

Методика распознавания трещиноватых сред в полях отраженных волн для прогноза коллекторов углеводородов

И.И. Семерикова

к. т. н., научный сотрудник¹, доцент²
irina.semerikova@gmail.com

¹ГИ УрО РАН, Пермь, Россия

²ПНИПУ, Пермь, Россия

Специализированная интерпретация сейсмических данных выполняется по оригинальной методике распознавания трещиноватых сред на основе установленных нами поисковых признаков в динамических параметрах продольных отраженных волн, разработанной в Горном институте Уральского отделения Российской академии наук.

Материалы и методы

Поисковые признаки для трещиноватых геобъектов различного типа установлены эмпирическим путем изучения связей между параметрами трещин и динамическими атрибутами. Данные поисковые признаки установлены по результатам физического моделирования системы наблюдений сейсморазведки ОГТ на больших образцах натуральных горных пород, также теоретического сейсмомоделирования полей продольных отраженных волн, а также по данным полевых сейсмических работ на трещиноватых объектах с известными параметрами трещин. На основе динамического анализа оценивается вероятность наличия трещиноватого объекта того или иного класса.

Ключевые слова

сейсморазведка, динамические параметры, волновое поле, интерпретация, амплитудные и спектральные характеристики, продольные волны, трещиноватость, поисковые признаки

Мировая практика показывает, что отсутствие у компаний внимания к анализу сейсморазведочных данных сужает возможность получения высокого качества результатов и снижает их конкурентоспособность [1]. По сейсмическим данным не только определяется структурное строение, но на основе динамических особенностей отражений прогнозируются петрофизические характеристики полезного ископаемого, коллекторов и системы микро- и макротрещиноватости [2, 3]. Для нефтяных компаний важнейшими вопросами поиска и освоения залежей нефти в трещиноватых коллекторах является создание методологии и технологий «прямого» прогнозирования коллекторов методами сейсморазведки.

Задача получения дополнительной информации о разрывных нарушениях решается нами на основе изучения изменения динамических параметров (амплитудные, спектральные) отраженных продольных волн. При этом ожидается, что для трещинных зон, различающихся внутренней структурой, поисковые признаки должны различаться, и, прежде всего, в динамических характеристиках сейсмических волн, как наиболее чувствительных к изменению геологического фактора. Понятно, что данная задача сейсморазведки является непростой, в силу многофакторного влияния на динамические параметры [4, 5], а также их меньшей устойчивостью, по сравнению с кинематическими параметрами, к условиям приема и обработки сигнала. В то же время, богатое разнообразие динамических параметров, каждый из которых несет информацию об особенностях среды, их тонкая реакция, а также бурно появляющиеся новые способы, сохраняющие их истинные значения в процессе обработки, являются весьма привлекательными для интерпретатора.

Так как в общем случае обратная задача сейсморазведки неоднозначна, большинство интерпретационных методов использует эмпирически найденные зависимости «сейсмические параметры — физические свойства реальной среды». Наши исследования последних

лет [6–11] направлены на поиск связей между физико-механическими (в частности, трещиноватости) свойствами среды и совокупностью динамических параметров отраженных продольных волн в целях выявления и картирования аномалий этих параметров. В этом направлении осуществлялся детальный поиск наиболее информативных и устойчивых динамических параметров из всего их многообразия, исследовались их поведение и степень чувствительности, в зависимости от параметров трещиноватости [6, 7, 8, 10].

Методы

Задача нахождения векторов идентификационных признаков для трещиноватых объектов разных типов и классов решалась различными методами [6, 7, 8, 10, 11].

1. Имитационное математическое моделирование теоретических волновых полей (рис. 1а) выполнено для 67 моделей, содержащих трещины различных типов: одиночные наклонные, квазивертикальные, с размерами много больше длины волны сигнала, соизмеримых с длиной волны сигнала, меньше длины волны сигнала в несколько раз, скопление мелких трещин в различных литологических пластах [7].
2. Физическое моделирование (рис. 1б): полевая система наблюдений МОГТ осуществлялась на образцах естественных горных пород, параллелепипедах 30х20х1. Профилирование проводилось по двум поверхностям образцов — на плоскости, параллельной горизонтальной слоистости образцов и в плоскости, вертикальной слоистости; источники возбуждения — удары молотком по болту; эксперименты выполнялись в высокочастотном диапазоне. В образцах осуществлялись различные ситуации разрывных нарушений: одиночная наклонная трещина с длиной больше длины волны сигнала; две непараллельные, меньше длины волны сигнала; цилиндрическое отверстие; эксперименты с образцами при

