

# ОБ ЭКОНОМИЧЕСКОМ КРИТЕРИИ КЛАССИФИКАЦИИ РЕСУРСОВ



**Н. М. Емельянова,**  
старший научный сотрудник,  
канд. геол.-минерал. наук



**В. И. Пороскун,**  
зав. отделением,  
д-р геол.-минерал. наук

ВНИГНИ

Предлагаемый в инструктивных материалах метод определения ожидаемой стоимости ресурсов (ОСР\*) имеет ограниченное применение – для условий значительного агрегирования расчетных параметров и учета неопределенности только одного фактора (прогнозируемого результата ГРП) имитационной модели. Авторы показывают возможности развития метода оценки ОСР применительно к более сложным реальным условиям:

для двухстадийного поисково-оценочного этапа с отдельным учетом стадий – стадии выявления и подготовки объектов к поисковому бурению и стадии поиска и оценки залежей (месторождений);

при учете неопределенности других (помимо результатов ГРП) параметров имитационной модели – оценок ресурсов, коэффициентов перевода ресурсов и запасов в более высокие категории, технологических и экономических показателей и т. д.;

для объектов, содержащих несколько прогнозных залежей.

**В** новой Классификации запасов и прогнозных ресурсов нефти и горючих газов, утвержденной МПР РФ в 2005 г., в качестве критериев классификации по экономической эффективности приняты [1, 2]: для запасов – чистый дисконтированный доход (ЧДД), для ресурсов – ожидаемая стоимость запасов (ОСЗ). Оба эти показателя определяют стоимостную оценку запасов и ресурсов, подсчитанных на разных этапах геологоразведочных работ (ГРП), т. е. соответствующих разной степени изученности оцениваемых запасов и ресурсов [3–5]. ЧДД запасов рассчитывают для открытых залежей или месторождений, ОСЗ (далее – ОСР) – для выявленных и подготовленных ловушек (т. е. для объектов, характеризующихся большой степенью неопределенности). При этом последний показатель представляет собой чистый дисконтированный доход, прогнозируемый для ресурсов по результатам будущих ГРП с учетом затрат на эти работы и вероятности их успеха.

ЧДД рассчитывают на базе детерминированной модели дисконтированного денежного потока:

$$\text{ЧДД} = \sum_t (Z_t - \sum_j C_{jt}) / (1+E)^t, \quad t=1, \dots, T, \quad (1)$$

где  $Z_t$  – ценность добываемой в  $t$ -м году продукции;  $\sum_j C_{jt}$  – сумма всех затрат, связанных с освоением оцениваемого

объекта;  $j$  – индекс вида затрат;  $T$  – расчетный период, соответствующий периоду рентабельной разработки объекта;  $E$  – норма дисконта. Вероятностный характер геологических и экономических показателей обычно учитывают путем увеличения нормы дисконта  $E$  в формуле (1) на величину  $E_p$ , называемую поправкой на риск [3, 4].

Применяемый для характеристики прогнозной стоимости ресурсов показатель ОСР отражает иной способ учета вероятностного характера геологических и экономических прогнозов. Для его расчета предлагается формула [2, 3]

$$\text{ОСР} = D P_{\text{усп}} - K_{\text{риск}} (1 - P_{\text{усп}}), \quad (2)$$

где  $D$  – значение ЧДД ресурсов после налогообложения с учетом всех понесенных затрат по выявлению и подготовке ловушек к глубокому бурению, поиску, разведке, подготовке к промышленному освоению, регулярных платежей за пользование недрами и прочих обязательных платежей;  $P_{\text{усп}}$  – вероятность успеха геологоразведочных работ;  $K_{\text{риск}}$  – рисковый капитал, под которым в данном случае понимается сумма регулярных платежей за пользование недрами и прогнозируемых затрат на все виды работ по выявлению и подготовке ловушек к глубокому бурению, поиску, разведке, подготовке к промышленному освоению.

\*Здесь и далее в статье авторы вместо принятой в инструктивных материалах аббревиатуры ОСЗ (ожидаемая стоимость запасов) предпочитают использовать аббревиатуру ОСР (ожидаемая стоимость ресурсов) как более соответствующую смыслу понятия.

нию. В качестве значения  $D$  может быть принята детерминированная оценка стоимости ресурсов, рассчитанная в соответствии с методическим руководством [5].

Легко видеть, что формула (2) является записью выражения математического ожидания дискретной случайной величины ЧДД ресурсов, имеющей два возможных исхода – ЧДД =  $D$  с вероятностью  $P_{\text{усп}}$  и ЧДД =  $-K_{\text{риск}}$  с вероятностью  $(1 - P_{\text{усп}})$ :

$$\text{ОСР} = M[\text{ЧДД}_{\text{рес}}], \quad (3)$$

т. е. показатель ОСР представляет собой усредненную по вероятности оценку ЧДД ресурсов.

Введение показателя ожидаемой стоимости ресурсов в виде (2) и (3) означает переход от детерминированных оценок ЧДД ресурсов к их вероятностным оценкам, когда неопределенность прогнозных параметров геолого-экономической модели и порождаемая ими неопределенность оценки ЧДД ресурсов моделируются случайными величинами, характеризующимися своими функциями распределения вероятностей.

