

УДК 517.528

**А.Д. Федоровский**, чл.-корр. НАН Украины, д.ф.-м.н., заведующий отделом;  
**В.Г. Якимчук**, д.т.н., главный научный сотрудник

Научный центр аэрокосмических исследований Земли  
Института геологических наук НАН Украины, г. Киев (Украина)

## **ОЦЕНКА НЕФТЕГАЗОПЕРСПЕКТИВНОСТИ УЧАСТКОВ МОРСКОГО ШЕЛЬФА ДЛЯ ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ГИДРОАКУСТИЧЕСКОЙ РАЗВЕДКИ**

Рассматривается экспертный анализ нефтегазоперспективности участков территории, который предлагается выполнить в два этапа: во-первых, создание единой балльной системы приоритетов экспертов и, во-вторых, получение в этой шкале количественных оценок показателей исследуемых участков шельфа для последующей гидроакустической разведки.

### **НЕФТЕГАЗОПЕРСПЕКТИВНОСТЬ, КОСМИЧЕСКИЕ СНИМКИ, МЕТОД АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ, ОЦЕНКИ ПРИОРИТЕТНОСТИ, ГИДРОАКУСТИЧЕСКАЯ РАЗВЕДКА**

Проблема определения приоритетности участков каспийского шельфа Туркменистана для последующей гидроакустической разведки заключается в том, что принятие решения не может исходить из оценки по одному показателю. Процедура оценки носит достаточно сложный характер, требующий многокритериальной оптимизации на базе нескольких информативных признаков. Необходимость сопоставления исследуемых участков по разным признакам на каждом иерархическом уровне обуславливает использование для этой цели формализованного аппарата системного анализа, например, на основе метода анализа иерархий [1]. Суть метода заключается в декомпозиции процедуры оценки приоритетности исследуемых участков на более простые составляющие по иерархическим уровням. На основе последних производится экспертная оценка составляющих (критериев) каждого иерархического уровня и их формализация путем вычисления частных и глобальных векторов приоритетов. Для получения указанных векторов строится множество матриц парных сравнений по каждой составляющей иерархического уровня и производится оценка векторов приоритетов с точки зрения их влияния на составляющие предшествующего уровня. Приоритетность того или иного участка определяется по обобщенному критерию, значение которого вычисляется на основе значений векторов локальных приоритетов.

Цель данной работы: на основе космической информации дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и метода анализа иерархий определить приоритетность участков каспийского шельфа Туркменистана для последующей гидроакустической разведки.

Наиболее ответственным этапом является построение иерархии суждений между первым и последним уровнями. Задача первого уровня заключается в формулировании цели, которая должны быть достигнута в результате получения всей совокупности информации. А заключительный уровень представляет собой перечень исследуемых альтернативных процессов, явлений или объектов.

В рассматриваемой задаче система приоритетов может быть представлена следующей иерархической системой. На нулевом уровне находится целевая установка – оценка нефтегазоперспективности участков по данным ДЗЗ и наземным наблюдениям. Первый уровень состоит из различных источников информации, которая используется для анализа исследуемых участков: космические снимки в различных спектральных диапазонах,

разнообразный картографический материал, геологическая информация и т.д. Второй уровень включает природные явления, которые, так или иначе, являются источником информативных признаков, используемых для оценки нефтегазоносности исследуемых участков: яркостные и цветовые поля, температурные поля, неотектонические образования, структурно-геоморфологические элементы и др. На третьем уровне находятся методы анализа элементов предшествующего уровня: оптический яркостной и структурно-текстурный спектральный анализ, морфометрический и морфоструктурный анализ, геофизические, гидрохимические и гидробиологические методы. Четвертый уровень состоит из перечня информативных признаков (оптические, температурные, радио и геологические), относительные значения которых по каждому исследуемому участку определяются по балльной шкале от 1 до 7 на пятом уровне. Относительные значения информативных признаков участков шельфа определялись на основе космической информации (рис. 1), включающей космические снимки (КС) морской и прибрежной поверхности, структурно-геологические, батометрические и топографические карты [2, 3].

