

УДК 550.834:553.98(268.55)

Половков В.В.Федеральное государственное унитарное научно-производственное предприятие «Севморгео» (ФГУНПП «Севморгео»), Санкт-Петербург, Россия, spolovkov@yandex.ru

ВЫЯВЛЕНИЕ ЗАЛЕЖИ УГЛЕВОДОРОДОВ В ВОСТОЧНО-СИБИРСКОМ МОРЕ С ПОМОЩЬЮ СОВМЕСТНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТРАЖЕННЫХ И ПРЕЛОМЛЕННЫХ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН

Предложено использовать при обработке и интерпретации морских сейсмических материалов данные преломленных волн, которые, как правило, рассматриваются как волны помехи и исключаются из обработки. Вдоль опорного профиля 5-AP, проложенного в Восточно-Сибирском море, построен динамический разрез преломленных волн по способу общей глубинной площадки. На основе полученных данных удалось уточнить строение поверхности фундамента, а также выделить крупную низкоскоростную аномалию, которая, возможно, обусловлена нефтегазовой залежью. С целью проверки данного предположения выполнен расчет AVO-атрибутов и построены угловые разрезы по отраженным волнам. Совокупность полученных данных однозначно подтверждает наличие углеводородов в исследуемой области.

Ключевые слова: углеводороды, залежь, преломленные волны, сейсмический разрез, AVO анализ, Восточно-Сибирское море.

Введение

Восточно-Сибирское море является самой малоизученной акваторией Российской Федерации. В разные годы здесь были проведены лишь аэромагнитные и гравиметрические наблюдения, а также профильные сейсмические работы МОВ-ОСТ. В данном море никогда не выполнялись трехмерные сейсмические исследования, не пробурено ни одной скважины. Вместе с тем, в соседних морях Бофорта и Чукотском выявлено большое число нефтегазовых месторождений, что позволяет говорить о высокой перспективности отечественной акватории на нефть и газ [Хаин, Поляков, Филатова, 2009]. Геологическое строение Восточно-Сибирского моря также играет важную роль при определении внешней границы континентального шельфа Российской Федерации [Каминский и др., 2009].

Вышеперечисленные факторы вынудили государство провести комплекс геофизических исследований вдоль опорного профиля 5-AP. Работы были выполнены ФГУНПП «Севморгео» в 2008-2009 гг., в результате которых была построена модель глубинного геологического строения зоны сочленения поднятия Менделеева и Чукотской складчатой области. При этом, при обработке многоканальных сейсмических данных использовались только отраженные волны, а преломленные волны рассматривались как помехи и удалялись из сейсмической записи.

В 2011 г. в рамках исследования возможности миграции сейсмических записей с учетом данных отраженных и преломленных волн по профилю 5-AP автором был построен динамический разрез по способу общей глубинной площадки (ОГП) с использованием преломленных волн, зарегистрированных на сейсмограммах МОВ-ОСТ. На основе полученных данных удалось уточнить строение поверхности акустического фундамента, а также выделить низкоскоростную аномалию в пределах Северо-Чукотского прогиба, которая может быть связана с наличием залежи углеводородов.

Для проверки этого предположения была выполнена переобработка материалов МОВ-ОСТ. Главными требованиями к переобработке были следующие: бережное отношение к амплитудам сейсмической записи; детальное изучение скоростей прохождения отраженных волн с целью подтверждения низкоскоростной аномалии; выполнение глубинной миграции до суммирования, а также AVO анализ, который позволил однозначно подтвердить наличие залежи углеводородов.

Построение динамического разреза на основе данных преломленных волн

Идея метода общей глубинной площадки

При построении динамического разреза преломленных волн использовался метод общей глубинной площадки (ОГП) [Епинатьева и др., 1990; Телегин, 2004]. Суть метода аналогична методу общей срединной точки (ОСТ) и проиллюстрирована на рис. 1.

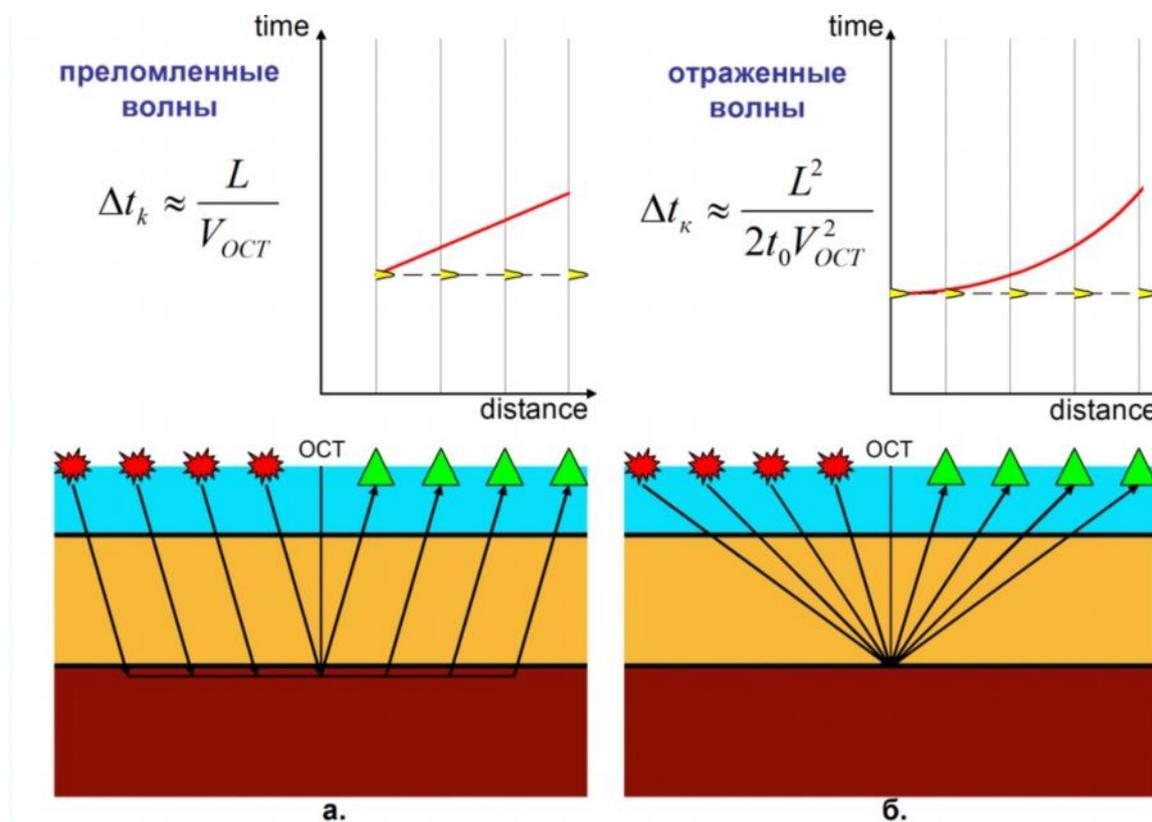


Рис. 1. Идея метода ОСТ: а – для преломленных волн, б – для отраженных волн

Геологическая среда рассматривается как горизонтально-слоистая или стремящаяся к этому. В данном случае, соответствующие пары источник-приемник, равноудаленные от некоторой ОСТ, будут генерировать и принимать сейсмические волны, которые отразились от одной и той же точки, расположенной на границе раздела сред (рис. 1б) (в случае отраженных волн), либо преломились (в случае преломленных волн) и имеют общий участок (площадку) преломления (рис. 1а). Таким образом, в обоих случаях все зарегистрированные сигналы (красная линия на графике) можно просуммировать и отнести к одной точке, расположенной под ОСТ. Перед суммированием осуществляется спрямление осей синфазности. С этой целью в годографы волн вводится нормальная кинематическая поправка Δt_k . В случае отраженных волн:

$$\Delta t_k = \frac{L^2}{2t_0 V_{OCT}^2}, \quad (1)$$

где L - расстояние источник-приемник, t_0 - время двойного пробега волны по вертикальному лучу, V_{OCT} - скорость распространения сейсмических волн в геологической среде.

