

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ СЕТИ СЕЙСМИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ И РАЗМЕРОВ КОНДИЦИОННО КАРТИРУЕМЫХ СТРУКТУР НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ВЕЛИЧИНЫ ПЕРВОЙ ЗОНЫ ФРЕНЕЛЯ

С.И. Михеев, В.В. Малышев, Д.С. Михеев

(Нижневолжский НИИ геологии и геофизики, ОАО "Саратовнефтегеофизика")

На данный момент фонд значительных по размеру структурных ловушек для территории Саратовского Поволжья истощен, а результаты геофизических работ по прогнозированию геологического разреза при выявлении нефтегазоперспективных объектов и оценке их продуктивности часто не подтверждаются. Для повышения надежности подготовки незначительных по размеру структур к глубокому бурению сети сейсмических профилей сгущаются. В этой связи назрела необходимость проанализировать эффективность наблюдающегося экстенсивного подхода к повышению качества подготовки структур.

Информационной основой для объективной оценки возможностей методики сейсморазведки при поиске и разведке залежей углеводородов, а также для прогноза развития ситуации на перспективу послужили результаты статистического анализа базы данных, содержащей характеристики более чем 140 структур. Такой анализ позволил выявить ряд тенденций в изменении параметров структур более чем за 20-летний период времени. При этом особое значение с точки зрения планирования геологоразведочных работ имеет уменьшение средних размеров подготавливаемых структур при значительном росте плотности сети профилей. Действительно, в складывающейся ситуации используемые методические приемы сейсморазведки могут в принципе не обеспечить требуемую детальность и точность определения характеристик. Средние по году площади подготовленных структур в пределах Нижневолжской НГО уменьшились с 1981 по 2001 г. с 4,4 до 2,1 км² (рис. 1), в Средневолжской НГО — с 13,2 до 10,4 км². При этом, отмечалось значительное увеличение плотности сети сейсмических профилей, используемой для подготовки структур. Она возросла за этот же период для Нижневолжской НГО в среднем с 1,7 до 3,7 км/км² (рис. 2), для Средневолжской НГО с 1,8 до 3,2 км/км².

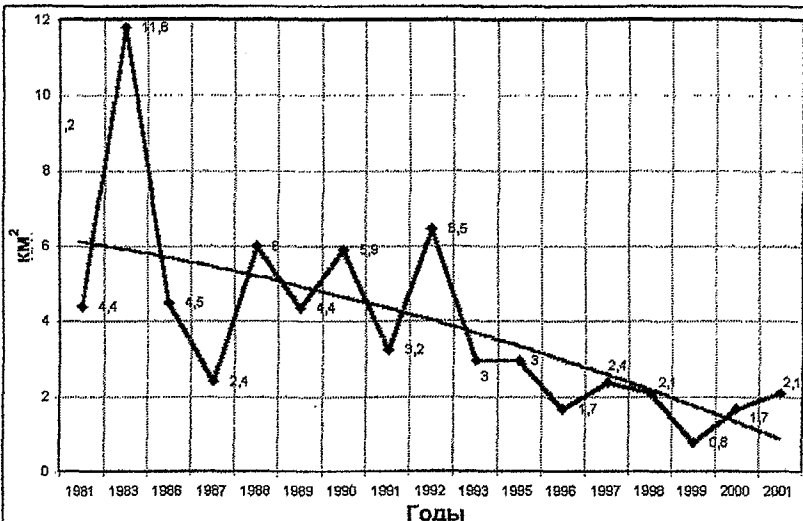


Рис. 1. Динамика средних по году площадей структур, подготовленных к бурению в Нижневолжской НГО

