

А.А.АРХИПОВ, И.С.ЛЕВ, В.А. ГРОДЗЕНСКИЙ,
Л.П.ДУНАЕВА, А.А. КУНАРЕВ

ОПРОБОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ ДЛЯ ПРЯМЫХ ПОИСКОВ НЕФТИ И ГАЗА В АКВАТОРИИ АЗОВСКОГО МОРЯ

Известно, что стоимость глубокого разведочного бурения в условиях моря значительно превышает его стоимость на суше, поэтому повышению надежности прогнозирования газонефтяных залежей в пределах акваторий морей придается особое значение [4,8]. При проведении морских сейсмических исследований большое внимание уделяется реализации методик, обеспечивающих получение наряду с традиционными сейсмическими разрезами дополнительной информации о различных аномалиях сейсмического волнового поля, обусловленных наличием в толще пород локальных сейсмогеологических неоднородностей, в том числе и связанных с нефтегазовыми залежами [3,8]. В условиях морской разведки утверждение о том, что «... наличие даже неоднозначно интерпретируемых аномалий является лучшим ориентиром для бурения, чем одни только разрезы или карты...» [4], является наиболее справедливым.

Специфика условий, в которых производятся морские сейсморазведочные наблюдения, обуславливает среднее соотношение сигнал/помеха, меньшее, чем в сейсморазведке на суше. Буксировка пьезокосы за судном в толще воды и связанные с этим шумы обтекания, касания о дно и т.п. сравнительно малый тротиловый эквивалент применяемых источников упругих волн – все это, снижая надежность обнаружения аномалий волнового поля, предопределяет необходимость применения вероятностных методов количественного анализа в целях прямых поисков.

В СССР первые опыты применения морской сейсморазведки для прямых поисков нефти и газа были начаты в 60-е годы [8] и после некоторого перерыва продолжены в начале 70-х годов [1].

Надежность расшифровки природы аномалий, выявляемых при работах по прямым поискам, во многом зависит от знания облика аномалий, установленных над заведомо нефтегазоносными частями разреза. Поэтому проведение параметрических работ на известных месторождениях с целью установления подобного соответствия имеет важное практическое значение.

Научно-производственным объединением «Южморгео» были выполнены опытно-методические параметрические сейсмические работы по прямым поискам залежей углеводородов на акватории Азовского моря в пределах Стрелкового газового месторождения. Исследования ставились с целью выяснения эффективности применения существующего в настоящее время морского сейсморазведочного комплекса для прямых поисков путем выявления аномалий типа залежи (АТЗ).

Стрелковое газовое месторождение находится в западном секторе Азовского моря и проходит под Арабатской стрелкой. В тектоническом отношении Стрелковое поднятие представлено субширотной брахиантиклиналью с четко выраженными крыльями. Месторождение разбурено в основном по суше на территории Арабатской стрелки. Продуктивные горизонты расположены в песчано-алевритовых отложениях майкопской свиты, залегающей на глубине 500-550 м, что соответствует во временном масштабе 0.48-0.5с [9]. Основные опорные отражения связаны с горизонтами в отложениях неогена (волна I-0.38-04с), майкопа (волна II-0.5с) и в подошве палеогена (волна III-1.5с).

В связи с неглубоким залеганием продуктивных горизонтов (500 м), а также малыми глубинами моря в исследуемом районе (4-8 м) работы проводились методом центрального луча (МЦЛ) с одноканальной регистрацией при расстоянии взрыв – прибор около 200 м. Возбуждение колебаний производилось спаренным пневматическим излучателем ПИ-16, приемное устройство включало в себя 36 сейсмоприемников ПДС-21, сгруппированных на базе 44 м. Регистрация упругих колебаний осуществлялась аналоговой сеймостанцией СМОВ-0-24 в режиме поканальной записи. При скорости движения судна вдоль профиля примерно 5 км/ч одна 24-канальная сейсмограмма набирается на отрезке профиля 1200м. Наблюдения проводились по сети профилей, как пересекающих контур газоносности месторождения, так и проходящих заведомо вне контура.

