

УДК 550.882.2:553.98.042(470.111)

**Отмас А.А. (старший), Подольский Ю.В.**

Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский нефтяной научно-исследовательский геологоразведочный институт» (ФГУП «ВНИГРИ»), Санкт-Петербург, Россия, [ins@vnigri.ru](mailto:ins@vnigri.ru)

## **ОЦЕНКА КОЭФФИЦИЕНТОВ УДАЧИ БУРЕНИЯ И ПОДТВЕРЖДАЕМОСТИ РЕСУРСОВ ЛОКАЛЬНЫХ СТРУКТУР В НЕНЕЦКОМ АВТОНОМНОМ ОКРУГЕ**

*При количественной оценке углеводородных ресурсов, планировании работ на нефть и газ используется коэффициент удачи, оцениваемый как отношение числа открытых месторождений к общему количеству перспективных площадей, разбуренных в регионе. Достоверность оценки коэффициента удачи зависит от опыта прошлых лет. Однако на практике по умолчанию принимается, что коэффициент удачи оценен точно, что приводит к неустранимым погрешностям в расчетах.*

*Предлагается корректный подход к оценке коэффициента удачи и его использованию в практических целях, базирующийся на «теории игр» (раздел теории вероятностей).*

**Ключевые слова:** коэффициент удачи, месторождение нефти и газа, углеводородные ресурсы, локальные структуры, Ненецкий автономный округ.

В процессе уточнения количественной оценки начальных суммарных ресурсов углеводородов Ненецкого автономного округа (НАО) показано, что ресурсы эталонных объектов в значительной степени определяются перспективными ресурсами  $S_3$  локальных структур, подтверждаемостью их количественных оценок, показателями успешности поискового бурения (коэффициентами удачи) [1].

Остановимся на результатах анализа динамики показателей (подтверждаемость, успешность) локализованных ресурсов в НАО, оказавших существенное влияние как на конечные результаты количественной оценки НСР УВ, так и на оценку геологических и экономических рисков при проведении геологоразведочных работ.

Проведенные в работе [1] результаты анализа ретроспективных данных по геологоразведочным работам (ГРР) в НАО охватывают период с 1974 по 2009 гг., включают данные по 142 объектам (61 месторождение, 79 пустых структур, 2 неподтвердившиеся структуры), доказывают, что подтверждаемость количественных оценок ресурсов  $S_3$  и успешность поисковых работ различаются по нефтегазоносным областям (НГО), изменяются во времени.

Так, коэффициент удачи в целом по НАО за рассматриваемый период составил 0,43. Однако по нефтегазоносным областям он варьирует от 0,25 в Малоземельско-Колгуевской до 0,53 в Печоро-Колвинской НГО. На разных временных отрезках этот же показатель по НАО в целом изменялся от 0,6 – на начальных этапах геологоразведочных работ до 0,34 – в

период 1981-1985 гг. В последние годы (2002-2008 гг.)  $K_{удачи} = 0,5$  (оценено глубоким бурением 18 структур, открыто 9 месторождений).

Коэффициент подтверждаемости ресурсов  $C_3$  (отношение запасов  $ABC_1C_2$  на открытых месторождениях к ресурсам  $C_3$ , числившихся на балансе структур до открытия на них месторождений) в среднем по НАО - 1,18, но характеризуется большой изменчивостью во времени: от 0,39 в 1975-1980 гг. до 2,17 – в 2005-2009 гг. Высокие значения коэффициента подтверждаемости  $K_{подтв.}$  в последние годы объясняются небольшими объемами поискового бурения и открытием в 2008 г. Ненецкого месторождения, чьи запасы в восемь раз превысили оценки локализованных ресурсов объекта на момент его ввода в поисковое бурение. По НГО коэффициент подтверждаемости  $C_3$  также варьирует от 0,58 в Малоземельско-Колгуевском нефтегазоносном районе (НГР) до 1,69 – в Варандей-Адзвинской НГО.