В общем случае, если обозначить функцию распределения вероятностной оценки ЧДД ресурсов через  $f(\text{ЧДД}_{\text{рес}})$ , для вычисления показателя ОСР в виде (3) справедливы выражения:

$$\text{ОСР} = M[\text{ЧДД}_{\text{рес}}] = \sum_i \text{ЧДД}_i P_i \quad (4)$$

для дискретной функции распределения  $f(\text{ЧДД}_{\text{рес}})$ , заданной набором дискретных значений ЧДД<sub>*i*</sub> и вероятностями их осуществления  $P_i$ ;

$$\text{ОСР} = M[\text{ЧДД}_{\text{рес}}] = \int_{\text{ЧДД}_{\text{мин}}}^{\text{ЧДД}_{\text{макс}}} \text{ЧДД}_{\text{рес}} f(\text{ЧДД}_{\text{рес}}) d(\text{ЧДД}_{\text{рес}}) \quad (5)$$

для непрерывной функции распределения  $f(\text{ЧДД}_{\text{рес}})$ , где ЧДД<sub>мин</sub> и ЧДД<sub>макс</sub> – минимальное и максимальное значения ЧДД ресурсов;  $d(\text{ЧДД}_{\text{рес}})$  – элементарное приращение ЧДД<sub>рес</sub>.

Формулой (3) осуществлен переход от детерминированной оценки ЧДД ресурсов к вероятностной оценке: ОСР в виде (3) можно рассматривать как точечную вероятностную оценку стоимости ресурсов. Целесообразность принятия математического ожидания функции распределения  $f(\text{ЧДД}_{\text{рес}})$  в качестве оценки ОСР объясняется тем, что этот параметр представляет собой агрегированную в виде одного числа количественную характеристику, обобщающую всю информацию, которая содержится в функции распределения  $f(\text{ЧДД}_{\text{рес}})$ .

Вероятностные оценки ЧДД ресурсов используют при решении задач управления ресурсами в условиях неопределенности и риска как у нас в стране [6, 7], так и за рубежом [8, 9]. В зарубежной литературе этот показатель

известен под аббревиатурой EMV – Expected Monetary Value (ожидаемая денежная стоимость) [9].

Отметим следующие особенности условий применимости формулы (2):

- ♦ объект оценки предполагается локальным (одна прогнозная залежь), а его изученность соответствует стадии поисков и оценки (ресурсам категории  $C_3$ ), когда целью ГРП является обнаружение нефтегазовой залежи в локальной ловушке (структуре);

- ♦ используется агрегированная имитационная модель, позволяющая свести структуру сложного процесса изучения и освоения залежи до уровня формализации, соответствующего уравнению (2): все расходы на ГРП, обеспечивающие перевод ресурсов категорий  $D_1$  и  $C_3$  в запасы промышленных категорий, характеризуются одной величиной –  $K_{\text{риск}}$ ; неопределенность результатов всех ГРП моделируется с помощью одного показателя –  $P_{\text{усп}}$ ; величина  $D$  соответствует стоимости извлекаемых запасов, которые прогнозируются прирастить в результате освоения оцениваемых ресурсов;

- ♦ все показатели имитационной расчетной модели предполагаются детерминированными, за исключением одного фактора – неопределенного результата ГРП, который формализуется набором вероятностей  $P_{\text{усп}}$  и  $(1 - P_{\text{усп}})$ .

В общем случае условия получения показателя ОСР по формуле (2) можно отобразить схематически в виде дерева решений (рис. 1, а), которое интерпретируется следующим образом:

- ♦ перевод ресурсов на локальном объекте в прогнозируемую величину прироста извлекаемых запасов осуществляется путем проведения ГРП расчетной стоимости  $K_{\text{риск}}$ ;

- ♦ априорно неизвестный результат ГРП моделируется дискретной случайной величиной с двумя возможными исходами: первый – залежь будет обнаружена, второй – залежь не будет обнаружена. Первый исход будет характеризоваться вероятностью успеха ГРП  $P_{\text{усп}}$ , второй – вероятностью  $(1 - P_{\text{усп}})$ . Для отображения такой неопределенной ситуации на рисунке используется знак ●, который называется узлом неопределенности (chance node [8]). Ветви (стрелки-события), выходящие из узла неопределенности, называются случайными ветвями и представляют собой возможные результаты ГРП, которые характеризуются соответствующими вероятностями. Сумма вероятностей, относящихся к одному узлу неопределенности, должна быть равна 1;

- ♦ для варианта обнаружения залежи по традицион-

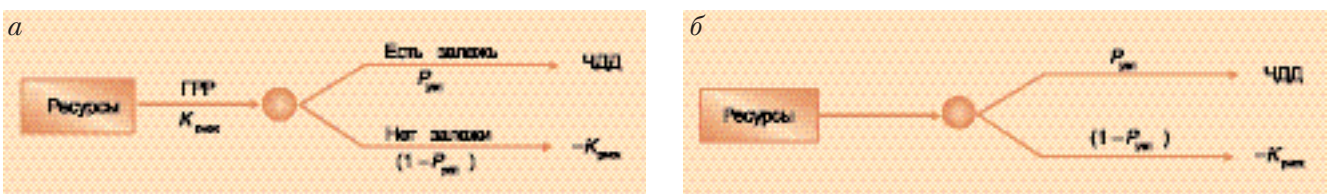


Рис. 1. Дерево решений для определения ОСР ресурсов (а) и соответствующий ему риск-профиль (б)

ным методикам вычисляют прогнозную величину извлекаемых запасов, моделируют условия разработки и реализации извлеченной продукции и определяют детерминированный ЧДД ресурсов с учетом всех понесенных затрат, включая затраты на ГРП –  $K_{\text{риск}}$ ;

♦ для варианта отсутствия залежи затраты на ГРП будут чистым убытком, т. е. ЧДД =  $-K_{\text{риск}}$ ;

♦ на выходе дерева решений указаны возможные значения ЧДД ресурсов, рассчитанные для возможных сценариев по случайным результатам ГРП.

