

Скважинно-наземная технология оценки коллекторских свойств резервуаров нефти и газа различного литологического состава на основе многоволновой сейсморазведки

Кузнецов В.М., Шехтман Г.А., ВНИИГеофизика, г. Москва

Введение

В последнее время отмечается рост требований к кругу задач, решаемых сейсморазведкой при работах на нефть и газ. Все чаще в список отчетных материалов помимо геофизической информации (временные и глубинные разрезы, структурные карты и т.п.) заказчиком включается информация о геологических параметрах целевых интервалов - литологическом составе пород, открытой пористости, проницаемости, флюидо- и газонасыщенности и др. В том случае, когда проводится регистрация только продольных волн, для решения этой задачи привлекаются корреляционные зависимости между скоростями, частотами и амплитудами этих волн и соответствующими параметрами коллектора, характерными для данного района или месторождения. Результат не всегда однозначен и часто требует достаточно смелых и волевых решений от интерпретатора. И дело не только в качестве исходных данных и "продвинутости" программного обеспечения соответствующего интерпретационного пакета. Упругие параметры среды находятся в сложной взаимосвязи с ее геологическими параметрами, и некомплектность их измерений может привести к ошибочным выводам. Как уже отмечалось в [1], для полной характеристики упругих свойств однородной среды необходимы измерения, по крайней мере, двух параметров - либо это коэффициент Пуассона и модуль Юнга, либо постоянные Ламе λ и μ , либо скорости продольных и поперечных волн. В этом случае у интерпретатора появляется больше оснований доверять своим выводам, и решение обратной задачи становится более достоверным. Конечно, можно попробовать извлечь информацию о скоростях поперечных волн, не измеряя их непосредственно, а используя зависимость коэффициентов отражения продольных волн от угла их падения на соответствующую границу (удаления ПВ-ПП). Такой подход известен как AVO анализ. Но, к сожалению, эта методика тоже имеет определенные ограничения - скорость на границе раздела не должна испытывать значительного скачка, и ее латеральные изменения также должны быть очень слабыми.

В случае с породой-коллектором среда становится гетерогенной. Как правило, согласно унаследованным факторам и современному распределению напряжений, текстура породы приобретает определенную упорядоченность и включения, нарушающие породную матрицу, имеют преимущественные направления ориентации, соосные с направлением протяженности соответствующих элементов. Таким образом, порода проявляет существенную зависимость свойств от направления - анизотропию. Это еще больше усложняет задачу геофизикам, поскольку уже недостаточно измерить только два параметра, чтобы полноценно оценить упругие свойства породы, - все уравнения усложняются. Соответственно усложняется методика измерений и способы интерпретации. Тем не

меее, это единственный путь корректной оценки параметров включений через измерения параметров волнового поля.

Конечно же, и здесь мы сталкиваемся с массой вопросов:

- как правильно спроектировать методику и точно измерить поляризацию волн;
- как управлять направленностью возбуждения, не имея специальных источников упругих колебаний;
- как разделить факторы наклона границ и анизотропии и т.д.

Проблемам проектирования систем наблюдений при работах МВС, нацеленным на решение задач изучения коллекторских свойств, была посвящена статья [2]. В данной работе мы остановимся на комплексировании измерений волн разных типов во внутренних точках среды и на дневной поверхности с целью повышения точности оценки фильтрационно-емкостных параметров пород-коллекторов.

Необходимость комплексирования для МВС скважинных и наземных данных.

Очевидно, что поля волн разных типов, измеренные во внутренних точках среды и на поверхности, необходимо согласовать и отождествить с одними и теми же геологическими объектами. Такой подход является стандартным и используется во всех современных интерпретационных пакетах. Более того, в сейсморазведке на продольных волнах ВСП часто используют только для этой цели. Другой разговор, что в последнее время это делают не так часто, как хотелось бы, из-за отсутствия данных АК и ВСП. Не всегда в распоряжении геофизиков имеются и программные продукты, позволяющие сделать это корректно по волнам разных типов. При использовании волн разных типов - продольных, поперечных, обменных - вопрос комплексирования ставится с особой остротой. Причем особенно важно сопровождать наземные работы скважинными наблюдениями при отсутствии специальных источников поперечных волн, поскольку одним из слабых мест для обменных волн является невозможность их точной привязки к соответствующим геологическим объектам. Вторым существенным недостатком комплексирования продольных и обменных волн является отсутствие возможности управлять поляризацией образующейся обменной волны. Компенсировать этот недостаток можно с помощью получения равноценных данных в равномерно распределенных по азимутам лучевых плоскостях - по специально спроектированным пространственным системам 3D.

