УДК 330.131.7:553.98.003.12

О.С. КРАСНОВ, Р.Т. МАМАХАТОВА
Сибирский НИИ геологии, геофизики и минерального сырья, г.Новосибирск
С.В. АКСЕНЕНКО
Администрация Новосибирской области
А.В. ПАНТЕЛЕЕВ
ГУПР по Красноярскому краю
А.А. КРЫЛОСОВ
Газпромбанк, г.Тюмень

ВЕРОЯТНОСТНАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ НА ЭКОНОМИЧЕСКУЮ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИНВЕСТИЦИОННЫХ НЕФТЕГАЗОВЫХ ПРОЕКТОВ

При определении экономической эффективности нефтегазовых инвестиционных проектов огромное значение приобретает оценка риска и надежности принимаемых решений при подготовке минерально-сырьевой базы. Получить такую оценку можно на основе геолого-математической модели вероятностного прироста запасов нефти и газа, в основе которой лежит композиция двух распределений, описывающих закономерности открытия месторождений (биномиальное) и получения на них заданного прироста запасов (экспоненциальное, усеченное распределение Парето, β-распределение и др.). Сущность предлагаемого подхода заключается в установлении количественных соотношений между приростами запасов и объемами поисково-оценочных работ с различными уровнями доверительной вероятности и в построении, исходя из этих уровней, поля геологических рисков.

Probabilistic nature of prospecting and exploration for oil and gas fields is an integral property of geological exploration. The appraisal of risk and reliability of decisions to be taken in developing the mineral resource base is stupendous for determining the economic efficiency of oil-and-gas investment projects. To get such an appraisal is possible based on a geologic-mathematical model of probabilistic incremental oil and gas reserves. The basis for this model is a composition of two distributions descriptive of regularities in discovering fields (binomial) and obtaining their specified incremental reserves (exponential, truncated Pareto's distribution of, β-distribution, etc.). The essence of the suggested approach consists in establishing quantitative proportions between incremental reserves and scope of prospecting-evaluation work at various levels of confidence probability and in constructing a field of geologic risks from these levels.

Вероятностный характер процессов разведки месторождений нефти и газа являются неотъемлемым свойством геологоразведочных работ. Поэтому огромное значение для определения экономической эффективности нефтегазовых инвестиционных проектов приобретает оценка риска и надежности принимаемых решений при подготовке минерально-сырьевой базы. Получить такую оценку можно на основе геолого-математической модели вероятностного прироста запасов нефти и газа, в основе которой лежит композиция двух распределений, описывающих закономерности открытия месторождений (биномиального) и получения на них заданного прироста запасов (экспоненциального, усеченного распределения Парето, β-распределения и др.). Сущность предлагаемого подхода заключается в установлении количественных соотношений между приростами запасов и объемами поисково-оценочных работ с различными уровнями доверительной вероятности и в построе-

нии, исходя из этих уровней, поля геологических рисков [1, 3, 4].

Математическое описание сформулированного подхода базируется на следующих предположениях:

- бурение определенного количества поисковых скважин отождествляется с проведением эксперимента;
- результаты двух экспериментов независимы;
- вероятность обнаружения месторождения в результате проведения одного эксперимента постоянна.

В принятых предположениях задача в вероятностной постановке формулируется следующим образом. Подготовленные N объектов последовательно вводятся в поисковое бурение. Результаты бурения каждого объекта составляют последовательность случайных событий: 1) залежи не обнаружено; 2) обнаружены залежи с определенными запасами.

Тогда событие прирастить запасы некоторой фиксированной величины z при открытии месторождения можно рассматривать как совпадение двух случайных событий: открытие месторождения и открытие месторождения с определенными запасами Q при условии, что произошло первое событие. А вероятность получить прирост запасов объемом не менее z при разбуривании N объектов, т.е. в N экспериментах, определится композицией этих двух событий, подчиняющихся различным законам распределения. Она может быть рассчитана по формуле полной вероятности.

Сначала определим выражение для вероятности события месторождение открыто. В качестве элементарных исходов эксперимента будем различать лишь два: 1) месторождение открыто – событие B; 2) месторождение не открыто – событие $\overline{B}$, противоположное первому. Вероятность появления события B для каждого эксперимента η постоянна, т.е. $P(B) = \eta$, где $0 \le \eta \le 1$. Тогда для события $\overline{B}$ будем иметь $P(\overline{B}) = 1 - P(B) = 1 - \eta$. Допустим, разбурено N объектов, т.е. проведено N экспериментов. Всего возможно 2^N исходов, каждому из которых будет соответствовать последовательность из N «успехов» и «неудач», чередующихся в том порядке, в котором они появляются. Вероятность появления определенной последовательности k успешных и N-k неудачных исходов равна $\eta^k (1-\eta)^{N-k}$. Всего же в N экспериментах число таких последовательностей равно числу различных сочетаний из N элементов по k, т.е. $C_N^k = N!/k!\,(N-k)!$. Следовательно, вероятность открытия k месторождений при разбуривании N структур $P(B_k) = C_N^k \eta^k (1-\eta)^{N-k}$. Совокупность вероятностей $P(B_k)$ для $k = 1, 2, ..., N$ соответствует биноминальному распределению.

