

В.И.Галкин, А.В.Растегаев, С.В.Галкин
Пермский государственный технический университет

ПРОГНОЗНАЯ ОЦЕНКА ПОДТВЕРЖДАЕМОСТИ СТРУКТУР, ПОДГОТОВЛЕННЫХ СЕЙСМОРАЗВЕДКОЙ

С помощью многомерных вероятностно-статистических методов дана прогнозная оценка подтверждаемости структур, подготовленных сейсморазведкой к глубокому нефтепоисковому бурению на территории Пермской области.

В соответствии с планом глубокого нефтепоискового бурения на территории Пермской области в 2000 году должно быть разбурено порядка 40 структур, подготовленных сейсморазведкой. В данной статье нами выполнена прогнозная оценка подтверждаемости этих структур.

В предыдущих наших исследованиях [1-4] установлены и количественно описаны показатели, определяющие реальное существование структур с вероятностно-статистических позиций. Для этого построены вероятностно-статистические модели, позволяющие производить прогнозирование подтверждаемости структур, подготовленных сейсморазведкой к глубокому бурению. Прогнозирование выполнялось с помощью трех независимых методов: линейного дискриминантного анализа (расчет величин Z), многомерного регрессионного анализа (P_n) и способом условных комплексных вероятностей (P_y).

К началу 2000 года более 20 выполненных нами прогнозов подтвердились глубоким бурением. С учетом полученных новых данных по подтверждаемости и неподтверждаемости структур были скорректированы эталонные выборки. В первом, обобщающем эталоне использовались подтвердившиеся и неподтвердившиеся структуры, расположенные в пределах Пермской области, независимо от их тектонической принадлежности. Второй эталон составлен из объектов, расположенных в пределах Башкирского свода (БС) и Бымско-Кунгурской впадины (БКВ). Третий эталон состоял из структур, находящихся только в пределах БКВ, и, наконец, появилась возможность создать четвертый эталон из структур, принадлежащих БС.

По первому региональному эталону в результате выполненных исследований получена следующая дискриминантная функция:

$$Z_1 = 0,1656 M - 0,0067 ОП - 0,3335 \alpha_r / \alpha_p + 0,1174 A - 0,0717 S - 0,0017 A/S + \\ + 0,0044 L_n + 0,0996 СК + 3,3256 P_{cr} + 0,0580 ПР - 0,0947 L_r - 8,6642$$

при многомерном центре подтвержденных глубоким бурением структур $Z_{10}^* = 1,52$, неподтвержденных $Z_{10} = -2,03$, дискриминантном индексе $Z_{10} = -0,32$, $R = 0,87$ и $\chi^2 = 59,73$,

где M – мощность осадочного чехла, км;

ОП – расстояние от центра локального поднятия до борта Камско-Кинельской системы прогибов (ККСП), км;

α_d – критический угол наклона крыла структуры по нижнекаменноугольным отложениям, град.угловой;

α_p – региональный угол наклона терригенных нижнекаменноугольных отложений, град.угловой;

A – амплитуда поднятия, м;

S – площадь поднятия, км²;

L_m – расстояние от структуры до ближайшего месторождения, км;

СК – количество структурно-параметрических скважин, шт.;

P_{cr} – комплексный показатель, учитывающий строение верхней части разреза;

ПР – усредненная прослеживаемость отражений от целевых сейсмических горизонтов, %;

L_r – расстояние от центра структуры до ближайшей глубокой скважины, км.

По данной формуле определены значения Z_{ii} для эталонных структур. Все они расклассифицированы верно. Кроме этого, скорректированы данные для определения P_n и P_y в зависимости от использованных эталонов.

В табл. 1 приведены результаты прогноза структур, вводимых в поисковое бурение в 2000 г.