Таким образом, мы приходим к следующему оптимальному с точки зрения корректности решения обратной задачи комплексу работ МВС:

- необходимость оптимизации приема волн разных типов и изучение поляризации регистрируемых волн в пространстве требуют, чтобы сама регистрация была трехкомпонентной с возможностью точного восстановления вектора поляризации и

ИННОВАЦИИ
ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ



ИННОВАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ ГЕОФИЗИКИ

привязки траектории к координатам. Шаг наблюдений при этом уменьшается вследствие меньшей длины волны и радиуса корреляции S-волн, а интервал времен регистрации увеличивается для улучшения прослеживания обменных волн при больших удалениях ПВ-ПП. Очевидно, что анизотропия пород покрывающей толщи приводит к изменению фазового спектра регистрируемого импульса. Неучет изменения ориентации поляризации в пространстве может привести к серьезным ошибкам, если фазовая корреляция осуществляется только по одной, пусть даже оптимальной, компоненте.

- *необходимость определения пространственного распределения скоростей волн разных типов в зависимости от их угла подхода, положения геологических объектов и ориентации главных элементов симметрии среды предполагает использование схем наблюдений с различной ориентацией лучевых плоскостей или управление направленностью возбуждения.*

Следовательно, наибольшей эффективности результатов МВС и максимального доверия к решению на ее основе обратной задачи следует ожидать от комплексирования методов волновой акустики (получение дифференциальных параметров вблизи ствола скважины), МВС-ВСП (получение интегральных параметров упругого поля в радиусе 500-1000 м от скважины) и 3D (2D при использовании направленных источников) - 3С пространственных систем с трехкомпонентной регистрацией. Точный анализ состава волнового поля с привязкой объектов образования обменных волн по глубине и разделением поля однократных волн и волн сложного обмена и кратности можно сделать только по данным МВС-ВСП.

Конечно же, это наиболее полный комплекс, и в большинстве случаев у нас не будет возможности реализовать его в полном объеме. Тем не менее, при проектировании работ МВС следует стремиться предусмотреть хотя бы одно МВС-ВСП на площади работ.

Развитие технологии комплексной интерпретационной обработки данных ГИС и МВС

Наиболее ответственным шагом на этапе интерпретации полученных разнородных данных МВС - АК, ВСП, МОГТ, волновые поля продольных, обменных поперечных волн с различной ориентацией компонент и лучевых плоскостей - является согласование и взаимоувязка моделей параметров волн разных типов по разным методам. Это требуется для того, чтобы провести дифференциацию разреза на интервалы с изменением упругих параметров пород, и отождествить их по глубине (для измерений во внутренних точках среды) и по времени (для наземных данных). Причем осуществляется такая работа не на уровне графических образов, а по данным ГИС, волновым полям ВСП и МОГТ, привязанным к единой системе координат (глубина, время) и с учетом соответствующих статических сдвигов. Использование специального интерпретационного пакета "Сейсмастер", разрабатываемого совместно сотрудниками НПП "ГЕТЕК" и ВНИИГеофизики, позволяет, в частности, дифференцировать разрез на интервалы по совокупности данных ГИС и ВСП, и путем решения обратной кинематической задачи рассчитать скоростную модель слоисто-однородной анизотропной среды по волнам

разных типов, а также статические сдвиги, содержащиеся в записях ВСП.

Дальнейшее развитие в последние годы получил и пакет интерактивной обработки трехкомпонентных записей ВСП 3С-Interact, созданный теми же организациями.

Основное назначение новых процедур обработки, в рамках пакета 3С-Interact, состоит в расширении его функциональных возможностей на этапе обработки записей ВСП, а также при увязке результатов скважинной и наземной сейсморазведки.

