

Геология

УДК 553.622.7.097

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Р. С. МОВСЕСЯН*, Г. А. МКРТЧЯН

Кафедра поисков и разведки месторождений полезных ископаемых ЕГУ, Армения

В статье рассмотрена природа типичных погрешностей геолого-разведочных работ. Приводятся значения удельных капиталовложений и себестоимости основных циклов горно-обогатительного производства, на которые можно ориентироваться при детальном расчете.

Keywords: stocks, estimation, errors, the mining enterprise, productivity, capital investments, the cost price, specific indicators.

Одной из главных задач разведки месторождений полезных ископаемых является количественное определение разведываемых запасов, обеспечивающих надежную геолого-экономическую оценку изучаемого объекта. Трудность решения проблемы связана с тем, что это обусловлено вероятностным характером исходной информации, позволяющей получить лишь приближенное представление о параметрах изучаемых и оцениваемых объектов.

Регламентированная инструкциями и методическими указаниями стадийность геологоразведочных работ отражает принцип последовательных приближений, обеспечивающий поэтапное уточнение данных о разведываемом месторождении и соответственно его оценку.

Выполнение разведочных работ на каждой стадии требует значительных материальных и трудовых затрат, а также времени. Стремление к их сокращению естественно, однако решение этой задачи за счет снижения надежности информации и принятых в соответствии с этим неправильных практических решений может привести к большому экономическому ущербу.

Геолого-экономическая оценка – двуединый процесс геологической и экономической составляющих.

Геологическая оценка. Она проводится по всем рудопроявлениям и осуществляется на всех стадиях геологоразведочного процесса – от регионального прогнозирования до эксплуатации месторождения. К рудопроявлениям относятся отдельные участки, на которых предполагаются или инструментально установлены признаки минерализации с оцененными прогнозными (inferred) ресурсами категорий P_1 и P_2 (по международной англоязычной классификации).

* E-mail: rubmov@ysu.am

В перспективе они могут представлять определенный экономический интерес для минерально-сырьевого проекта.

К месторождениям твердых полезных ископаемых относятся природные скопления минерального сырья, которые на основе оценки качества и количества в недрах могут рассматриваться как объекты, пригодные для промышленного освоения. Запасами является та часть минеральных ресурсов, которую в настоящее время экономически выгодно добывать из недр с приемлемой прибылью от реализации продукции.

На всех стадиях изучения (поисковой, оценочной, разведочной) и при эксплуатации по мере возрастания объема геологической информации выполняется геолого-экономическая оценка, которая имеет ряд отличий от ранее принятых при плановой системе регулирования экономики. Претерпели изменения положения обоснования технико-экономических параметров кондиций, инструктивные документы, требования строгого соотношения запасов различных категорий и др. В настоящее время требования инвесторов к категоризации запасов и их подсчету иные. Так, к запасам низких категорий, вовлекаемых в отработку в более поздние сроки, требования менее строги, чем к запасам первоочередной добычи. Для инвестора регламентация запасов по степени изученности – не основная задача. Для него важна уверенность, что вкладываемые капитальные вложения в горно-рудный комплекс будут возвращены с прибылью в краткие сроки и с минимальным риском [1]. Запасы категорий А и В в инвестиционном проекте примерно соответствуют измеренным (measured) и доказанным (proved). Запасы категорий С₁ и С₂ относятся соответственно к вероятным (indicated / probable) и возможным (inferred / possible).

Фактический материал по разведке и разработке многочисленных месторождений твердых полезных ископаемых предоставляет возможность выявить и установить природу имеющих место разнохарактерных расхождений. Одни расхождения практически неизбежны, но доступны минимизации, другие устранимы. Они, по своей природе, вызваны типичными погрешностями, характерными для разведки цветных металлов и золота [2].

Различают три рода погрешностей данных разведки.

1) *Ошибки аналогии*, ведущего принципа оценки, использующегося в разведке месторождений.