Используя приведенные выше данные, попробуем оценить коэффициент удачи  $K_{уд}$  и подтверждаемость ресурсов  $C_3$  фонда подготовленных структур в НАО по состоянию на 01.01.2012 г. используя методы «теории игр» - раздела математики, изучающего формальные модели принятия оптимальных решений в условиях неопределенности и конфликта (основы метода заложены работами Джона фон Неймана и Оскара Моргенштерна в 1944 г.[2]).

В общем случае открытие месторождения - событие случайное, т.к. при разбуривании локальной структуры возможны два исхода: открытие месторождения или «пустая структура». Вероятность открытия месторождения –  $p_m$  при разбуривании единичной структуры принято отождествлять с достигнутым коэффициентом удачи. В последние годы в НАО, как показано выше, он оценивался как  $9/18 = 0,5$ .

Согласно теории игр вероятности возможного число открытий  $n_i$  при опоисковании  $N$  структур и заданном  $p_m$  описываются биномиальным распределением [3]:

$$p(n_i) = C_N^{n_i} \cdot p_m^{n_i} \cdot (1 - p_m)^{N-n_i}$$

где:

$p(n_i)$  - вероятность открытия  $n_i$  месторождений при опоисковании  $N$  структур;

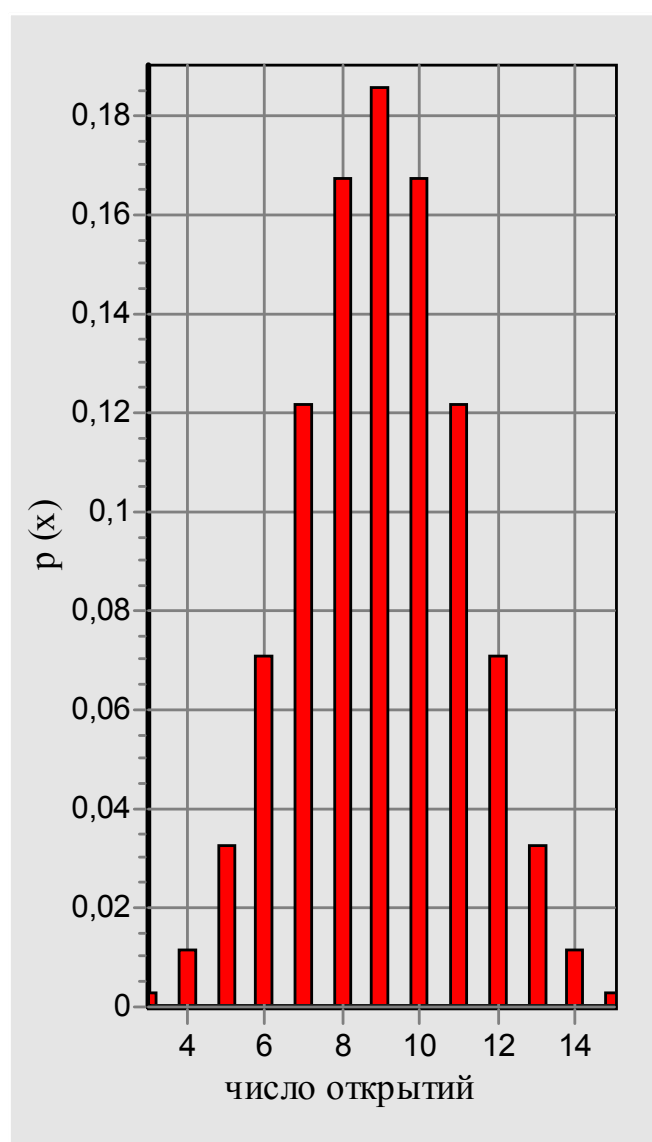
$$C_N^{n_i} = \frac{N!}{n_i!(N - n_i)!} - \text{число сочетаний из } N \text{ по } n_i;$$

$p_m, (1 - p_m)$  – вероятность исходов при разбуривании единичной структуры: открытие месторождения или «пустая структура».