На этапе обработки записей ВСП одной из основных задач является повышение относительной интенсивности волн, принимаемых в качестве полезных волн, для последующей обработки. Следует сразу отметить, что понятие "полезная волна" весьма условно. Так, при ВСП на продольных волнах обменные волны выступают в качестве помех и наоборот. Из волн падающих и восходящих, монотипных или обменных нередко возникает потребность выделить волны требуемого типа и класса, по которым на последующем этапе обработки либо вычисляют те или иные параметры модели либо формируют изображение окоскважинного пространства. Ясно, что надежное одновременное выделение определенной части волнового поля способно повысить технологичность обработки в целом и надежность решения конкретной задачи в частности. Введение кинематических поправок в записи непродольного ВСП (НВСП) или ВСП с подвижным источником колебаний (ВСП-ПИ) с последующим выведением на вертикаль позволяет обеспечить условия более эффективного выделения волн заданного типа и/или класса путем последующей многоканальной фильтрации по кажущимся скоростям, например медианной фильтрацией. Исходные волновые поля при существенно непродольных вертикальных профилях сложно разделить по кажущимся скоростям, и это хорошо известно пользователям.

Рассмотрим более детально возможности программы **TransVSP**, предназначенной для преобразования кинематических параметров волновых полей НВСП путем ввода кинематических поправок. Программа эта предназначена для преобразования сейсмограммы непродольного ВСП в сейсмограмму продольного ВСП и обратно для волн указанного класса и типа в условиях среды с неплоскими границами раздела. Программа осуществляет также спрямление и выведение на вертикаль осей синфазности волн указанного класса и типа, а также возвращение спрямленных осей синфазности в исходное положение после обработки волнового поля с выведенными на вертикаль осями синфазности. Такая ситуация типична для обработки записей ВСП. Промежуточное выведение осей синфазности волн на вертикаль позволяет сделать процедуру их усиления (или подавления) достаточно тривиальной, избегая трудоемкой и неоднозначной процедуры ручного прослеживания волн с этой же целью. Более того, трансформация волнового поля при переходе от непродольного профиля к профилю продольному позволяет устранить кинематические различия между осями синфазности волн одного и того же типа и класса (например, отраженных продольных или отраженных обменных) и осуществить двумерную фильтрацию поля более

эффективно. В результате этого повышается надежность последующей обработки, например, глубинной миграции записей НВСП.

Выведение осей синфазности отраженных волн на вертикаль можно, как известно, рассматривать в качестве самостоятельной процедуры, если выполняется глубинная (стратиграфическая) привязка отражений и стыковка данных ВСП и наземной сейморазведки непосредственно, а также путем формирования трасс однократных отражений. Такую обработку обычно проводят с записями продольного ВСП. Однако возможность ввода кинематических поправок, обеспечиваемая программой **TransVSP**, позволяет делать то же самое и с записями НВСП. В любом случае, ее использование приводит к более достоверному результату, поскольку в верхней части скважины по известным причинам профиль ВСП становится непродольным, и непродольность эту как-то приходится устранять при спрямлении осей синфазности восходящих волн.

Ввод кинематических поправок в записи НВСП без спрямления осей синфазности волн с выведением их на вертикаль может иметь самостоятельное значение в тех случаях, когда необходимо отождествить волны, прослеживаемые из разноудаленных ПВ. Приведение различных непродольных ПВ к продольному ПВ упрощает такое сопоставление. Кроме того, введение кинематических поправок в записи НВСП для спрямления отраженных обменных волн с выведением их на вертикаль позволяет уверенно стыковать эти записи с временными разрезами на обменных отраженных волнах, обеспечивая тем самым возможность стратиграфической привязки прослеживаемых на этих волнах горизонтов.

Программа **TransZT** предназначена для преобразования глубинного разреза во временной разрез или временного разреза в глубинный. Если при использовании программы миграции **MigVSP** был построен только глубинный или только временной мигрированный разрез, данная программа позволит построить разрез в требуемом масштабе (временном или глубинном) без повторного применения программы **MigVSP**. Целесообразность преобразования глубинных разрезов во временные разрезы обусловлена, прежде всего, необходимостью стыковки разрезов НВСП с временными разрезами наземной сейморазведки, с трассами однократных отражений, а также с сейсмограммами продольного ВСП после спрямления на них осей синфазности отраженных волн с выведением их на вертикаль. Преобразования осуществляют для слоисто-однородной анизотропной модели среды с плоскими и неплоскими границами раздела при эллиптической аппроксимации зависимости лучевой скорости от угла с вертикальной осью анизотропии. Имеется несколько возможностей задавать границы раздела слоев: коэффициентами кубических полиномов (полученных, например, путем решения обратной кинематической задачи) или набором точек (x, y, z) с дальнейшей аппроксимацией сейсмических границ кубическими полиномами или интерполяцией их бикубическим сплайнами.