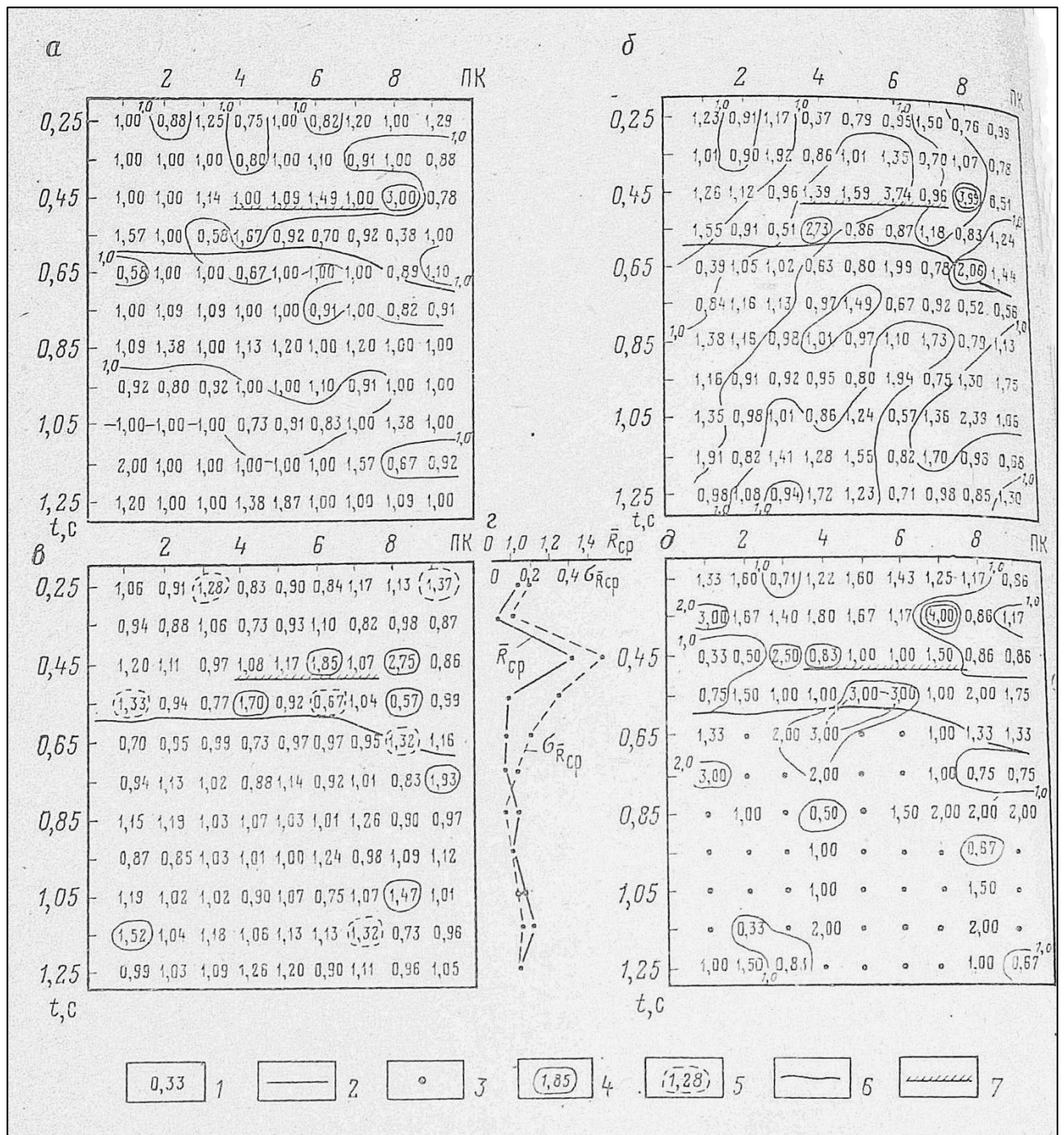
Исходные данные по ряду профилей общей длиной 60 км были подвергнуты обработке на амплитудно-фазовом дискриминаторе (АФД) [1]. АФД предназначен для анализа аналоговых магнитосейсмограмм. Его действие подобно действию фазового преобразователя – на результирующих записях подчеркиваются синфазные колебания и ослабляется нерегулярный фон [6]. Исходные колебания после обработки на АФД формализуются по амплитуде и длительности. Это обстоятельство существенно облегчает их машинную и ручную обработку и позволяет однозначно принимать решения о наличии осей синфазности и их протяженности.