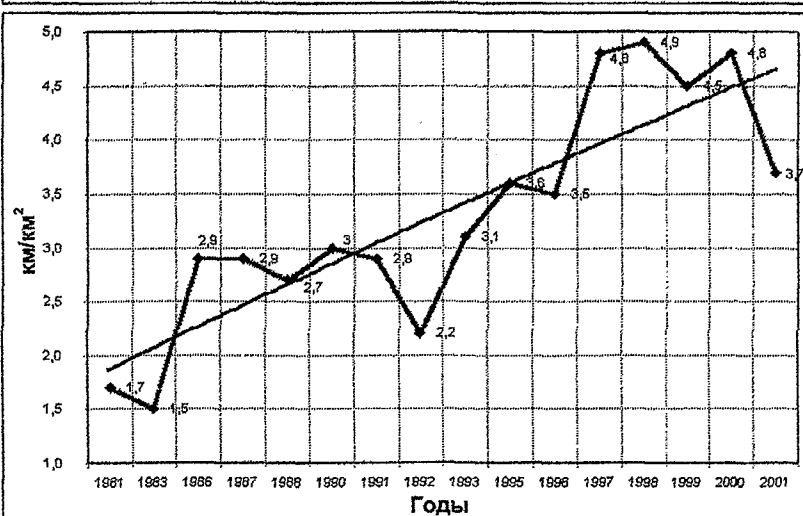


Рис. 2. Динамика средней по году плотности сети профилей, использованной при подготовке структур в Нижневолжской НГО

Отмеченное повышение плотности сети сейсмических наблюдений не сопровождается пропорциональным ростом подтверждаемости структур и успешности поисковых работ на разбуренных структурах. Ситуация обостряется и тем, что геологические запасы углеводородного сырья на подготовленных структурах либо существенно уменьшаются (Нижневолжская НГО), либо меняются незначительно (Средневолжская НГО). В этой связи правомерна постановка вопроса о необходимой и достаточной для кондиционной разведки нефтегазопер-

спективных объектов плотности сети сейсмических наблюдений, а также реальной эффективности технологий, используемых при подготовке структур. По мнению авторов, решение такого вопроса должно в обязательном порядке учитывать физические ограничения сейсморазведки.

В первую очередь необходимы специальные исследования по детальному изучению вертикальной и горизонтальной разрешающей способности сейсмического метода. При постановке таких исследований следует учитывать, что горизонтальная разрешающая способность сейсмических наблюдений изучена в меньшей мере по сравнению с вертикальной разрешенностью. Как известно, количественную оценку разрешенности сейсморазведки по горизонтали можно получить, анализируя размеры первой зоны Френеля [1, 2].

Для практических целей необходимо оценить воздействие дифракции на горизонтальную разрешающую способность сейсморазведки и установить реальный размер отражающей площадки. Это возможно с помощью цифрового моделирования. Его результаты свидетельствуют о том, что уменьшение длины отражающих элементов до половины диаметра зоны Френеля (d_F) приводит к быстрому падению амплитуд отраженных сигналов и сильному искажению осей синфазности [1, 2]. Поэтому для оценки минимальных размеров объекта, при которых он еще будет достоверно закартирован сейсмо-

разведкой, можно использовать значение $d_F/2$. Так как структура состоит из трех элементов (крыло—свод—крыло), каждый из которых необходимо локализовать, минимальный горизонтальный поперечный размер кондиционно картируемых структур (l_{min}) предлагается вычислять как

$$l_{min} = 3 \cdot 0,5 d_F = 1,5 d_F. \quad (1)$$

Определив l_{min} , можно по известной формуле вычислить оптимальную плотность сети профилей

$$D_k = (k + 1)/(l_{min} \cdot k). \quad (2)$$

Здесь $k = \alpha/\beta$ (α — длинная, β — короткая оси структур).

Чтобы упростить использование изложенного подхода в практике геологоразведочных работ, была построена палетка для определения оптимальной плотности сети наблюдений по величине зоны Френеля (рис. 3), а также палетка для определения преобладающей частоты сейсмических волн, обеспечивающей качественную геометризацию картируемых объектов (рис. 4). Приведенные на рис. 3 и 4 палетки построены для условий Нижневолжской НГО Саратовского Поволжья. Они позволяют определить оптимальную плотность сети сейсмических профилей по размеру первой зоны Френеля и минимальную частоту сейсмических колебаний, обеспечивающую качественное картирование структур.