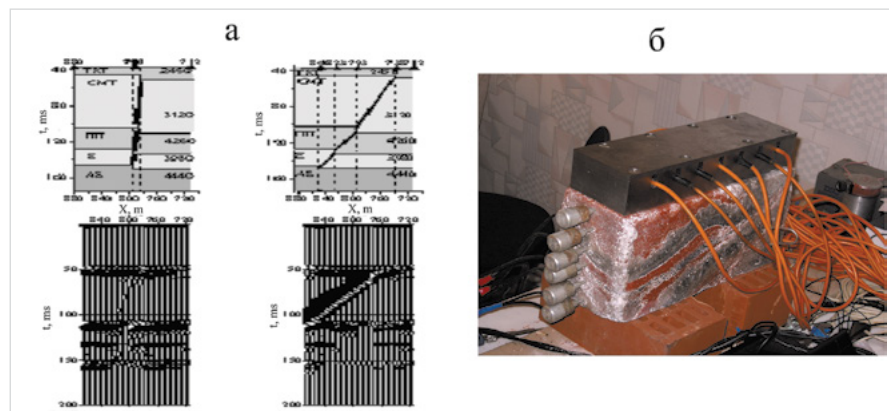


Рис. 1 — Примеры теоретического сейсмомоделирования: цифровые физико-геологические модели и соответствующие им временные разрезы а), и физического моделирования на образце натуральных горных пород б)

одноосном нагружении с целью изучения поведения динамических параметров при изменении напряженно-деформированного состояния;

3. Данные полевой сейсморазведки ОГТ в разных регионах на трещиноватых объектах с известной геологией — «обучающие» объекты, «тренинг-объекты», в условиях естественного залегания пород для различных литологических типов пород: терригенные, карбонатные, галогенные. Такими объектами явились подтвержденные скважинами, коллектора трещинного типа в Западно-Уральской Зоне складчатости, на территории Волго-Уральской нефтегазоносной провинции в известняках турнейского яруса структур облекания франско-фаменских рифов; терригенные отложения уникального трещинного коллектора баженновской свиты на территории Западной Сибири.

Объектами тренинга стали также протяженные одиночные трещины и зоны скопления мелких разноориентированных трещин, вскрытые в шахтных выработках ВКМКС, в этом случае использованы данные шахтной сейсморазведки, а также зафиксированные карстовые явления на поверхности и в приповерхностной зоне на территории интенсивного развития сульфатно-карбонатного карста г. Кунгур, Пермский регион.

Методика распознавания трещинных объектов и поисковые признаки в динамических параметрах

В основу предлагаемой методики распознавания трещиноватых сред положен подход динамического анализа поля отраженных продольных волн [3, 7, 8, 11, 12]. Данный подход базируется на совместном анализе комплекса динамических атрибутов продольных отраженных волн.

В результате работ по исследованию связей «динамические параметры — параметры трещиноватости» установлены поисковые признаки для трещиноватых объектов в следующих динамических параметрах отраженных продольных волн: средние амплитуды; частотная координата центроида; ширина спектра; верхняя и нижняя граничные частоты; градиенты амплитудных и частотных параметров; разность амплитудных спектров для интервалов, содержащих и не содержащих трещиноватый объект.

В качестве поисковых признаков в динамических параметрах признавались лишь те, которые явились наиболее устойчивыми и статистически значимыми. Различия, изменчивость их поведения в зависимости от параметров трещиноватости позволяют производить распознавание зон, различающихся внутренней структурой [6, 9, 10, 13]. Параметры были сгруппированы для разных классов трещиноватых объектов: протяженных (размеры соизмеримы или больше длины волны сигнала) трещин и для зон совокупности мелких (меньше длины волны сигнала) разноориентированных трещин.

Поисковые признаки для протяженных трещин в амплитудных параметрах.

1. На разрезе средних амплитуд образуется наклонная ось синфазности максимально больших значений, обусловленная отраженной от поверхности трещины волной.
2. Волна, отраженная от поверхности

наклонной трещины, отображается как аномально высокие абсолютные значения градиента средних амплитуд по времени; обладает наибольшей интенсивностью.

3. На отражающих горизонтах под наклонной трещиной значения средних амплитуд стремятся к нулю на участке длиной, равной проекции трещины на эти горизонты; образуется участок «тени».
4. На разрезах модуля средних амплитуд нулевые значения отображают зону «тени» — треугольник, образованный поверхностью трещины и ее проекцией на нижележащий горизонт вблизи нижнего конца трещины.
5. Участок «тени» под вертикальной трещиной трансформируется в экстремум, приближающийся к нулевым значениям средних амплитуд, непосредственно на нижнем конце трещины.
6. Область пересечения отражающего горизонта, как вертикальной, так и наклонной трещиной, фиксируется экстремальными значениями средних амплитуд данного отражающего горизонта;
7. Присутствуют высокие абсолютные значения градиента средних амплитуд отражающего горизонта в области трещины.
8. На верхнем конце трещины — экстремальные минимальные значения средних амплитуд отражающего горизонта; отличаются более чем в 2 раза.