Анализ структуры поля последовательностей экстремумов, выделенных на полученных по методу центровых лучей сейсмограммах, сводился к определению ряда относительных интервальных характеристик параметра «протяженность осей синфазности». При этом исходили из того, что наблюдаемые волновые поля в каждом временном интервале можно представить в виде полей трех видов: поля регулярных отражений протяженностью $\Delta l_s \geq 14$ трасс, поля нерегулярных отражений протяженностью $5 < \Delta l < 14$ трасс и поля осей протяженностью менее 5 трасс. Эти поля описываются: 1) числом регулярных отражений N_s ; 2) относительным числом осей «фона» N_ϕ в общем количестве осей N_ϕ / N ; 3) характеристиками распределения протяженности поля нерегулярных осей синфазности P_L , включающими в себя оценки среднего Δl_{cp} , дисперсию σ^2 , их число (объем) $N_{\Delta l}$ и размах протяженности $\Delta l'$.

Вычисление указанных характеристик по дискриминированным записям и их совокупный анализ составляют основу методики поиска локальных неоднородностей в разрезе (способ P_L) [2,6].

Ниже излагаются результаты применения способа P_L при обработке исходных материалов МЦЛ по одному из профилей, секущих вкrest центральную часть Стрелкового газового месторождения. Делаются попытки объяснить поведение указанных характеристик и особенности сейсмического поля, основываясь на известных данных о газовом месторождении.

Оценки относительных характеристик во временных интервалах, равных 0.1 с, изображены на плоскости временного разреза (см. рисунок) в виде числовых полей и карт изолиний. Они рассчитаны, исходя из абсолютных значений определенной характеристики в вышележащих $(t_{j-1}; t_j)$ и нижележащих $(t_j; t_{j+1})$ интервалах. Так как продуктивная толща приурочена ко времени приблизительно 0.5 с (ПК 3-7), ожидаемые эффекты от залежи должны проявиться в значениях характеристик, относимых к третьей строке, отвечающей сопоставлению абсолютных значений оценок в интервалах 0.35-0.45 и 0.45-0.55 с.



Двумерные поля характеристик:
 $a - \Delta i'_j / \Delta i'_{j+1}$, $b - \sigma^2_j / \sigma^2_{j+1}$, $v - R_{cp}$, $z -$ кривые $\bar{R}_{cp}(t)$ и $\sigma_{\bar{R}_{cp}}(t)$, $d -$ поле $N_{s_j} / N_{s_{j+1}}$, 1 - значение характеристик; 2 - изолинии; 3 - отсутствие значений; значения R_{cp} , превышающие: 4 - 3 σ , 5 - 2 σ в поле, изображенном на рис. в; б - опорный горизонт; 7 - залежь

Согласно имеющимся экспериментальным данным, с пространством залежи связывается изменение волновой картины, обусловленное многочисленными геофизическими и геохимическими факторами. При этом на краевых участках залежи аномальные эффекты часто превышают подобные

эффекты в центральных частях [6]. Поэтому в окрестности залежи Стрелкового месторождения возможно ожидать повышения относительных значений характеристик $N_{\Delta l}$, Δl_{cp} , $\Delta i'$, а также суммарного параметра

$$R_{cpj; j+1} = \frac{1}{4} \left(\frac{N_{\Delta l_j}}{N_{\Delta l_{j+1}}} + \frac{\Delta l_{cpj}}{\Delta l_{cpj+1}} + \frac{\sigma_j^2}{\sigma_{j+1}^2} + \frac{\Delta i'_j}{\Delta i'_{j+1}} \right).$$

На выходе из зоны продуктивности (0.55 с) должны соответственно наблюдаться пониженные значения R_{cp} на краевых участках, а также $\Delta i'$ в центральной зоне залежи, т.е. на участке продуктивности.

