

# МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИНФОРМАТИКА

УДК 330.45:519.816:330.322.5

ББК 65.054.3

© Садов С.Л.

## Долгосрочный прогноз экономических результатов: инструментальный потенциал теории нечетких множеств\*

*В статье предлагается основанный на теории нечетких множеств подход, при котором неопределённость из фактора, препятствующего принятию обоснованных долгосрочных управленческих решений, становится инструментом по их выработке. При этом неопределённость разнородной информации, характеризующей экономические показатели исследуемого процесса на перспективу, выражается единым показателем с помощью модифицированного метода анализа иерархий.*

*Экономическое долгосрочное прогнозирование, неопределённость, принятие решений, теория нечетких множеств, модифицированный метод анализа иерархий.*



**Сергей Львович  
САДОВ**

доктор экономических наук, ведущий научный сотрудник  
Института социально-экономических и энергетических проблем  
Севера Коми НЦ УрО РАН  
sadov@energy.komisc.ru

Вопросам оценки экономических результатов посвящены усилия многих экономистов и математиков. Для соизмеримости разновременных затрат был введён принцип дисконтирования и на этой основе разработан наиболее популярный метод чистого дисконтированного дохода и другие идейно близкие к нему. Принципиально неустрашимую неопределённость, возникающую при прогнозировании потока доходов и затрат в процессе реализации проектов, предлагается учитывать: через укрупнё-

ную оценку устойчивости; расчёт уровней безубыточности; вариации параметров проекта; оценку проекта с учётом количественных характеристик неопределённости [1]. При этом признаётся, что эти подходы действительны, когда ключевые параметры проекта имеют разброс не более 15 – 20%. А в случае оценок на долгосрочную перспективу, например, экономической эффективности освоения нефтегазовых ресурсов такой ключевой параметр, как их объём, может отличаться от истинного в разы.

\* Работа выполнена при поддержке Уральского отделения РАН (грант 12-У-7-1008).

С позиций упомянутых выше подходов задача оценки такого рода проектов нерешаема, а методические разработки по прогнозу экономической эффективности инвестиций в долгосрочные проекты, которые учитывали бы имманентно высокую неопределённость условий их реализации, отсутствуют.

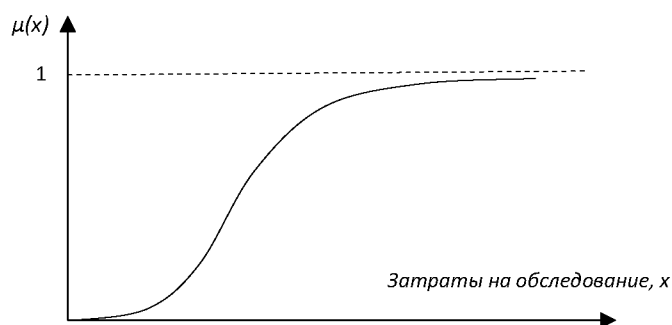
Теория нечётких множеств, развиваемая с 60-х годов XX века, нашла широкое применение везде, где из-за сложности моделируемых процессов и объектов нецелесообразно применять методы, требующие высокой точности исходных данных. Это в особенности касается природных, биологических и социальных систем, в которых число параметров и факторов, определяющих их развитие, столь велико, а сложность взаимодействия столь многопланова, что ни о какой точности моделирования речи идти не может. В этой сфере естественно применение методов теории нечётких множеств, что и происходило в последние 10 – 30 лет [7].

Для получения оценок экономической эффективности особенно подходящим представляется *метод нечётких весов*, агрегирующий разнообразную информацию в единый показатель в условиях низкой достоверности исходных данных [6]. То обстоятельство, что использование общепринятых методов в такой ситуации способно дать лишь приблизительное представление об экономических параметрах проекта, также приводит к мысли о преимуществе методов, не требующих трудоёмкого детального прогнозирования потоков доходов и затрат, но дающих в итоге аналогичную обобщённую оценку. Целью работы стало выявление возможностей, при использовании отраслевой специфики, использования методов оценки экономических параметров на основе принципа нечёткости.

Традиционно неопределённость об условиях функционирования и развития экономических агентов считается источником риска и фактором, препятствующим принятию обоснованных управленческих решений (особенно на долгосрочную перспективу, когда неопределённость высока). И к этому есть все основания. Но поскольку неопределённость принципиально неустранима, можно лишь пытаться понизить её, приходится вырабатывать методы принятия решений с оглядкой на этого вечного спутника любой деятельности, выходящей за рамки сиюминутного интереса. И возникает вопрос: если от негативного влияния неопределённости не избавиться, то нельзя ли найти среди её характеристик аспекты, использование которых помогло бы при планировании своей деятельности? Таким положительным моментом может быть выявление неоднородности, изменчивости неопределённости и использования такого рода информации для оценки альтернатив функционирования или развития объекта исследования. Ясно, что речь здесь идёт не о временной неоднородности, а иной – например, пространственной или поэлементной (в рамках исследуемой системы).