2) *Ошибки неправильной трактовки* геологического строения месторождения, недостаточный учет закономерностей пространственного размещения оруденения, в результате чего проводится неверная геометризация рудоносной зоны [2, 3]. Величина ошибки геометризации напрямую зависит от сложности контура рудного тела, плотности сети разведочных выработок, и с уменьшением расстояния между пересечениями ошибка геометризации становится ничтожной. Принятое на практике правило проведения контуров запасов категорий А и В без экстраполяции направлено на минимизацию вероятной ошибки в оценке площадей оконтуривания [4]. На практике ошибка геометризации оценивается для запасов категории А в пределах $\pm 10\%$, категории В – $\pm 15\text{--}20\%$, С₁ – $\pm 25\text{--}40\%$ и С₂ – $\pm 40\text{--}60\%$ [5]. В [6] рассчитано, что вероятность появления ошибки геометризации указанных величин при оконтуривании запасов категории А составляет более 96%, В – 80%, С₁ – 75%. Абсолютной подтверждаемости оцениваемых запасов невозможно добиться даже при максимальной густоте сети разведочных пересечений.

3) *Технические ошибки* связаны главным образом с качеством исходной информации бурения при разном выходе керна и избирательном выкрашивании рудного материала при опробовании зоны оруденения бороздами, с погрешностями анализов случайного и систематического характера, при определении объемной массы и плотности руд и вмещающих пород, при измерении мощностей, графических построениях и др. В меньшей степени отягощены ошибками результаты технологических исследований. Величины технических погрешностей находятся в пределах 5–7%, характеризуются случайными колебаниями и легко устранимы контрольными замерами и корректирующими коэффициентами.

В общем случае ошибки определения параметров разведки должны не превышать таковые, при которых экономические потери в общей оценке предстоящей эксплуатации становятся определяющими.

Экономическая оценка. Под экономической оценкой месторождений полезных ископаемых понимается эффект от реализации программы освоения запасов. Исчисляется он как разность между ценой товарной продукции, получаемой для данного вида минерального сырья, и затратами на ее получение с учетом фактора времени. Экономическая оценка, в отличие от геологической, имеет количественную сторону с многочисленными расчетами. Последние необходимы для выбора оптимального экономически целесообразного варианта освоения запасов при заданном уровне рентабельности и с учетом требований по охране окружающей среды. Экономическая оценка касается в первую очередь объектов, выявленных на поисковой стадии, которые могут представлять интерес в промышленном отношении. На этой стадии изучения принимается решение о продолжении дальнейшего изучения объекта или о его отбраковке по качеству и количеству предварительно оцененных ресурсов. Экономическая оценка месторождения является составной частью обоснования геологоразведочных работ, разработки проектов кондиций для подсчета запасов и их последующего освоения промышленностью [7, 8].

Расчетные показатели экономической оценки являются вероятностными величинами и при принятии решения об эксплуатации месторождения следует учесть наличие доли неопределенности в расчетах основных численных параметров, определяющих денежную ценность месторождения. Стоимостная оценка месторождений проводится с учетом факторов, определяющих оптимальную годовую производительность горного предприятия, эффективность эксплуатации запасов, а также выпуска товарной продукции и ее себестоимости, прибыли и рентабельности, эффективности капитальных вложений в строительство промышленного комплекса, сроков их окупаемости с учетом фактора времени. Показатель оценки приводится к году, применительно к которому выполняется оценка, как правило к началу строительства горнодобывающего предприятия и началу денежных потоков.

Следует различать ожидаемую и фактическую ценность единицы запасов. Первая рассчитывается исходя из стоимости полезного ископаемого, а фактическая – из стоимости извлекаемой товарной продукции. Показатель стоимостной оценки месторождения имеет следующий вид [7]:

$$D_p = \sum_{t=1}^T \frac{C_t - Z_t}{(1 + E_{\text{НП}})^T},$$

где C_t – ценность товарной продукции, USD; Z_t – сумма предстоящих капитальных и эксплуатационных затрат, USD; $E_{\text{НП}}$ – норматив для приведения разновременных затрат и результатов; T – расчетный период оценки месторождения.