В случае преломленных волн нормальная кинематическая поправка Δt_k определяется следующим образом:

$$\Delta t_k = \frac{L}{V_{OCT}}, \quad (2)$$

Обработка реальных данных

Сейсмические работы МОВ-ОСТ по профилю 5-AP были выполнены с плавающей косой, содержащей 648 каналов. Расстояние между приемной группой 12,5 м, шаг между точками отстрела 50 м, минимальное и максимальное расстояние источник-приемник 130 м и 8217,5 м соответственно. Длина записи 15 с, шаг дискретизации 2 мс. Обработка материалов выполнялась в программном пакете «Focus» (Paradigm).

Зарегистрированное волновое поле представляет собой интерференцию отраженных и преломленных волн. При обработке использовались только преломленные волны, выходящие в первые вступления. Они характеризуются очень высоким отношением сигнал/помеха (рис. 2а), поэтому при обработке сейсмограмм была сделана только фильтрация с целью подавления низкочастотных помех и автоматическая регулировка амплитуд для коррекции за сферическое расхождение. Вся сейсмическая запись, за исключением волн, выходящих в первые вступления, рассматривалась как помеха, поэтому она была удалена (рис. 2б).

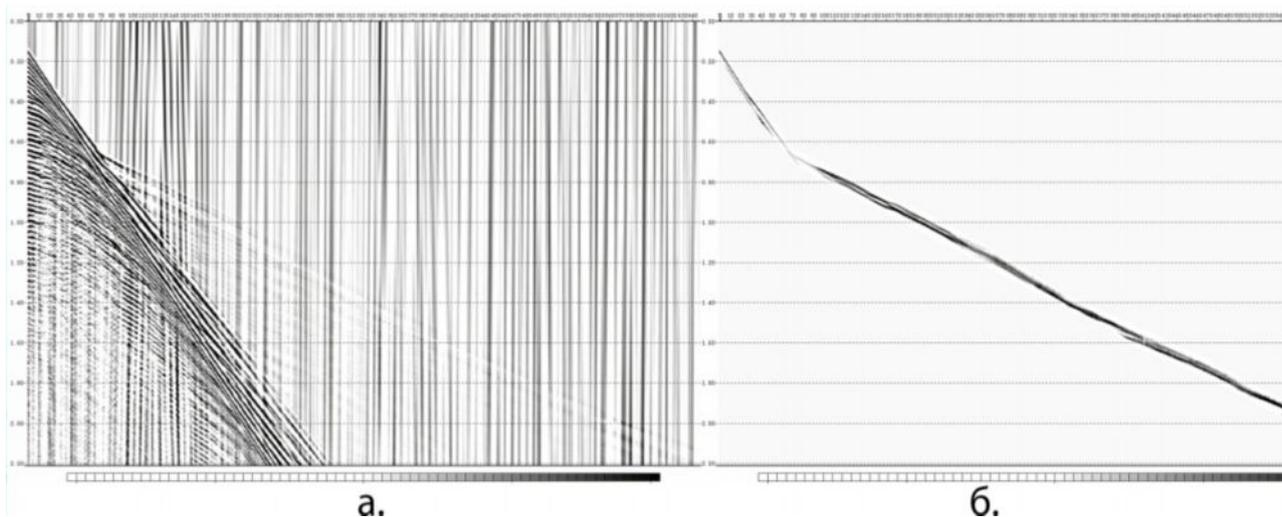


Рис. 2. Сейсмограмма общей точки взрыва: а – до обработки, б – после обработки

Скорости $V_{ост}$ для каждой преломленной волны определялись путем перебора скоростей с шагом 100 м/с и с последующим суммированием сейсмограмм по способу ОГП. При правильном значении скорости $V_{ост}$ редуцированная преломленная волна суммировалась синфазно и выражалась на динамическом разрезе в виде устойчивой преломляющей границы. Таким способом строились динамические изображения каждой преломляющей границы, а окончательный разрез вдоль профиля 5-AP представляет собой совокупность всех полученных горизонтов.

Сравнительный анализ двух сейсмических разрезов, построенных по отраженным волнам в 2009 г. и по преломленным волнам в 2011 г., позволил уточнить рельеф фундамента в пределах прогиба Лонга и Врангелевского поднятия (рис. 3). На разрезе отраженных волн (рис. 3а) нижняя граница прогиба Лонга выделяется нечетко, кроме того, в верхней части Врангелевского поднятия (рис. 3б) однозначную интерпретацию выполнить невозможно ввиду наличия сильных кратных преломленных волн. Однако на разрезе преломленных волн (рис. 3в, г) отчетливо выделяется нижняя граница прогиба Лонга, и прекрасно отображается структура верхней части поднятия Врангеля.

Наибольшее различие между разрезами отраженных и преломленных волн наблюдается в области Северо-Чукотского прогиба, в верхней части разреза. Границы, залегающие субгоризонтально по данным отраженных волн (рис. 4а), проявляются на динамическом разрезе преломленных волн в виде явно выраженной синклинали (рис. 4б).

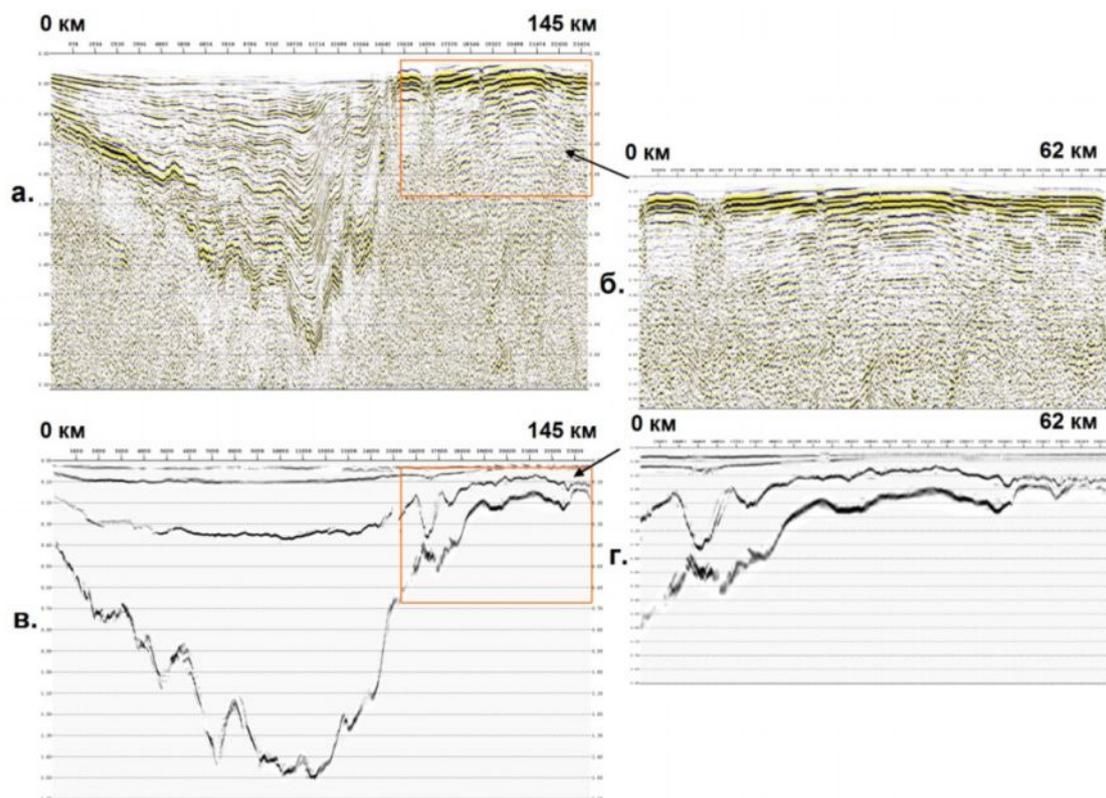


Рис. 3. Фрагмент сейсмического разреза вдоль профиля 5-АР (прогиб Лонга):
а, б – по данным отраженных волн; в, г – по данным преломленных волн

