УДК 550.8.013

РАЗВИТИЕ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ AVO-АНАЛИЗА – ОТ ПОЛЕВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ ДО ОБНАРУЖЕНИЯ ЗАЛЕЖЕЙ УВ

DEVELOPMENT AND IMPROVEMENT AVO-TECHNOLOGY – FROM FIELD OB-SERVATIONS TO REVEALING OIL AND GAS DEPOSITS

Бусыгин Игорь Николаевич
кандидат геолого-минералогических наук,
геофизик-консультант ОАО «Краснодарнефтегеофизика»

Шкирман Наталья Петровна
кандидат геолого-минералогических наук, доцент
доцент кафедры геофизических методов поиска
и разведки полезных ископаемых,
Кубанский государственный университет
nshkirman2012@ya.ru

Аннотация. Представлена технология, реализуемая на основе интерпретационных программ, разработанных в ОАО «Краснодарнефтегеофизика» и используемых при проведении геолого-разведочных работ. Применение указанной технологии в практических целях позволило повысить эффективность обнаружения залежей УВ на основе AVO-анализа по материалам регистрации PP и PP + PS-волн на суше и в условиях акваторий. Повышение эффективности прогноза залежи УВ достигается за счет совершенствования технологии AVO-анализа по всему циклу сейсмических работ, включающему: проектирование полевых работ; интегральный и детализационный AVO-анализ, предусматривающий получение и интерпретацию разрезов, погоризонтных графиков и кроссплотов AVO-атрибутов; AVO-анализ на основе многоволновых наблюдений; инверсию AVO-атрибутов в упруго-деформационные характеристики разреза; моделирование AVO-эффектов на этапах проектирования, обработки и интерпретации данных AVO-анализа на основе детальной априорной геолого-геофи-зической информации.

Ключевые слова: AVO-атрибуты, погоризонтный анализ, аномалообразующие объекты, PP-волны и PS-волны, моделирование AVO-эффектов.

Busygin Igor Nikolaevich
Candidate of Geological
and Mineralogical Sciences,
Geophysicist-Consultant
JSC «Krasnodarneftegeofizika»

Shkirman Natalia Petrovna
Candidate of Geological
and Mineralogical Sciences,
Associate Professor of the Department
of Geophysical Methods of Search
and Exploration,
Kuban State University
nshkirman2012@ya.ru

Annotation. The technology implemented on the basis of interpretive programs developed in JSC «Krasnodarneftegeofizika» and used in geological exploration is presented. Improvement of effectiveness of oil and gas deposit forecasting is achieved by improving of AVO-technology throughout the full cycle of seismic prospecting. It included: designing of field work; integrated and detailing AVO-analysis providing the obtaining and interpretation of seismic profile, graph delineating the horizons and crossplot AVO-attribute; AVO-analysis on basis of multiwave observations; inversion of AVO-attribute to elastic-deformative description of profile; modeling AVO-effect on stage of designing, processing and interpretation data AVO-analysis on basis of detailed prior geologic-geophysical information.

Keywords: AVO-attributes, horizon analysis, anomalous objects, PP-waves and PS-waves, modeling of AVO-effects.

Введение

AVO-анализ является сложной технологией, предъявляющей высокие требования ко всем этапам геологоразведочного процесса.

Опыт применения AVO-анализа на разных площадях показал, что недостаточно высокое качество полевого материала является одним из факторов, сдерживающих применение данной технологии. Поэтому важной задачей является формирование системы требований, предъявляемых к качеству полевых работ.

В процессе развития технологии сложилась определенная иерархия и этапность выполнения отдельных операций [2].

Контроль материалов, поступающих на обработку, и подбор параметров осуществляется по результатам угловой трансформации исходных сейсмограмм (2D–3D).

Выделение перспективных аномалообразующих объектов выполняется на этапе получения и анализа интегральных разрезов базисных AVO-атрибутов.

Уточнение и детальная локализация выделенных объектов производится на основе погоризонтного анализа AVO-атрибутов.

Для установления класса аномалии и характера флюидонасыщения используются многомерные кросс-плоты атрибутов [1].

Геологическая интерпретация обеспечивается переходом (инверсией) от относительных AVO-атрибутов к абсолютным значениям упругих параметров геологического разреза.

Важной составляющей данной технологии является моделирование AVO-эффектов и волнового поля, выполняемое на всех этапах – от проектирования до обнаружения залежи УВ.

Проектирование полевых работ

Эффективность AVO-анализа в существенной степени определяется соответствием качества полевых материалов требованиям технологии AVO-обработки. Отсутствие специализированной методики проектирования полевых работ является фактором, сдерживающим развитие и применение AVO-анализа.