На двумерных полях R_{cp} ; $\Delta i'_j / \Delta i'_{j+1}$, $\sigma_j^2 / \sigma_{j+1}^2$ (см. рис. а, б, в) отмечены значения, удовлетворяющие искомым закономерностям. В поле значений $\Delta i'_j / \Delta i'_{j+1}$ (см. рис. а) к интервалу продуктивности приурочены определенные закономерности в проведении характеристики $\Delta i'$: максимальные значения на уровне времени 0.45с над залежью (ПК 3,6,8) и минимальные на времени – 0.55с под залежью (ПК 3,6,8). Представляется, что минимальные оценки соответствуют уменьшению верхней границы выборок $\Delta i'_j$ из-за нарушения стабильности в отражающих свойствах отдельных, спорадически прослеживающихся границ, приуроченных к пространству залежи, и повышению поглощения волн, прошедших продуктивную зону. В то же время над залежью и в окрестности ПК 3, 8 и других, где отражающие свойства, по видимому, более стабильны, отмечаются повышенные значения $\Delta i'_j / \Delta i'_{j+1}$. Такое объяснение поведения этой характеристики возможно именно для данных МЦЛ, поскольку применительно к этой методике размах выборки характеризует степень стабильности отражающих свойств границ, в том числе спорадических, слагающих разрез между опорными горизонтами.

Четко выявляются аномальные значения на характеристике $\sigma_j^2 / \sigma_{j+1}^2$ (см. рис. б). По третьей, четвертой строкам отмечаются существенные максимумы. Повышенная дисперсия обуславливается тем, что в периферийных зонах возникают разнообразные волны, интерференция которых и порождает «фоновые» оси, что приводит к росту σ^2 . По той же причине в окрестности залежи (ПК 3,8) при выходе из зоны продуктивности (четвертая строка) отмечаются минимальные значения σ^2 .

Интерпретация отдельных полей из-за сложного пространственного строения нефтегазовых залежей, наличия многочисленных помех как геологического, так и инструментально-методического характера не во всех случаях однозначна. Поэтому на отдельных полях не всегда надежно опознаются

границы аномальных зон, обладающие отличающимися от вмещающих пород акустическими свойствами. Однако надежность выделения аномальных зон повышается при совокупном представлении результатов, полученных по отдельным параметрам [7].

Одним из приемов такой интерпретации является метод цифровой комплексной интерпретации – ЦКИ [7], заключающийся в суммировании относительных (безразмерных) данных анализа по отдельным параметрам.

На рис. 6 представлено поле относительного суммарного параметра R_{cp} . Вычислено среднее значение для всей совокупности значений R_{cp} (исключая интервал $t = 0.45$ с, где концентрируются аномально высокие значения). Оценка среднего квадратического отклонения составила $\sigma_R \approx 0.17$ при среднем значении R_{cp} для всего поля, равном 1.0. Видно, что в области залежи концентрируется наибольшее число аномальных значений. Характер изменений среднеинтервальных (по времени) значений \bar{R}_{cp} и $\sigma_{\bar{R}_{cp}}$ показан в виде кривых на рис. 2. Продуктивный интервал проявляется в повышенном значении $\bar{R}_{cp} = 1.34$.

Аналогичным образом, но менее рельефно, на том же разрезе по характеристикам σ^2 , R_{cp} и особенно $\Delta i'$ выявляется еще одна аномальная зона на временах 0.85-0.95 (ПК 2, 7), которую можно рассматривать как проявление более глубоко залегающих продуктивных горизонтов.