Экономические результаты геологоразведочного процесса и промышленного строительства горно-обогатительного комплекса характеризуют удельные показатели, соизмеряющие затраты и полученную товарную продукцию, обеспечивающие заданный уровень рентабельности производства. Исходными показателями для этого расчета служат затраты всего периода исследований, начиная с региональной стадии до разведки и разработки банковского ТЭО.

Удельные капиталовложения и стоимость производства зависят от ряда факторов: правильности расшифровки геологической структуры месторождения, выявления закономерностей локализации оруденения, формы рудных тел и однородности оруденения, равномерности распределения рудной минерализации, качества и количества запасов минерального сырья и др. Эти показатели могут приниматься на основе аналогии, экспертных оценок, а также расчетным путем. Используя метод аналогии и модели регрессивных уравнений, с достаточным приближением можно определить технические и экономические показатели будущего предприятия.

Объемы капитальных вложений и производственная себестоимость горно-обогатительного комплекса напрямую связаны с годовой производительностью. Рациональную производительность будущего горного предприятия, которое будет разрабатывать месторождение открытым или подземным способом, можно определить с использованием эмпирических формул:

$$\begin{aligned} \lg A &= -0,780 + 0,743 \lg Q \text{ – для открытой добычи,} \\ \lg A &= -1,059 + 0,762 \lg Q \text{ – для подземной добычи,} \end{aligned}$$

где Q – запасы руды в недрах, млн m ; A – годовая производительность предприятия, млн m .

Капитальные вложения в основном определяются на базе укрупненных экономических расчетов, которые дают результаты с допустимым уровнем погрешности либо используют данные месторождения-аналога. Ниже приводятся удельные капитальные затраты на промышленное строительство без затрат на инфраструктуру горного предприятия. Величины удельных капитальных затрат получены в зависимости от производительности карьера, подземного рудника и обогатительной фабрики. Приводимые цифры могут служить ориентиром для технико-экономических расчетов.

Для карьеров с годовой производительностью до 1,5 млн m с автомобильным карьерным транспортом удельные капитальные затраты могут составить от 12 до 14 USD/ m , для средних по объему добычи горной массы предприятий с производительностью от 2 до 6 млн m в год – 10–12 USD/ m , а более 7 млн m – 6 USD/ m . Для подземных рудников удельные затраты значительно выше и в зависимости от годового объема добычи колеблются в широком диапазоне (затраты приводятся для штольневой варианта отработки): для рудников с объемом годовой добычи 30–100 тыс. m – в диапазоне от 45 до 60 USD/ m , 150–300 тыс. m руды – 30–40 USD/ m , свыше 300 до 1000 тыс. m – 20–23 USD/ m . Приведенные удельные затраты относятся к системам с

магазинированием руды, отбойки руды подэтажными штреками, камерно-столбовой системе и др., без закладки выработанного пространства.

Удельные капиталовложения на строительство обогатительной фабрики целесообразно принимать по аналогии с действующими фабриками с одинаковой производительностью или разработанными проектам с аналогичной схемой технологии обогащения. Для фабрик с годовой производительностью переработки руды до 1,0 млн t удельные капитальные вложения могут составить 15–10 USD/ m , для средних и крупных обогатительных фабрик с переработкой 2–8 млн t руды – 7–5 USD/ m .