Признаки протяженных трещин в спектральных параметрах

1. Максимальное понижение спектрального состава колебаний во временном интервале, содержащем трещину, и на горизонтальном участке длиной, равной проекции наклонной трещины на дневную поверхность; происходит рассеяние высоких частот упругих колебаний, длина волны которых соизмерима с длиной проекции трещины; активная полоса смещается в область низких частот, соответственно, смещается частотная координата центроида.
2. Уменьшение частоты максимума амплитудного спектра на горизонтальном участке, длиной равной проекции наклонной трещины на дневную поверхность.
3. Для вертикальной трещины уменьшение частоты максимума спектра происходит непосредственно в области пересечения с отражающим горизонтом
4. Резкое, скачкообразное возрастание — уменьшение амплитуд спектров при пересечении профилем вертикальной трещины; с расстоянием от трещины происходит монотонное выравнивание амплитуд спектров
5. Для наклонных трещин резко отличаются значения амплитуд спектров по обе стороны от трещины.
6. Горизонтальный размер аномалии максимальных значений разности энергетических спектров в интервалах, не содержащем и содержащем трещину, равен длине проекции наклонной трещины на отражающий горизонт. Значения частотной координаты центроида, соответствующие данным аномалиям, понижаются в зависимости от увеличения проекции трещины. Таким образом, происходит рассеивание волн, длина которых соизмерима с размерами

проекции трещины.

Признаки зон развития мелких разноориентированных трещин.

1. В области зоны трещиноватости абсолютные значения средних амплитуд принимают нулевые (близкие к нулевым) значения.
2. На разрезах средних амплитуд не наблюдаются наклонные оси синфазности, присутствующие при наличии протяженных наклонных трещин.
3. На разрезах спектральных характеристик: частотная координата центроида, частота максимума амплитудного спектра, установлено максимальное увеличение значений частоты в области зон развития мелких разноориентированных трещин, а не их уменьшение, характерное для протяженных трещин.
4. Резкие аномалии значений верхней граничной частоты в сторону их уменьшения.
5. В благоприятных условиях может присутствовать максимальный градиент средних амплитуд, отображающий «гладкие» боковые стенки зоны.
6. На разрезе модуля градиента средних амплитуд по времени присутствуют нулевые значения в зоне развития мелких разноориентированных трещин, когда из их пространственной ориентированности и комбинации возможно формирование отдельных дифрагирующих объектов.

Методика распознавания трещинных объектов, разработанная в ГИ УрО РАН [9–11], построена на расчете этих параметров-признаков для временных разрезов ОГТ. Затем оценивается наличие аномалий этих параметров, обусловленных присутствием трещинного объекта, и изменчивость их поведения. Затем формируется общий эффективный параметр, характеризующий вероятность наличия трещинного объекта того или иного класса. Этот эффективный параметр трещиноватости является основным выходным параметром данной методики.

Примеры

Трещиноватость горных пород является одним из значимых факторов, влияющих на формирование как физико-механических, так и коллекторских свойств пород с различной литологией.

Волго-Уральская НГП. На рис. 2 представлен стандартный временной разрез ОГТ, полученный в районе Передовых складок Урала (Западно-Уральская Зона складчатости). Здесь все чаще и чаще сталкиваемся с трещинным типом коллектора, а не порового. Однако методики выявления признаков такого типа коллекторов в существующих графах геофизических компаний пока не создано. На рис. 2 ОГ I_p — отражение от кровли башкирского яруса, II_p — отражение от подошвы терригенных отложений визейского яруса, (или от кровли турнейских карбонатов, интервал этих отложений являются целевыми интервалом поиска в первую очередь (прежде всего)); ОГ III — отражение от кровли терригенных отложений тиманского горизонта. Как видно, на традиционном временном разрезе существенных отличий волновой картины для отражающих горизонтов и интервалов между ними не наблюдается. Данный временной разрез был обработан по нашей методике распознавания трещиноватых сред (объектов). В результате:

на рис. 2б и в повышенные значения атрибутов (параметров) на разрезах характеризуют зону развития мелких (меньше длины волны сигнала) трещин в турнейско-фаменских карбонатных отложениях, расположенных ниже I_{np} (непосредственно под отражающим горизонтом I_{np}). Эта зона вскрыта параметрической скважиной, в которой из данных пород, описанных по керну как трещинный коллектор, получены промышленные притоки легкой нефти. Породы башкирского яруса под I_p также являются трещиноватыми известняками с зонами макроаккумуляции эпигенетических газозообразных и легких жидких углеводородов.