Таблица 1
Прогноз подтверждаемости структур (эталон 1)

Название прогнозной структуры	Результаты прогноза			
	Z_i	P_n	P_y	ПР
Зольная	4,043	0,99	0,99	+
Гуляевская	2,957	0,97	0,99	+
Мутавлинская	1,220	0,84	0,79	+
Ласьвинская	0,937	0,80	0,83	+
Межугринская	0,923	0,98	0,96	+
Чикманская	0,732	0,79	0,88	+
Ю.-Межевская	-0,124	0,69	0,81	+
Глубоковская-1	-0,190	0,61	0,59	+
Глубоковская-2	-0,280	0,53	0,60	+
Глубоковская-3	-0,532	0,32	0,38	-
Фалинская	-3,764	0,05	0,04	-

Из табл. 1 видно, что Зольная, Гуляевская, Мутавлинская, Ласьвинская, Межугринская, Чикманская и Ю.-Межевская структуры должны подтвердиться с высокой степенью достоверности, а Фалинская структура с высокой степенью достоверности не подтвердится. Выполненные расчеты по ней показали, что при использовании всех трех методов прогноза она характеризуется величинами значений, позволяющих отнести ее к группе неподтвердившихся объектов. Определенные сомнения вызывает Глубоковская группа поднятий. Если в от-

ношении первого и второго поднятий можно констатировать, что они могут подтвердиться, то третье поднятие в большей степени относится к классу неподтвердившихся структур. Необходимо учитывать, что значения Z , P_n и P_y для этих поднятий находятся в зоне неопределенности.

Для территории юго-востока Пермской области (эталон 2) для практической реализации предлагается использовать следующую ЛДФ:

$$Z_2 = 0,0072 \text{ БП} - 0,3713 \alpha_n/\alpha_p - 0,9031\alpha_p + 0,2936 A - 0,0914 A/S - 0,1099 \Delta H - \\ - 2,3280 A/\Delta H + 0,0413 \text{ СК} + 2,6578 P_{ct} + 0,8846 \text{ ИСТ} + 0,0237 \text{ ПР} - 7,9149$$

при $Z_{2n} = 0,96$, $Z_{2n} = -1,62$, $Z_{2n} = -0,55$, $R = 0,79$ и $\chi^2 = 41,99$,
где БП – расстояние от центра локального поднятия до осевой зоны ККСП, км;

ΔH – расчетная погрешность сейсмических построений, м;

ИСТ – тип источника сейсмических колебаний.

Остальные условные обозначения были приведены выше.

Все эталонные структуры, просчитанные по данной формуле, попали в свои классы. По данной обучающей выборке также выполнены расчеты по скорректированным формулам для P_n , P_y .

В табл. 2 приведены результаты прогнозных расчетов для структур, на которых запланировано поисковое бурение в 2000 году.

Таблица 2
Прогноз подтверждаемости структур (эталон 2 (БС +БКВ))

Название прогнозной структуры	Результаты прогноза			
	Z_2	P_n	P_y	ПР
Грядовая	4,019	0,99	0,99	+
Шистеровская	3,002	0,99	0,99	+
С.-Зайцевская	2,796	0,97	0,98	+
Бородинская	2,704	0,98	0,95	+
Ямская	2,625	0,98	0,93	+
Астанинская-з	2,307	0,88	0,88	+
Астанинская-в	2,043	0,87	0,88	+
Астанинская-с	1,394	0,75	0,79	+
В.-Грибановская	0,553	0,79	0,81	+
Колтаевская	1,029	0,98	0,96	+
Каменноозерская	0,946	0,98	0,97	+
В.-Ожгинская	0,828	0,97	0,97	+
Станиславская	0,821	0,97	0,97	+
Ср.-Аспинская	0,772	0,98	0,97	+
Зеленинская	0,746	0,93	0,94	+
Земаяхинская	0,692	0,89	0,91	+
Найденовская	0,613	0,93	0,82	+
Ступинская	0,194	0,85	0,85	+