В нашем случае при  $p_m = 0,5$ , вероятность открытия точно 9 месторождений при разбуривании 18 структур согласно (1):

$$p(9) = \frac{18!}{9!(18-9)!} \cdot 0,5^9 \cdot 0,5^{(18-9)} = 0,185$$

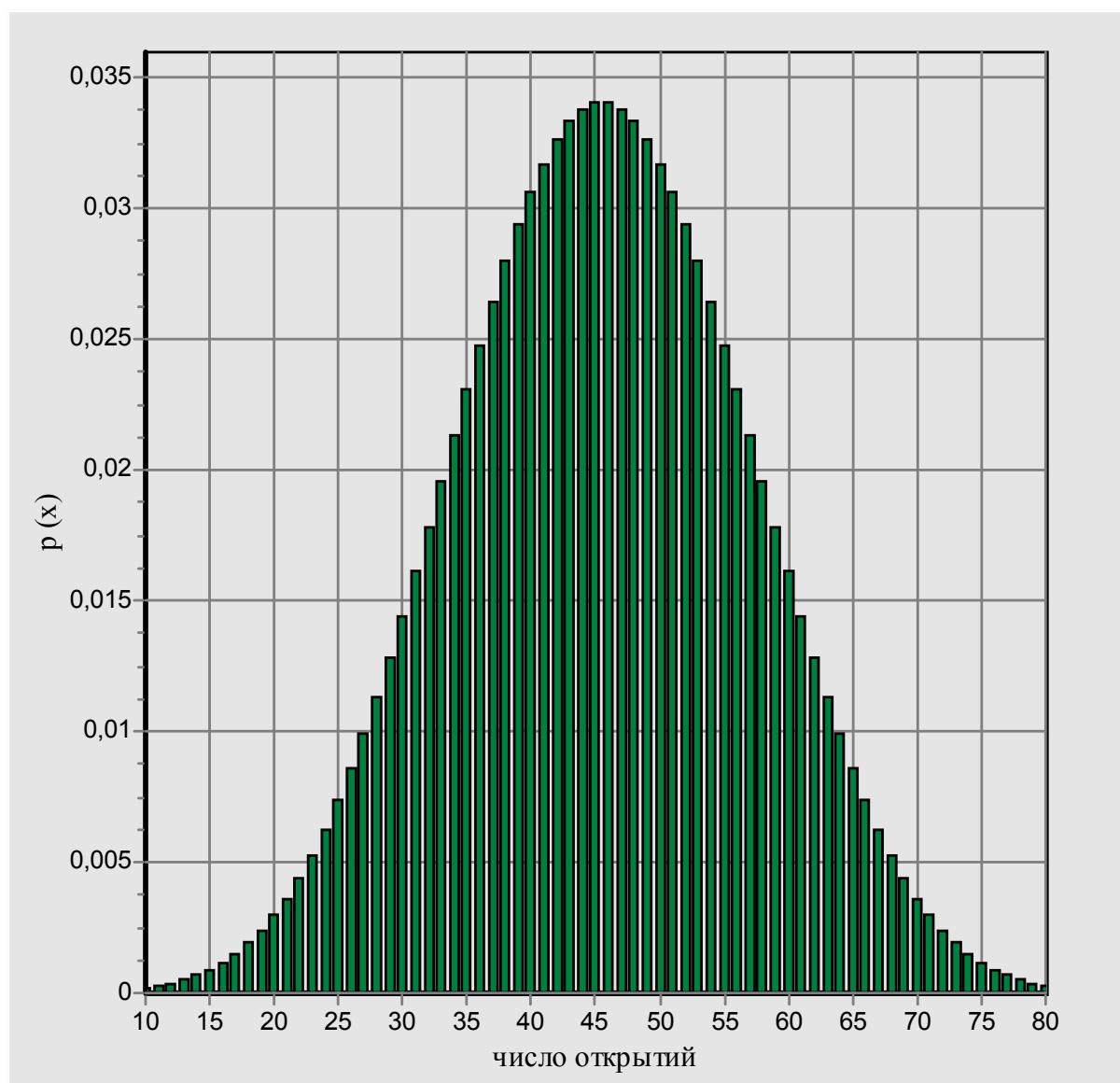
Очевидно, что оценка  $Kуд = 0,5$  для НАО получена по единичной реализации случайного геологоразведочного процесса (процесса открытий), т.е. при опоисковании 18 структур могли бы быть получены и другие результаты (рис. 1). Дело в том, что опоискование структур – это «игра с природой», в которой мы никогда (пока не разбуриим все структуры региона) не знаем истинного коэффициента удачи (сравните с вероятностью выпадения «орла» и «решки» при бросании монеты). К сожалению, коэффициент удачи меняется во времени и зависит опыта пришлых работ, методики и надежности подготовки локальных структур, наконец, от выбора направления работ (например, для слабо изученных регионов: на севере Ижма-Печорской и Малоземельско-Колгуевской НГО, в Каротаихинской впадине и др. - он пока практически не известен).