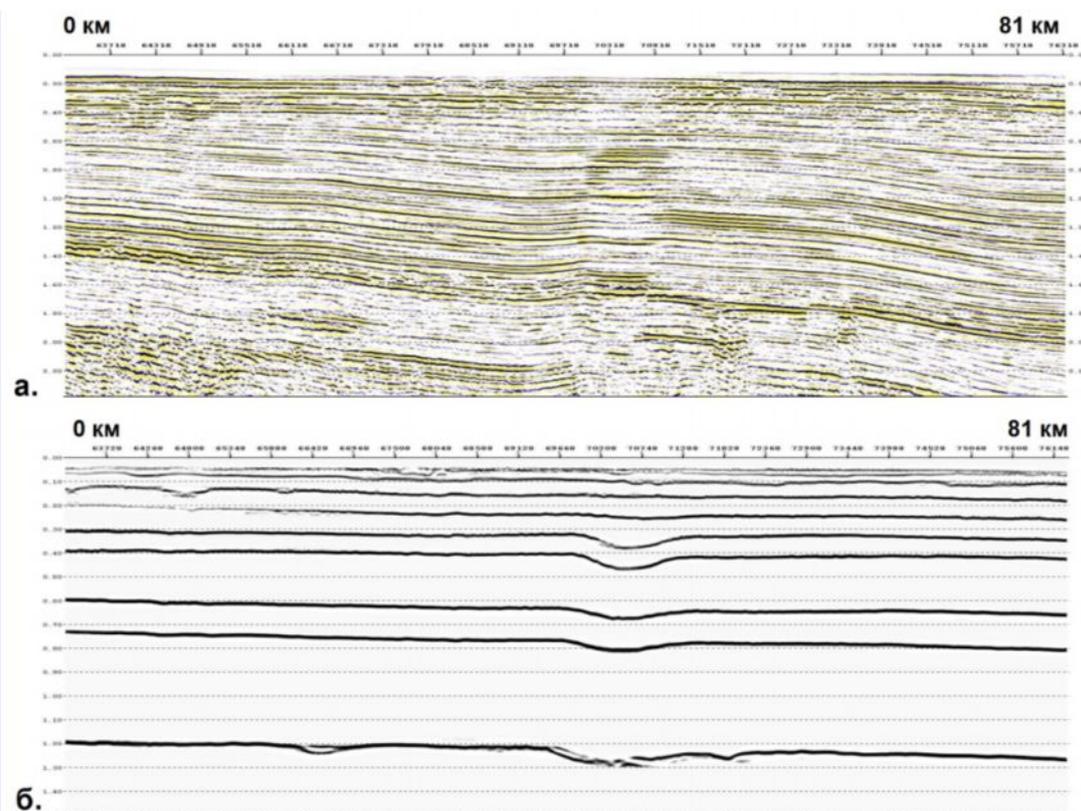


Рис. 4. Фрагмент сейсмического разреза вдоль профиля 5-АР (Северо-Чукотский прогиб):
а – по данным отраженных волн, б – по данным преломленных волн

Разные геометрические свойства одной и той же геологической границы объясняются наличием низкоскоростной аномалии, вытянутой по латерали и расположенной над ложной синклиналью (рис. 5). На данную аномалию отраженные и преломленные волны реагируют по-разному. Причина этого различия заключается в том, что при обработке отраженных волн в верхней части разреза в качестве полезной записи использовались данные, зарегистрированные на небольших удалениях (от 130 м до 1500 м). Угол падения отраженной волны при этом не превышает 50° . Очевидно, что в данном случае отраженные волны проходят скоростную аномалию субвертикально, по наименьшему пути, следовательно практически не чувствуют эффекта уменьшения скорости (см. рис. 5).

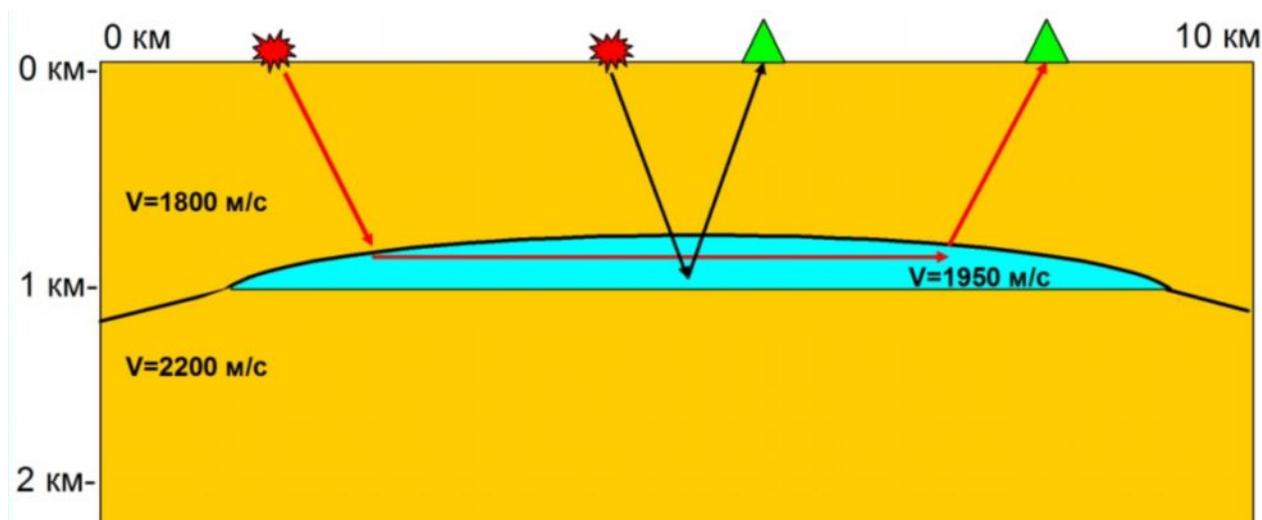


Рис. 5. Распространение отраженных (черный цвет) и преломленных (красный цвет) волн при наличии низкоскоростной аномалии

С другой стороны, преломленные волны практически скользят вдоль аномалии (см. рис. 5), следовательно, они проходят больший путь вдоль низкоскоростных пород и являются более чувствительными к вытянутым по латерали неоднородностям, чем отраженные волны.

С геологической точки зрения локальное понижение скоростей сейсмических волн может быть связано с резким увеличением трещиноватости пород в данной области, либо с заполнением части порово-трещинного пространства углеводородами. Поскольку на других участках развития дизъюнктивных нарушений подобных скоростных аномалий не наблюдается, то второй из названных факторов выступает в качестве главной причины существования низкоскоростной аномалии.

Построение динамического разреза на основе данных отраженных волн

С целью проверить предположение о наличии скопления углеводородов в выделенной области была выполнена переобработка отраженных волн, зарегистрированных вдоль

профиля 5-AP при выполнении многоканальной сейсморазведки. Обработка проводилась по упрощенному графу, минимально искажающему амплитудные и частотные соотношения сейсмической записи.

Основными волнами-помехами на исходных сейсмограммах общего пункта взрыва являлись: прямая водная волна, преломленные однократные и кратные волны, связанные с границами в верхней части разреза и низкочастотные шумы, возникающие за счет искривления косы при встрече судна с ледовыми скоплениями.

Граф обработки сейсмически данных на опорном профиле 5-AP представлен в табл. 1.