Как и удельные затраты капиталовложений, расчеты себестоимости также выполняются на основе единичных затрат. Здесь также себестоимость добычи и передела руды зависит от размера годовой производительности горно-обогатительного участка. В структуре расходов, слагающих себестоимость, имеются так называемые “условно-постоянные” затраты, которые в некотором диапазоне не изменяются с ростом или уменьшением производительности рудника, фабрики. На практике нет общепринятых нормативов себестоимости единицы добычи и переработки руды. При открытых работах для расчета себестоимости 1 t руды необходимо учитывать средний коэффициент вскрыши, вид транспорта, расстояние транспортировки вскрыши до отвалов и руды до фабрики. Полная себестоимость транспортировки 1 t руды от карьера до склада обогатительной фабрики при годовой добыче от 0,7 до 1,4 млн t в год ориентировочно определяется на уровне 7,0–7,2 USD/ m , с объемом 2,4–6,5 млн t – 6,4–7,0 USD/ m и 6,0 USD/ m при годовой добыче свыше 7,0 млн t руды. Для ориентира возможной себестоимости подземной добычи (без закладки) можно рекомендовать следующие цифры: на рудниках с малой производительностью 50–100 тыс. t в год она будет колебаться от 65 до 45 USD/ m , при производительности 150–350 тыс. t затраты на 1 t руды примерно составят 37–45 USD/ m , 350–650 тыс. t руды – 28–37 USD/ m , а свыше 650 тыс. t – 23–28 USD/ m . Себестоимость обогащения с укладкой хвостов и извлечения 1 компонента (при 2-х применять коэффициент 1,5) ориентировочно составит 6,7–7,7 USD / m при переработке от 150 до 500 тыс. t и 4,5–6,7 USD / m при переработке до 2 млн t и более.

Приведенные цифры, характеризующие удельные значения капиталовложений и себестоимости, являются прогнозными и могут служить ориентиром для детальных расчетов.

Поступила 04.11.2014

ЛИТЕРАТУРА

1. Шумилин М.В., Алискеров В.А., Денисов М.Н., Заверткин В.Л. Бизнес в ресурсодобывающих отраслях. М.: Недра, 2001, 268 с.
2. Мкртчян Г.А., Мовсесян Р.С., Езакян О.С. О характере погрешностей разведочных данных штокверковых и пластообразных месторождений. // Ученые записки ЕГУ, 2003, № 2, с. 126–130.
3. Мкртчян Г.А., Мовсесян Р.С. Оценочные кондиции для золоторудных и золото-полиметаллических проявлений. // Известия НАН РА. Науки о Земле, т. LVI, 2003, № 2, с. 39–43.

4. **Шумилин М.В., Викентьев В.А.** Подсчет запасов урановых месторождений. М.: Недра, 1982, 296 с.
5. Классификация запасов и прогнозных ресурсов месторождений твердых полезных ископаемых. Ер.: ГКЗ РА, 1998, 28 с.
6. **Մկրտչյան Գ.Ա.** Анализ плотности разведочной сети. // Разведка и охрана недр, 1969, № 9, с. 15–22.
7. Временная типовая методика экономической оценки месторождений полезных ископаемых. М.: 1980, 29 с.
8. **Каждан А.Б.** Разведки месторождений полезных ископаемых. М.: Недра, 1977, 327 с.

Ռ. Ս. ՄՈՎՍԵՍՅԱՆ, Հ. Հ. ՄԿՐՏՉՅԱՆ

ՊԻՆԴ ՕԳՏԱԿԱՐ ՀԱՆԱԾՈՆԵՐԻ ՀԱՆՔԱՎԱՅՐԵՐԻ
ԵՐԿՐԱԲԱՆԱՏՆՏԵՍԱԳԻՏԱԿԱՆ ԳՆԱՀԱՏՄԱՆ ՈՐՈՇ ՀԱՐՑԵՐ

Ամփոփում

Հոդվածում դիտարկված է երկրաբանահետախուզական աշխատանքների բնորոշ սխալների բնույթը: Բերվում է լեռնահարստացուցիչ արտադրության հիմնական փուլերի տեսակարար կապիտալ ներդրումների և ինքնարժեքների մեծությունները, որոնցով կարելի է կողմնորոշվել մանրակրկիտ հաշվարկների կատարման ժամանակ:

R. S. MOVSESYAN, H. H. MKRTCHYAN

SOME QUESTIONS OF GEOLOGICAL-ECONOMIC ESTIMATION
OF HARD MINERAL DEPOSITS

Summary

In this article the nature of typical errors of prospecting works is considered. Values of specific capital investments and the cost price of basis cycles of mountain-concentrating manufacture are resulted, with the help of which it is possible to be guided at detailed calculations.