Такая возможность имеется в бизнесе, связанном с поисками и разведкой полезных ископаемых, где аспекты неопределённости, имеющие пространственный характер, имеют существенное, зачастую принципиально важное значение. Если научиться оценивать неопределённость и находить её пространственное распределение, то открывается возможность структурировать неопределённость. Это даст основания для дифференциации информации о строении недр и наличия в них полезного ископаемого по уровням её достоверности для различных участков перспективной территории, от которой напрямую зависит риск при выборе решения.

Рисунок 1. Типовой график функции принадлежности для моделирования достоверности геологических построений



Оценивать достоверность информации предлагается посредством функции принадлежности  $\mu(x)$  из аппарата теории нечетких множеств [2]. При моделировании достоверности среди известных типовых функций принадлежности функция  $\mu(x) = 1 - e^{-kx^2}$ ,  $x > 0$ ,  $k > 0$  (рис. 1) (где по оси абсцисс откладываются затраты на исследование территории) наиболее адекватно описывает нелинейный характер приближения геологических моделей строения недр к реальной ситуации по мере роста её обследованности. Проблема шкалирования функции принадлежности решается на основе авторской модификации метода анализа иерархий Т. Саати [5].

Для практической реализации предложенного подхода необходимо научиться численно выражать неопределённость (или обратный ей показатель — достоверность) уровня знаний о нефтегазоносности территорий и фиксировать её пространственное распределение.

Следующим важным шагом при принятии обоснованных решений по выбору оптимальных направлений разведочных работ, способных уменьшить неопределённость до приемлемого уровня, станет нахождение их стоимостной оценки. Для этого также разработаны методы на основе теории нечетких множеств.

Моделирование показателя достоверности проводится посредством функции принадлежности [2]. Наиболее адекватной для решаемой задачи оказалась S-образная функция, аналогичная приведённой выше. Численно показатель неопределённости вычислялся в каждой элементарной ячейке карты в соответствии с 4-компонентной моделью месторождения УВ [3], когда оно представляется как результат реализации следующих условий:

- геометрического (отражает залегающие пласты в недрах и возможность существования ловушки);
- фильтрационно-ёмкостного (свидетельствует о наличии пород-коллекторов и их проницаемости);
- наличия изоляции (фиксирует присутствие флюидоупоров, удерживающих нефтегазовый флюид в ловушке);
- наличия в недрах самого флюида.

В ячейках, где пробурены скважины, значение функции принадлежности максимально, а в остальных ячейках оно убывает в соответствии с функцией учёта информационного влияния, имеющей вид  $f(x) = \frac{1}{1 + k \cdot x^2}$  (рис. 2), где параметр  $k$  ( $1 \leq k \leq 3$ ) определяет скорость убывания информационного влияния в зависимости от расстояния  $x$ .

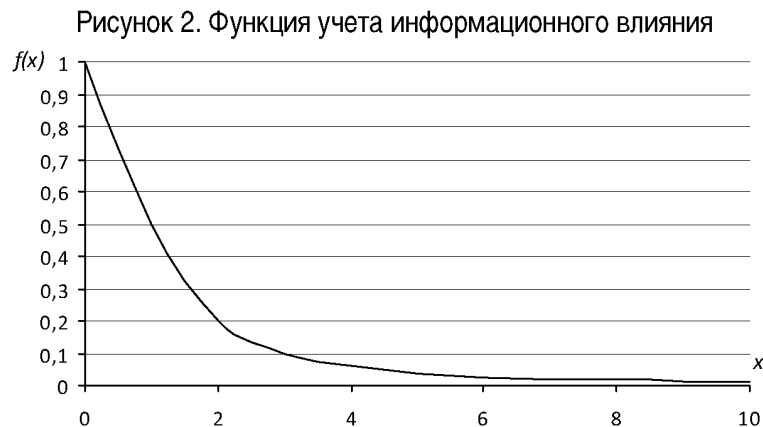
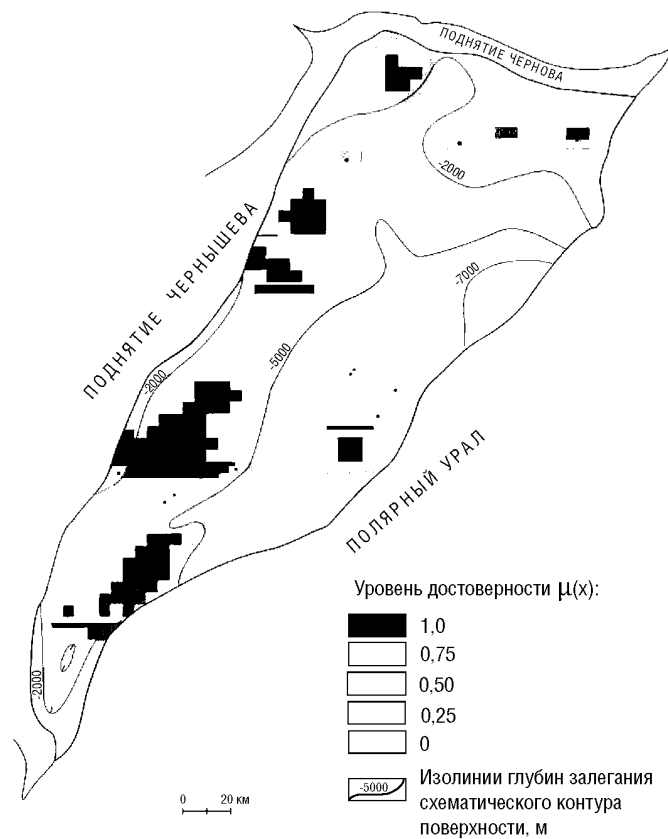