На этапе проектирования полевых работ необходимо решение следующих основных задач:

– Оценка эффективности AVO-анализа для прогноза залежи УВ на основе превентивного сейсмомоделирования AVO-эффектов от целевых объектов.

– Оценка параметров системы возбуждения, включая спектральный состав и разрешающую способность импульса-посылки.

– Расчет оптимальных параметров системы наблюдения (база приема, вынос, пространственная дискретизация наблюдений, кратность и т.д.).

Методические указания для проектирования полевых работ и оценки соответствия качества полевых материалов требованиям AVO-анализа являются оригинальной разработкой ОАО «Краснодарнефтегеофизика», позволяющей повысить эффективность применения технологии AVO в различных сейсмогеологических условиях [3].

Развитие и совершенствование AVO-анализа

Практический опыт применения AVO-анализа позволил усовершенствовать процедуры получения базисных AVO-атрибутов и их интерпретацию на основе системы диагностических признаков (рис. 1).

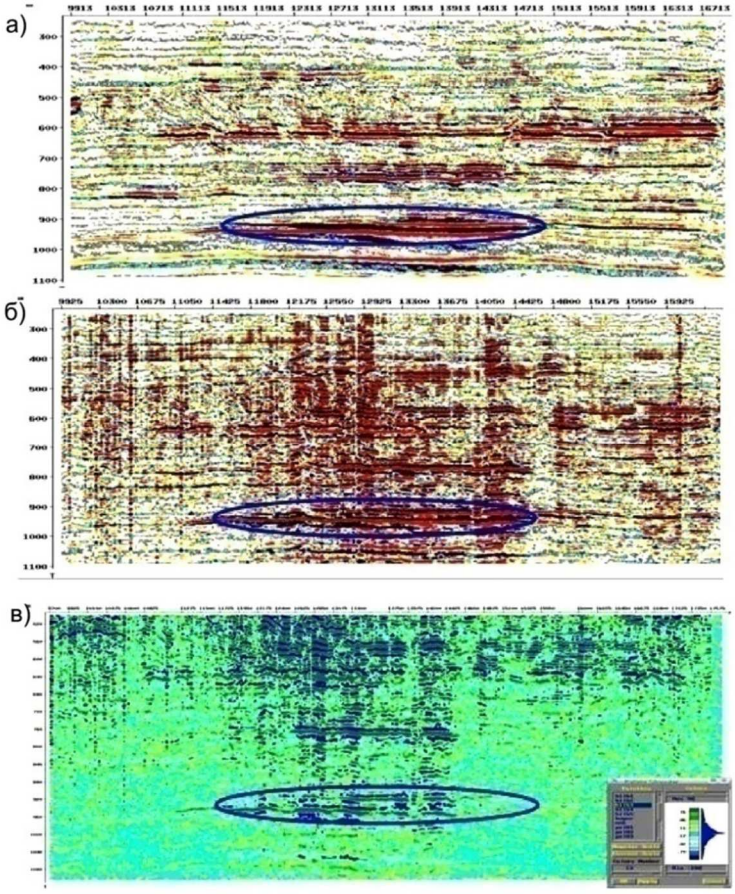

Рисунок 1 – Отображение газовой залежи на исходном разрезе ОГТ (а) и разрезах AVO-атрибутов: градиента B (б) и псевдокоэффициента Пуассана dq/q (в)

Существующая в настоящее время технология предусматривает выполнение следующих этапов:

– Угловая трансформация сейсмограмм с целью контроля полевых материалов и подбора параметров.

– Получение разрезов базисных AVO-атрибутов и их комплексирование для обнаружения перспективных объектов.

– Выполнение детализационного AVO-анализа для локализации перспективных объектов и установления их вещественного состава. Эта работа сводится к расчету погоризонтных графиков с целью детализации строения целевых объектов (рис. 2).

Следующий шаг состоит в расчете кроссплотов AVO-атрибутов, установления типа аномалии и характера флюидонасыщения выделенных объектов (рис. 3).

