

## **ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ОДНОМЕРНОГО ГЕОСЕЙСМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ СТРАТИФИКАЦИИ ОПОРНЫХ ОТРАЖАЮЩИХ ГОРИЗОНТОВ В ПРОЦЕССЕ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ СЕЙСМОРАЗВЕДОЧНЫХ ДАННЫХ МОГТ-2D В ПРЕДЕЛАХ ВОСКРЕСЕНСКОЙ ВПАДИНЫ**

© 2016 г. А. А. Дубровский

АО "Нижне-Волжский НИИ геологии и геофизики"

Одним из этапов кинематической интерпретации сейсморазведочных данных является этап отождествления сейсмических отражающих горизонтов с соответствующими им, как правило, стратиграфическими либо литологическими границами объема геологической среды. Этап стратификации элементов сейсмического поля, по существу, является базисным элементом в цепочке процесса интерпретации, так как процедуры, обеспечивающие «привязку» отражающих горизонтов, выполняются на начальном этапе, и полученная информация о стратиграфической приуроченности осей синфазности на временных разрезах является исходной для последующих процедур прослеживания (корреляции) волн и структурных построений. Именно поэтому максимально надежные результаты геологических построений по данным сейсморазведки возможны лишь при достоверном отождествлении элементов сейсмического поля с соответствующими им стратиграфическими границами, а для достижения таких результатов необходимо привлечь наиболее развитые методы реализации данной процедуры.

Традиционно для отождествления отражающего горизонта с той или иной стратиграфической границей геологической среды используются материалы сейсмических

исследований опорных скважин, как правило, это данные сейсмокаротажа и (или) ВСП. При таком подходе в обейме у интерпретатора имеется зависимость времени пробега прямой волны от глубины исследуемой скважины. Выполнив несложные операции, интерпретатор может «привязать» ось синфазности на временном разрезе к соответствующей ей границе геологического разреза.

Другим, более развитым методом является одномерное моделирование в точке опорной скважины сейсмического поля на основе данных акустического каротажа. При его использовании возникают большие возможности отождествления элементов сейсмического поля, то есть интерпретатор может соотносить не только времена пробега, но и форму отражений на смоделированной в точке опорной скважины трассе и временном разрезе по профилю, проходящему вблизи этой скважины. А критерием оценки достоверности служит коэффициент корреляции реальной и смоделированной трасс.

Задача данной работы состоит в изучении теоретических и методических особенностей выполнения и результатов стратификации отражающих горизонтов с помощью аппарата одномерного геосейсмического моделирования на конкретном примере, а именно интерпретации сейсморазведочных

данных МОГТ-2D по территории Воскресенской впадины.

*Краткая характеристика геологического строения*

Формирование и строение Воскресенской впадины характеризуется унаследованным развитием ее над древним докембрийским Пачелмским авлакогеном. Осевая зона авлакогена простирается в северо-западном направлении и на юге раскрывается в зону Прикаспийского перикратонного опускания. Морфология авлакогена на уровне кристаллического фундамента характеризуется наличием узких дизъюнктивных блоков (горстов, грабенов) северо-восточного простирания. Воскресенская впадина приурочена к южному окончанию Пачелмского авлакогена. С северо-востока впадина граничит с юго-западным склоном Пугачёвского свода, а с юго-запада – со Степновским сложным валом. Вскрытый глубоким бурением геологический разрез Воскресенской впадины представлен протерозойскими, палеозойскими, мезозойскими и кайнозойскими отложениями. Палеозойская группа, в свою очередь, – девонской, каменноугольной и пермской системами. Мезозойская группа состоит из триасовой, юрской и меловой систем, а кайнозойская – из палеогеновой, неогеновой и четвертичной. Особенностью строения Воскресенской впадины является глубокое залегание фундамента, на сегодняшний день ни одна из скважин глубокого бурения в пределах Воскресенской впадины и Степновского сложного вала не достигла его кровли.