На рисунке показано двумерное поле характеристики N_{Sj}/N_{Sj+1} , отображающей изменение регулярной части распределения параметра «протяженность». Небольшой объем выборки не позволил достаточно надежно определить параметры распределений так, как это было возможным для нерегулярной части записей. Однако на двумерном поле характеристики N_{Sj}/N_{Sj+1} , вокруг контура залежи и под залежью наблюдается ряд участков с относительно повышенными значениями. В первом случае это связывается, по-видимому, с тем, что в краевых частях залежи (с точностью до размеров интервала) формируются дополнительные отражающие элементы и соответственно протяженные оси синфазности [8]. Во втором случае (под залежью) наличие больших относительных значений указанного параметра связывается с явлениями повышенного поглощения упругих волн телом газовой залежи. Вполне естественно, что волны, отраженные от более глубоких горизонтов, проходя сквозь залежь, значительно ослабляются и амплитудный дискриминатор их не отмечает.

Таким образом, аномальные значения как отдельных характеристик, так и суммарного параметра R_{cp} достаточно четко оконтуривают область известной газовой залежи, подтверждая тем самым, что характеристики «протяженность» весьма уверенно реагируют на наличие акустической неоднородности в разрезе. Вместе с тем проведенный анализ показал, что доверительное предсказание

наличия АТЗ и её границ может быть достигнуто только на основе комплексного рассмотрения результатов обработки различных параметров волнового поля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *А.с. 600493*. [СССР]. Устройство обработки сейсморазведочных данных. Амплитудно-фазовый дискриминатор / Авт. изобрет. В.А. Гродзенский, И.С. Лев, Е.П. Вишняков и др. – Открытия, изобрет., пром. образцы, товарные знаки, 1978, № 12.

2. *А.с. 402841* [СССР]. Способ обработки сейсмической информации / Авт. изобр. М.К. Полшков, А.А. Кунарев, В.А. Гродзенский и др. – Открытия, изобрет., пром. образцы, товарные знаки, 1973, №42.

3. *Архипов А.А.* Применение сейсморазведки для прямых поисков месторождений нефти и газа в условиях моря. – Разведочная геофизика, вып. 74. М., Недра, 1976, с.23-27.

4. *Вопросы* применения сейсморазведки для прогноза нефтегазонасыщенности, литологии, аномально высоких давлений и буримости горных пород / А.Г. Авербух, О.М. Буцневий, В.А. Гельфанд и др. М., ВНИИОЭНГ, 1976.

5. *Гаранин В.А., Земцов Е.Е., Рогоза О.И.* О влиянии на характер записей отраженных волн некоторых толщ с непродуктивными газопроявлениями. – Геология нефти и газа, 1967, №1, с. 50-54.

6. *Методика* поиска локальных неоднородностей разреза по распределениям протяженности осей синфазности. Обмен опытом в области геохимических и геофизических поисков залежей нефти и газа. Тезисы докладов семинара в г. Гурьеве, апрель 1975/ Л.П. Дунаева, А.А. Кунарев, В.А. Гродзенский и др. М., ВИЭМС, 1975.

7. *Никитин А.А., Медовский И.Г., Класова И.И.* Анализ простых приемов комплексной интерпретации геофизических данных. – Прикладная геофизика, вып. 62. М., Недра, 1971, с.167-174.

8. *Поиски* нефтяных и газовых месторождений с помощью прямых геофизических методов/ Л.А. Сергеев, И.Я. Баллах, О.Л. Кузнецов и др. М., Наука, 1973.

9. *Шпорт Л.П.* О геологическом строении Стрелкового поднятия и некоторых вопросах методики сейсморазведки в условиях Азовского моря. – В кн.: Геология дна Черного и Азовского морей в пределах УССР. Киев, Наукова думка, 1970, с.18-21.