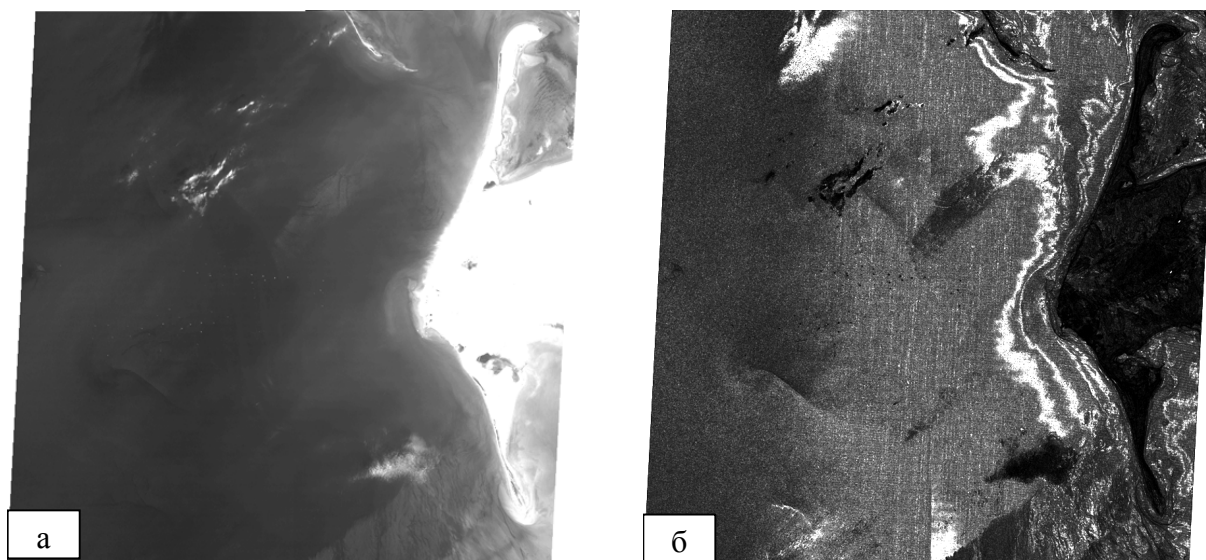


Рис. 1 - Космический снимок ASTER/ TERA (0,52-0,60  $\mu\text{m}$ ,  $R=15\text{ m}$ , 29.07.2004,  $40.92^{\circ}/52.85^{\circ}$ ):  
а) Космический снимок до обработки, б) Космический снимок после обработки

Правило иерархической непрерывности требует, чтобы элементы нижнего уровня иерархии были сравнимы попарно по отношению к элементам следующего уровня, вплоть до вершины иерархии. При этом сопоставляемые участки должны оцениваться по совокупности своих «надсистемных» показателей.

Задача определения приоритетности участков решается в два этапа: во-первых, создание единой балльной системы приоритетов экспертов, во-вторых, получение в этой шкале количественных оценок показателей функционирования сопоставляемых участков. Важным моментом является возможность лишь относительного сопоставления параметров альтернативных вариантов, т.е. сопоставления их не по ожидаемым абсолютным значениям, а по степени предпочтительности по каждому параметру по балльной шкале от 1 до 9 [4].

На втором этапе, когда рассматриваемая проблема представлена иерархически, составляется матрица для сравнения влияния сфер деятельности первого уровня иерархии на нулевой уровень в соответствии с используемой шкалой предпочтений. Подобные матрицы должны быть построены для парных сравнений каждой альтернативы на втором уровне по

отношению к первому уровню и т.д. Клетки матриц заполняются оценками, суждениями эксперта или их группы об относительной важности сравниваемых отдельных элементов по отношению к цели, или критерию, обозначенному на более высоком уровне в соответствии с принятой выше шкалой оценок.

Для удобства представления дальнейших рассуждений матрицы парных сравнений, которые всегда являются квадратными и обратно симметричными, запишем в виде:

$$\|a_{ij}\|, \quad a_{ji} = 1/a_{ij},$$

где  $i, j=1, \dots, n$  число критериев, сравниваемых на каждом уровне.