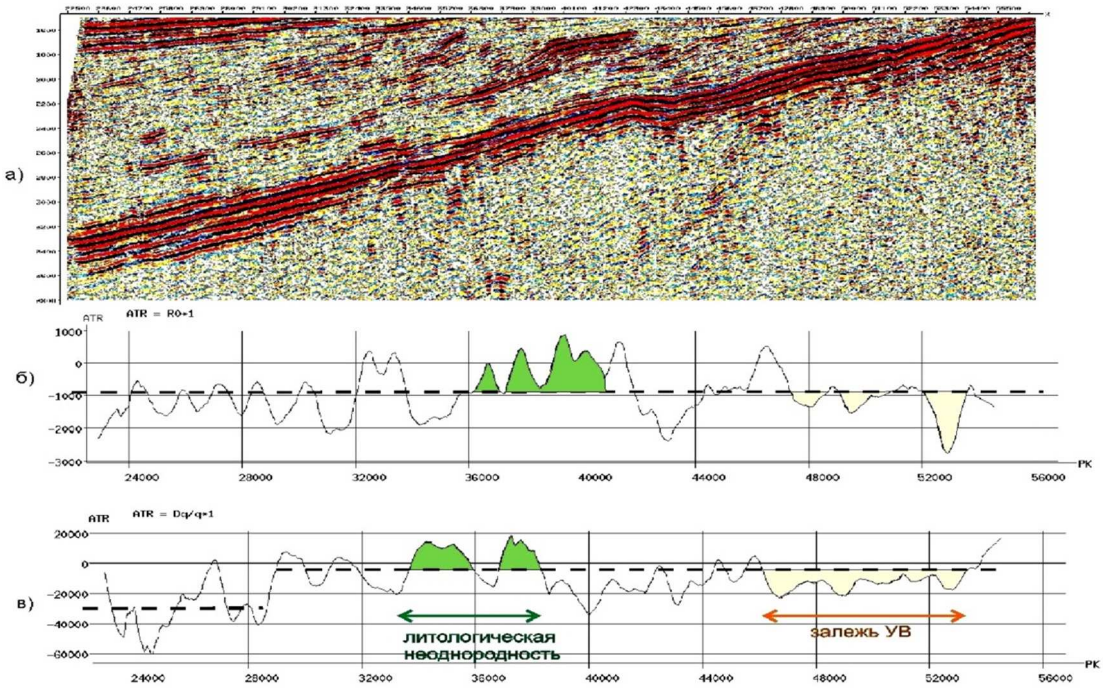

Рисунок 2 – Установление природы аномалообразующих объектов при комплексном анализе погоризонтных графиков AVO-атрибутов: а – фрагмент временного разреза; б – атрибут R_0; в – псевдокоэффициент Пуассона (dq/q)

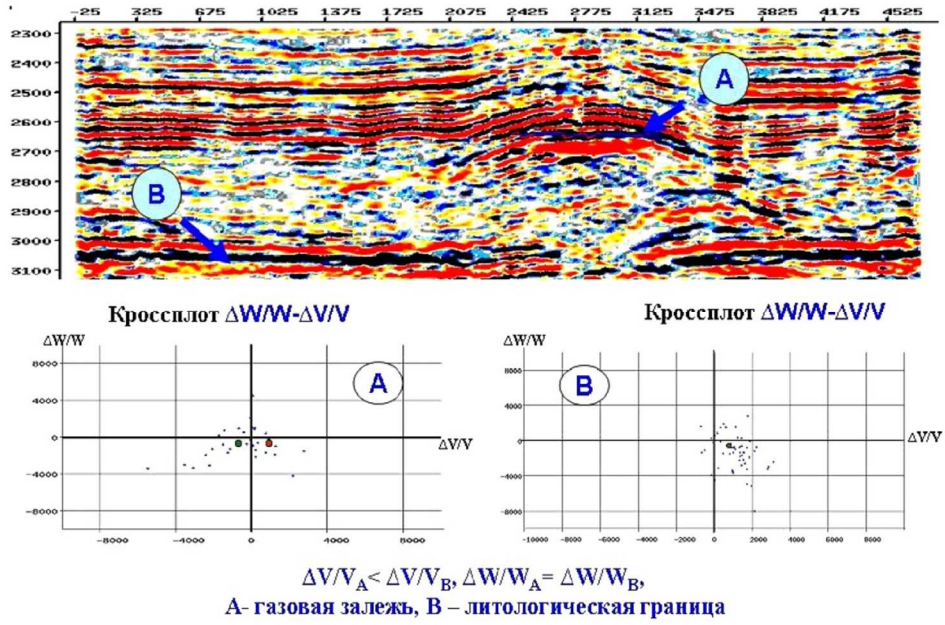

Рисунок 3 – Установление природы аномалообразующих объектов на основе кроссплотов: V – скорость продольных волн, W – скорость поперечных волн

AVO-анализ данных многоволновой сейсморазведки

Привлечение данных многоволновой сейсморазведки позволяет повысить устойчивость и надежность расчета всей совокупности базисных атрибутов по характеристикам продольных, поперечных и обменных волн. Использование перечисленных типов волн позволило установить ряд новых базисных атрибутов, получаемых на основе независимых уравнений связи между упругими параметрами P и PS-волн. Устойчивость оценок AVO-атрибутов позволяет повысить надежность обнаружения УВ-объектов (рис. 3).