Дерево решений можно преобразовать в риск-профиль (профиль вероятностей) [9], который определяет возможные значения случайной величины (ЧДД ресурсов) и их вероятности (см. рис. 1, б). Из рис. 1, б следует, что случайная величина ЧДД ресурсов, характер которой обусловлен случайным фактором – неопределенным результатом ГРП, характеризуется дискретной функцией распределения  $f(\text{ЧДД}_{\text{рес}})$  с двумя возможными исходами – детерминированными оценками ЧДД и рисковому капиталу  $K_{\text{риск}}$ :

$$f(\text{ЧДД}_{\text{рес}}) = \{ \text{ЧДД}, P_{\text{усп}}; -K_{\text{риск}}, (1 - P_{\text{усп}}) \}. \quad (6)$$

Вычисление математического ожидания  $f(\text{ЧДД}_{\text{рес}})$  по формуле (3) с использованием функции распределения ЧДД ресурсов (6) дает выражение (2) для определения ОСР. Отметим, что условия применения формулы (2) для оценки ОСР не исчерпывают всех возможных реальных ситуаций.

**Основные методологические положения**

Разработка предлагаемых ниже методов оценки ОСР базировалась на следующих положениях.

1. Основу определения показателя ОСР составляют вероятностные оценки ЧДД ресурсов, полученные при моделировании всех или некоторых параметров расчетной геолого-экономической модели случайными величинами.

2. Вероятностная оценка ЧДД ресурсов представляет собой функцию распределения вероятностей  $f(\text{ЧДД}_{\text{рес}})$ , характеризующуюся математическим ожиданием  $M[\text{ЧДД}_{\text{рес}}]$  и среднеквадратическим отклонением  $\sigma$ .

3. В качестве показателя ОСР принимается математическое ожидание функции распределения  $f(\text{ЧДД}_{\text{рес}})$  –  $M[\text{ЧДД}_{\text{рес}}]$ .

4. Функцию распределения  $f(\text{ЧДД}_{\text{рес}})$  получают путем применения двух последовательных процедур:

построения дерева решений для графического представления структуры процесса получения  $f(\text{ЧДД}_{\text{рес}})$ ; все узлы неопределенности этого дерева решений и выходя-

щие из них случайные ветви должны быть охарактеризованы вероятностно: либо дискретными значениями вероятностей, либо непрерывными функциями распределения;

сворачивания дерева решений и преобразования его в риск-профиль, который представляет собой графическое изображение функции распределения  $f(\text{ЧДД}_{\text{рес}})$  – набор возможных значений ЧДД ресурсов, соответствующих различным сценариям развития событий, и результирующие вероятности их осуществления.

5. На базе полученной функции распределения  $f(\text{ЧДД}_{\text{рес}})$  определяют все показатели риска, которыми оперирует вероятностная теория принятия решений при оптимизации бизнеса в условиях неопределенности – среднееквадратическое отклонение  $\sigma$  и коэффициент вариации  $\delta = \sigma / M[\text{ЧДД}_{\text{рес}}]$  распределения  $f(\text{ЧДД}_{\text{рес}})$ , вероятность убытка  $P_{\text{уб}}$ , средние значения убытка  $\text{УБ}_{\text{ср}}$  и прибыли  $\text{ПР}_{\text{ср}}$  и т. д.

6. Если требуется только оценка ОСР, то ее удобно получать путем преобразования дерева решений в дерево математических ожиданий и определения ОСР с помощью обратного счета (от конца дерева в начало).

**Определение ОСР при оценке ресурсов категории  $D_{1л}$**

В данном случае объектом оценки является выявленная ловушка, а поисково-оценочный этап разбивается на две стадии – стадию подготовки объекта к поисковому бурению и стадию поиска и оценки залежи. Дерево решений для данной ситуации (рис. 2, а) содержит два узла неопределенности: узел 1 отображает неопределенный результат ГРП на стадии поиска и оценки залежи; из него выходят две случайные ветви, характеризующиеся вероятностями положительного  $P_{\text{усп}}$  и отрицательного  $(1 - P_{\text{усп}})$  результата ГРП; узел 2 отображает неопределенный результат ГРП на стадии подготовки объекта к поисковому бурению; из него выходят две случайные ветви, характеризующиеся вероятностями подтверждения структуры в выявленной ловушке  $P_{\text{подтв}}$  и отсутствия структуры в выявленной ловушке  $(1 - P_{\text{подтв}})$ ;  $K_{1\text{риск}}$  и  $K_{2\text{риск}}$  в обозначениях формулы (2) представляют собой рисковому капитал, связанный с регулярными платежами и прогнозируемыми затратами на проведение ГРП, соответствующих указанным стадиям поисково-оценочного этапа. Выходом дерева решений являются детерминированные оценки ЧДД<sub>рес</sub> при различных сценариях развития процесса освоения залежи:

♦ сценарий, соответствующий положительным результатам ГРП на всех этапах и стадиях освоения залежи,

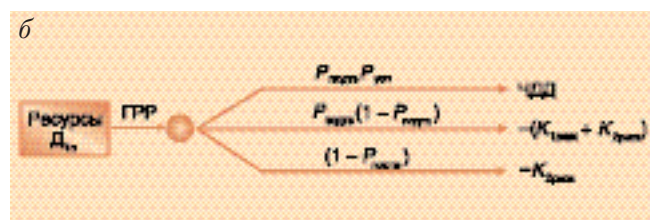
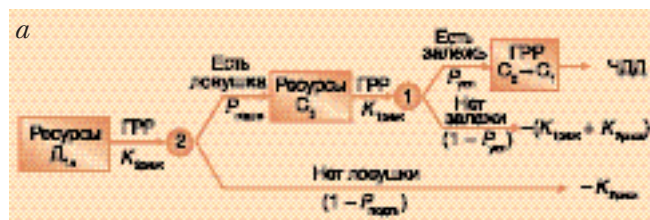


Рис. 2. Дерево решений для определения ОСР при оценке ресурсов категории  $D_{1л}$  (а) и соответствующий ему риск-профиль (б)



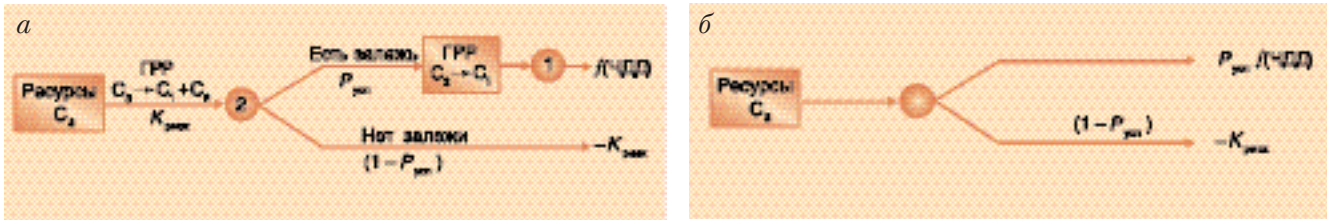


Рис. 3. Дерево решений для определения ОСР при учете неопределенных параметров геолого-экономической модели (а) и соответствующий ему риск-профиль (б)

т. е.  $ЧДД_{рес} = ЧДД$ , где ЧДД представляет собой детерминированную оценку ЧДД ресурсов категории  $D_1$  с учетом совокупных затрат  $K_{2риск}$  и  $K_{1риск}$ :

♦ сценарий, соответствующий положительному результату ГРР на стадии подтверждения структуры в выявленной ловушке и отрицательному результату ГРР на стадии поиска залежи в подготовленной структуре, т. е.  $ЧДД_{рес} = -K_{1риск} + K_{2риск}$ ;

♦ сценарий, соответствующий отрицательному результату ГРР на стадии подтверждения структуры в выявленной ловушке, т. е.  $ЧДД_{рес} = -K_{2риск}$ .

Риск-профиль, соответствующий дереву решений, показанному на рис. 2, а, определяет дискретную функцию распределения  $f(ЧДД_{рес})$  с тремя возможными исходами (см. рис. 2, б), которую можно представить в виде:

$$f(ЧДД_{рес}) = \{ЧДД, P_{подтв} P_{усп}; -(K_{1риск} + K_{2риск}), P_{подтв} (1 - P_{усп}); -K_{2риск}, (1 - P_{подтв})\}. \quad (7)$$

Наличие функции распределения  $f(ЧДД_{рес})$  в виде (7) позволяет записать формулу для расчета ОСР при оценке ресурсов категории  $D_{1Д}$ :

$$ОСР = M\{ЧДД_{рес}\} = ЧДД P_{подтв} P_{усп} - (K_{1риск} + K_{2риск}) P_{подтв} \times (1 - P_{усп}) - K_{2риск} (1 - P_{подтв}). \quad (8)$$

Формулу (8) можно получить и иначе – путем обратного пересчета математических ожиданий от узла 1 к узлу 2.

### Определение ОСР при учете неопределенных оценок параметров геолого-экономической модели

Рассмотрим случай определения ОСР для локального объекта с ресурсами категории  $C_3$ . Неопределенные параметры геолого-экономической модели будем моделировать случайными величинами, имеющими непрерывные функции распределения вероятностей. Неопределенные результаты ГРР, как и в предыдущем случае, будем моделировать дискретной случайной величиной. Такой модели соответствует дерево решений (рис. 3, а), аналогичное дереву решений, изображенному на рис. 1, а, однако вместо детерминированной оценки ЧДД на выходе здесь появляется узел неопределенности 1. Этот узел характеризуется непрерывной функцией распределения вероятностей  $f(ЧДД)$  неопределенной оценки ЧДД ресурсов, обусловленной неопределенностью параметров геолого-экономической модели. Функцию распределения  $f(ЧДД_{рес})$ , а также производную от нее интегральную функцию распределения – обычно  $F(ЧДД_{рес})$  – получают методом Монте-Карло.