Таблица 1

Граф обработки сейсмических записей, используемый при переобработке материалов отраженных волн

Мьютинг, направленный на удаление преломленных волн
Фильтрация в диапазоне частот 5 Гц – 18 Дб/Окт ÷ 64 Гц – 72 Дб/Окт
Коррекция амплитуд за сферическое расхождение
Когерентная фильтрация для подавления наклонных помех
Переменная по времени деконволюция для улучшения разрешенности сейсмических записей
Фильтрация в диапазоне частот 5 Гц – 18 Дб/Окт ÷ 64 Гц – 72 Дб/Окт
Сглаживание и осреднение скоростного разреза для миграции
Миграция Кирхгофа во временной области до суммирования
Объединение 4-х сейсмограмм ОГТ
Суммирование мигрированных сейсмограмм
Коррекция амплитуд за геометрическое расхождение
Переменная по времени и по профилю полосовая фильтрация
Балансировка амплитуд
Переменная по времени деконволюция для улучшения разрешенности сейсмического разреза
F-X деконволюция
Балансировка трасс суммарных разрезов
Формирование разреза в формате SEG-Y

Область распространения преломленных волн и водной волны на сейсмограммах обнулялась с помощью процедуры мьютинга. Нерегулярные шумы были ослаблены с помощью фильтрации в диапазоне частот 5 Гц – 18 Дб/Окт ÷ 64 Гц – 72 Дб/Окт. Далее к отфильтрованным сейсмограммам была применена коррекция амплитуд за сферическое расхождение, которая позволила выровнять уровень амплитуд по всей длине записи, при этом сохранив их соотношение. Для удаления наклонных помех, осложняющих полезную сейсмическую запись, была применена когерентная фильтрация [Боганик, Гурвич, 2006] в режиме вычитания. Это означает, что с помощью когерентного фильтра выделялась помеха с определенным наклоном, затем сигнал данной помехи инвертировался и складывался с исходной сейсмограммой. Такой подход позволил как можно меньше исказить истинные

значения амплитуд на сейсмической записи. Фильтрация была проведена в несколько этапов, для каждого диапазона наклонов. С целью повышения разрешенности данных была выполнена деконволюция сжатия [Боганик, Гурвич, 2006] и последующая корректирующая фильтрация в диапазоне частот 5 Гц – 18 Дб/Окт ÷ 64 Гц – 72 Дб/Окт.

Для учета отклонения реальной точки отражения сейсмического луча от общей срединной точки выполнялась временная миграция сейсмограмм, что обеспечило лучшую фокусировку амплитуд отраженных волн [Воскресенский, 2006] при построении сейсмического разреза.

На рис. 6 показан фрагмент итогового временного разреза, полученного после миграции до суммирования. На данном разрезе отчетливо выделяется аномалия типа «яркого пятна» [Воскресенский, 2001; Хилтерман, 2010], совпадающая с областью пониженных скоростей, выделенной по преломленным волнам (рис. 4б).

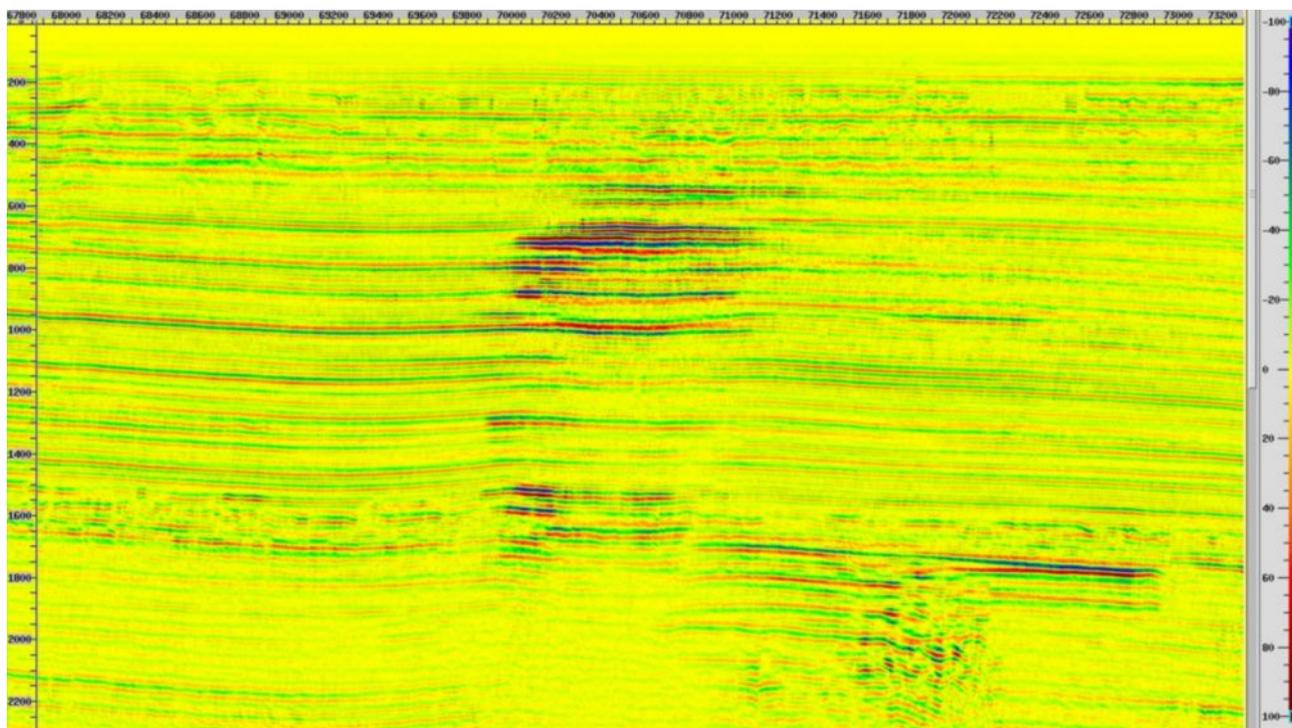


Рис. 6. Фрагмент временного разреза, полученного после обработки с сохранением амплитуд (Северо-Чукотский прогиб)

Классические «яркие пятна» на сейсмических разрезах, приуроченные к терригенным породам, обычно обусловлены наличием так называемых низкоимпедансных песков класса 3 [Воскресенский, 2001; Хилтерман, 2010], которые представляют собой слабо уплотненные газонасыщенные песчаные пласты с более низкой акустической жесткостью, чем перекрывающая среда. Однако опыт применения методики «яркого пятна» в России и за рубежом для прогнозирования залежей углеводородов показал, что аномалии амплитуд на

разреза ОСТ не могут быть однозначно ассоциированы с залежами углеводородов. Повышенные значения амплитуд могут возникать по ряду причин, в том числе за счет перепада акустической жесткости ввиду изменения литологического состава пород. В силу этого, чтобы уверенно увязать аномальное увеличение амплитуд с нефтегазоносностью, необходимо рассмотреть другие свойства «яркого пятна», указывающие на присутствие углеводородов [Хилтерман, 2010]:

1. понижение амплитуд под аномалией типа «яркого пятна», обусловленное увеличением затухания волн, проходящих через нефтегазонасыщенную область;
2. понижение частотного состава сейсмической записи сразу под залежью из-за поглощения высокочастотных волн нефтегазонасыщенными породами;
3. уменьшение скоростей прохождения сейсмических волн в углеводородонасыщенном интервале и под ним;
4. «проседание» временных горизонтов под «ярким пятном».

При анализе временного разреза ОСТ по профилю 5-AP видно, что непосредственно под аномалией наблюдается понижение амплитуд и частотного состава сейсмических волн, а также «проседание» сейсмических горизонтов (рис. 7). Следует отметить, что для изучения изменения частотного состава волн при прохождении залежи из графа обработки была исключена деконволюция, так как известно, что эта процедура усиливает низкие частоты, отсутствующие в сейсмической записи [Хилтерман, 2010]. На рис. 7 видно, что при прохождении аномалии произошло падение частотного состава волн на 10 герц и возрастание амплитуд на низких частотах (рис. 7б) по сравнению с аналогичным комплексом пород, отстоящих на 12 км по латерали (рис. 7а). Желтым и синим цветами на разрезе (рис. 7г) выделены области, по которым были рассчитаны амплитудно-частотные спектры.