**Рис. 1. Плотность распределения вероятностей числа возможных открытий в Ненецком автономном округе при  $Kуд = 0,5$  (за 2002-2008 гг. в Ненецком автономном округе было разбурено 18 структур, открыто 9 месторождений)**

Таким образом, можно принять, что в дальнейшем при работах в НАО наиболее вероятен коэффициент удачи  $p(m) = 0,5$  (с вероятностью  $p = 0,185$ ), но он может изменяться при проведении новых геологоразведочных работ в широких пределах - от 0,17 до 0,82. Вероятности возможных событий приведены на рис. 1.

В связи с этим для оценки эффективности будущих работ построим плотности распределения возможных открытий при разбуривании фонда локальных структур НАО (число структур 89, суммарные ресурсы - 572,1 млн. т) с коэффициентами удачи, которые возможны в соответствии с рис. 1, а затем суммируем эти распределения с вероятностями, также заданными рис. 1. В результате получим распределение плотности вероятностей возможного числа открытий на существующем фонде локальных структур в НАО на 01.01.2012 г. (рис. 2).



**Рис. 2. Возможное число открытий в Ненецком автономном округе при опоисковании фонда подготовленных объектов на 01.01.2012 г. (89 локальных структур)**

Легко заметить, что число открытий при разбуривании 89 структур может колебаться от 10 до 80. Наиболее вероятное значение – 45 месторождений (вероятность точно такого события ниже 0,035). Вероятности другого числа открытий еще ниже. При этом сумма вероятностей всех возможных исходов из интервала [10-80] близка к 1.

А теперь оценим запасы, которые могут быть выявлены после опоискования 89 структур. Для этого методом Монте-Карло выполним имитационное моделирование возможных открытий в регионе. Будем рассматривать все открытия при опоисковании 89 структур как случайные события. При этом вероятность открытия очередного месторождения из фонда подготовленных структур примем пропорциональной ресурсам конкретной структуры. Последнее означает, что вероятность открытия крупных месторождений будет выше.

Последовательно смоделируем возможные запасы открываемых месторождений (как следует из рис. 2, их число может меняться до 10 до 80). Результаты моделирования приведены на рис. 3.

На содержательном уровне построенный график функции распределения возможного числа открытий отражает и возможные приросты запасов в НАО при опоисковании всего фонда подготовленных структур. Наиболее вероятное значение – 467,8 млн. т (коэффициент достоверности оценки ресурсов  $467,8/572,1 = 0,817$ ), однако реальные значения возможных приростов запасов при опоисковании фонда локальных структур НАО могут колебаться от 342,2 млн. т (5% уровень значимости) до 538,6 млн. т (95% уровень значимости). Если учесть коэффициент подтверждаемости извлекаемых ресурсов  $C_3$  на открытых месторождениях равным 1,2 (с начала освоения ресурсов в НАО), то реальные запасы открытых месторождений на опоискованном фонде локальных структур могут колебаться в интервале от 410 до 646 млн. т (среднее значение – 560,6 млн. т, т.е. коэффициент достоверности количественной оценки ресурсов на 01.01.2012 г. – 98%).