Функция распределения  $f(ЧДД_{рес})$  является смешан-

ной дискретно-непрерывной (см. рис. 3, б). Она состоит из двух частей: части, представленной непрерывной функцией  $P_{усп} f(ЧДД)$ , и дискретного значения  $-K_{риск}$ , вероятностность которого равна  $(1 - P_{усп})$ :

$$f(ЧДД) = \{P_{усп} f(ЧДД); -K_{риск}, (1 - P_{усп})\}. \quad (9)$$

Показатель ОСР при использовании функции распределения  $f(ЧДД)$  в виде (9) вычисляется по формуле:

$$ОСР = M\{f(ЧДД)\} = M\{P_{усп} f(ЧДД)\} - K_{риск} (1 - P_{усп}), \quad (10)$$

где  $M\{P_{усп} f(ЧДД)\}$  – математическое ожидание функции распределения  $P_{усп} f(ЧДД)$ . Вынося константу  $P_{усп}$  формуле (10) за знак математического ожидания получим аналог формулы (10):

$$ОСР = P_{усп} M\{f(ЧДД)\} - K_{риск} (1 - P_{усп}), \quad (11)$$

где  $M\{f(ЧДД)\}$  – математическое ожидание функции распределения  $f(ЧДД)$ .

### Определение ОСР для объектов, содержащих несколько прогнозных залежей

Рассмотрим случай определения ОСР для группы подготовленных к поисковому бурению локальных объектов с ресурсами категории  $C_3$ . Оценки ЧДД ресурсов вычисляются с учетом неопределенных параметров геолого-экономической модели, что обуславливает их вероятностный характер (см. предыдущий раздел). Пример заимствован из монографии [6]. Дерево решений для рассматриваемой ситуации показано на рис. 4, а.

Это дерево решений соответствует следующим условиям. Для нескольких перспективных залежей с ресурсами категории  $C_3$  осуществляется типовой комплекс ГРР, стоимость которого с учетом регулярных платежей составляет  $K_{риск}$ . Заранее результат ГРР не определен, но исходя из опыта работ, можно предположить, что с вероятностью  $P_0$  в подготовленных к поисковому бурению структурах не будет обнаружено ни одной залежи, а с вероятностями  $P_1, P_2, P_3, P_4, P_5$  будут обнаружены соответственно одна, две, три, четыре, пять залежей. Такой неопределенной ситуации соответствует узел неопределенности 1 на рис. 4, а. Предполагается, что в случае открытия одной, двух и т. д. залежей на них будут проведены разведочные работы соответствующего объема и стоимости, которые позволяют перевести ресурсы категории  $C_3$  для открытых залежей в запасы промышленных категорий и вычислить для них оценки чистого дисконтированного дохода ЧДД. Для каждого сценария по числу открытых залежей методом Монте-Карло определяют вероятностные оценки ЧДД в виде непрерывных функций рас-

предела  $f_j(\text{ЧДД})$ , где  $j = 1, \dots, 5$  – номер сценария. При вычислении функций распределения  $f_j(\text{ЧДД})$  должны быть учтены регулярные платежи и затраты на ГРР для каждого сценария. Выходом дерева решений по ветвям, соответствующим сценариям  $j = 1, \dots, 5$ , являются узлы неопределенности, которые характеризуются функциями распределения  $f_j(\text{ЧДД})$ .

Для получения функции распределения  $f(\text{ЧДД}_{\text{рес}})$  перейдем от дерева решений к риск-профилю (рис. 4, б). Функция распределения  $f(\text{ЧДД}_{\text{рес}})$  является смешанной дискретно-непрерывной. Она состоит из двух частей: части, представленной суммой непрерывных функций распределения  $\sum_j P_j f_j(\text{ЧДД}_{\text{рес}})$  и дискретного значения  $-K_{\text{риск}}$ , вероятность которого равна  $P_0$ :

$$f(\text{ЧДД}_{\text{рес}}) = \{ \sum_j P_j f_j(\text{ЧДД}_{\text{рес}}); -K_{\text{риск}}, P_0 \}. \quad (12)$$

Показатель ОСР при использовании функции распределения  $f(\text{ЧДД}_{\text{рес}})$  в виде (12) вычисляются по формуле  $\text{ОСР} = M\{f(\text{ЧДД}_{\text{рес}})\} = \sum_j M\{P_j f_j(\text{ЧДД}_{\text{рес}})\} - P_0 K_{\text{риск}}$ , (13) где  $M\{P_j f_j(\text{ЧДД}_{\text{рес}})\}$  – математическое ожидание функции распределения  $P_j f_j(\text{ЧДД}_{\text{рес}})$ . Вынося константу  $P_j$  за знак математического ожидания получим аналог формулы (13):

$$\text{ОСР} = \sum_j P_j M\{f_j(\text{ЧДД})\} - P_0 K_{\text{риск}}, \quad (14)$$

где  $M\{f_j(\text{ЧДД})\}$  – математическое ожидание функции распределения  $f_j(\text{ЧДД})$ .