Опыт обработки записей НВСП, полученных из разноудаленных и различно ориентированных ПВ, показывает, что в то время, как глубинные разрезы из различных ПВ стыкуются достаточно

удовлетворительно, временные разрезы могут не стыковаться вообще, если они были получены путем миграции по различным моделям для каждого из ПВ. В таких случаях вполне оправданным может быть преобразование каждого из глубинных разрезов во временной разрез при использовании единой скоростной модели, полученной, например, из ближнего ПВ. Программа **TransZT** позволяет это сделать и обеспечить тем самым надежную стыковку между собой разрезов, полученных из различных ПВ.

На первом этапе интерпретационной обработки осуществляется взаимосогласование моделей ГИС и ВСП по волнам разных типов (рис.1). Взаимосогласование и уточнение скоростной модели контролируется путем трансформации волновых полей ВСП волн разных типов и классов в соответствующие глубинные и временные разрезы и их стыковки (рис.2).

После этого осуществляется согласование временных разрезов волн разных типов, полученных по данным МВС-ВСП и наземной сейморазведки, а также сопоставление их параметров с литологией и стратиграфией (рис.3). Для районов со сложными сейсмогеологическими условиями (наличие кратио-образующих границ для монократных и обменных волн) важным этапом является детальный анализ волнового поля и определения природы различных волн. Это позволяет исключить из интерпретации ложные границы, получаемые на временных или глубинных разрезах волн того или иного типа. В приведенном примере (рис. 4) по сейсмограмме ВСП с выведенными на вертикаль отраженными продольными волнами, коридорным суммам по однократным и кратным волнам на временном разрезе МОГТ были отождествлены ложные границы, образованные кратными волнами (синий цвет) и ранее интерпретируемые, как реальные.

После отождествления, взаимоувязки полей и согласования моделей волн разных типов по комплексу данных ГИС-МВС-ВСП и наземных многоволновых данных проводится параметризация соответствующих волн (скорости, времени, частоты, параметры анизотропии и т.д.) и рассчитываются соответствующие атрибуты - γ_v , γ_{vs} , γ_t , γ_g [3], параметры анизотропии и поляризации.

Комплексирование скважинных и наземных данных МВС позволяет выявить и экстраполировать на наземные данные определенные разведочные критерии, более отчетливо проявляемые в параметрах волн разных типов во внутренних точках среды и точно привязанных к геологическим объектам.

Подход к решению обратной задачи - оценке фильтрационно-емкостных свойств коллектора по данным МВС

Для построения физических моделей анализируемых геологических сред необходимо формально задать совокупность параметров, описывающих реальную горную породу и характеризующих ее литологические отличия и внутреннюю структуру (геологические параметры). Естественно, что такая совокупность параметров должна допускать математические решения, при которых получаются другие, физические параметры, отображающие реальные упругие свойства рассматриваемых сред и особенности распространения в них сейсмических



ИННОВАЦИИ ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

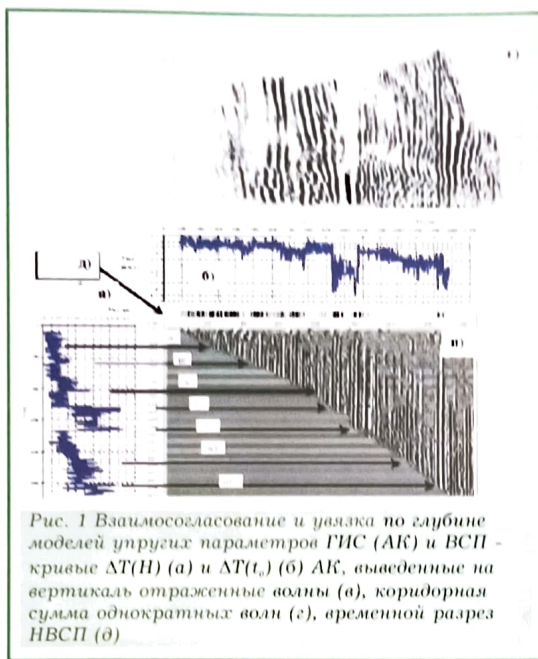


Рис. 1 Взаимосогласование и увязка по глубине моделей упругих параметров ГИС (АК) и ВСП - кривые $\Delta T(H)$ (а) и $\Delta T(t_e)$ (б) АК, выведенные на вертикаль отраженных волн (в), коридорная сумма однократных волн (г), временной разрез НВСП (д)