*Методика стратиграфического отождествления элементов волнового поля на базе одномерного геосейсмического моделирования*

Исходными данными для осуществления стратиграфической датировки отражений в точке опорной скважины являются диаграммы акустического каротажа и массив данных стратиграфического расчленения

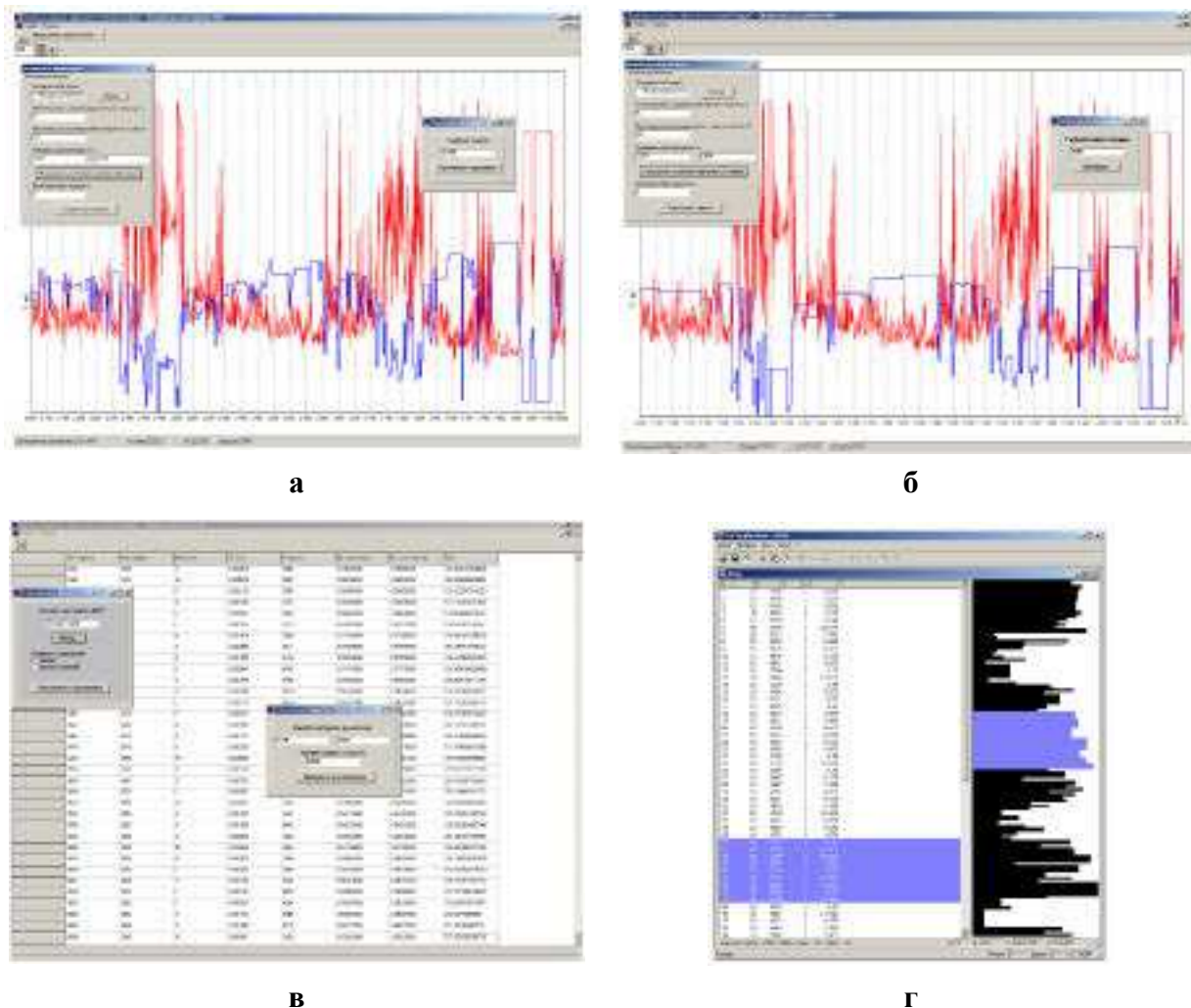
скважины. В общем виде алгоритм подготовки исходных данных и собственно одномерного геосейсмического моделирования заключается в следующем:

1. Выполняется автоматическое расчленение разреза опорной скважины на тонкие однородные пласты по заданному дискриминационному порогу в значениях  $\Delta T$  АК согласно требуемой детальности («распластовка» разреза по параметру пластовой скорости). Значение дискриминационного порога задается интерпретатором, тем самым регулируется детальность создаваемых на выходе скоростных моделей среды (рис. 1).