Риск-профиль, показанный на рис. 4, б, можно упростить (см. рис. 4, в), заменив совокупность функций распределения  $\{P_j f_j(\text{ЧДД})\}$  суммарной функцией распределения  $f_{\Sigma}(\text{ЧДД})$ , которая может быть получена путем арифметического суммирования значений функций  $P_j f_j(\text{ЧДД})$  при общих для этих функций значениях аргумента ЧДД. В соответствии с риск-профилем рис. 4, в

$$f(\text{ЧДД}_{\text{рес}}) = \{ f_{\Sigma}(\text{ЧДД}); -P_0 K_{\text{риск}}, P_0 \}. \quad (15)$$

Использование функции распределения  $f(\text{ЧДД}_{\text{рес}})$  в виде (15) позволяет записать еще одно выражение для вычисления ОСР:

$$\text{ОСР} = M\{f_{\Sigma}(\text{ЧДД})\} - P_0 K_{\text{риск}}, \quad (16)$$

где  $M\{f_{\Sigma}(\text{ЧДД})\}$  – математическое ожидание функции распределения  $f_{\Sigma}(\text{ЧДД})$ .

Продemonстрируем процедуру на числовом примере, взятом из работы [6], для удобства расчетов несколько изменив вероятности подтверждения залежей. Для простоты предположим, что все функции  $f_j(\text{ЧДД})$  подчиняются нормальному закону распределения. Все исходные расчетные параметры приведены в таблице.

**Исходные расчетные параметры**

Вариант по числу открытых залежей	Вероятность подтверждения залежей	$K_{\text{риск}}$ , млн руб.	$f_j(\text{ЧДД})$	
			Математическое ожидание, млн руб.	Среднеквадратическое отклонение, млн руб.
Ни одной залежи	0,1	249		
I – одна залежь	0,15	249	93	81
II – две залежи	0,3	249	260	133
III – три залежи	0,3	249	326	164
IV – четыре залежи	0,1	249	324	183
V – пять залежей	0,05	249	268	187

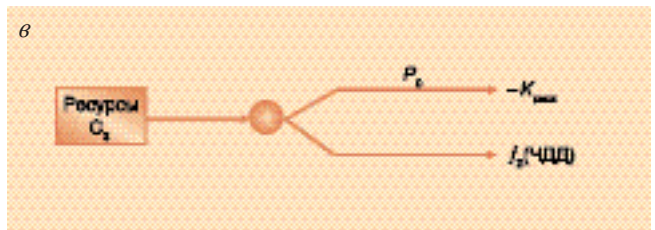


Рис. 4. Дерево решений для определения ОСР объектов, содержащих несколько прогнозных залежей (а), соответствующий ему риск-профиль (б) и результат преобразования риск-профиля при замене  $\sum_j P_j f_j(\text{ЧДД}) = f_{\Sigma}(\text{ЧДД})$  (в)

Функции распределения  $P_j f_j(\text{ЧДД})$  и результат их суммирования показаны на рис. 5.

Для исходных данных, приведенных в таблице, получены следующие значения ОСР:  $\text{ОСР} = 210,6$  млн руб. при использовании формулы (14),  $\text{ОСР} = 206,1$  млн руб. при использовании формулы (16). Различие в значениях ОСР, вычисленных по двум математически идентичным формулам, объясняется наличием статистической погрешности в оценке ОСР (206,1 млн руб.), полученной по конечной выборке.

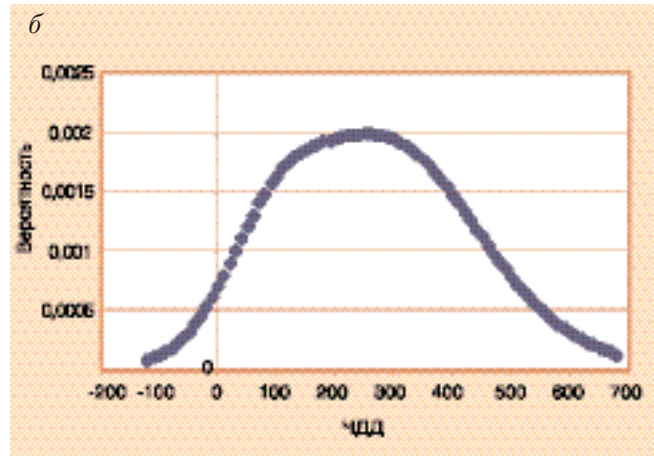
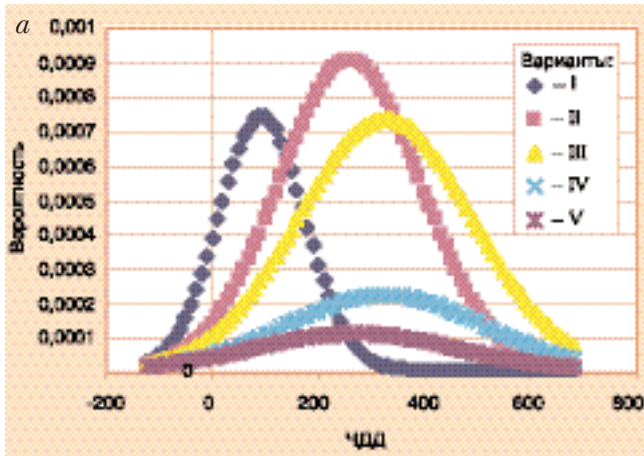