Западно-Сибирская НГП. Новым видом трещиноватого объекта явились глинистые коллекторы.

Привлекательной особенностью баженовских залежей является наличие скважин с дебитами более 50 м³/сут., и были отмечены дебиты, достигающие 600 т/сут. Однако более 60% скважин малодобитные или «сухие», что и определяет сложность освоения резервуаров рассматриваемого типа. Такая ситуация обусловлена локальным распространением продуктивных зон, выявление которых является основополагающей проблемой изучения баженовских отложений. Мнения исследователей расходятся по многим вопросам, связанных с генезисом коллекторов в баженовской свите. Однако, ясно следующее: баженит образует специфический тип коллекторов, представленный развитой вертикальной и горизонтальной трещиноватостью, с двумя ортогональными системами трещин [1, 11, 13]. Общим стало мнение о том, что линзы коллекторов в баженитах являются специфичными ловушками нефти не связанными ни со структурной формой, ни с наличием экранов.

Эти априорные сведения предопределили попытку применения методики распознавания трещиноватых объектов. Сейсмические временные разрезы любезно предоставлены ЗАО «МиМГО им. В. А. Двуреченского».

В результате применения методики распознавания трещиноватых сред выявилась

следующая ситуация. На рис. 3 представлен разрез эффективного параметра вероятности наличия трещиноватых зон, «Б» — подошва баженовки. Две скважины с привлекательными дебитами пространственно оказались приуроченными к ярко выраженной локальной зоне повышенных значений эффективного параметра, характеризующего вероятность наличия протяженных трещин, в интервале баженовской свиты. Кроме того, на разрезе выявились узкие субвертикальные зоны дезинтеграции пород, пронизывающие ниже баженовских отложения фундамента — доюрское основание. Скважина с аномально высокими дебитами (со сверхдебитами) расположена над такой выраженной крупной зоной. «Сухая» же скважина не попала ни в одну из трещиноватых зон.

Прикаспийская НГП. В продолжение исследований возможностей методики распознавания трещиноватых сред она была апробирована на данных сейсморазведки 3D на месторождении углеводородов в пределах акватории северного сектора Каспийского моря. Впервые выявленные зоны трещиноватости на данном месторождении могут повлечь за собой корректировку параметров бурения эксплуатационных скважин.

Анализ результатов позволяет глубже понять связи между эффективными параметрами волнового поля, используемыми при интерпретации, и фильтрационно-емкостными параметрами резервуара. Существенной информацией, которая волнует специалистов по прогнозу нефтегазоносности данного месторождения, явились, например, следующие результаты применения данной методики.

На рис. 4 и 5 представлены временные разрезы ОГТ, извлеченные из временного куба, полученного по традиционной технологии обработки данных сейсморазведки 3D. Также представлены разрезы эффективного параметра, оценивающего вероятность наличия зон развития трещин, линейные размеры которых меньше длины волны сейсмического сигнала. Желтым цветом выражены повышенные значения данного эффективного параметра.

идентифицирующие зоны трещиноватости.

Следует обратить внимание на обоих рисунках на трещиноватые зоны, через которые прошли ранее пробуренные вертикальная и горизонтальные скважины, выделенные на рисунке овалами. На этих же участках в пробуренных скважинах отмечается повышенная проницаемость, определенная по результатам гидродинамических исследований в скважинах. Горизонтальная скважина бурилась на эксплуатацию терригенных отложений, с которыми связаны коллектора — песчаники. При проходке на одном из горизонтальных участков (рис. 4) скважина попала в зону улучшенных коллекторских свойств с высокой проницаемостью. Здесь же произошло явление — «скважина гаснет», резкое динамичное повышенное проявление газа, повлекшее за собой вынужденные тампонажные работы на данном участке, даже с потерей уровня проницаемости. На разрезах эффективного параметра, оценивающего вероятность наличия трещиноватости, данный участок выражается максимально повышенными значениями.

Кроме того, по данным бурения, целевой интервал (между отражающими горизонтами I, II и III) представляет собой пачку переслаивающихся пластов песчаников и глинистых перемычек. Однако считается, что глины здесь не являются покрышками, и весь пласт считают единым резервуаром. На временных разрезах данный пласт, так же как и на участке скважины с повышенным газовыделением, выглядит однородным. В то же время на разрезах эффективного параметра, оценивающего вероятность наличия трещиноватости, данный интервал пород между отражающими горизонтами дифференцируются на три пласта с разуплотненными свойствами и с ярко выраженным структурным поведением. Это является ценной новой дополнительной информацией на этапе интерпретации данных сейсморазведки.