Теперь определим вероятность события открыто месторождение с определенными запасами. Для этого необходимо рассмотреть вероятностное распределение месторождений по величине запасов. Для этого широко используются экспоненциальное распределение [1], усеченное распределение Парето, β-распределение [2]. Допустим, что приемлемой статистической моделью распределения месторождений по величине запасов является экспоненциальное распределение. Тогда функция распределения величины запасов одного месторождения $P(Q_1 \ge z) = \mathrm{e}^{-(z/\theta)}$, где θ – средние запасы промышленного месторождения. Исходя из этого, методом индукции по k получим формулу распределения вероятностей суммарной величины запасов Q_k при условии открытия k месторождений:

$$P(A/B_k) = P(Q_k \ge z) = \sum_{j=0}^{k-1} \lambda_k^{\,j} \, \mathrm{e}^{-\lambda_k} / j!,$$

где $\lambda_k = z/\theta$.

Таким образом, на основании полученных выше формул вероятность получения прироста запасов Q, равного или большего z, за N экспериментов по формуле полной вероятности равна сумме произведений вероятности получения требуемого прироста запасов за счет открытия k месторождений:

$$P(A) = \sum_{k=1}^{N} P(B_k) P(A/B_k) =$$

$$= \sum_{k=1}^{N} C_N^k \eta^k (1-\eta)^{N-k} \sum_{j=0}^{k-1} \lambda_k^j e^{-\lambda_k} / j!.$$

Далее, зная величину прогнозных ресурсов оцениваемого объекта (нефтегазоносной области, района, зоны или лицензионного участка), можно определить объемы работ для различных уровней подготавливаемых запасов (вплоть до максимально возможных) и соответствующие им вероятностные характеристики. Объединенные в одно множество, они образуют поле вероятных результатов геологоразведочных работ.

Для практики принятия инвестиционных решений наиболее важны три случая:

- при фиксации желаемого объема подготовки запасов – оценка необходимого размера инвестиций для снижения геологических рисков до приемлемого уровня;
- при фиксации размера вкладываемых инвестиций – оценка геологических рисков подготовки разных объемов запасов;
- при фиксации приемлемого уровня геологического риска – оценка необходимых размеров инвестиций на прирост разных объемов запасов.

Для оценки геологических рисков объемы работ следует представить в виде потребностей в инвестициях и затем перейти от вероятностных оценок прироста запасов к оценкам рисков их неполучения.

Таким образом, согласно формальному описанию вероятностной природы параметров объектов лицензирования под геологическим риском понимается вероятность неполучения предполагаемого прироста запасов при фиксированном объеме инвестиций на геолого-разведочные работы, а под полем геологических рисков – системно организованные сведения о зависимости рисков от объема инвестиций и ожидаемого прироста запасов.

Для многоаспектного анализа геологических рисков может быть применен графический метод. Сущность его заключается в том, что в трехмерном пространстве факторов инвестиции – прирост запасов – геологический риск строится поверхность, отражающая функциональную взаимосвязь этих факторов на оцениваемом объекте, а покоординатные пошаговые срезы позволяют проанализировать и оценить интересующие инвестора аспекты.

Такой подход реализован на перспективных для лицензирования участках углеводородных ресурсов Новосибирской области и Красноярского края. Это позволило повысить заинтересованность потенциальных инвесторов (в том числе финансовые и банковские структуры) к этим рисковым нефтегазовым проектам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вероятностная оценка прироста запасов газа / В.А.Волконский, Т.А.Косенко, В.А.Смирнов, И.Я.Файнштейн // Газовая промышленность. 1973. № 4. С.4-8.

2. *Зенков Ю.А.* О распределении залежей нефти и газа по величине запасов // Критерии прогноза нефтегазоносности Сибири / СНИИГГиМС. Новосибирск, 1980. С.43-52.

3. *Краснов О.С.* Анализ результатов геологоразведочных работ на нефть и газ на Сибирской платформе в 1981-1985 гг. и выработка рекомендаций к плану 1987 г. с целью повышения экономической эффективности работ. Новосибирск, 1986. 46 с.

4. *Краснов О.С.* Формирование стратегии подготовки и освоения минерально-сырьевой базы нефтегазодобывающей промышленности. Новосибирск: Сибирское соглашение, 2000. 284 с.