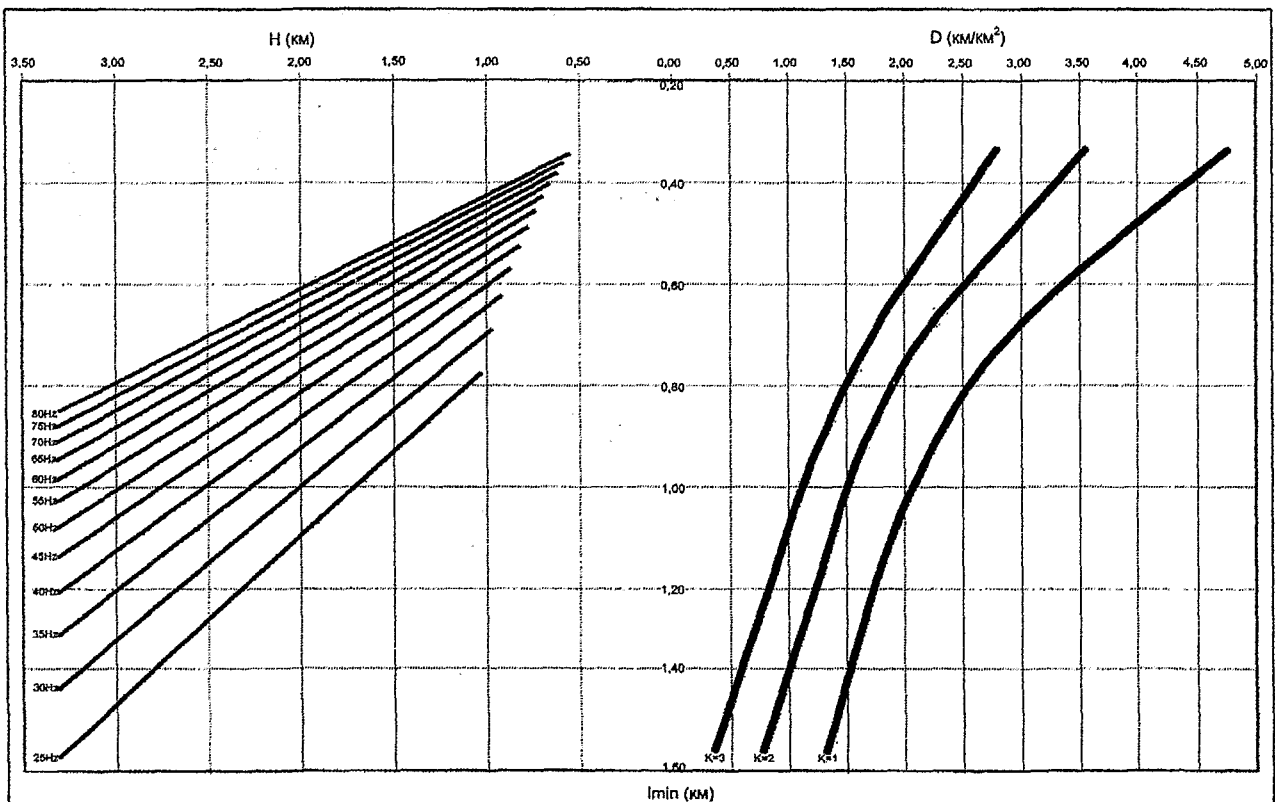


Рис. 3. Обобщенная палетка для определения оптимальной плотности сети сейсморазведочных профилей по величине зоны Френеля

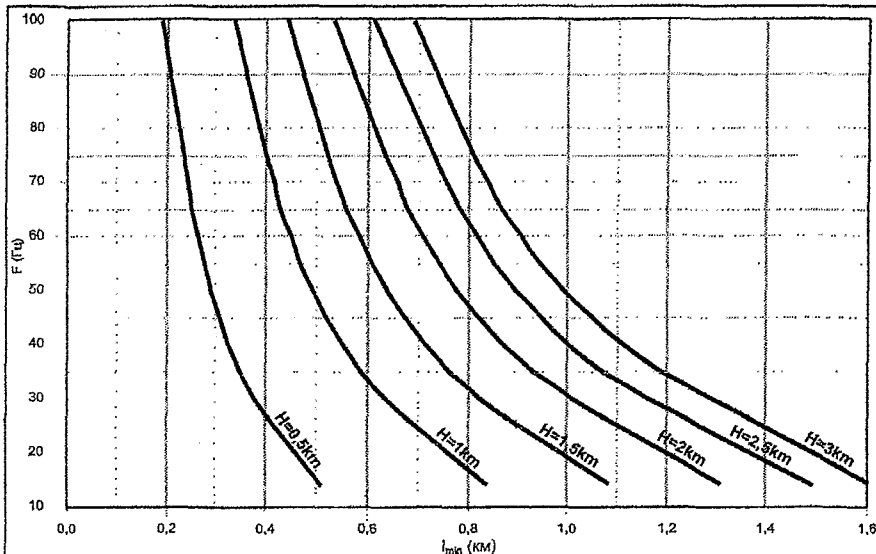


Рис. 4. Палетка для определения минимальной частоты сейсмических колебаний, обеспечивающей качественное картирование структур с размером короткой оси I_{min}