2. Реализуется расчет тонкослоистой скоростной модели геологического разреза с заданной детальностью в глубинном и временном масштабах. Вычисляются скоростные характеристики толстослоистой модели (интервальных скоростей) на уровне целевых стратиграфических интервалов, литолого-стратиграфических или сеймостратиграфических комплексов. Осуществляется корректировка значений интервальных скоростей по данным сейсмокаротажа, ВСП и МОГТ – акустические скорости приводятся к уровню сейсмических.

3. Определяется форма исходного сейсмического импульса для расчета синтетических сейсмограмм. В пакете реализовано несколько подходов. В основном для свертки с импульсной трассой используют импульсы Риккера или Пузырева, но также предусмотрен и статистический алгоритм, построенный на определении наиболее часто встречаемых соотношений расположения особых точек суммотрассы сейсмической записи в целевом интервале.

4. Рассчитываются одномерные эффективные сейсмические модели в точках опорных скважин путем последовательного «загрубления» (осреднения) исходной геоакустической модели – выполняется сокращение общего числа пластов в расчи-



**Рис. 1. Расчленение разреза на тонкие пласты по параметру пластовой скорости с заданной детальностью**

а – тонкослоистая скоростная модель, полученная с заданными параметрами (минимальная мощность пласта – 4 м, дискриминационный порог – 10 мксм); б – заглубленная тонкослоистая скоростная модель, полученная с измененными параметрами (минимальная мощность пласта – 6 м, дискриминационный порог – 20 мксм); в – рассчитанная тонкослоистая скоростная модель в глубинном и временном выражении, приведенная к уровню скоростей по ВСП; г – рассчитанная тонкослоистая скоростная модель во временном масштабе (NHV)

танной по ГИС тонкослоистой скоростной характеристике разреза с учетом амплитудно-частотного спектра интерпретируемой сейсмической записи в районе скважины.

5. Выполняется расчет синтетических сеймотрасс и осуществляется их обработка во временной области в соответствии с параметрами обработки интерпретируемых сейсмических записей.

6. Выполняется сопоставление реальной и синтетической сеймотрасс, привязка синтетической сейсмограммы к временному разрезу, стратиграфическое датирова-

ние временных интервалов и отражающих горизонтов, в том числе внутриформационных.

7. Реализуется представление всех каротажных диаграмм ГИС во временном масштабе и совмещение их с соответствующими фрагментами временных разрезов МОГТ.

Особенность совмещения данных ГИС с фрагментом временного разреза и разреза скважины имеет полезное свойство, поскольку интерпретатору удастся более информативно расчленять волновое поле,



Как мы видим, общей особенностью строения исследуемой территории является ее тонкослоистый характер, что хорошо продемонстрировано на скоростных моделях, изображенных в виде диаграмм красного цвета на рисунках 2 и 3. Но наряду с тонкослоистым строением выделяются и крупные сейсмогеологические комплексы. В верхней части разреза нашел свое отражение на скоростных моделях, как весьма низкоскоростной, комплекс мезозойских отложений, сложенный преимущественно терригенными породами. Среднее значение интервальной скорости в его пределах составляет порядка 3450 м/с. Далее, вниз по разрезу, со значительным повышением скоростей относительно перекрывающей толщи выделяется пермско-верхне-среднекаменноугольный высокоскоростной карбонатный комплекс, в его пределах среднее значение интервальной скорости составляет 4890 м/с. Его подстилает низкоскоростной терригенный среднекаменноугольный (верейско-мелекесский) комплекс, средняя величина интервальной скорости в пределах которого имеет значение порядка 3350 м/с. Затем на скоростных моделях отчетливо выделяется ниже-среднекаменноугольный высокоскоростной карбонатный комплекс, соответственно среднее значение интервальной скорости распространения упругих колебаний составляет здесь 5460 м/с. Ниже по разрезу со значительным падением скоростей относительно перекрывающего комплекса обнаруживает себя нижекаменноугольный (тульско-бобриковский) интервал терригенных отложений, среднее значение интервальной скорости порядка 3400 м/с. Далее выделяется нижекаменноугольный-верхнедевонский сейсмогеологический комплекс, сложенный, преимущественно, карбонатными отложениями, среднее значение интервальной скорости составляет порядка 5690 м/с. И наиболее древними фанерозойскими образованиями, иденти-