Рис. 5. Функции распределения  $P_j f_j(\text{ЧДД}), j = 1, \dots, 5$  (а) и суммарная функция распределения  $f_{\Sigma}(\text{ЧДД})$  (б)

**Определение показателей риска убытков**

Общепринятыми показателями рисков при освоении ресурсов углеводородного сырья являются [4, 6, 10]: вероятность получения убытков от освоения нерентабельного месторождения (залежи), прогнозируемого по результатам геологоразведочных работ,  $P_{yb}$ ; среднее значение убытков  $УБ_{cp}$ . Оба указанных показателя могут быть получены по функциям распределения вероятностей ЧДД ресурсов  $f(\text{ЧДД}_{рес})$ .

Вероятность получения убытков  $P_{yb}$  представляет собой сумму вероятностей отрицательных значений ЧДД:

$$P_{yb} = \int_{-\text{ЧДД}_{\min}}^0 f(\text{ЧДД}_{рес})d(\text{ЧДД}). \quad (17)$$

Применяемые понятия среднего значения убытков неоднозначны; для их вычисления предлагаются различные формулы, имеющие различную математическую и смысловую интерпретацию:

1. Среднее значение убытков  $УБ_{1cp}$ , которое представляет убыточную часть в ожидаемой стоимости ресурсов (ОСР) [4, 10],

$$УБ_{1cp} = \int_{-\text{ЧДД}_{\min}}^0 \text{ЧДД}_{рес} f(\text{ЧДД}_{рес})d(\text{ЧДД}_{рес}). \quad (18)$$

По аналогии с  $УБ_{1cp}$  существует понятие среднего значения прибыли  $ПР_{1cp}$ , которое представляет прибыльную часть в ожидаемой стоимости ресурсов (ОСР):

$$ПР_{1cp} = \int_0^{\text{ЧДД}_{\max}} \text{ЧДД}_{рес} f(\text{ЧДД}_{рес})d(\text{ЧДД}_{рес}). \quad (19)$$

Рассматривая ОСР как математическое ожидание функции распределения  $f(\text{ЧДД}_{рес})$ , получим:

$$ОСР = УБ_{1cp} + ПР_{1cp}. \quad (20)$$

Использование выражения (15) целесообразно в случаях, когда интерес представляет сопоставление средних убытков  $УБ_{1cp}$  и средней прибыли  $ПР_{1cp}$ , которые можно ожидать от освоения оцениваемых ресурсов. При таком определении средних убытков и средней прибыли для характеристики относительных убытков обычно используется коэффициент ожидаемых убытков КОУ [10]:

$$КОУ = |УБ_{1cp}| / (ПР_{1cp} + |УБ_{1cp}|). \quad (21)$$

2. Среднее значение убытков  $УБ_{2cp}$ , служащее для характеристики убытков, которые можно ожидать только в случаях освоения неэффективных объектов [6]:

$$УБ_{2cp} = УБ_{1cp} / P_{yb}. \quad (22)$$

По аналогии с  $УБ_{2cp}$  существует понятие среднего значения прибыли  $ПР_{2cp}$ , служащее для характеристики прибыли, которую можно ожидать только в случаях освоения эффективных объектов [6]:

$$ПР_{2cp} = ПР_{1cp} / (1 - P_{yb}). \quad (23)$$

Значения  $P_{yb}$ ,  $УБ_{1cp}$ ,  $ПР_{1cp}$  легко вычисляются как для дискретных, так и для непрерывных функций распределения  $f(\text{ЧДД}_{рес})$ , если последние известны в числовом виде (как это всегда бывает при их получении методом Монте-Карло). Для дискретно-непрерывных функций распределения  $f(\text{ЧДД}_{рес})$  значения этих величин определяются отдельно для дискретной и непрерывной частей функции распределения, а затем суммируются.

В качестве примера рассмотрим дискретно-непрерывную функцию распределения  $f(\text{ЧДД}_{рес})$ , полученную в предыдущем разделе (см. таблицу, рис. 4, в и 5, б). Вычисления дали следующие результаты: для дискретной части  $P_{yb} = 0,1$ ; тогда  $УБ_{1cp} = 0,1 \times 249 = 24,9$  млн руб.; для непрерывной части  $P_{yb} = 0,041$ ;  $УБ_{1cp} = 1,534$  млн руб. Для полной функции распределения  $f(\text{ЧДД}_{рес})$   $P_{yb} = 0,1 + 0,041 = 0,141$ ;  $УБ_{1cp} = 24,9 + 1,534 = 26,434$  млн руб.;  $УБ_{2cp} = 1,534 / 0,141 = 10,879$  млн руб.

**Выводы**

1. Предлагаемая в существующих инструктивных материалах формула для вычисления ожидаемой стоимости запасов ОСЗ (в нашей интерпретации – ОСР) имеет ограниченное применение. Представление этой формулы как универсальной, пригодной для использования в любых реальных ситуациях, может привести к некорректным результатам.

