

А. А. Трофимук, В. С. Вышемирский, А. Н. Дмитриев,
В. В. Рябов, О. П. Вышемирская, И. А. Олли, Т. И. Штатнова

О СРАВНИТЕЛЬНОМ ИЗУЧЕНИИ ГИГАНТСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЛОГИКО-ДИСКРЕТНОГО АНАЛИЗА

Развитие нефтяной промышленности в значительной мере определяется открытием крупных и особенно гигантских месторождений. В связи с этим поисковые признаки гигантских месторождений представляют большой практический интерес. Вместе с тем они имеют также и существенное теоретическое значение, поскольку свидетельствуют об условиях формирования месторождений.

Были изучены все гигантские нефтяные месторождения платформ, связанные со структурными ловушками антиклинального типа. Гигантские месторождения геосинклинальных областей, очевидно, следует изучать по другим признакам. И эта задача представляется менее актуальной. Единственное гигантское месторождение экранированного типа (Ист-Тексас) также имеет специфические признаки. Поэтому оно не включено в объекты исследования. Территориальное распределение изученных месторождений приведено в табл. 1.

Таблица 1

Размещение изученных гигантских месторождений

Группы месторождений	Территория	Количество месторождений
Смешанная	Волго-Уральская область	4
	Западно-Сибирская низменность	3
	Мангышлак	1
	Алжир	1
	Ливия	1
	Ирак	2
	Кувейт	1
	Центральная зона	5
	Саудовская Аравия	2
Аравийской платформы	Абу-Даби	

По рассматриваемым месторождениям собрана имеющаяся геологическая информация, которая сведена в таблицу. В общей структуре обработанной информации выделены четыре яруса сообщений, дробность и детальность которых возрастают от первого яруса к четвертому. Сообщения четвертого яруса, составленного из конкретных признаков, подверглись кодированию и обработке на ЭМВ [1, 3].

На первом этапе работы исследование было ограничено сокращенной матрицей, в которой каждому признаку придавалось только два противоположных значения (да или нет, больше или меньше какой-то кон-

кретной величины). Для последующего этапа работы отбираются наиболее информативные признаки, но характеристика их существенно детализируется.

В табл. 2 показана структура информации по ярусам сообщений, но для последнего яруса указано только количество признаков. Под нефтеносной свитой в данном случае понимается толща, содержащая крупные залежи нефти и ограниченная сверху и снизу существенными изменениями характера отложений. Если выше или ниже этих границ встречаются мелкие залежи нефти, то они рассматриваются как нефтепроявления, и вмещающие их интервалы разреза в состав нефтеносной свиты не включены.

С учетом правил построения таблиц, зарегистрированный и обработанный материал был задан семейством из пяти общих таблиц (свойства нефтеносной свиты, поднефтеносной толщи, наднефтеносной толщи, характеристика геотектонической обстановки, структурной ловушки), которые были преобразованы в таблицу решения, и найдены табличные числа.

Примем следующую форму задания табличного материала. Пусть $T = \{a_{ij}\}$, причем $a_{ij} \in \{0, 1\}$, где $i = 1, 2, 3, \dots, n$ — число признаков таблицы, $j = 1, 2, 3, \dots, m$ — число объектов таблицы, т. е. каждая допустимая таблица задана n столбцами и m строками,

$$a_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{если объект } M_j \text{ обладает} \\ & \text{свойством } x_i; \\ 0 & \text{если объект } M_j \text{ не обладает} \\ & \text{свойством } x_i; \\ 0 & \text{если не известно, обладает} \\ & \text{ли } M_j \text{ свойством } x_i. \end{cases}$$

Таблицы решения после обработки на ЭМВ были приведены в форму, удобную для информационной и практической работы. В качестве результатов математической обработки выступают следующие основные и вспомогательные величины.