фицируемыми на скоростных моделях как относительно низкоскоростные с наличием пластов с высокой скоростью распространения упругих колебаний, являются ниже-верхнедевонские преимущественно терригенные с карбонатными прослоями отложения. Средняя величина интервальной скорости составляет 3680 м/с.

Далее, переходя от сгенерированных по данным акустического каротажа скоростным моделям в точках опорных скважин собственно к синтетическим трассам и временным разрезам, можно проследить, что формирование наиболее динамически выраженных и уверенно следящихся на фрагментах временных разрезов отражений приурочено к границам выделенных сейсмогеологических комплексов. К таковым относятся следующие отражающие горизонты:

$nJ$  – отражающий горизонт, приуроченный к подошве отложений юрского возраста;

$nC_2^{ks}$  – динамически выраженная отрицательная ось синфазности, связанная с кровлей отложений верейского горизонта среднего карбона;

$C_2b$  – еще более выраженная в волновом поле по своим динамическим характеристикам положительная ось синфазности, связанная с кровлей карбонатных отложений башкирского яруса среднего карбона;

$nC_1^{al}$  – достаточно устойчивая по динамике отрицательная ось синфазности, отвечающая подошве отложений алексинского горизонта нижнего карбона;

$C_1t$  – динамически выраженная положительная ось синфазности, приуроченная по результатам одномерного геосейсмического моделирования к кровле карбонатных отложений турнейского яруса нижнего карбона;

$nD_3^{карб.}$  – по своей физической природе динамически слабо выраженное отражение, но приуроченное к границе значительного

перепада скоростей в подошве «карбонатного девона».

Основные перспективы нефтегазоносности в пределах Воскресенской впадины на основе имеющихся результатов проведенных ранее геолого-геофизических исследований связываются с девонской «терригенной» частью разреза. Таким образом, основной задачей осуществляемых в пределах данной территории сейсморазведочных работ является надежное прослеживание отражающих горизонтов, приуроченных к целевым отложениям. На временных разрезах сейсмические горизонты на уровне девонской «терригенной» части разреза, а именно:  $D_2^{ar}$  – соответствующий кровле отложений ардатовского горизонта живетского яруса среднего девона,  $D_2^{vb}$  – приуроченный к кровле верхнего карбонатного пласта в отложениях воробьевского горизонта живетского яруса среднего девона,  $D_2^{ms}$  – сейсмическое отражение, связанное с кровлей карбонатных отложений мосо-

ловского горизонта эйфельского яруса среднего девона, характеризуются низкой динамической выраженностью и достаточной неоднозначностью прослеживания. Именно в этих условиях получение синтетических трасс на базе аппарата одномерного геосейсмического моделирования в точках глубоких скважин, распределенных по площади изучаемой территории с достаточно высокой плотностью, позволило наиболее надежно проследить опорные сейсмические горизонты на уровне девонских отложений. Как мы можем видеть на представленных результатах стратификации отражающих горизонтов в пределах Воскресенской впадины (рис. 2, 3), смоделированные в точках опорных скважин синтетические трассы, изображенные красным цветом, характеризуются высокой степенью сходимости с реальными сейсмическими трассами, даже на уровне девонских отложений, где изучаемый интервал временных разрезов составляет порядка 1500 мс.

#### Л и т е р а т у р а

1. Воскресенский Ю. Н., Рыжков В. И. Геофизика при изучении земных недр. – М.: РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина, 2015. – 224 с.
2. Разин А. В., Меркулов В. П., Чернов С. А. Применение геофизики при изучении месторождений нефти и газа. – Томск: Центр профессиональной переподготовки специалистов нефтегазового дела ТПУ, 2004. – 332 с.