волн разных типов. В соответствии с этим необходимо описать литологию горной породы и ее внутреннюю структуру. Параметрами, характеризующими литологию рассматриваемых пород, являются свойства пород при нулевой пористости и трещиноватости. Внутренняя структура изучаемых горных пород формируется, как известно, разнообразными включениями - порами, кавернами, трещинами, которые различаются по форме, размерам и количеству в единице объема. При описании внутренней структуры различных геологических объектов следует учитывать преимущественную ориентацию различных систем включений (очевидно, что для пор, в силу хаотичности их распределения в породе, это не актуально) или характер распределения направлений их ориентации. Здесь следует учитывать как условия осадконакопления, так и постседиментационные факторы - характер изменения распределения напряжений в объекте исследований по мере его развития, а также современные тектонические напряжения. Существует несколько подходов такого описания.

Наиболее широкое распространение при

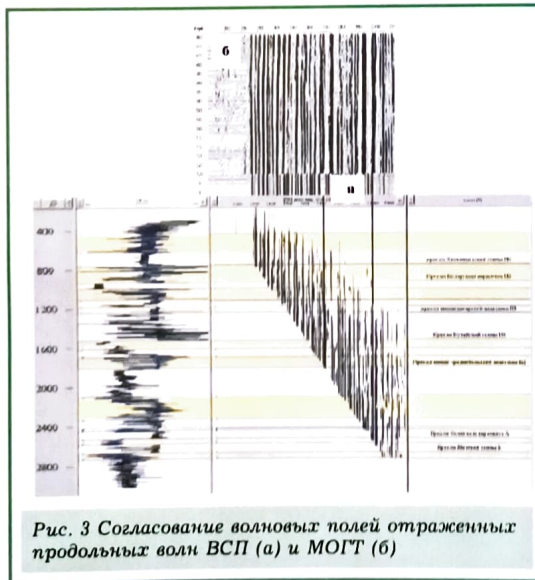


Рис. 3 Согласование волновых полей отраженных продольных волн ВСП (а) и МОГТ (б)

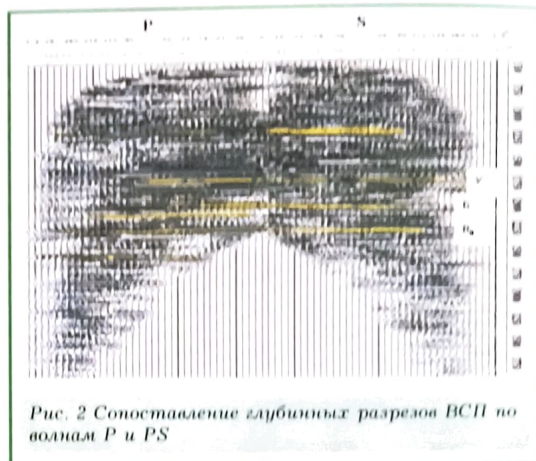


Рис. 2 Сопоставление глубинных разрезов ВСП по волнам P и PS

решении подобного рода задач получила модель Эшелби [4]. Основными преимуществами такой модели является то, что в ней поры и трещины могут иметь различную форму и ориентацию. Минеральная матрица допускает анизотропию упругих свойства. Заполнение неоднородностей может быть твердым, жидким или газообразным. К недостаткам можно отнести следующие: плотность пор и трещин должна быть невелика, предполагается, что поры и трещины изолированы. Поэтому область применения данной модели весьма ограничена.