Результаты моделирования могут оказаться скромнее, если принять вероятности открытия мелких и крупных месторождений одинаковыми (равновероятные события). В этом случае запасы каждого открываемого месторождения (при опоисковании 89 структур) – средние ресурсы на структуру, т.е.  $572,1/89 = 6,43$  млн. т. И тогда наиболее вероятный прирост запасов после опоискования 89 структур – 289,4 млн. т (при открытии 45 месторождений). Доверительный интервал возможных приростов запасов с вероятностью 90% - [167,2–411,2 млн. т]. С учетом коэффициента подтверждения ресурсов  $C_3$  промышленными запасами на открытых месторождениях ( $k_{\text{подтв.}} = 1,2$ ) возможные приросты запасов с вероятностью 90% находятся в интервале 200 – 493 млн. т (среднее значение – 347,3 млн. т, коэффициент достоверности подтверждения ресурсов  $C_3 - 347,3/572,1 = 60,7\%$ ).

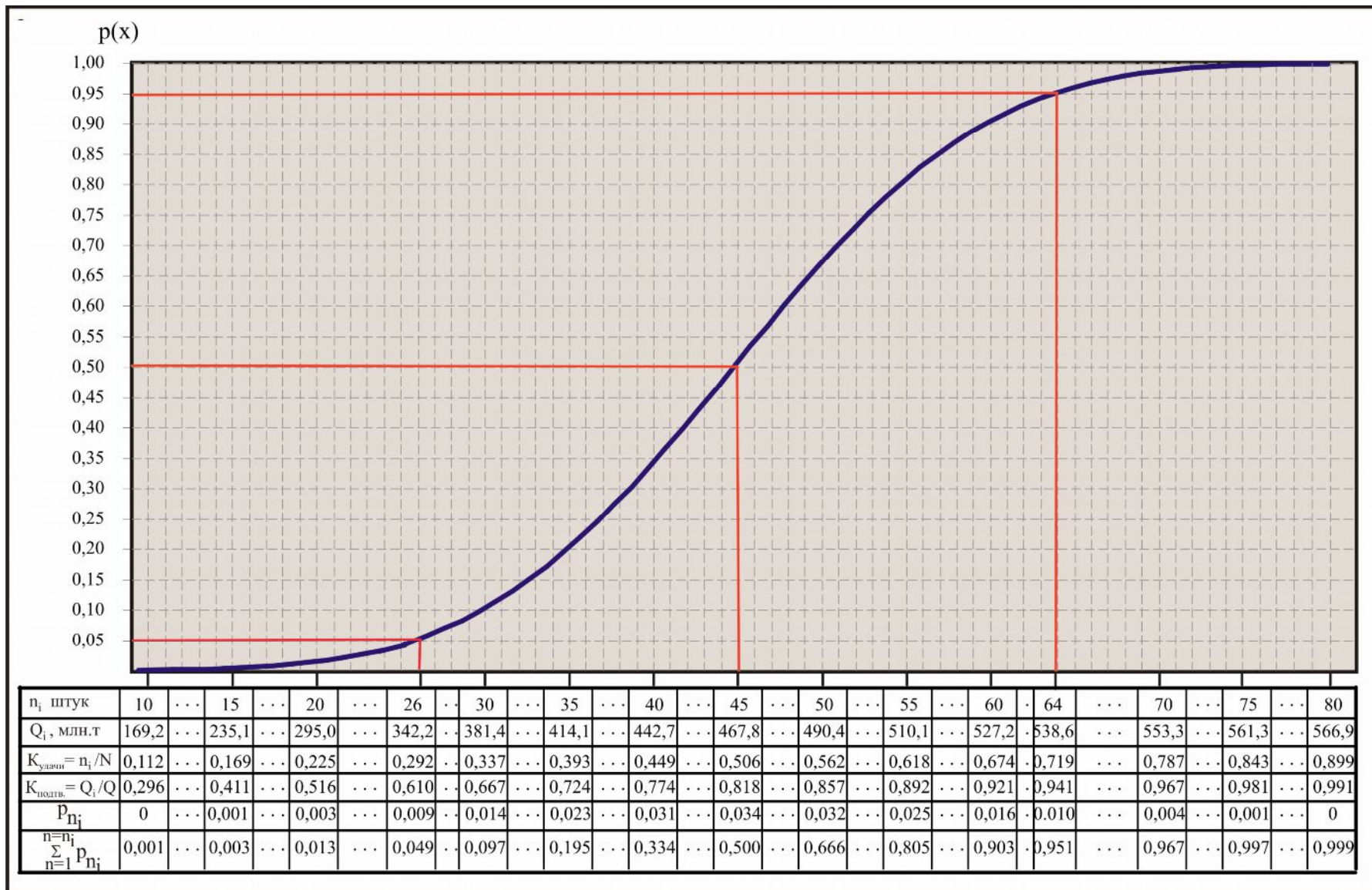


Рис. 3. Возможное число открытий и прирост запасов при опоисковании фонда подготовленных структур в Ненецком автономном округе (вероятность открытий пропорциональна количественной оценке конкретных структур)

Предлагаемый подход к оценке достоверности ресурсов  $C_3$  может быть использован при интервально-вероятностном задании оценок перспективных ресурсов на эталонных объектах при количественной оценке начальных суммарных ресурсов углеводородов методом геологических аналогий (в интервально-вероятностной его постановке).

#### Литература

1. Орлова Л.А., Куранов А.В., Отмас А.А. (мл.), Зегер Н.А. Анализ достоверности ресурсных оценок локальных объектов Северо-запада Российской Федерации при подготовке их к поисковому бурению // Нефтегазовая геология. Теория и практика. - 2010. - Т. 5. - № 4. - [http://www.ngtp.ru/rub/6/48\\_2010.pdf](http://www.ngtp.ru/rub/6/48_2010.pdf)
2. Воробьев Н.Н. Современное состояние теории игр // Успехи математических наук. - 1970. - Т. 25. - № 2 (252). - С. 80-140.