Проиллюстрируем применение предложенного подхода на примере структур, подготовленных на территории Саратовской области в 2001 г. Результаты анализа сведены в таблицу. Из таблицы следует, что прогнозируемые размеры подготовленных к бурению структур в некоторых случаях оказываются меньше, чем минимальные размеры объектов, которые еще могут быть кондиционно закартированы

среднечастотной модификацией сейсморазведки. Такая ситуация отмечается для Ново-Белогорской, Железнодорожной, Центрально-Кожевской, Западно-Журавлинской, Южно-Тепловской, Яружской и Камеликской структур. Таким образом, проблематично качественное картирование 7 из 15 проанализированных структур. Речь идет не о невозможности подготовки структур к глубокому бурению, а об объективно возникающих ошибках их геометризации, которые не удастся устранить за счет сгущения сети профилей вследствие ограниченной горизонтальной разрешающей способности среднечастотной сейсморазведки. При продолжающейся тенденции к уменьшению размеров подготавливаемых к бурению структур ситуация будет обостряться, что требует изменения в методике полевых работ. Эффективная разведка небольших по размерам глубокозалегающих структур возможна лишь при применении высокоразрешающей сейсморазведки с параметрами, которые легко вычислить исходя из приведенных выше соображений.

Примеры расчета оптимальной плотности сети сейсмических наблюдений для структур, подготовленных в 2001 г. к глубокому бурению

Названия структур	Размер короткой оси структур (км)	Минимальный размер кондиционно картируемых структур (км)				Оптимальная плотность сейсмических профилей при подготовке к бурению минимальных по размеру структур (км/км ²)			
		25 Гц	30 Гц	35 Гц	40 Гц	25 Гц	30 Гц	35 Гц	40 Гц
Нижеволжская НГО									
Харламовская	1,5	1,07	0,98	0,91	0,85	1,86	2,04	2,21	2,36
Северо-Приволжская	1,2	1,27	1,16	1,07	1	1,58	1,73	1,87	2
Ново-Белогорская	0,4	1,31	1,2	1,11	1,04	1,52	1,67	1,8	1,93
Южно-Белогорская	1,7	1,38	1,26	1,17	1,09	1,45	1,59	1,71	1,83
Ново-Иловлинская	1,0	0,98	0,89	0,82	0,77	2,05	2,25	2,43	2,60
Средневолжская НГО									
Ушаковская	3,2	1,31	1,19	1,1	1,03	1,53	1,68	1,81	1,94
Железнодорожная	0,5	1,16	1,06	0,98	0,92	1,72	1,89	2,04	2,18
Яружская	1,1	1,48	1,35	1,25	1,17	1,35	1,48	1,60	1,71
Центрально-Кожевская	0,5	1,48	1,35	1,25	1,17	1,35	1,48	1,60	1,71
Чапаевская	1,8	1,35	1,23	1,14	1,06	1,49	1,63	1,76	1,88
Западно-Журавлинская	0,75	1,38	1,26	1,17	1,09	1,45	1,59	1,71	1,83
Южно-Тепловская	0,8	1,46	1,34	1,24	1,16	1,37	1,50	1,62	1,74
Центральная (Восточно-Октябрьская)	2,2	1,61	1,47	1,36	1,27	1,24	1,36	1,47	1,58
Камеликская	1	1,46	1,34	1,24	1,16	1,37	1,50	1,62	1,74
Центральная (Рахмановско-Камеликский участок)	1,9	1,36	1,24	1,14	1,07	1,48	1,62	1,75	1,87

ЛИТЕРАТУРА

1. Гертнер Х., Климмер Г. Об определении рациональной плотности сейсмических наблюдений по величине зоны Френе-ля // Докл. II научного семинара стран — членов СЭВ по нефтяной геофизике. Сейсморазведка. — 1982. — Т. 1. — С. 339—353.
 2. Шериф Р., Гелдарт Л. Сейсморазведка // В двух томах. Пер. с англ. — М.: Мир, 1987 — Т. 1. — 448 с.