

УДК 553.042.003.1

О. В. ЗУРЬЯН, заместитель директора по производству, экономике и общим вопросам,
А. И. ЛЕВЧЕНКО, канд. геол. наук, заведующий отделом экономики геологических исследований и проблем недропользования (УкрГГРИ)

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ И РИСКОВ ПРИ ОЦЕНКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

(Матеріал друкується мовою оригіналу)

Освещены подходы к понятиям неопределенности и рисков в процессе освоения месторождений. Изложены критерии и методы принятия решений в условиях основных геологических и экономических параметров объектов оценки.

Approaches to the concepts of uncertainty and risks during development of deposits. Criteria and methods of decision-making under the main geological and economic parameters of the evaluated sites.

Факторы неопределенности и рисков при оценке месторождений

В литературе встречается различное понимание терминов “неопределенность” и “риск”. Однако общим во всех этих представлениях является то, что под *риском* понимается возможность потерь или получения недопустимого финансового результата (например, отрицательного значения чистой современной стоимости, когда, зная вероятность каждого возможного исхода, все же нельзя точно предсказать конечный результат). Под *неопределенностью* понимаются ситуации, когда вероятность наступления событий заранее установить невозможно или нельзя устранить традиционными способами.

Источниками и мерой неопределенности и рисков являются неизбежные случайные погрешности горно-геологических параметров природного качества месторождений полезных ископа-

емых (МПИ), неполнота информации о динамике основных технико-экономических показателей эксплуатации МПИ, колебания ценовой и рыночной конъюнктуры, производственно-технологические, экологические риски и др. [1, 2, 3].

Поскольку границы оправданного риска трудно рационально обосновать, при решении эксплуатационных задач обычно используется сравнение с рисками в аналогичных ситуациях. Как вытекает из понятия неопределенности, ее источники лежат, как правило, за пределами регулирования производственного процесса. Учет неопределенности и рисков осуществляется в отношении последовательности ввода в эксплуатацию участков МПИ при заданных качествах ПИ, горно-геологических условиях и технологических способах добычи и переработки минерального сырья, но не в отношении процедур принятия решений на интервале эксплуатации. Соответственно стабилиза-

ционный механизм реализации проекта, сопряженного с риском, должен обеспечивать помехоустойчивость процесса добычи ПИ.

Надо признать, что методология выбора решений имеет слабое применение при анализе факторов неопределенности и рисков для растянутых на десятилетия сроков эксплуатации МПИ, что обуславливает известную “свободу” в выборе подходящих способов их диагностики. При этом в силу разных обстоятельств проект освоения МПИ, принимаемый при одних условиях, может стать невыгодным при других. Так, проект, в котором основная часть притока денежных средств приходится на первые годы его реализации, в меньшей степени чувствителен к удорожанию цены за пользование источником средств.

Вероятность риска невозврата инвестиций удается в большей или меньшей степени минимизировать за счет использования апробированных практикой оценочных методов, упрощающих процедуру учета и анализа причин вариации расчетных показателей (капитальных вложений, выпуска продукции, цен, эксплуатационных затрат и т. п.), а также особенностей распределения сортов ПИ в недрах, горно-геологических условий, определяющих выбор технологий и технических средств добычи и переработки минерального сырья.

Анализ чувствительности проекта освоения месторождений полезных ископаемых

Анализ чувствительности используется для определения степени устойчивости результирующих технико-экономических и финансовых показателей к изменению влияющих на значение этих показателей факторов. Он заключается в получении оценок эффекта

для априори устанавливаемого диапазона возможных условий реализации проекта освоения МПИ. Анализ чувствительности установит некоторые ожидаемые интервалы (контрольные границы) искомым характеристикам, которые следует ожидать в условиях нестабильности последних. Тем самым снижается риск принятия неправильного решения. Результаты анализа могут быть представлены в виде графиков зависимостей или графиков “торнадо”. Графики зависимости анализируемого показателя от варьируемых факторов помогают определить зону безубыточного освоения МПИ в случае отклонения рассматриваемого параметра от расчетного значения. На графике “торнадо” показываются интервалы изменений показателя при варьировании каждого из параметров, что позволяет ранжировать факторы по степени их влияния.

Анализ безубыточности проекта

Степень устойчивости к возможным изменениям условий реализации может быть охарактеризована показателями предельного уровня объемов производства продукции, цен и других исходных параметров. Наиболее важным показателем этого типа является *точка безубыточности* (ТБ), характеризующая объем продаж, при котором выручка от реализации продукции совпадает с затратами на ее производство. Точка безубыточности в натуральном исчислении (ТБн) определяется по формуле

$$ТБн = З_{пост} / (Ц - З_{спер})$$
, где $З_{пост}$ – постоянные затраты; $Ц$ – цена за единицу продукции; $З_{спер}$ – средние переменные затраты на единицу продукции. Смысл ТБ заключается в определении минимального уровня загрузки производственной

мощности (в процентах), при котором еще возможно безубыточное функционирование проектируемого производства.