3. Девис Дж. Статистика и анализ геологических данных, М.: «Мир».- 1977. – 572 с.

**Otmas A.A. (Senior), Podol'skiy Yu.V.**

All-Russia Petroleum Research Exploration Institute (VNIGRI), St. Petersburg, Russia,  
[ins@vnigri.ru](mailto:ins@vnigri.ru)

**EVALUATION OF DEVELOPMENT-WELL SUCCESS RATIO  
AND APPROVING FACTOR OF LOCAL STRUCTURES' RESOURCES  
IN NENETS AUTONOMOUS DISTRICT**

*The development-well success ratio is used for quantifying of hydrocarbon resources and planning for oil and gas exploration, which is determined as the ratio of the number of discovered fields to the total number of promising areas drilled in the region. The accuracy of estimates of success ratio depends on the past experience. However, in practice, the success ratio is assumed to be evaluated correctly that leads to fatal errors in calculations.*

*The new approach to the assessment of development-well success ratio and its applying for practical purposes, based on the "game theory" (part of the theory of probability) is offered.*

**Keywords:** *development-well success ratio, oil and gas fields, hydrocarbon resources, local structures, Nenets Autonomous District.*

**References**

Orlova L.A., Kuranov A.V., Otmas A.A. (Junior), Zeger N.A. *Analiz dostovernosti resursnykh otsenok lokal'nykh ob"ektov Severo-zapada Rossiyskoy federatsii pri podgotovke ikh k poiskovomu bureniyu* [Analysis of the reliability of resource estimates of local objects before exploration]. *Neftegazovaya geologiya. Teoriya i praktika*, 2010, vol. 5, no. 4, available at: [http://www.ngtp.ru/rub/6/48\\_2010.pdf](http://www.ngtp.ru/rub/6/48_2010.pdf).

Vorob'ev N.N. *Sovremennoe sostoyanie teorii igr* [Modern state of the theory of games]. *Uspekhi matematicheskikh nauk*, 1970, vol. 25, no. 2 (252), p. 80-140.

Devis Dzh. *Statistika i analiz geologicheskikh dannykh* [Statistics and analysis of geological data]. Moscow: «Mir», 1977, 572 .

© Отмас А.А. (старший). Подольский Ю.В., 2014