловорудных месторождений, показали, что браковочные кондиции, рассчитанные с учетом влияния погрешностей аналогии, обеспечены достаточным запасом прочности[x].

В некоторых случаях соблюдение единства принципов оценки на различных стадиях осложняется. В частности, для месторождений карбонатитовых массивов это обусловлено ограниченным количеством эксплуатируемых и детально разведанных объектов и трудностями в подборе месторождений-аналогов ввиду специфики их геологического строения, а также характерного для них многообразия вариантов сочетания полезных ископаемых. Поэтому расчет браковочных кондиций для комплексных месторождений карбонатитовых массивов на подстадии поисково-оценочных работ целесообразно проводить, исходя из принципа нулевой рентабельности отработки.

Минимальное промышленное содержание полезного компонента в руде

$$C_{мп}=\left(C_р+E_н K_у\right)/Ц_0 K_к K_0 , \qquad (2)$$

где $C_р$ – суммарная себестоимость разведки, добычи и обогащения I т руды, руб.; $E_н$ – нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений; $K_у$ – удельные капитальные вложения на I т добытой и переработанной руды, руб.; $Ц_0$ – оптовая цена I т концентрата, руб.; $K_к$ – коэффициент изменения качества руды; K_0 – коэффициент извлечения полезного компонента в концентрат.

Знаменатель формулы (2) для однотипных месторождений можно считать величиной постоянной. В числитель формулы (2) вместо $C_р$ и $K_у$ вводят установленные зависимости типа

$$C_р = \alpha_1 + \beta_1 A + \frac{\gamma_1}{A} ; \quad K_у = \alpha_2 + \beta_2 A + \frac{\gamma_2}{A} ,$$

[x] Ю.М. Арский. Геолого-экономические основы оценки месторождений редких металлов на стадии поисков. Л., Изд-во ЛГУ, 1978.

где α_1, β_1, γ_1 и α_2, β_2, γ_2 – числовые параметры, определенные методом наименьших квадратов по фактическим исходным значениям $C_р$, $K_у$ и A.

В результате получаем уравнение вида $C_{мп} = \alpha + \beta A + \gamma / A$ (см. рисунок, кривая 2). Числовые параметры α, β, γ имеют вероятностный характер, поэтому для них рассчитываются доверительные интервалы при заданной надежности p. Кривая 3, построенная с учетом отклонений A и $C_{мп}$ от средних значений при заданной вероятности p, ограничивает зону неопределенности снизу и является браковочной кривой. Все оцениваемые объекты, прошедшие поисково-оценочную подстадию и по своим параметрам попавшие в зону под кривой 3, не рекомендуются для предварительной разведки.

Очередность вовлечения перспективных месторождений в предварительную разведку обосновывается величиной вероятной прибыли за весь срок отработки месторождения

$$\Sigma П = (Z_и - C_р) Q K_к \quad \text{или} \quad \Sigma П = \left(Ц_0 K_0 C_{пк} - \alpha - \beta\sqrt{Q} - \gamma\frac{1}{\sqrt{Q}}\right) Q K_к .$$

Фиксируя значение $\Sigma П$ для месторождений определенных геологопромышленных типов с установленной величиной запасов и задавая $C_{пк}$, находим уравнение кривых 4 и 5, разделяющих поле рентабельных месторождений на зоны, соответствующие мелким, средним и крупным месторождениям.

Построенная оценочная модель дает возможность по окончании поисково-оценочных работ рекомендовать перспективные объекты для предварительной разведки и отбраковывать непромышленные рудопроявления, обосновывать очередность предварительной разведки на промышленных месторождениях и давать им сравнительную оценку.

Оценку комплексных месторождений рекомендуется производить по минимальным и максимальным вариантам. Минимальный вариант соответствует оценке объекта только по основному компоненту и может служить для отбраковки рудопроявлений, не имеющих промышленного значения. Максимальный вариант, соответствующий оценке объекта по сумме полезных компонентов, позволяет учитывать совокупную народнохозяйственную значимость объекта и сравнивать между собой месторождения с различным набором полезных ископаемых.

В связи с этим необходимо разграничить понятия „основной" и „попутный" компоненты. К основным относят компоненты, имеющие наибольший удельный вес в извлекаемой ценности руды и представляющие наибольший интерес по своей потребительной стоимости; к попутным – компоненты, удельный вес каждого из которых в совокупной извлекаемой ценности невелик, но извлечение которых обусловлено потребностью различных отраслей народного хозяйства.

На оценочной модели отметка месторождения по извлекаемой ценности комплекса компонентов при фиксированных запасах будет расположена выше отметки месторождения по извлекаемой ценности основного компонента. При дальнейшей оценке месторождения, после проведения предварительной или детальной разведки, всесторонних технологических испытаний комплексных руд, могут возникнуть варианты с извлечением лишь части попутных компонентов. В этом случае оценка месторождения займет промежуточное положение между минимальной и максимальной оценками. Если в комплексе полезных ископаемых

трудно выделить основной и попутный компоненты или ни по одному из компонентов месторождение не может быть рекомендовано к дальнейшему изучению, но по комплексу полезных ископаемых оно достаточно рентабельно и полезные компоненты остро необходимы народному хозяйству, то можно, в виде исключения, давать минимальную оценку по извлекаемой ценности комплекса полезных ископаемых.

При определении извлекаемой ценности руд комплексных месторождений составляются специальные таблицы, в которых приводится перечень извлекаемых полезных компонентов, среднее содержание в руде, процент извлечения при обогащении и минералы, концентраторы полезных компонентов. На основе этих данных производится расчет извлекаемой ценности комплексных руд.

Оценочная модель разрабатывается для так называемых нормализованных географо-экономических и горнотехнических условий и определенного геолого-промышленного типа месторождения. За нормализованные принимаются определенные значения глубины распространения оруденения, коэффициента вскрыши, средней мощности и углов падения рудных тел, крепости руд и пород, обводненности месторождения, абсолютных отметок рельефа, возможность группового освоения месторождений в установленном радиусе и др. Отклонения от нормализованных условий учитываются при оценке системой поправочных коэффициентов[x] к содержанию основного полезного компонента или извлекаемой ценности 1 т руды конкретного месторождения, что позволяет сравнивать на модели результаты оценок нескольких объектов.

Таким образом, на подстадии поисково-оценочных работ геолого-экономическую оценку комплексных месторождений целесообразно проводить по извлекаемой ценности 1 т руды и запасам руды. Оценку предлагается давать по минимальному варианту, соответствующему оценке объекта по основному компоненту, и максимальному, соответствующему оценке объекта по комплексу полезных компонентов. В качестве инструмента оценки рекомендуются модели, позволяющие разделять оцениваемые объекты на вероятно промышленные и непромышленные, сравнивать между собой месторождения и выбирать первоочередные объекты для постановки предварительной разведки.

---

[x] Ю.И.Королев. Учет влияния горно-геологических факторов при геолого-экономической оценке месторождений на ранних стадиях их изучения. М., изд. ВИЭМС, 1975.