2. Изменение условий получения стоимостной оценки ресурсов требует проведения соответствующей конкретизации способа определения показателя ОСР. Эта конкретизация должна базироваться на следующих мето-



дологических положениях:

ОСР представляет собой математическое ожидание функции распределения вероятностей прогнозной величины ЧДД ресурсов, полученной при вероятностной формализации всех или некоторых параметров расчетной геолого-экономической модели;

получение функции распределения вероятностей прогнозной величины ЧДД ресурсов целесообразно проводить на базе построения дерева решений, графически отображающего процесс получения функции распределения ЧДД ресурсов; преобразования дерева решений в профиль вероятностей, представляющий возможные значения ЧДД ресурсов и их вероятности.

3. Предлагаемые способы определения показателя ОСР применимы к более сложным реальным ситуациям, чем при учете неопределенности только одного фактора (прогнозируемого результата ГПП) имитационной модели. ■■■

**About the economic criterion for the classification of resources**

**N. M. Emelianova, V. I. Poroskun**

The article discusses methods for the identification of the index of the expected value of resources (EVR) used as a criterion for the classification of resources by economic efficiency. (referred to as OSZ abbreviation in the "Classification of the reserves and prognostic resources of oil and combustible gases" of 2005). The authors prove that the method for the assessment of the EVR proposed in the regulatory documents is of rather limited use - for the conditions of essential aggregation of the calculated parameters and accounting of uncertainties for only one factor (predicted results of exploration) of the simulation model. The description is presented of the methods for the assessment of the EVR index, which are applicable for more complicated real situations: separate accounting of the stages of the prospecting and appraisal phases; accounting of uncertainties for the parameters of the simulation model other than the result of exploration; items of appraisal, which contain several prognostic fields.



*Список литературы = References*

1. *Классификация запасов и прогнозных ресурсов нефти и горючих газов*. Утверждена приказом МПР РФ № 298 от 01.11.2005 г. М., 2005. = *Classification of reserves and prognostic resources of oil and combustible gases*. Approved by the Order No 298 dated 01 November 2005 of the RF Ministry of Natural Resources. М.: 2005 (in Russian).
2. *Принципы классификации и учета запасов и ресурсов нефти и горючих газов* / В. И. Пороскун [и др.] // Информационно-аналитический бюллетень. Приложение к журналу «Недропользование – XXI век». Вып. 2. М.: НП НАЭН, 2007. = *Principles of the classification and accounting of the reserves of oil and combustible gases* / V.I. Poroskun [et al.] // Information and Analysis Bulletin. Supplement to the Nedropolzovanie-XXI Vek Magazine, Issue 2. М.: NP NAEN, 2007 (in Russian).
3. *Геолого-экономическая оценка месторождений и участков недр, содержащих запасы и ресурсы нефти и газа* / А. А. Герт [и др.]. Новосибирск: МПР РФ, Федеральное агентство по недропользованию, СНИИГГиМС, 2007. = *Geological and economic appraisal of fields and sites bearing the reserves of oil and gas* / F.F. Gert [et al.]. Novosibirsk: RF Ministry of Natural Resources, Federal Agency for the Management of Mineral Resources, SNIIGGiMS, 2007 (in Russian).
4. *Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов (II редакция)*: Официальное издание. Утверждено Министерством экономики РФ, Министерством финансов РФ, Государственным комитетом РФ по строительной, архитектурной и жилищной политике, NBK 477 от 21.06.1999 г. М., 2000. = *Recommended practice for the evaluation of the efficiency of investment projects (II revised edition)*: Official publication. Approved by the RF Ministry of Economic Affairs, RF Ministry of Finance, State Committee of the Russian Federation for Construction, Architecture and Housing Policies. NBK 477, dated 21 June 1999, М.: 2000 (in Russian).
5. *Методическое руководство по количественной и экономической оценке ресурсов нефти, газа и конденсата России*. Утверждено Научным советом по совершенствованию количественной и экономической оценки ресурсов нефти, газа и конденсата 16.06.2000 г. М., 2000. = *Methodological guidelines for the quantitative and economic appraisal of oil, gas and condensate resources of Russia*. Approved by the Research Council for the Perfection of Procedures of the Qualitative and Economic Appraisal of Oil, Gas and Condensate Resources. Dated 16 June. 2000, М.: 2000 (in Russian).
6. *Методика и практический опыт стоимостной оценки запасов и ресурсов нефти и газа* / А. А. Герт [и др.]. Новосибирск: Наука, 2007. = *Methods, procedures and practice for the evaluation of oil and gas reserves and resources* / A. A. Gert [et al.]. Novosibirsk: Nauka Publishers, 2007 (in Russian).
7. *Ампилов Ю. А. Стоимостная оценка недр*. М.: Геоинформцентр, 2003. = *Yu. A. Ampilov. Evaluation of mineral reserves and resources*. М.: Geoinformtsentr Publishers, 2003 (in Russian).
8. *Newendorp P. D. A Strategy for Implementing Risk Analysis* // JPT 1984, October.
9. *Mian M. A. Project Economics and Decision Analysis. Vol. II. Probabilistic Models*. Pen Well, 2002.
10. *Риск-анализ инвестиционного проекта* / Под ред. М. В. Грачевой. М.: ЮНИТИ, 2001. = *Risk analysis of an investment project* / Under the editorship of M. V. Gracheva. М.: UNITI, 2001.