К настоящему времени разработан уже достаточно широкий круг моделей, различными способами описывающих геометрию порово-трещинного пространства и ее влияние на упругие характеристики и компенсирующих недостатки модели Эшелби. Каждая из них имеет свои преимущества и недостатки. Поэтому при оптимизации решения обратной задачи особую роль играет оценка границ применимости того или иного подхода для конкретного типа коллектора. Для этой цели мы используем специальную программу, позволяющую провести такие оценки на основе решения прямой задачи - расчета упругих и фильтрационно-емкостных параметров коллектора при использовании различных моделей описания включений, их взаимодействия, заполнения, свойств породной матрицы и т.п. На основе анализа полученных данных, сравнения их с априорными данными и корреляционными зависимостями для данного типа коллектора принимается решение об использовании соответствующих характеристик и моделей для решения обратной задачи.

Решение обратной задачи оценки геологических характеристик коллектора по данным

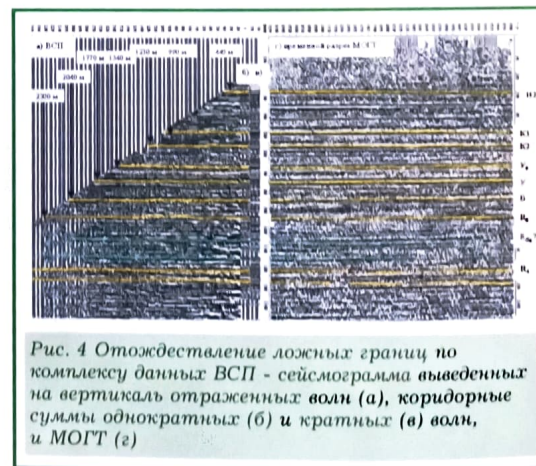


Рис. 4 Отождествление ложных границ по комплексу данных ВСП - сейсмограмма выведенных на вертикаль отраженных волн (а), коридорная сумма однократных (б) и кратных (в) волн, и МОГТ (г)

МВС проводится по следующей схеме, предложенной в [5]. По измеренным характеристикам упругого поля и априорным геологическим данным строится математическая модель среды $S=F(X)$, имеющая набор факторов $X=\{X_j\}$, где F - оператор решения прямой задачи. На параметры X накладываются ограничения вида:

$$X_j \leq X_j \leq X_j^*, \quad j=1, N$$

Обратная задача в этом случае сводится к определению X^* из допустимой области при известном S^* , по заданному критерию. В качестве критерия оценки параметров X выступает функция $J(X)=N[S^*-F(X)]$ определенного вида.

Результаты изучения структуры порово-трещинного пространства по керну позволяют сделать вывод о наличии анизотропии свойств коллектора - его проницаемости, а наличие разноориентированных систем включений - о типе симметрии данной среды. Данные МВС-ВСП, полученные для волн разных типов в различных направлениях (скорости и поляризация на вертикальном и разноориентированных в пространстве наклонных лучах), позволяют оценить ориентацию элементов симметрии геологической породы (упорядоченных систем включений той или иной степени раскрытости и ориентации) и характер вариаций анизотропии для различных интервалов исследуемого комплекса пород. Таким образом, по результатам измерения параметров волн разных типов (времени пробега и поляризации в зависимости от направления) дается прогноз по составу включений (доли включений с той или иной степенью раскрытости), их преимущественной ориентации, трещинной, поровой пористости, открытой пористости, проницаемости, флюидонасыщению и т.п. Полученные по данным МВС-ВСП решения экстраполируются на соответствующие наземные данные МВС, и осуществляется прогноз ФЕС для разреза на области прослеживания коллектора, где данные ВСП отсутствуют.

Приведем пример подобного решения для одной из скважин, пробуренных в Юрубчено-Тохомской зоне (Восточная Сибирь) [6]. Работы МВС-ВСП были проведены по специальной методике, предполагающей измерения характеристик волн разных типов в различных направлениях. Кроме работ ВСП в целевом интервале проводился отбор керна с выходом $\approx 80\%$, стандартный комплекс ГИС, пластовая наклонметрия (индукционным и контактным способом), что впоследствии позволило сравнить данные оценки трещиноватых интервалов разными геофизическими методами.