Для подтверждения наличия низкоскоростной аномалии с помощью данных отраженных волн была выполнена корреляция устойчивых сейсмических горизонтов над аномалией и под ней (рис. 8а). Вдоль каждого горизонта посчитаны спектры скоростей ОСТ [Воскресенский, 2006], которые выявили понижение скоростей непосредственно под аномалией типа яркого пятна на 10-15 % относительно соседних пород (рис. 8б, в, г).

Таким образом, результаты проведенного анализа показали наличие всех свойств, присущих аномалиям типа «яркого пятна», обусловленным нефтегазовой залежью.

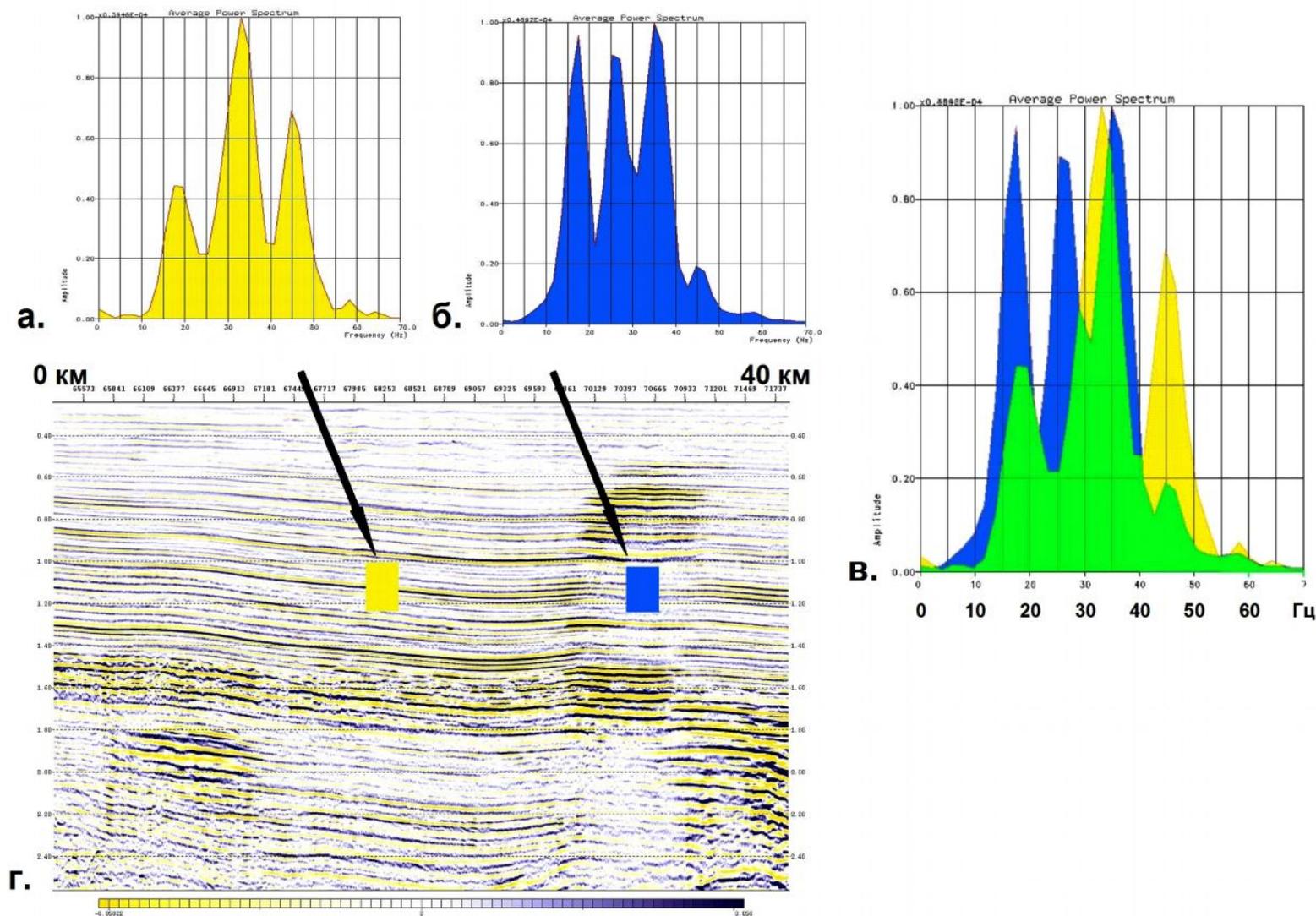


Рис. 7. Изменение амплитудно-частотных характеристик волн, прошедших аномалию а – спектр волн не прошедших аномалию, б – спектр волн прошедших аномалию, в – наложение обоих спектров, г – фрагмент сейсмического разреза

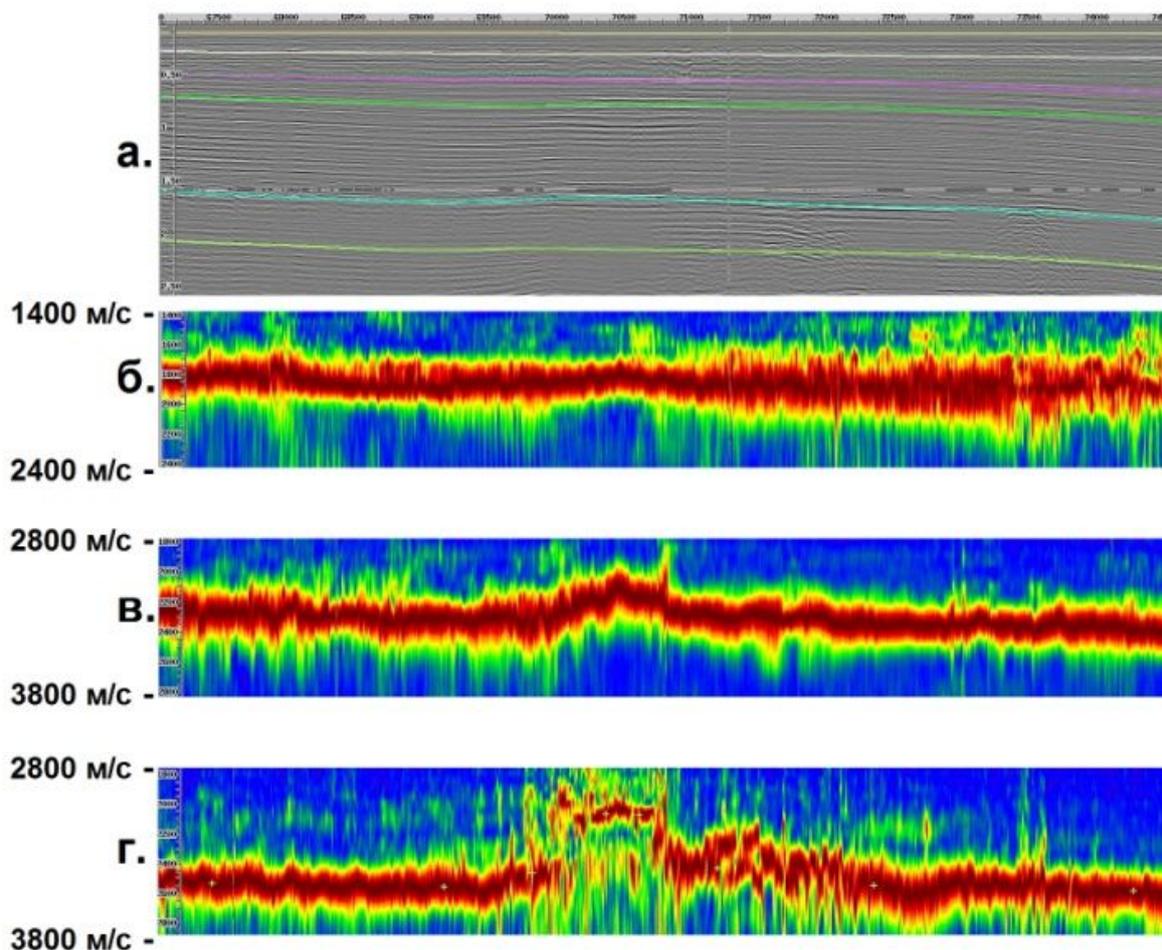


Рис. 8. Горизонтальные скоростные спектры: а – выделенные горизонты, б – спектр вдоль горизонта над аномалией, в – спектр вдоль горизонта, пересекающего аномалию, г – спектр вдоль горизонта под аномалией

Для дополнительного подтверждения независимым методом факта наличия углеводородов в исследуемой области разреза был выполнен расчет AVO атрибутов.