Авторы приносят благодарность заместителю начальника отдела «Прогнозирование нефтегазоносности и ГРП» Филиала ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг»

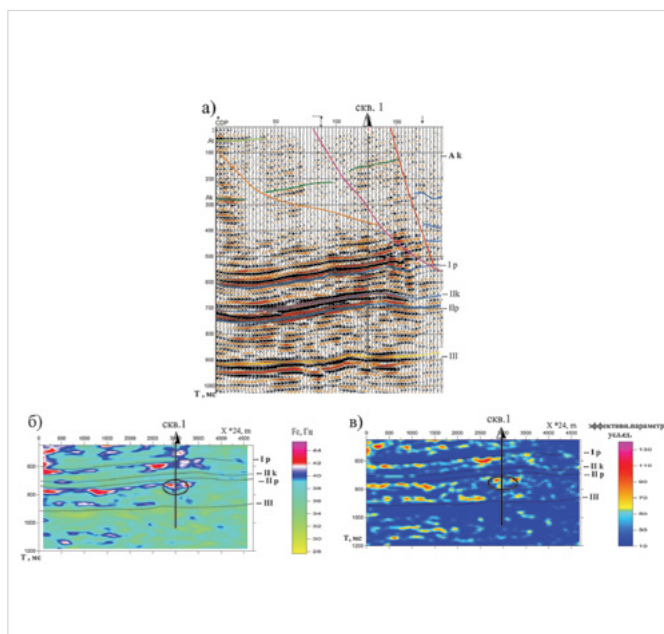


Рис. 2 — Временной разрез ОГТ продольных отраженных волн (а), разрез частотного параметра (б), разрез эффективного параметра, характеризующего вероятность наличия трещиноватых зон в)

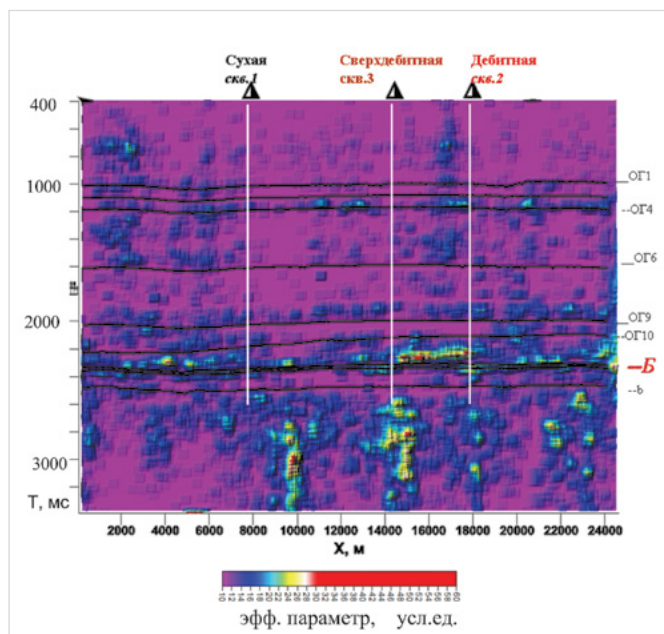


Рис. 3 — Распределение эффективного параметра, характеризующего вероятность наличия зон развития протяженных трещин

«ВолгоградНИПИморнефть» Поповой П.Ф.; а также генеральному директору Славкину В. С. и главному геофизику Зиммеровой В. Л. ЗАО «Моделирование и мониторинг геологических объектов» им. В. А. Двуреченского, директору Бухману С. Х., и главному геологу Попову В.М. ООО «Новик», за интерес, проявленный к нашим работам, и предоставленную возможность использования данных сейсморазведки, а также за квалификационные дискуссии и обсуждения результатов.

Итоги

Выполнено «прямое» прогнозирование трещиноватых коллекторов в различных типах горных пород. Данные коллекторы имеют мозаичный, локальный характер распространения по латерали, значительную латеральную неравномерность фильтрационно-емкостных свойств. Применение методики позволяет производить корректировку параметров проектирования горизонтальных скважин.

Выводы

Специализированная интерпретация данных сейсморазведки по предложенной методике распознавания трещиноватых сред позволяет:

- характеризовать и картировать «напрямую» зоны трещиноватости — коллекторы с улучшенными фильтрационно-емкостными свойствами;
- получать дополнительную информацию о характеристиках разрывных нарушениях различных рангов и классов;
- производить корректировку параметров проектирования горизонтальных скважин и других элементов разработки месторождений.

Сведения о характеристиках флюидопроводящих каналов являются для нефтяных компаний крайне существенными — как основы фильтрационной модели резервуара.

Список используемой литературы

1. Baransky N., Kozlov E., Antonenko A., Koshchuk E., Garagash I. Fracturing in

Carbonates – Aligned or not Aligned. 66th EAGE Conference & Exhibition, Paris, 2004, p. 35.