Полученные экспериментальные данные ВСП позволили выделить в разрезе доломитизированных известняков рифейского возраста трещиноватые интервалы (рис.5). Азимутальная зависимость поляризации поперечной волны, отраженной от подошвы трещиноватого объекта (кривая интервала - R_{θ}), говорит о наличии субвертикальной трещиноватости. Анализ поляризации проходящих и отраженных S-волн позволил выделить два интервала с различными направлениями ориентации преимущественной системы трещин по азимуту. Поляризация S-волны для разных ПВ показала, что преимущественная ориентация плоскостей трещин для верхнего трещиноватого интервала ориенти-

рована в направлении, близком к азимуту ПВ5, для нижнего - отличается на 40° на восток. Аномальность поляризации может быть вызвана наклоном отражающих границ, но предварительно сделанная миграция данных ВСП и результаты наклониметрии свидетельствуют о субгоризонтальности слоев. Если бы отсутствовала трещиноватость, обменная отраженная волна была бы поляризована в направлении ПВ для каждого источника упругих колебаний (на соответствующей X компоненте волнового поля). Характер поляризации проходящей S-волны с ПВ1 позволяет выделить два интервала с различными характеристиками анизотропии, а значит, трещиноватости.

Последующая обработка включала поляризационный и скоростной анализ, компенсацию анизотропии в покрывающей толще и оценку параметров анизотропии в целевых объектах. Она позволила количественно оценить преимущественную ориентацию систем трещин для разных интервалов.

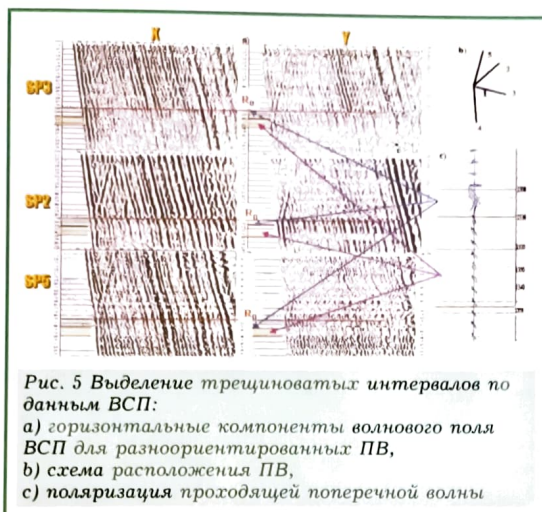
Используя линейно поляризованные до целевого интервала проходящие волны SV и SH с ПВ2 (рис.6а) с учетом задержки по времени между ними, вначале определили ориентацию трещиноватости для интервала 2300-2315 м (рис.3 б,с). После компенсации анизотропии в данном интервале затем определили ориентацию трещин для интервала 2325-2350 м. По степени разбега быстрой и медленной волны (ΔT) оказалось возможным судить о степени трещиноватости для каждого интервала.

Результаты решения обратной геологической задачи по данным ВСП (оценка открытой пористости и преимущественной ориентации включений) сопоставлялись по аналогичным параметрам, полученным другими геофизическими методами (рис.7). Видно, что по возможности и надежности выделения интервалов с ориентированной трещиноватостью мощностью от 5 метров МВС-ВСП не уступает методам ГИС. Интегральные параметры включений, получаемые по данным ВСП, характеризуют породы в радиусе 300-400 метров от ствола скважины. Результаты решения обратной задачи по данным ВСП позволили оценить объемную плотность включений и открытую пористость, которая совпала со значениями открытой пористости, полученными по данным ГИС. По сравнению со стандартными методами ГИС данные ВСП позволили оценить преимущественную ориентацию включений. Поскольку данные ВСП надежно сопоставляются по масштабу глубин с параметрами ГИС, а по масштабу времени с данными наземной сейсморазведки, при решении задачи оценки коллекторских свойств пород ВСП может служить связующим звеном в технологии ГИС - ВСП - наземная сейсморазведка.

Основной сложностью, ограничивающей точность решения обратной задачи по данным ВСП, является отсутствие универсальной модели механизма распространения волн в упругой среде, учитывающей разнообразие форм включений, их взаимодействие и физические свойства материала заполнения. Другой проблемой является, как правило, отсутствие достоверной априорной информации о геометрии включений. Значительным препятствием для широкого практического применения данной технологии является сложность управления поляризацией волн в источнике. Другими



ИННОВАЦИИ ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ.