AVO – анализ

Как уже отмечалось, низкоскоростная аномалия наблюдается в той части разреза, которая сложена молодыми терригенными породами кайнозойского возраста [Виноградов и др., 2008] и характеризуется низкими значениями скоростей прохождения сейсмических волн (от 1600 м/с до 2500 м/с). Такие соотношения возраста, типа и скоростных свойств горных пород наиболее благоприятны для проведения AVO анализа [Воскресенский, 2001], позволяющего уверенно диагностировать аномальную область как углеводородную залежь.

Идея AVO анализа заключается в том, что характер изменения амплитуды сейсмической волны с увеличением угла отражения зависит от контактирующих сред (рис. 9а). Данную зависимость можно выразить в виде двучленной аппроксимации Шуэ [Воскресенский, 2001]:

$$R_{pp}(i) \approx A + B \times \sin^2 i, \quad (3)$$

где R_{pp} - амплитуда отражения при угле i , A – амплитуда отражения при угле 0° , B – градиент, характеризующий скорость изменения амплитуды при увеличении угла падения. Данная аппроксимация представляет собой линейную функцию, наклон которой показывает значение градиента B , а пересечение с осью ординат отображает значение A (рис. 9б).

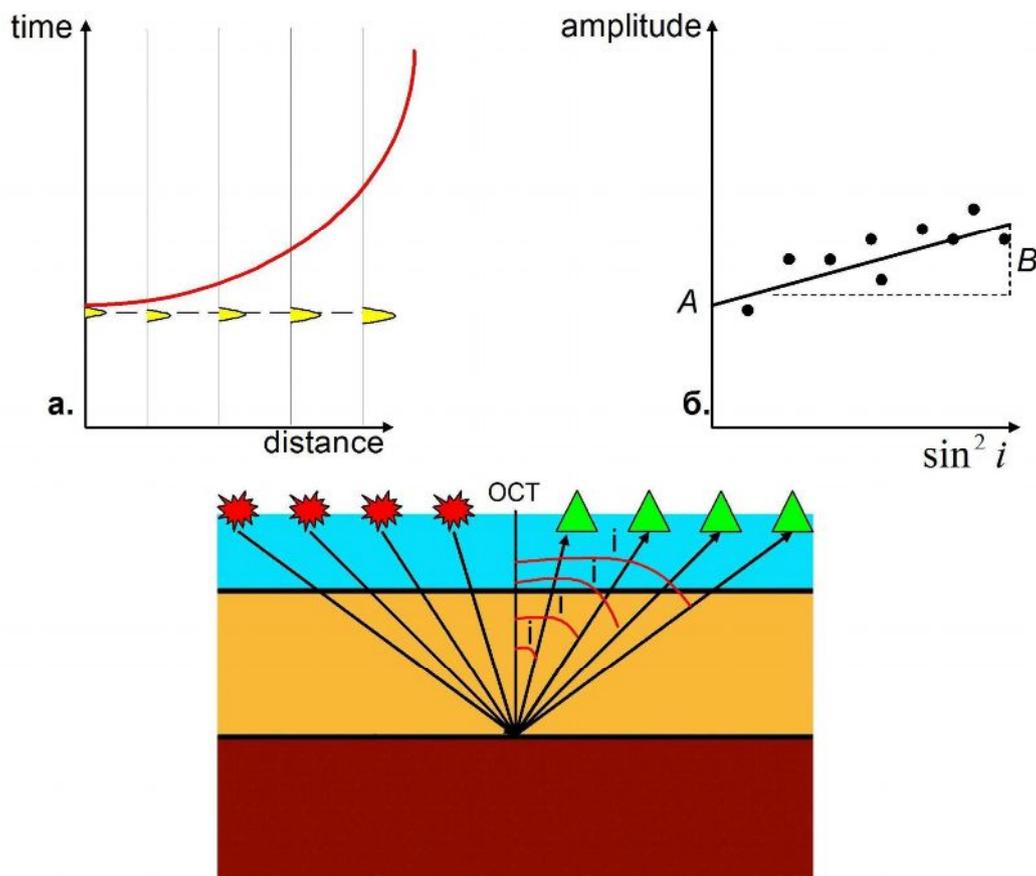


Рис. 9. Идея AVO-анализа: а – зависимость амплитуды отражения волны от угла падения, б – двучленная аппроксимация Шуэ

Для проверки классических «ярких пятен» (класс 3 песков) используются разрезы «AVO произведения», представляющие собой произведение соответствующих значений A и B . Так как амплитуда отражения от границы покрышка/песок в данном случае отрицательна и увеличивается с ростом угла отражения, то $A \leq 0$ и $B \leq 0$, значит на разрезе «AVO произведения» граница покрышка/газовый песок будет проявляться в виде высокоамплитудной положительной величины.

Разрез «AVO произведения» в области исследуемой аномалии построен в программном пакете «Probe» (Paradigm). При расчете зависимости скорости прохождения поперечных волн от скорости прохождения продольных волн использовалась арсилито-глинистая линия, а для оценки плотности горных пород применялось соотношение Гарднера [Хилтерман,

2010)]. На рис. 10 а выделяется сильная положительная аномалия (красный цвет) на фоне отрицательных значений амплитуд, и совпадающая с верхней частью аномалии типа «яркого пятна», что подтверждает наличие нефтегазонасыщенного песчаного пласта в данной области. Расчет относительного изменения упругих параметров: произведения плотности породы на коэффициент Ламэ – λ (рис. 10б), который описывает только гидростатическое отношение растяжения-сжатия и процесс распространения акустической волны во флюидах [Воскресенский, 2001], подтвердил сильное изменение типа флюида в выделенной области.

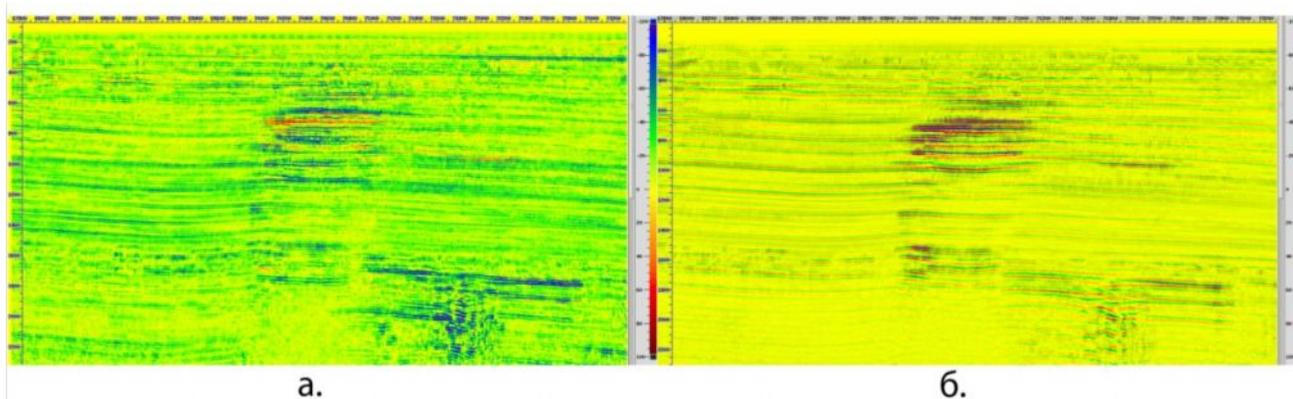


Рис. 10. а – разрез AVO - произведения; б – разрез произведения плотности пород на коэффициент λ