Рисунок 3. Картосхема показателя достоверности при поисках месторождений УВ на примере нефтегазоносной области Тимано-Печорской НГП [4]



Полученные в результате карты распределения показателя достоверности (рис. 3) в принципе сами по себе могут служить рабочим инструментом для выбора направления разведки и приня-

тия соответствующих решений — путём, например, сопоставления «белых» и «светло-серых» участков на карте достоверности с прогнозами их перспективности.

Но более взвешенному подходу к планированию геологоразведочных работ будет способствовать оценка объёма инвестиций, необходимых для доразведки территории или её части, представляющей наибольший поисковый интерес, до уровня, позволяющего принимать обоснованные решения. Численное значение такого уровня достоверности определяется в соответствии с функцией принадлежности (см. рис. 1). Видно, что в окрестности точки перегиба, ордината которой равна  $1 - e^{-0,5} \approx 0,4$  с увеличением объёма разведочных работ происходит наиболее быстрый рост достоверности, а после он резко замедляется. Поэтому с практической точки зрения разумно ограничиться значением достоверности 0,7 и считать его порогом информационной достаточности (для сложнопостроенных территорий возможно его увеличение, но не более 0,8) [4].

Расчёт показателя достоверности моделей строения и оценки перспектив нефтегазонасности исследуемой территории проводится для каждой элементарной ячейки территории – вычисляется среднее арифметическое расстояний Хемминга для каждой из компонент модели нефтегазового месторождения:

$$d(A, B) = \frac{1}{4} \sum_{i=1}^4 |\mu_A(x_i) - \mu_B(x_i)|,$$

где  $\mu_A$  и  $\mu_B$  – значения функции принадлежности, соответствующие уровню информационной достаточности и текущей изученности,  $i$  – номер компоненты вышеописанной модели нефтегазового месторождения.

Именно по результатам таких расчётов составлена карта на рис. 3. Переход к стоимостному показателю объёма работ по доразведке территории (при удельных показателях затрат на её проведение 300 руб./т.у.т.) даёт величину  $1,2 \pm 0,2$  млрд. руб.

Таким образом, применительно к поисково-разведочным работам на нефть и газ неопределённость из фактора, препятствующего принятию обоснованных управленческих решений, удалось превратить в инструмент выработки таких решений. И такой подход будет полезен во многих отраслях – там, где имеется возможность провести отбор факторов, в решающей мере влияющих на экономические показатели исследуемых объекта или системы, и смоделировать уровень достоверности текущих знаний об этих факторах, а также влияние факторов на результаты средствами теории нечётких множеств.

## Литература

1. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов (вторая редакция). Официальное издание. – М.: ОАО «НПО «Изд-во «Экономика», 2000. – 421 с.
2. Нечёткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта / под ред. Д.А. Поспелова. – М.: Наука, 1986. – 312 с.
3. Садов, С.Л. Методы оценки нефтегазового потенциала территорий / С.Л. Садов. – Сыктывкар: Изд-во КНИЦ УрО РАН, 2007. – 248 с.
4. Садов, С.Л. Модели и методы прогнозирования освоения нефтегазовых ресурсов территорий различной изученности: автореф. дис. на соиск. уч. степ. докт. экон. наук / С.Л. Садов. – Екатеринбург: ИЭ УрО РАН, 2010. – 46 с.
5. Садов, С.Л. Оценка экономической эффективности ресурсов углеводородов на ранних стадиях разведки / С.Л. Садов, Б.И. Тарбаев // Известия Иркутской государственной экономической академии. – 2009. – № 4. – С. 54-59.
6. Cheng Q., Agterberg F.P. Fuzzy weights of evidence method and its application in mineral potential mapping // Natural resources research, vol. 8, № 1, 1999. – P. 27-35.
7. Schuenemeyer J.H., Drew L.J. A procedure to estimate the parent population of the size of oil and gas fields as revealed by a study of economic truncation // Mathematical Geology, vol. 15, № 1, 1983. – P. 145-162.