Далее вычисляются компоненты собственного вектора матрицы:

$$a_1 = \left( \prod_{j=1}^n a_{1j} \right)^{1/n}; \dots; a_n = \left( \prod_{j=1}^n a_{nj} \right)^{1/n}. \quad (1)$$

Из полученных групп матриц определяются нормальные оценки вектора локальных приоритетов:

$$K_1 = \frac{a_1}{\sum_i a_i}; \dots; K_n = \frac{a_n}{\sum_i a_i}. \quad (2)$$

После того как компоненты собственного вектора получены для всех  $n$  строк матрицы в соответствии с выражениями (1), становится возможным их использование для дальнейших вычислений.

Одновременно с матрицей парных сравнений выполняется оценка степени отклонения от согласованности полученных локальных приоритетов путем вычисления индекса согласованности ( $ИС$ ). Индекс согласованности в каждой матрице и для всей иерархии может быть приближенно вычислен по формуле:

$$ИС = \frac{\left( \sum_{i=1}^n K_i \sum_{j=1}^n a_{ij} - n \right)}{(n-1)}. \quad (3)$$

Эта величина сравнивается с той, которая получилась бы при случайном выборе количественных суждений. Если разделить  $ИС$  на число, соответствующее случайной согласованности матрицы того же порядка, получим отношение согласованности ( $ОС$ ).

Метод анализа иерархий позволяет сконструировать необходимую целевую функцию и оценить степень влияния на нее каждой из характеристик исследуемой системы. Если получены все необходимые весовые коэффициенты, то формула свертки обобщенного критерия для сравниваемых вариантов имеет вид:

$$P = \sum K_l^1 \sum K_m^2 \sum K_r^3 \sum K_p^4 \cdot x_p^s, \quad (4)$$

где верхний индекс критериального приоритета обозначает уровень иерархии;

$x_p^s$  - коэффициент предпочтительности варианта  $S$  по показателю  $p$ .

Значения  $P$  позволяют установить приоритетность участков каспийского шельфа Туркменистана для последующей гидроакустической разведки.

Метод анализа иерархий был реализован в Научном центре аэрокосмических исследований Земли Института геологических наук НАН Украины в программной среде Microsoft Excel, с помощью которой были выполнены исследования приоритетности участков каспийского шельфа Туркменистана для последующей гидроакустической разведки.

Сопоставляя попарно альтернативы, эксперт задает систему предпочтений между элементами уровня, присваивая каждой из них определенный балл в шкале относительной значимости. В результате система предпочтений представляется квадратной матрицей. Обработка матриц четырех уровней в соответствии с выражениями (1) и (2) дает возможность вычислить вектор приоритетов  $K^1$ ,  $K^2$ ,  $K^3$  и  $K^4$  соответствующих уровней (правый столбец таблиц), компоненты которого определяют их приоритеты с точки зрения эксперта. Для выполнения условий согласованности в матрицах попарных сравнений используются обратные величины  $a_{ji} = 1/a_{ij}$ .

Ниже рассмотрим реализацию процедуры оценки приоритетности участков каспийского шельфа Туркменистана для последующей гидроакустической разведки на основе космической информации (Космический снимок ASTER/TERA Band1 (0,52-0,60  $\mu\text{m}$ ,  $R=15\text{ m}$ , 29.07.2004,  $40.92^0/52.85^0$ )), включающей космические снимки видимого, инфракрасного (ИК) диапазона и радиолокационного (РЛ), структурно-геологические карты, топографические карты.

В качестве примера построим матрицу для сравнения влияния сфер деятельности первого уровня иерархии на нулевой уровень (табл. 1).

Таблица 1. Матрица попарных сравнений 1-го уровня

Оценка нефтегазоперспективности	1.1. КС видимого диапазона	1.2. КС ИК диапазона и РЛ	1.4. Структурно-геологические карты	1.7. Топографические карты	Вектор приоритетов $K^i$
1.1. КС видимого диапазона	1	2	1/5	1/4	0,107
1.2. КС ИК диапазона и РЛ	1/2	1	1/4	1/5	0,076
1.4. Структурно-геологические карты	5	4	1	2	0,479
1.7. Топографические карты	4	5	1/2	1	0,339

Обработка матрицы в соответствии с выражениями (1) и (2) дает возможность вычислить вектор приоритетов (правый столбец таблицы).

Определив, аналогичным образом, вектор приоритетов второго уровня, формируются векторы третьего уровня и т.д.

Относительные приоритеты участков шельфа определяются с помощью обобщенного критерия (4). На рис. 2. приведен выделенный фрагмент участка шельфа с относительной оценкой нефтегазоперспективности по площади.