Анализ угловых разрезов, построенных в разных диапазонах углов (рис. 11), также позволил диагностировать данную область как углеводородсодержащую. Известно, что для малых углов падения отражающая способность обусловлена контрастом акустической жесткости, а для больших углов – контрастом коэффициента Пуассона [Воскресенский, 2001]. На разрезе малых углов (рис. 11) выделяется целый ряд высокоамплитудных горизонтов, что свидетельствует об изменении литологических свойств горных пород на этих границах. При этом аномалии типа «яркого пятна» не наблюдается. На разрезе больших углов (рис. 11д) отчетливо выделяется аномалия «яркого пятна», которая свидетельствует о сильном изменении коэффициентов Пуассона именно в этой области. При этом горизонты, связанные с изменением литологического состава пород, на разрезе не выражены.

Практическая значимость выполненных построений

С геологической точки зрения можно предполагать, что данная залежь относится к сводовому типу. Она приурочена к пологому антиклинальному перегибу с наклоном крыльев не более $1-2^\circ$, вероятно отражающему наличие куполовидной структурной формы (рис. 12).

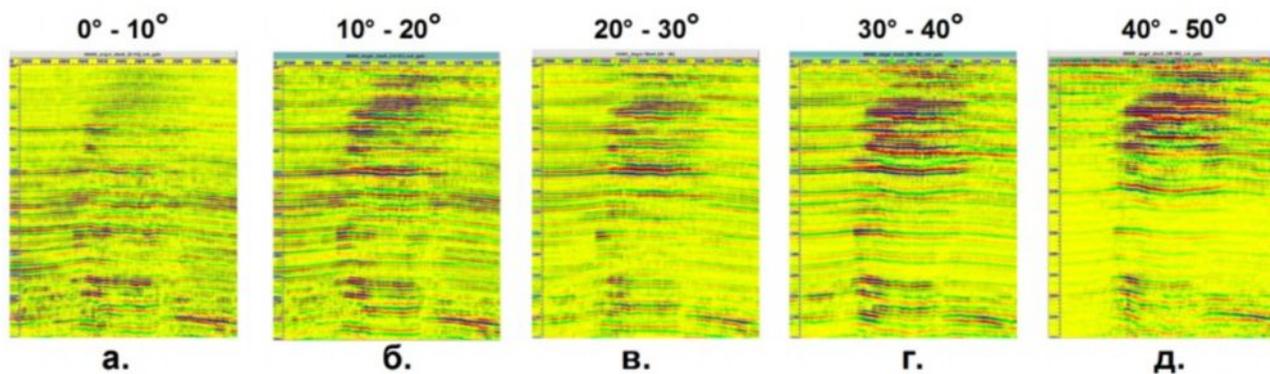


Рис. 11. Фрагмент разреза угловых сумм, построенного в диапазоне углов:
а - 0°-10°; б - 10°-20°; в - 20°-30°; г - 30°-40°; д - 40°-50°

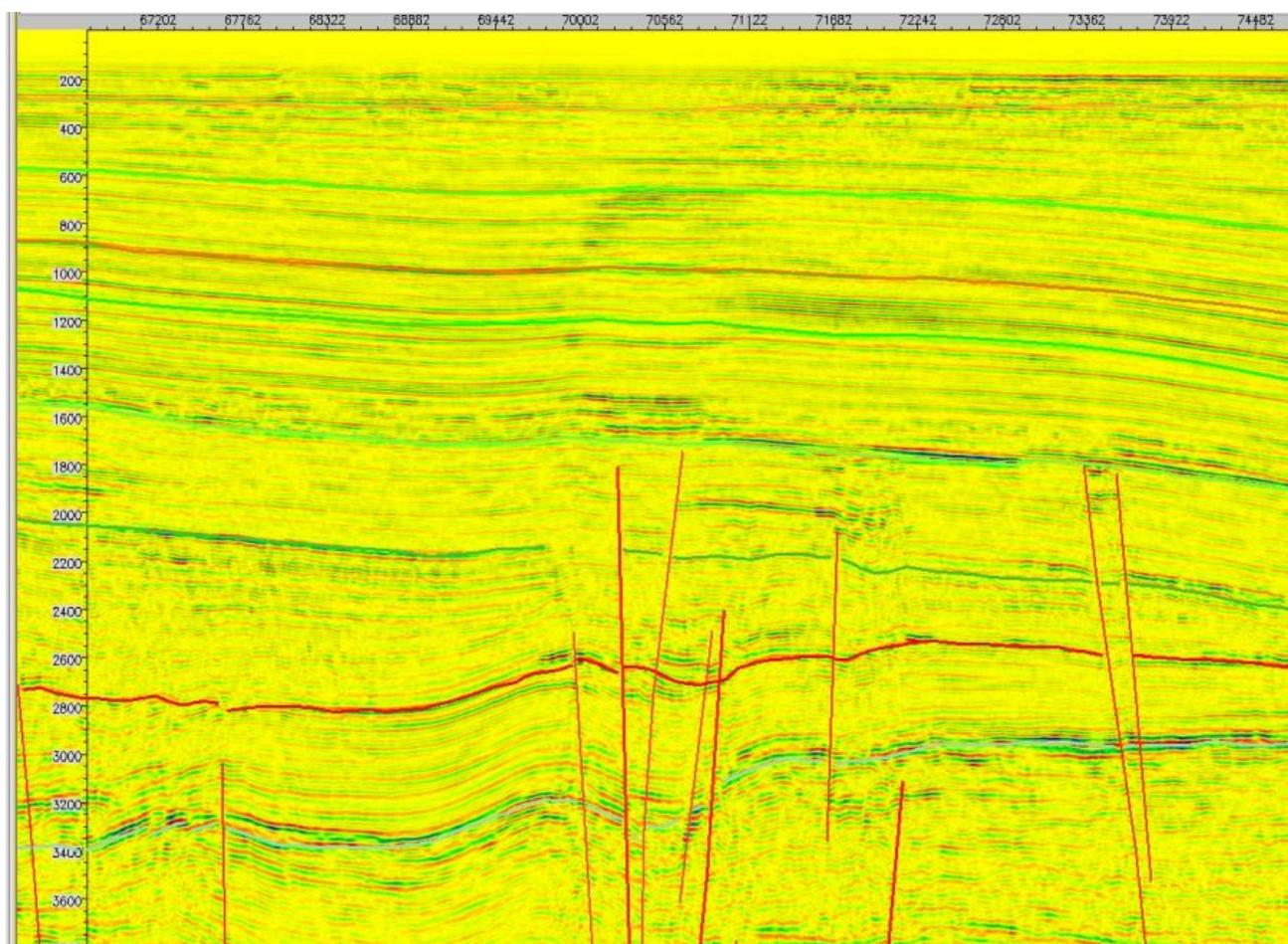


Рис. 12. Фрагмент глубинного сейсмического разреза с выделенными горизонтами и разрывными нарушениями (Северо-Чукотская впадина)

Амплитуда данной структуры в сечении его профилем составляет от 100 м (в нижней части разреза) до 25 м (в верхней части разреза). Размах крыльев складки достигает 12 км (в нижней части структуры). Породы, насыщенные углеводородами, приурочены к толще, слагающей койлогенный чехол шельфа Восточно-Сибирского моря. Данная толща