1. Информационные веса признаков:

а) различающий вес признака

$$P_{(i)} = \frac{K_i}{K},$$

где $i = 1, 2, 3, \dots, n$; K — число всех типовых тестов; K_i — число тестов, содержащих данный признак;

б) отождествляющий вес признака

$$P(\chi) \simeq 1 - P_{(i)}.$$

Таблица 2

Структура информации

Ярусы сообщений			
I (характерис- тистики)	II	III	IV (количество признаков)
	Нефтеносная свита	Нефтегазоносность Мощность отложений и их взаимо- отношения Характер осадконакопления	31
Веществен- ные	Окрестность нефтеносной свиты	Поднефтеносная толща	16
		Наднефтеносная толща	13
Геотектони- ческие	Характеристика по площади	—	19
	Характеристика по объему	—	
Структурные	Геометрия ловушки	—	
	Динамика ловушки	—	20

2. Информационные веса строк определяются по соотношению

$$I(S) = \sum_{j=1}^l P_{ij} + \frac{1}{2} \sum_{t=1}^r P_{jt},$$

если в строке таблицы на местах i_1, i_2, i_l стоят единицы, а на местах j_1, j_2, \dots, j_r прочерки.

3. Взвешенные информационные веса строк $\bar{I}(P)$ определяются суммой только тех значений $P_{(i)}$ в строке, которые соответствуют значениям большей вероятности (в данном случае условной) вхождения 0 или 1 в целом для столбца [2].

На основании введенных величин естественна постановка задачи о распознавании, т. е. о выяснении принадлежности ранее не учтенного (по каким-либо причинам) объекта к обучающей последовательности. В данном случае это выражается в выделении из ряда положительных платформенных структур таких, с какими, возможно, связаны гигантские месторождения нефти. Решение такой задачи дело ближайшего будущего. Но уже и сейчас, располагая информационными весами признаков и объектов, можно судить о наиболее существенных признаках гигантских месторождений.

Информационные веса строк четко коррелируются с запасами месторождений. Связь между целочисленными характеристиками запасов нефти и информационных весов выражается следующими показателями: $r = +0,814$; $t = 5,98$ при $t_{0001} = 3,88$. Имеющиеся отклонения приходятся в основном на новые, недостаточно разведанные месторождения Западной Сибири и акватории Персидского залива, по которым запасы подлежат существенному уточнению. Такая строгая корреляция свидетельствует о том, что даже сокращенная матрица содержит комплекс признаков, надежно характери-

зующий гигантские месторождения, и что примененные средства математической обработки этого материала обеспечивают возможность правильной оценки информационных весов.

По различающему информационному весу выделяется группа признаков, характеризующих структурную ловушку (табл. 3). Эта группа содержит почти половину всех признаков с $P_{(i)} > 0,5$. Существенное количество таких признаков имеется и в группе признаков нефтеносной свиты. Набор признаков со значительным различающим информационным весом может быть использован в качестве основы для классификации гигантских нефтяных месторождений платформенных областей.

Степень сходства между гигантскими месторождениями платформ и отличие всего этого класса месторождений от других территорий характеризуют признаки с высоким отождествляющим информационным весом. Эти признаки являются поисковыми на гигантские месторождения нефти. Шесть таких признаков имеют отождествляющее значение только для группы месторождений Аравийской платформы, три — только для смешанной группы, а остальные 36 — для сменных групп.

По отождествляющему информационному весу резко выделяются группы признаков, характеризующие нефтеносную свиту и геотектоническую обстановку (см. табл. 3). На эти две группы приходится $\frac{2}{3}$ всех признаков с $P_{(\chi)} > 0,7$. Значительное количество отождествляющих признаков имеется и для поднефтеносной толщи.