Для каждого варианта оценки МПИ существует свой оптимум, соответствующий максимуму дохода на вложенный капитал. Можно ли его достигнуть – это другой вопрос, но только с помощью ТБ становится лучше обозримой основная цель учета иницируемых нестабильной, труднопрогнозируемой экономической средой факторов риска при оценке МПИ по коммерческим и запасосберегающим критериям.

Между тем при анализе ТБ возникает дополнительная задача в связи с тем, что мы исходим из упрощения предположения о взаимном соответствии объема производства (регулируемая переменная) и объема продаж. Когда преобладают условия неопределенности, такое предположение точнее всего можно охарактеризовать как отражение субъективных оценок лица, принимающего решение (ЛПР).

Вероятностный характер инвестиционного проекта

Наиболее удобным для анализа рисков показателем является чистый дисконтированный доход (ЧДД), поскольку пределы его изменения теоретически могут быть приняты от $+\infty$ до $-\infty$ при вероятности от 0 до 1.

Это позволяет считать распределение данного показателя приближенно нормальным. В настоящее время наиболее распространенными методами анализа рисков являются метод точечных значений, метод дискретных вероятностей и метод моделирования распределений (Монте-Карло). Любой из этих методов основывается на многовариантных расчетах ЧДД как функции некоторых задаваемых переменных, например, величины

капитальных или эксплуатационных затрат, цен готовой продукции и др., влияние которых на денежные потоки представляется как определенный риск.

При оценке риска методом точечных значений при некоторых заданных сочетаниях величин капитальных или эксплуатационных затрат, цен и др. получают три значения ЧДД: базовое, максимальное (оптимистическое) и минимальное (пессимистическое). Слабым местом метода точечных значений является весьма грубая оценка распределения анализируемых величин всего по трем случайным значениям.

При методе дискретных вероятностей используются непосредственно упомянутые исходные переменные, различным значениям которых приписываются некоторые априорные вероятности, а вероятность того или иного сочетания параметров определяется произведением частных вероятностей исходных значений. При этом общее число таких сочетаний будет определяться по формуле

$$N = n^k,$$

где n – число параметров, k – число значений, принимаемых параметрами.

Недостатком метода является постулирование вероятностей исходных значений анализируемых параметров, а также симметричный характер распределения их вероятностей.

В методе Монте-Карло исходные параметры задаются в виде непрерывных функций распределения, считающихся типичными для каждой из величин (нормальное, логнормальное и др.). Метод Монте-Карло при оценке рисков также не может считаться безупречным, так как анализируемые параметры рассматриваются в нем как независимые величины, хотя в действительности они часто взаимосвязаны.

Концепция полезности и предпочтения

Концепция математического ожидания, ориентированная на абсолютную величину ожидаемых денежных поступлений, не учитывает степень риска капиталовложений, которые существенно влияют на принятие решений. В этих условиях сомнительно идти на экономические “жертвы” сегодня, ради решения нечетких проблем завтрашнего дня. Поэтому при некоторых обстоятельствах, например, если колеблемость оценок от варианта к варианту значительна, а ЛПР из-за незначительных финансовых резервов предпочитает использовать благоприятную рыночную конъюнктуру за счет форсированной разработки наиболее продуктивных участков МПИ, он всегда сможет “доказать” эффективность такого варианта, отбрасывая варианты с неясными последствиями.

Вышесказанное иллюстрирует изменчивый признак чувствительности к риску, называемый уровнем склонности либо антипатии ЛПР к риску. Одно из последствий сказанного заключается в том, что компании различного размера оценивают выигрыш (убыток) по-разному. Компания с капиталом в 5 млн у. е. будет рассматривать выигрыш (убыток) в 1 млн у. е. как существенный результат, соответствующий $\pm 20\%$. Между тем для компании с капиталом в 500 млн у. е. такой выигрыш (убыток) сравнительно ничтожен и составляет $\pm 0,2\%$. Соответственно при возростании капитала порог разорения перемещается в сторону больших потерь, а ценность выигрышей падает.

Критерии выбора решений в условиях неопределенности

Ситуации, возникшие при выборе решений в условиях неопределенности, склады-

ваются из следующих основных элементов:

- состояний объективных условий, описываемых практически нерегулируемыми переменными параметрами природного качества МПИ, факторами ценовой и рыночной конъюнктуры;

- стратегий обработки МПИ, построенных с использованием регулируемых переменных – вариантов оконтуривания запасов МПИ по лимитам качества ПИ, техники и технологии альтернативных способов добычи и переработки сырья;

- результатов оценки;
- прогнозов степени неопределенности при выборе и оценке вариантов решений;

- критериев выбора решения.

В соответствии с математической терминологией, результаты оценки R_{ij} – зависимые переменные, состояния объективных условий N_j и конкретные варианты обработки МПИ, S_i – независимые переменные. Тогда $R_{ij} = f(N_j, S_i)$.