представлена субаквальными терригенными отложениями, которые отличаются от всего нижележащего разреза выдержанностью шельфовых сейсмофаций по латерали и расслоеностью в вертикальном направлении. Породой коллектором в данном случае является песчаник, а покрывкой – глинистые отложения. Наличие дизъюнктивных нарушений в нижней части разреза позволяет полагать, что залежь образовалась преимущественно за счет вертикальной миграции флюидов по этим разломам (рис. 12). Поскольку профиль вряд ли пересек складку ровно по своду, то можно уверенно говорить, что истинный размер структурной формы больше приведенных величин. Конечно, по одному профилю нельзя однозначно утверждать, что это обособленная куполовидная структура, однако можно сказать, что выделенная область представляет явный интерес, так как верхняя отражающая граница, обусловленная контактом покрывка/газовый песок, находится на глубине всего 640 м, и ширина этой границы составляет 6 км. Мощность всей толщи, перспективной на углеводороды, составляет примерно 1100 м. В пользу этого говорит тот факт, что перепад интервальных скоростей в данной структуре и за пределами структуры увеличивается с глубиной, а так же на разрезах AVO атрибутов вся эта мощность выделяется аномальными значениями амплитуд (рис. 6). В связи с тем, что по комплексу признаков рассматриваемый участок шельфа уверенно диагностируется как углеводородная залежь, предлагается присвоить ему собственное название и назвать в честь мужества полярников, спасшихся при крушении парохода «Челюскин» 13 февраля 1934 г., структурой Челюскинской.

Заключение

Таким образом, в акватории Восточно-Сибирского моря, в Северо-Чукотском прогибе выделен первый перспективный на нефть и газ объект. Индикаторами залежи служит целый комплекс признаков. Во-первых, это уменьшение скоростей прохождения сейсмических колебаний, выявленное по данным преломленных волн и доказанное при анализе материалов отраженных волн. Во-вторых, в результате переобработки сейсмических данных с сохранением амплитуд выявлена крупная аномалия типа «яркого пятна», совпадающая с областью пониженных скоростей. В-третьих, при анализе построенного разреза вдоль профиля 5-AP диагностировано затухание амплитуд и высоких частот сейсмических волн при прохождении аномалии типа «яркого пятна», а также установлено «проседание» отражающих горизонтов на временном разрезе отраженных волн непосредственно под потенциальной залежью углеводородов. В-четвертых, расчет AVO-атрибутов (AVO-

пересечение, Коэффициент Ламэ) и угловых сумм окончательно подтвердил наличие углеводородонасыщенных пород.

Выделенная залежь, приуроченная к структуре сводового типа, представляет несомненный интерес как объект дальнейших детальных работ. Максимальная амплитуда поднятия, составляющая не менее 100 м, позволяет говорить о значительном объеме углеводородов, а наличие благоприятного соотношения коллекторов и флюидоупоров при неглубоком залегании прогнозируемых продуцентов на глубине 640 м обуславливает значительный интерес к практическому освоению углеводородов.

Автор выражает благодарность за помощь в интерпретации данных М.Л. Вербе и Т.С. Сакулиной за ценные замечания.

Литература

Боганик Г.Н., Гурвич И.И. Сейсморазведка. – Тверь: изд. АИС, 2006. - 743 с.

Виноградов В.А., Горячев Ю.В., Гусев Е.А., Супруненко О.И. Осадочный чехол Восточно-Арктического шельфа России и условия его формирования в системе материк-океан. 60 лет в Арктике, Антарктике и Мировом океане /Под. ред. В.Л. Иванова. – СПб.: ВНИИОкеангеология, 2008. - С. 63-78.

Воскресенский Ю.Н. Изучение изменений амплитуд сейсмических отражений для поисков и разведки залежей углеводородов. – М.: изд. РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, 2001. - 68 с.

Воскресенский Ю.Н. Построение сейсмических изображений. – М.: изд. РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, 2006. - 117 с.

Епинатьева А.М., Голошубин Г.М., Литвин А.Л., Павленкин А.Д., Петрашень Г.И., Старобинец А.Е., Шнеерсон М.Б. Метод преломленных волн / Под ред. А.М. Епинатьевой. – М.: Недра, 1990. - 297 с.

Каминский В.Д., Поселов В.А., Аветисов Г.П., Буценко В.В., Рекант П.В. Широкомасштабные геофизические работы ВНИИОкеангеология с борта атомохода «Россия» по проблеме внешней границы континентального шельфа России в Арктике // Проблемы Арктики и Антарктики, 2009 - №2 (82). - С. 6-19.

Телегин А.Н. Сейсморазведка методом преломленных волн. – СПб.: изд. СПбГУ, 2004. - 187 с.

Хаин В.Е., Полякова И.Д., Филатова Н.И. Тектоника и нефтегазоносность восточной Арктики // Геология и геофизика, 2009. - Т.50. - №4. - С. 443-460.

Хилтерман Ф.Д. Интерпретация амплитуд в сейсморазведке. – Тверь: ООО «Издательство ГЕРС», 2010. - 256 с.

Polovkov V. V.

State Company "Sevmorgeo", Saint-Petersburg, Russia, spolovkov@yandex.ru

IDENTIFICATION OF THE HYDROCARBON DEPOSIT IN THE EAST SIBERIAN SEA BY USING OF THE REFLECTED AND REFRACTED SEISMIC WAVES

The refracted waves for processing and interpretation of the marine seismic materials are proposed to use. Dynamic section of the refracted waves was built along the reference profile laid in the East Siberian Sea. The surface structure of the basement was clarified and large low-velocity anomaly was identified, which may be caused by oil and gas deposit. In order to test this assumption, AVO attributes were calculated and angel stacks were built, thus proving the presence of the hydrocarbons in the study area.

Key words: East Siberian Sea, refracted waves, hydrocarbon, deposit, seismic section, AVO analyses.

References

Boganič G.N., Gurvič I.I. Sejsmorazvedka. – Tver': izd. AIS, 2006. - 743 s.

Vinogradov V.A., Goráčev Ū.V., Gusev E.A., Suprunenko O.I. Osadočnyj čehol Vostočno-Arktičeskogo šel'fa Rossii i usloviâ ego formirovaniâ v sisteme materik-ocean. 60 let v Arktike, Antarktike i Mirovom okeane / Pod. red. V.L. Ivanova. – SPb.: VNIIOkeangeologiâ, 2008. - S. 63-78.

Voskresenskij Ū.N. Izučenie izmenenij amplitud sejsmičeskikh otaženij dlâ poiskov i razvedki zaležej uglevodorodov. – M.: izd. RGU nefti i gaza imeni I.M. Gubkina, 2001. - 68 s.

Voskresenskij Ū.N. Postroenie sejsmičeskikh izobraženij. – M.: izd. RGU nefti i gaza imeni I.M. Gubkina, 2006. - 117 s.

Epinač'eva A.M., Gološubin G.M., Litvin A.L., Pavlenkin A.D., Petrašen' G.I., Starobinec A.E., Šneerson M.B. Metod prelomlennyh voln / Pod red. A.M. Epinač'evoj. – M.: Nedra, 1990. - 297 s.

Kaminskij V.D., Poselov V.A., Avetisov G.P., Bucenko V.V., Rekant P.V. Širokomasštabnye geofizičeskie raboty VNIIOkeangeologiâ s borta atomohoda «Rossiâ» po probleme vnešnej granicy kontinental'nogo šel'fa Rossii v Arktike // Problemy Arktiki i Antarktiki, 2009 - #2 (82). - S. 6-19.

Telegin A.N. Sejsmorazvedka metodom prelomlennyh voln. – SPb.: izd. SPbGU, 2004. – 187 s.

Hain V.E., Polâkova I.D., Filatova N.I. Tektonika i neftegazonosnost' vostočnoj Arktiki // Geologiâ i geofizika, 2009. - T.50. - #4. - S. 443-460.

Hilterman F.D. Interpretaciâ amplitud v sejsmorazvedke. – Tver': OOO «Izdatel'stvo GERS», 2010. - 256 s.

© Половков В.В., 2011