2. Козлов Е.А. Модели среды в разведочной сейсмологии. Тверь: ГЕРС, 2006. 523 с.
3. Методические рекомендации по использованию данных сейсморазведки для подсчета запасов углеводородов в условиях карбонатных пород с пористостью трещинно-кавернового типа. Под редакцией В.Б. Левянта. М.: ЦГЭ, 2010. 250 с.
4. Ампилов Ю.П. Сейсмическая интерпретация: опыт и проблемы. М.: Геоинформмарк, 2004. 286 с.
5. Бляс Э. А. Линеаризованный подход к определению импедансов продольных и поперечных волн по сейсмограммам отраженных Р-волн (AVO – инверсия) // Технологии сейсморазведки. 2005. №1. С. 3–15.
6. Семерикова И.И. Оценка параметров зон развития трещин по данным сейсморазведки. Проблемы комплексного мониторинга на месторождениях полезных ископаемых. Сборник докладов. Пермь: Горный институт УрО РАН, 2002. С. 90–95.
7. Семерикова И.И. Динамические характеристики сейсмических волн при решении геологических задач в трещиноватых средах. Стратегия и процессы освоения георесурсов: Материалы науч. сессии Горного ин-та УрО РАН. Пермь: Горный институт УрО РАН, 2005. С. 138–142.
8. Семерикова И.И., Бут Д.К., Кьян Ж. Изучение полей отраженных продольных волн, полученных при физическом моделировании трещиноватых сред. XII Международная научно-практическая конференция «ГЕОМОДЕЛЬ-2010». Геленджик, 2010.
9. Семерикова И.И. Возможности методики распознавания зон трещиноватости по сейсмическим параметрам для изучения техногенных изменений состояния

пород // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2011. № 2. С. 330–337.

10. Семерикова И.И. Изучение зон трещиноватости вблизи разрывных нарушений на основе сейсмического подхода // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2011. № 12. С. 104–111.
11. Semerikova I.I. Technique for recognizing of fractured zones based on the analysis of amplitude and frequency attributes of the P-P reflections. 74th EAGE Conference & Exhibition incorporating SPE EUROPEC 2012, Denmark, Copenhagen, 2012.
12. Семерикова И.И. Опыт применения методики распознавания трещиноватых сред, основанной на динамической интерпретации сейсмических волн. Сборник докладов III-ой Международной научно-практической конференции «Калининград-2013. Проблемы и достижения нефтегазовой геологии». Калининград, 2013. С. 256–259.
13. I.I.Semerikova, J.S. Evans, D.C. Booth, H. Dai and T.S. Blinova. A new technique for recognizing fractured zones in P-P reflection fields, applied to the study of a North Sea oil reservoir. Russian Journal of Earth Sciences. 2012, Vol. 12, issue 5.
14. Нежданов А.А. Зоны аномальных разрезов баженовского горизонта Западной Сибири. Тюмень: ЗапСибНИГНИ, 1985. С. 111–120.
15. Филина С.И., Корж М.В., Зонн М.С. Палеогеография и нефтеносность баженовской свиты Западной Сибири. М.: Наука, 1984. 36 с.
16. Фурсов А.Я., Постников Е.В., Постников А.В., Ляпунов Ю.В. Геологические основы и новые технологии прогнозирования залежей и оценки запасов нефти в отложениях баженовской свиты. Материалы III научно-практической конференции «Пути реализации нефтегазового потенциала ХМАО», Ханты-Мансийск, 2000. С. 162–173.

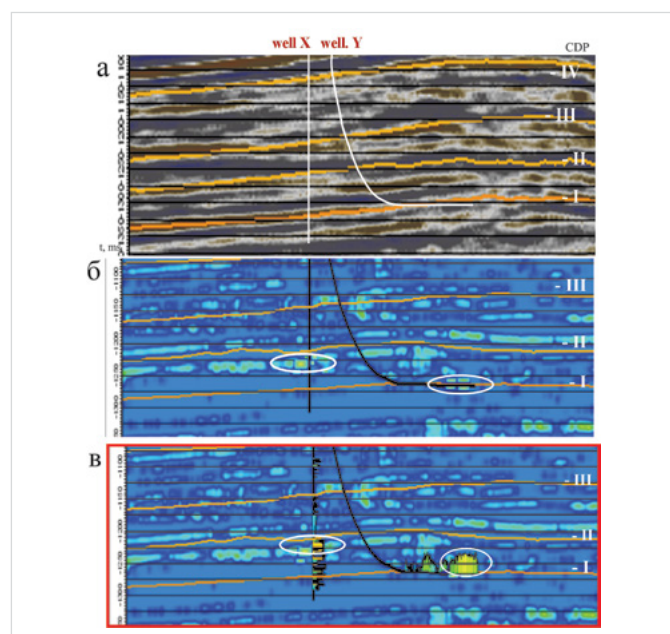


Рис. 4 — Стандартный временной разрез продольных отраженных волн ОГТ (а), разрез эффективного параметра, характеризующего вероятность наличия трещиноватых зон (б), проницаемость, измеренная в скважинах (в)