Окончание таблицы 2

Н.-Осетровская	0,114	0,82	0,86	+
Хохлачевская	0,074	0,81	0,83	+
В.-Таныпская	0,000	0,80	0,80	+
Ляховская	-0,025	0,77	0,78	+
Ю.-Чайкинская	-0,027	0,79	0,78	+
Бурцевская	-0,094	0,76	0,64	+
Юлианская	-0,809	0,32	0,29	-
В.-Деткинская-ю	-0,907	0,12	0,16	-
В.-Деткинская-с	-2,099	0,08	0,09	-

Как видно из табл. 2, при использовании ЛДФ, P_n и P_y две структуры из двадцати семи относятся к классу структур, которые не должны подтвердиться бурением, – Юлианская и В.-Деткинская (южный и северный куполы). Необходимо отметить, что значения Z_{2i} для Юлианской структуры и южного купола В.-Деткинской находятся вблизи граничного значения.

Как было показано ранее [3,4], сильное распознавание наблюдается тогда, когда для прогнозных расчетов используются эталоны, составленные для одной тектонической единицы. Поэтому нами для расчетов были построены эталоны: третий, составленный из структур БКВ, и четвертый – из структур БС.

Для третьего эталона получена следующая ЛДФ:

$$Z_3 = -0,0013 \text{ ОП} + 0,5135 \alpha_n / \alpha_p + 1,2180 \alpha_n - 0,2083 A - 0,0962 A/S + \\ + 0,4495 A/\Delta H + 0,1418 L_n - 0,0505 \text{ СК} - 7,3217 P_{cr} - 0,4793 \text{ ИСТ} - \\ - 0,0499 \text{ ПР} - 0,1251 L_r + 11,0371$$

при $Z_{3n} = 1,76$, $Z_{3н} = 1,76$, $Z_{3o} = 0$, $R = 0,88$, $\chi^2 = 23,63$.

Как и в предыдущем случае, все эталонные структуры по данной формуле P_n и P_y были расклассифицированы верно.

Результаты расчетов для прогнозных структур сведены в табл. 3, из которой видно, что четыре структуры из пяти, на которых планируется проведение глубокого нефтепоискового бурения, должны подтвердиться.

Таблица 3
Прогноз подтверждаемости структур (эталон 3 (БКВ))

Название прогноз- ной структуры	Результаты прогноза			
	Z_3	P_n	P_y	ПР
Найденовская	-3,360	0,99	0,83	+
В.-Ожгинская	-1,675	0,88	0,93	+
Бурцевская	-1,630	0,64	0,72	+
В.-Грибановская	0,728	0,09	0,16	-
Ляховская	-0,498	0,86	0,87	+

Не подтвердится В.-Грибановская структура. Максимальную вероятность подтверждения имеет Найденовская структура. Необходимо отметить, что на Ляховскую структуру, расположенную в пределах 4-й сейсмогеологической зоны, нами был сделан отрицательный прогноз в 1997 году. Сейчас же, при прогнозах по более локальным эталонам, которые, по нашему мнению, учитывают специфику геологического строения, она должна с высокой степенью достоверности подтвердиться. Причины отрицательного прогноза заключаются в том, что в 1997 году мы не могли создать корректную обучающую выборку для 4-й сейсмогеологической зоны, так как в то время на территории БКВ в пределах этой зоны подтвердилась только одна Западно-Ильичевская структура.

Для четвертого эталона, построенного для прогнозных оценок только структур Башкирского свода, линейная дискриминантная функция имеет следующий вид:

$$Z_4 = -0,0055 \text{ БГ} + 1,9713 \alpha_p + 0,3557 A - 0,0572 A/S - 0,1390 \Delta H - 5,0097 A/\Delta H + 0,0543 \text{ СК} + 1,9566 P_{cr} + 1,5924 \text{ ИСТ} - 0,0205 \text{ ПР} - 10,7126$$

при $Z_{4n} = 0,7183$, $Z_{4i} = -2,0523$, $Z_{4o} = -1,04$, $R = 0,78$, $\chi^2 = 19,05$.