Инверсия данных AVO-анализа

AVO-атрибуты в результате их калибровки и интегрирования пересчитываются в систему упруго-деформационных модулей, которые можно рассматривать в качестве устойчивых интегральных характеристик физических свойств разреза.

Таким путем могут быть получены: коэффициент Пуассона, модули Ламе, скорости продольных и поперечных волн, плотности, акустические импедансы и их различные комбинации.

Использование разрезов упругих параметров позволяет облегчить процесс анализа и установления природы аномалообразующих объектов.

В отличие от базисных AVO-атрибутов, которые являются относительными характеристиками изменчивости физических свойств разреза, перечисленные упругие параметры напрямую характеризуют физические свойства горных пород.

Моделирование AVO-эффектов

Помимо превентивного моделирования, выполняемого при проектировании полевых работ, на всех последующих этапах предусматривается моделирование с целью получения волновых полей, оценок AVO-эффектов и выработки системы диагностических признаков для конкретных сейсмогеологических условий (рис. 4). Моделирование является важной составной частью AVO-анализа и может рассматриваться как инструмент установления прямых индикаторов залежи УВ, способствующий повышению однозначности интерпретации данных сейсморазведки. Успешность результатов моделирования обеспечивается достаточным объемом и точностью детальной промыслово-геофизической информации и данных МАК (многоволнового акустического каротажа).

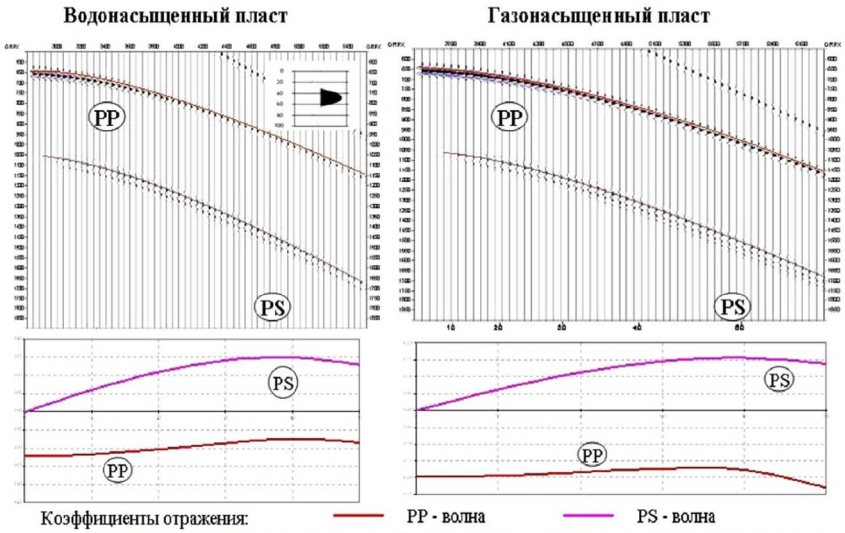

Рисунок 4 – Установление природы аномалообразующих объектов на основе кроссплотов: V – скорость продольных волн, W – скорость поперечных волн

Практическая реализация

Представленная технология реализуется на основе интерпретационных программ, разработанных в ОАО КНГФ и используемых при проведении геологоразведочных работ.

Применение указанной технологии в практических целях позволило повысить эффективность обнаружения залежей УВ на основе AVO-анализа по материалам регистрации PP и PP + PS-волн на суше и в условиях акваторий.

Выводы

Повышение эффективности AVO-анализа обеспечивается:
– Оптимальным проектированием полевых работ.
– Структурированием этапов обработки и анализа полевых материалов.
– Использованием интегральных и дифференциальных (базисных) AVO-атрибутов.
– Определением AVO-атрибутов по результатам регистрации PP и PS-волн.
– AVO-инверсией с получением физических характеристик разреза.

Литература:

1. Хилтерман Фред Дж. Интерпретация амплитуд в сейсморазведке / ГЕРС, 2010. – 256 с.
2. Бусыгин И. AVO-анализ и сейсмическая инверсия // Геофизика. – 2003. – № 5. – С. 3–18.
3. Бусыгин И.Н., Томишинец Т.И., Бусыгин А.И. Проектирование системы наблюдений с учетом требований AVO-анализа // Приборы и системы разведочной геофизики. – 2009. – № 3 (29). – С. 43–49.

References:

1. Hilterman Fred J. Interpretation of amplitudes in seismic exploration / GERS, 2010. – 256 p.
2. Busygin I. AVO-analysis and seismic inversion // Geophysics. – 2003. – № 5. – P. 3–18.
3. Busygin I.N., Tomishinets T.I., Busygin A.I. Design of an observation system taking into account the requirements of AVO-analysis // Instruments and systems of exploratory geophysics. – 2009. – № 3 (29). – P. 43–49.