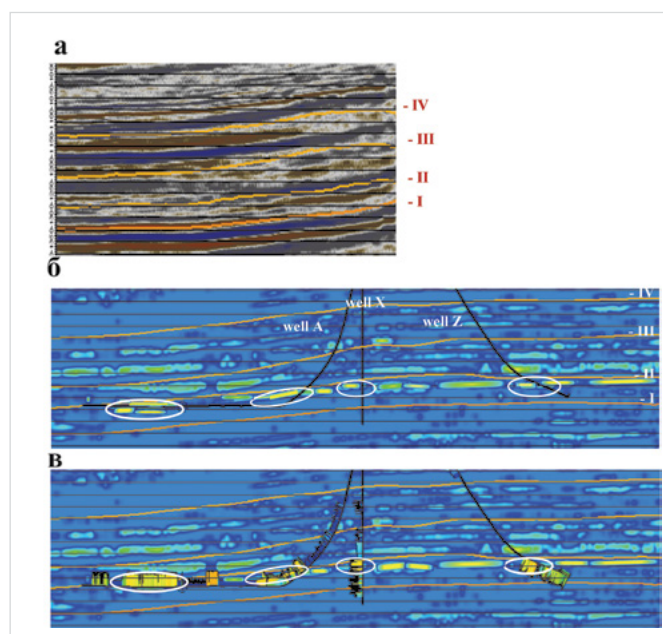


Рис. 5 — Традиционный временной разрез ОГТ (а); разрез эффективного параметра, характеризующего вероятность наличия трещиноватых зон (б), с наложенной проницаемостью, измеренной в скважинах (в)

Recognition technique of fractured media in p-p reflection fields for reservoir forecast on hydrocarbons accumulation

Authors:

Irina I. Semerikova — Ph.D., researcher¹, associate professor²; irina.semerikova@gmail.com

¹Mining Institute of the Urals Branch of Russian Federation Academy of Sciences. Laboratory of Seismic Acoustics, Perm, Russian Federation

²Perm National Research University, Perm, Russian Federation

Abstract

Specialized interpretation of seismic data is performed by the original technique for recognizing fractured zones on the basis of distinguished by us prospecting indicators in dynamic attributes of P-P waves developed in the Mining Institute of the Ural Branch of Russian Academy of Sciences.

Materials and methods

Prospecting indicators for fractured geo-objects of different types are established a posteriori by examining the links between fractures' parameters and dynamic attributes. These identification features are recognized on the results of physical modeling of CDP system at large samples of natural rock, as well as with theoretical seismic modeling of wave fields of P-P reflections and the data of field seismic works at fractured objects with

the known the parameters of fractures. On the basis of the dynamic analysis we determine the probability of the presence of fractured objects of a particular type.

Results

We have performed a "direct" forecast of fractured reservoirs in different types of rocks. These reservoirs have a mosaic, local nature of lateral propagation, large variations of hydrocarbons' rates from wells at different sites. Technique application allows correcting design parameters of lateral wells and other elements of deposit development.

Conclusions

The specialized interpretation of seismic exploration data according the proposed technique for recognition fractured zones makes possible:

- to characterize and map "directly" the fractured zones – with improved reservoir porosity and permeability;
- to obtain additional information about the characteristics of disjunctive dislocations of various ranks and classes;
- to adjust parameters of horizontal wells' design and other elements of deposit development.

Information about characteristics of fluid conductive channels is extremely significant for oil companies as the basis for filtration model of reservoir.

Keywords

seismic, dynamic parameters, wave field, interpretation, amplitude and spectral characteristic, P-wave, rock fracturing, prospecting indicator