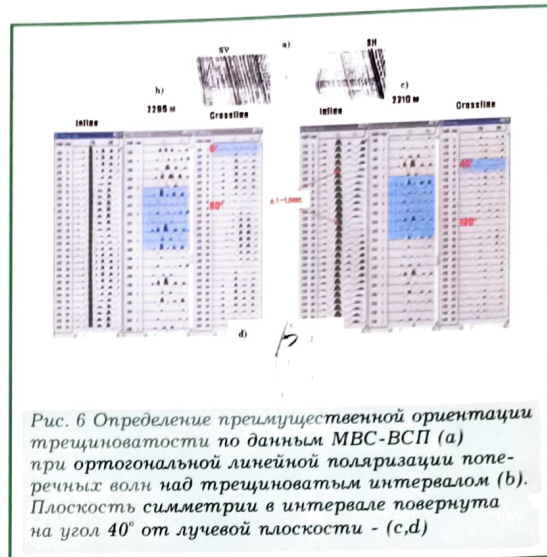
словами, разработка и промышленное производство специальных источников упругих колебаний, позволяющих управлять направленностью возбуждения, является одним из самых актуальных направлений развития технических средств решения задач МВС.



Выводы

1. Привлечение МВС позволяет решать более широкий круг геологических задач и снизить риск ошибок в разведке сложных резервуаров нефти и газа. При этом комплексирование скважинных и наземных данных МВС позволяет создать новую геолого-геофизическую модель и на этой основе более корректно и эффективно планировать поисковое, разведочное и эксплуатационное бурение.

2. Важнейшим этапом интерпретации данных



МВС является взаимная увязка полей волн разных типов и их отождествление с одноименными геологическими объектами. Особенно сложно это осуществить при комплексировании продольных и обменных волн. Однозначность результата, определяющего эффективность решения обратной задачи, в данном случае многократно увеличивается при комплексировании скважинных и наземных данных.

Литература

1. Кузнецов В. М., Многоволновая сейсморазведка новые возможности и перспективы. Приборы и системы разведочной геофизики, №3, 2003г, с.11-16.
2. Кузнецов В. М., От геологической задачи к конструированию методики МВС, Приборы и системы разведочной геофизики, №3, 2003г, с.31-35.
3. Мушин И. А., Бродов Л. Ю., Козлов Е. А. и др., Структурно-формационная интерпретация сейсмических данных. Москва, Недра, 1990
4. Eshelby J. D., The determination of the elastic field of an ellipsoidal inclusion, and related problems. Proc. Roy. Soc. London, 1957, Ser. A, v.241, pp. 376-396.
5. Brodov L. Yu., Tertychnyi V. V., Zatssepina S. V., Estimating Crack and Pore Structure by Inversion of Anisotropic Seismic Data. Paris, 1992, Exp. Abstr. 54 Meeting EAEG.
6. Г. А. Шехтман, В. М. Кузнецов, А. С. Ефимов и др., Прогноз микро- и макроструктуры околоскважинного пространства в условиях Юрубчено-Тохомской зоны на основе комплексирования ВСП и пластовой наклонотрии., "Гальперинские чтения-2002" научно-практическая конференция на тему: "ВСП, ГИС и наземная сейсмика совместные наблюдения, обработка и интерпретация" тезисы докладов, Москва 2002г, с 141-146.

Вниманию авторов

Материалы, представляемые для опубликования в журнале должны отвечать следующим требованиям.

Статья представляется в электронной версии на компакт-дисках емкостью 640-700 Мб. Форматы текстового файла должны быть в виде Microsoft Word for Windows (версии 6.0 или выше). Графические приложения и таблицы, выполненные электронным образом, представляются в отдельных файлах формата MS Excel (версии 4.0 или выше) или в формате CorelDRAW версии 7.0 и выше. Все контуры и графики на рисунках, а также все цифры и надписи должны быть выполнены четко, чтобы при уменьшении они легко читались. Рисунки присылаются в виде растровых файлов форматов: "TIF", с разрешением не менее 250 точек на дюйм (допускается LZW-сжатие), "JPG" с качеством не менее 12-ти. Максимально допустимый размер иллюстраций - A4. Подписные подписи представляются в виде отдельного списка. Математические уравнения должны быть выделены четким и ясным шрифтом. Все математические символы скалярных величин набираются курсивом, а векторные - жирной прямой заглавной буквой. Вместе со статьей в редакцию направляются краткие сведения об авторах, Необходимо указать Ф.И.О., город, место работы, и должность.

От редколлегии:

Ответственность за подбор и изложение фактов в статьях несут авторы. Редакция может публиковать статьи, не разделяя точки зрения авторов.