Из геотектонических признаков, заложенных в исходную матрицу, высокий отождествляющий информационный вес получили: положение района в приосевой зоне осадочного бассейна в период накопления нефтеносной свиты, приуроченность к сводам,

Таблица 3

Информативность групп признаков

Группа признаков	Количество признаков			Информационный вес групп	
	всех	различных	отождествляющих	$P(i)$	$P(\chi)$
Свойства:					
нефтеносной свиты	31	5	15	0,257	0,743
поднефтеносной толщи	16	1	8	0,348	0,652
наднефтеносной толщи	13	2	2	0,365	0,635
Характеристика:					
геотектонической обстановки	19	1	16	0,232	0,768
структурной ловушки	20	8	4	0,457	0,543
Всего	99	17	45		

расположенным в крупных впадинах, и многочисленные признаки, характеризующие объемы глинистых и карбонатных пород (и всех осадочных пород в целом) от кровли нефтеносной свиты до кристаллического фундамента в зонах возможного питания углеводородами (зоны оконтурены по мульдам близлежащих к месторождениям впадин) и в бассейнах в целом.

Из признаков, характеризующих нефтеносную свиту, существенно отождествляющими являются чередование проницаемых и непроницаемых пород, поровый тип коллекторов и выдержанность их по простиранию, суммарные мощности пород различного типа, газоносность осадочного бассейна, место свиты в осадочном цикле (трангрессия сменяется регрессией).

Для толщи, расположенной между нефтеносной свитой и кристаллическим фундаментом, значительный $P(\chi)$ имеют характер переслаивания проницаемых и непроницаемых пород, расстояние до ближайшего (к нефтеносной свите) регионального перерыва в осадконакоплении, мощности глинистых и пестроцветных (низкие значения) пород.

Из признаков структурной ловушки отождествляющее значение имеют только проявления неотектонических движений, рост ловушки в период накопления нефтеносной свиты и амплитуда структуры II порядка (свода), к которой приурочена структурная ловушка. Для толщи, расположенной выше нефтеносной свиты, существенный $P(\chi)$ имеет только низкая (меньше 450 м) суммарная мощность песчаных пород.

Все отождествляющие признаки, характеризующие объемы и мощности отложений, по крупнейшим месторождениям Аравийской платформы представлены большими величинами, чем по менее крупным месторождениям смешанной группы.

В исходную матрицу было включено несколько признаков, соответствующих представлениям о неорганическом происхождении нефти: наличие интрузивов и эфузивов в осадочной толще, развитие разломов, расстояние от нефтеносной свиты до фун-

дамента, наличие и мощность непродуктивных проницаемых пород ниже нефтеносной свиты. Одни из этих признаков оказались неинформативными, а другие получили существенный отождествляющий информационный вес, но в отрицательном смысле (отсутствие интрузивов и эфузивов, меньшее развитие разломов).

Рассмотренный комплекс признаков с высоким $P(\chi)$ свидетельствует о нефтеобразовании в глинистых и карбонатных породах и о реальной возможности прогнозов нефтеносности на основе объемно-генетического метода [4].

Открытие на платформах новых гигантских нефтяных месторождений наиболее вероятно в крупных седиментационных бассейнах с объемом отложений от кровли предполагаемой нефтеносной свиты до фундамента от 4–5 млн. km^3 и больше. В пределах таких бассейнов благоприятны своды, расположенные в областях максимальных мощностей нефтеносной свиты. Предпочтительные своды, имеющие области питания углеводородами объемом 500–1000 km^3 и более (объем отложений ниже кровли нефтеносной свиты) и сложенные преимущественно глинистыми и карбонатными породами.

При последующей детальной обработке матрицы поисковые признаки, по-видимому, будут выявлены в более определенной форме.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дмитриев А. Н., Журавлев Ю. Н., Кренделев Ф. П. О математических принципах классификации предметов и явлений. Дискретный анализ, № 7, 1966.
2. Дмитриев А. Н. Некоторые табличные числа. Дискретный анализ, № 12, 1968.
3. Дмитриев А. Н., Журавлев Ю. Н., Кренделев Ф. П. Об одном принципе классификации и прогноза геологических объектов и явлений. Геология и геофизика, № 5, 1968.
4. Справочник Геология нефти. Под ред. В. Г. Васильева, т. 3. Изд-во «Недра», 1964.