References

- Baransky N., Kozlov E., Antonenko A., Koshchuk E., Garagash I. Fracturing in Carbonates – Aligned or not Aligned. 66th EAGE Conference & Exhibition, Paris, 2004, p. 35.
- Kozlov E.A. *Modeli sredy v razvedochnoy seismologii* [Models environment in exploration seismology]. Twer: GERS, 2006, 523 p.
- Metodicheskie rekomendatsii po ispol'zovaniyu dannykh seysmorazvedki dlya podscheta zapasov uglevodorodov v usloviyakh karbonatnykh porod s poristot'yu treshchinno-kavernovogo tipa* [Guidelines on the use of seismic exploration data to estimate hydrocarbon reserves in terms of carbonate rocks with porosity of fractured cavern type]. Edited by V.B. Leviant. Moscow: TsGE, 2010, 250 p.
- Ampilov Yu.P. *Seismicheskaya interpretatsiya: opyt i problemy* [Seismic interpretation: experience and problems]. Moscow: Geoinformmark, 2004, 286 p.
- Blyas E. A. *Linearizirovanny podkhod k opredeleniyu impedansov prodol'nykh i poperechnykh voln po seysmogrammam otrazhennykh R-voln (AVO – inversiya)* [Linear approach to define impedances of compressional and shear waves by seismograms of P-reflection (AVO-inversion)]. *Tekhnologii seysmorazvedki*, 2005, issue 1, pp. 3–15.
- Semerikova I.I. *Otsenka parametrov zon razvitiya treshchin po dannym seysmorazvedki* [Parameter estimation of fracture development zones with seismic exploration data]. Problems of complex monitoring in the fields of mineral resources. Summary reports, Perm: Mining Institute of UBRFAS, 2002, pp. 90–95.
- Semerikova I.I. *Dinamicheskie kharakteristiki seysmicheskikh voln pri reshenii geologicheskikh zadach v treshchinovatykh sredakh* [Dynamic characteristics of seismic waves for the solution of geological problems in fractured zones]. Strategy and processes of geological resources development: Records of the scientific session of Mining Institute of UBRFAS. Perm, 2005, pp. 138–142.
- Semerikova I.I., But D.K., K'yan Zh. *Izuchenie poley otrazhennykh prodol'nykh voln, poluchennykh pri fizicheskoy modelirovani treshchinovatykh sred* [Study of fields of P-P reflections obtained at physical modeling of fractured medium]. Proceedings of the VIII International Workshop Conference "Geomodel-2010". Gelendzhik, EAGE, 2010.
- Semerikova I.I. *Vozmozhnosti metodiki raspoznavaniya zon treshchinovatosti po seysmicheskim parametram dlya izucheniya tekhnogennykh izmeneniy sostoyaniya porod* [Potential of the technique of recognition of the fractured zones on seismic parameters for study of technogenic changes of the state of the rocks.] Mining informational and analytical bulletin, 2011, issue 2, pp. 330–337.
- Semerikova I.I. *Izuchenie zon treshchinovatosti vblizi razryvnykh narusheniy na osnove seysmicheskogo podkhoda* [The study of fracture zones near a faults on the basis of seismic approach.] Mining informational and analytical bulletin. 2011, issue 12, pp. 104–111.
- Semerikova I.I. Technique for recognizing of fractured zones based on the analysis of amplitude and frequency attributes of the P-P reflections. 74th EAGE Conference & Exhibition incorporating SPE EUROPEC 2012, Denmark, Copenhagen, 2012.
- Semerikova I.I. *Opyt primeneniya metodiki raspoznavaniya treshchinovatykh sred, osnovannoy na dinamicheskoy interpretatsii seysmicheskikh voln* [Experience of application of technique for recognizing fractured zones based on dynamic interpretation of seismic waves] Proceedings of the III International Workshop Conference "Kaliningrad-2013. Problems and Achievements in oil and gas geology". Kaliningrad, 2013, pp. 256–259.
- I.I. Semerikova, J.S. Evans, D.C. Booth, H. Dai and T.S. Blinova. A new technique for recognizing fractured zones in P-P reflection fields, applied to the study of a North Sea oil reservoir. Russian Journal of Earth Sciences, 2012, Vol. 12, issue 5.
- Nezhdanov A.A. *Zony anomal'nykh razrezov bazhenovskogo gorizonta Zapadnoy Sibiri* [The zones of anomalous sections Bazhenov horizon of Western Siberia]. Tuimen: *ZapSibNIGNI*, 1985, pp. 111–120.
- Filina S.I., Korzh M.V., Zonn M.S. *Paleogeografiya i neftenosnost' bazhenovskoy svity Zapadnoy Sibiri* [Paleogeography and hydrocarbon potential Bazhenov Formation in Western Siberia]. Moscow: *Nauka*, 1984, 36 p.
- Fursov A.Ya., Postnikov E.V., Postnikov A.V., Lyapunov Yu.V. *Geologicheskie osnovy i novye tekhnologii prognozirovaniya zalezhey i otsenki zapasov nefti v otlozheniyakh bazhenovskoy svity* [Geological base and new technology of prediction and evaluation of deposits of oil in the sediments of the Bazhenov Formation]. Proceedings of the III scientific-practical conference "Ways of realization of oil and gas potential KhMAO", Khanty-Mansiysk, 2000, pp. 162–173.