С помощью данной формулы, а также расчетов по P_n и P_r , все эталонные структуры расклассифицированы верно. Расчеты, выполненные для прогнозных структур, представлены в табл. 4.

Таблица 4
Прогноз подтверждаемости структур (эталон 4 (БС))

Название прогнозной структуры	Результаты прогноза			
	Z_4	P_n	P_r	ПР
С.-Зайцевская	2,675	0,99	0,99	+
Шистеровская	2,662	0,98	0,98	+
Бородинская	2,067	0,99	0,96	+
Грядовая	1,960	0,89	0,93	+
Астанинская-з	1,844	0,86	0,91	+
Ямская	1,826	0,88	0,89	+
Астанинская-в	1,674	0,85	0,83	+
Колтаевская	1,464	0,82	0,91	+
Астанинская-с	1,311	0,84	0,85	+
Ю.-Чайкинская	1,267	0,90	0,74	+
Ср.-Аспинская	1,110	0,79	0,83	+
В.-Таныпская	0,951	0,80	0,81	+
Станиславская	0,782	0,86	0,88	+
Каменноозерская	0,357	0,82	0,82	+
В.-Деткинская-с	0,102	0,84	0,85	+

Окончание таблицы 4

Н.-Осетровская	0,046	0,80	0,88	+
Ступинская	-0,064	0,76	0,76	+
Зеленинская	-0,171	0,79	0,82	+
В.-Деткинская-ю	-0,244	0,74	0,74	+
Земаяхинская	-0,757	0,78	0,80	+
Хохлачевская	-0,912	0,66	0,59	+
Юлианская	-1,032	0,52	0,49	+

Данные табл.4 показывают, что все структуры, подготовленные в пределах БС, с разной степенью вероятности должны подтвердиться.

Если сравнивать результаты расчетов, выполненных по четвертому локальному эталону с более обобщенным вторым эталоном, то можно сделать вывод, что в основном они совпадают. При сравнении на уровне «подтвердится – не подтвердится» совпадение наблюдается в 20 случаях из 22. Юлианская структура при расчетах по четвертому эталону находится в зоне неопределенности, а по второму – близка к этой зоне.

В заключение необходимо отметить, что если по югу Пермской области нам удалось создать эталоны по тектоническому признаку (БС и БКВ), то для территории северо-востока области такие эталоны пока создать не удалось из-за ограниченности фактического материала. Степень изученности северо-востока Пермской области ниже, чем юга, и поэтому создать надежные эталоны по тектоническому принципу пока не представляется возможным. Вследствие этого, по нашему мнению, прогнозы, выполненные по югу, обладают большей надежностью, чем по северо-востоку Пермской области.

Библиографический список

1. Растегаев А.В., Галкин С.В., Галкин В.И., Левинзон И.Л. Применение вероятностно-статистических моделей при подготовке структур сейсморазведкой к глубокому бурению / Перм. гос. техн. ун-т. Пермь, 1996. 59 с.
2. Растегаев А.В., Галкин С.В., Галкин В.И. Прогноз подтверждаемости структур, подготовленных сейсморазведкой к глубокому нефтепоисковому бурению / Перм. гос. техн. ун-т. Пермь, 2000. 87 с.
3. Галкин В.И., Растегаев А.В. О необходимости учета геолого-тектонических условий при подготовке структур к глубокому бурению сейсморазведкой // Нефть и газ: Вестник ПГТУ № 3. 2000. С.13-18.
4. Растегаев А.В. Прогнозирование подтверждаемости структур, подготовленных сейсморазведкой, на примере Бымско-Кунгурской впадины // Нефть и газ: Вестник ПГТУ № 3. 2000. С.3-8.

Получено 27.11.2000