Чтобы прийти к однозначному варианту решения в том случае, когда каким-то вариантам S_i соответствуют различные состояния N_j , необходимо ввести подходящие оценочные функции. При этом матрица решений $\|R_{ij}\|$ сводится к одному столбцу, в котором каждому варианту S_i приписывается некоторый результат r_{ij} решения. Если, например, последствия каждого из альтернативных решений характеризовать комбинацией из его наибольшего и наименьшего результатов, то можно принять

$$r_{ij} = \min_j r_{ij} + \max_j r_{ij}.$$

Наилучший результат имеет вид:

$$\max_j r_{ij} = \max_j (\min_j r_{ij} + \max_j r_{ij}).$$

Более обстоятельно классические и производные критерии принятия решений, основанные на теории игр

двух лиц – природы и ЛПП – с нулевой суммой, приведены в работе [4].

Выводы

Рассмотренными случаями не исчерпываются возможные проявления фактора неопределенности и риска при оценке МПИ – очередности их вовлечения в разработку. Причем трудности связаны не только с возможностями предсказания. Еще до того возникает вопрос перебора и оценки возможных сочетаний горных и рыночных факторов, относящихся к данному вопросу. Часто наблюдаются неясности относительно конкретных особенностей решений с учетом горно-технических, ресурсных и экологических ограничений. Ошибка может возникнуть и из-за того, что границы диапазона нерегулируемого количественного или качественного параметра окажутся недостаточно обоснованными.

Бессмысленно приниматься за оценки вероятностей возникновения тех или иных ситуаций в оценках объема и качества запасов ПИ, факторов полноты их извлечения и обогатимости, затрат по технологическим переделам до тех пор, пока нам не известно с некоторой долей уверенности, сколько состояний объективных условий имеют отношение к вопросу реализации проекта. В практике геолого-экономических оценок чаще рассматриваются ситуации, при которых возникает только одно состояние объективных условий, независимо от применяемых критериев эффективности. Иными словами, регулируются все переменные, влияющие на исход. Практически в этом случае идут по упрощенному пути, выражая все технические и горно-экономические факторы через априори заданные сочетания геологических характеристик МПИ, соответ-

ствующие предельно допустимому уровню издержек добычи ПИ. Такая система оценок способна в принципе вывести на экономические показатели конечного продукта. Однако это ни в коей мере не означает всемогущества, поскольку из-за отсутствия единообразия и регламентации ограничений макроуровня (рыночных, финансовых и др.) итоговая экономическая оценка нередко лишается необходимой исходной базы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ампилов Ю. П. Экономическая геология/Ю. П. Ампилов, А. А. Герт. М.: Геоинформмарк, 2006. 329 с.
2. Гостевских А. Об оценке рисков горного проекта/А. Гостевских, М. В. Шумилин//Литературные ресурсы России. Экономика и управление. 2001. № 3. С. 46–51.
3. Марголин А. М. Оценка запасов минерального сырья. Математические методы. М.: Недра, 1974. 264 с.
4. Мушник Э. Методы принятия технических решений/Э. Мушник, П. Мюллер. М.: Мир, 1990. 208 с.

УДК 553.3.08 (477)

С. В. РАДОВАНОВ, канд. екон. наук, заступник голови Державної служби геології та надр України

ПРОМИСЛОВА КЛАСИФІКАЦІЯ ГЕМАТИТОВИХ РУД ІНГУЛЕЦЬКОГО РОДОВИЩА ЗАЛІЗИСТИХ КВАРЦИТІВ КРИВБАСУ

На підставі вивчення речовинного складу окислених кварцитів Інгулецького родовища Кривбасу розроблена промислова класифікація гематитових руд, яка сприятиме створенню оптимальних схем видобутку і переробки цього виду сировини.

The author has developed an industrial classification of hematite ores based on the study of the material composition of oxidized quartzite from Inhuletske deposit, Krivbass. This classification will help create optimum schemes of mining and processing of this raw material.

Інгулецьке родовище магнетитових кварцитів знаходиться на півдні Інгулецького (Лихманівського) залізорудного району Криворізького басейну, в 30 км від центру м. Кривий Ріг. У будові його продуктивної залізорудної товщі бере участь шість залізистих горизонтів (з першого до шостого) саксаганської світи криворізької серії палеопротерозою (рис. 1). Важливою особливістю родовища є суттєве збільшення в північному напрямку потужності кори вивітрювання залізистих порід унаслідок чого з кожним роком у складі розкритих порід збільшується кількість гематитових (мартит-залізнослюдкових, залізнослюдко-мартитових, мартитових, дисперсногематит-мартитових, мартит-дисперсногематитових та ін.)

кварцитів, які є результатом гіпергенних змін первинних магнетитових різновидів.

Загальний уміст заліза в гематитових кварцитах у середньому становить близько 35 мас. %, що наближається до відповідного показника бідних магнетитових руд, але, незважаючи на це, окислені кварцити сьогодні використовуються Інгулецьким гірничозбагачувальним комбінатом лише для нарощування дамби хвостосховища. На 1.01.2011 р. у дамбу закладовано 143 362,5 тис. т цих порід. На відвалі 2С у 2010 р. окислені кварцити закладовані в кількості 2 958,5 тис. т, а всього з початку відпрацювання родовища закладовано 23 409,5 тис. т (7 485,7 тис. м³) цих порід [3]. Це пояснюється відсутністю рентабельних технологій вилучення і збагачення цього виду залізорудної сировини. Одним з кроків до вирішення цієї проблеми може бути