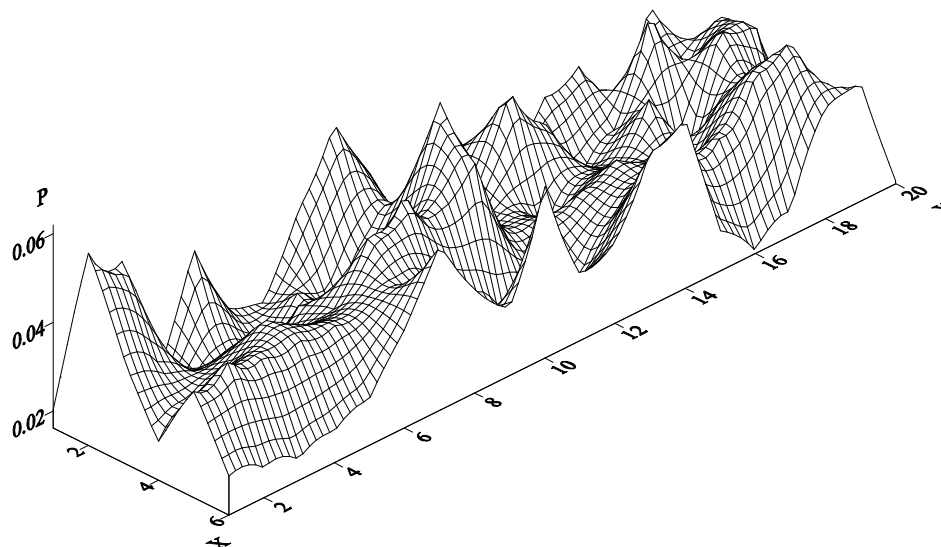


Рис. 2 - Оценка нефтегазоперспективности выделенного участка шельфа (значения  $P$  по вертикальной оси соответствуют относительному уровню перспективности)

### Выводы

Рассмотренная методика оценки нефтегазоперспективности исследуемых участков может быть использована как предварительная и дополнительная информация при планировании и проведении гидроакустической разведки морского шельфа.

### Литература

1. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Саати Т. - М.: Радио и связь, 1993. - 186 с.
2. Перерва В.М. Прямой поиск залежей нефти и газа дистанционными методами / Перерва В.М., Лялько В.И., Костюченко Ю.В. – Киев: ЦАКИЗ ИГН НАН Украины, 1995. – 124 с. – (Препринт / НАН Украины, ЦАКИЗ ИГН).
3. Ліщенко Л.П. Ландшафтно-системний підхід до оцінки і прогнозування геоecологічного стану природно-техногенних систем/ Ліщенко Л.П., Федоровський О.Д., Якимчук В.Г. // Геоінформатика. – 2005. - № 2. - С. 53-58.
4. Саати Т. Аналитическое планирование. Организация систем. / Саати Т., Кернс К. – Москва: Радио и связь, 1991. - 252 с.

*Стаття надійшла до редакції 12 грудня 2011 р. російською мовою*

© О.Д. Федоровський, В.Г. Якимчук  
**ОЦІНКА НАФТОГАЗОПЕРСПЕКТИВНОСТІ ДІЛЯНОК  
МОРСЬКОГО ШЕЛЬФУ ДЛЯ ПОДАЛЬШОЇ ГІДРОАКУСТИЧНОЇ РОЗВІДКИ**

Розглядається експертний аналіз нафтогазоперспективності ділянок території, який пропонується виконати у два етапи: по-перше, створення єдиної бальної системи пріоритетів експертів та, по-друге, отримання в цій шкалі кількісних оцінок показників досліджуваних ділянок шельфу для подальшої гідроакустичної розвідки.

© Alexander D. Fedorovskiy, V.G. Yakimchuk  
**ASSESSMENT OF PROSPECTS OF OIL AREAS OF THE CONTINENTAL  
SHELF FOR FUTURE HYDROACOUSTICAL EXPLORATION**

The expert analysis of oil and gas regions is considered. The analysis is proposed to be performed in two steps: firstly create a single point system of expert's priorities, and secondly to obtain quantitative estimations of the studied shelf areas parameters for the next hydroacoustical findings.