

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Прогноз и предотвращение горных ударов на рудниках / под ред. И.М. Петухова, А.М. Ильина, К.Н.Трубецкого. – М.: Изд-во Акад. горных наук, 1997. – 375с.: ил.
2. Чернов О.И., Пузырев В.Н. Прогноз внезапных выбросов угля и газа. – М.: Недра, 1979. –296 с.: ил.
3. Войтов Г.И. Периодичность газодинамических явлений в шахтах и лунно-солнечные приливы в земной коре // Разработка концепции мониторинга природно-технических систем: Т. 2: Методика и результаты геодинамического мониторинга природно-техногенных объектов. – М., 1993. – С. 171-184.
4. Тамразян Г.П. Землетрясения в Приказбекском районе и упругие приливы // Изв. АН СССР. Сер. геол. – 1956. – № 7. – С. .
5. Володичев Н.Н., Подорольский А.Н., Левин Б.В., Подорольский В.А. Корреляция появления крупных серий землетрясений со временем фаз новолуния и полнолуния. // Вулканология и сейсмология. – 2001. – № 1. – С.60-67.
6. Некрасова Л.В. Лунно-солнечные приливы и вариации природно-техногенной сейсмичности // Проблемы комплексного мониторинга на месторождениях полезных ископаемых: сб. докл.: материалы науч. сес. ГИ УрО РАН по результатам НИР в 2001 г. – Пермь, 2002. – С. 37-40.
7. Некрасова Л.В. Приливной цикл и вариации природно-техногенной сейсмичности на Западном Урале // Четвертая Уральская молодежная научная школа по геофизике: сб. учеб.-науч. материалов / ГИ УрО РАН [и др.]. – Пермь, 2003. – С. 138-141.
8. Perrey Al. Memoire sur les rapports qui peuvent exister entre la frequence des tremblements de Terre et l'age de la Lune. «Comptes Rendus des séances de l'Academie de Sciences»: v. XXXVI. – 1853. – № 12. – P. 534-540.
9. Нестеренко П.Г., Стovas М.В. Гравитация и сейсмичность. – Текст электронный. – URL: http://neotec.ginras.ru/comrus/_nesterenko-p-g-i-dr-gravitaciya-i-seysmichnost.pdf. (Дата обращения 15.10.22).

УДК 550.834

DOI:10.7242/echo.2022.4.15

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДИКИ РАСПОЗНАВАНИЯ
ТРЕЩИНОВАТЫХ СРЕД В ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИКАХ
СЕЙСМОЗАПИСЕЙ НА ШЕЛЬФЕ
В ПРИКАСПИЙСКОЙ НЕФТЕГАЗОВОЙ ПРОВИНЦИИ**

И.И. Семерикова

Горный институт УрО РАН, г. Пермь

Аннотация: В основу предлагаемой методики распознавания трещиноватых сред, разработанной в Горном институте УрО РАН, положен подход динамического анализа поля отраженных продольных волн. Данный подход базируется на совместном анализе комплектов динамических параметров продольных отраженных волн, установленных нашими исследованиями как поисковые признаки трещиноватых сред различных классов (протяженные или мелкие разноориентированные). Исследовались их поведение и степень чувствительности в зависимости от параметров трещиноватости как в лабораторных условиях (математическое сейсмо моделирование, физическое моделирование на крупных образцах натуральных горных пород и из искусственных материалов), так и в условиях естественного залегания горных пород в зонах с известными параметрами трещиноватости. Демонстрируются результаты применения данной методики на месторождении углеводородов в пределах акватории северного сектора Каспийского моря. На разрезах эффективного параметра, оценивающего вероятность наличия трещиноватости, удается дифференцировать и картировать три отдельных тонких пласта – коллекторы с разуплотненными свойствами внутри интервала пород между опорными отражающими горизонтами, который считается и по волновой картине выглядит однородным. Также в этом интервале на участке горизонтальной скважины с аварийным динамическим газовыделением повышенными значениями эффективного параметра выявлена яркая зона трещиноватости, ненаблюдаемая как на временном кубе, так и на кубах других традиционных атрибутов.

Ключевые слова: динамический анализ, амплитудные и спектральные характеристики, эффективный параметр вероятности наличия трещин, трещинный тип коллектора.

Введение

Данные сейсморазведки МОВ ОГТ используются для определения не только структурного строения геосреды, но на основе динамических особенностей отражений прогнозируются петрофизические характеристики полезного ископаемого, коллекторов и системы микро- и макротрещиноватости. Для нефтяных компаний важнейшими вопросами поиска и освоения залежей нефти в трещиноватых коллекторах является создание методологии и технологий «прямого» прогнозирования коллекторов методами сейсморазведки. Задача определения вектора поисковых признаков в полях отраженных продольных волн является не простой в силу многофакторного влияния на динамические параметры [1-4], а также их меньшей устойчивости по сравнению с кинематическими параметрами к условиям приема и обработки сигнала. В этом направлении нами осуществлялся детальный поиск наиболее информативных и устойчивых динамических параметров из всего их многообразия, исследовались их поведение и степень чувствительности в зависимости от параметров трещиноватости [5-6].

Методика распознавания трещиноватых сред

В основу предлагаемой методики распознавания трещиноватых сред, разработанной ГИ УрО РАН, положен подход динамического анализа поля отраженных продольных волн [5-8]. Данный подход базируется на совместном анализе комплектов динамических параметров продольных отраженных волн. Исследования изменчивости этих параметров проводилось с помощью методов имитационного математического моделирования синтетических волновых полей для множества 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 разноориентированных трещин. Изучение динамических параметров проводилось также методами физического моделирования: на образцах естественных горных пород – параллелепипедах 30×20×10 см, осуществлялась полевая система наблюдений МОГТ. Система наблюдений 3-D осуществлялась на физической модели из искусственных материалов, в которой из тонких эпоксидных листов имитировался слой вертикальных трещин. Данный слой явился объектом наших исследований. Данная физическая модель выполнена и установлена в Китайском университете нефти, сейсмические данные по этой модели переданы нам Британской геологической службой (British Geological Survey (BGS)) в рамках Договора о международном совместном научном сотрудничестве между Горным институтом УрО РАН и Британской геологической службой [6]. В результате работ по исследованию связей «динамические параметры – параметры трещиноватости» установлены поисковые признаки для трещиноватых объектов в динамических параметрах отраженных продольных волн. На базе векторов идентификационных, поисковых признаков трещиноватых сред, различающихся внутренней структурой, формируется эффективный параметр, оценивающий вероятность наличия трещиноватого объекта [5-6].

Применение методики для выделения трещиноватых коллекторов на шельфе в Прикаспийской нефтегазовой провинции

С целью исследований возможностей методики распознавания трещиноватых сред и оценки получаемой дополнительной информации о разрывных нарушениях она была апробирована на данных сейсморазведки 3-D на месторождении углеводородов в пределах акватории северного сектора Каспийского моря. Анализ результатов позволяет глубже понять связи между эффективными параметрами волнового поля, использу-

мыми при интерпретации, и фильтрационно-емкостными параметрами резервуара. Существенной информацией, которая волнует специалистов данного месторождения по прогнозу нефтегазоносности, явились, например, следующие результаты применения данной методики.

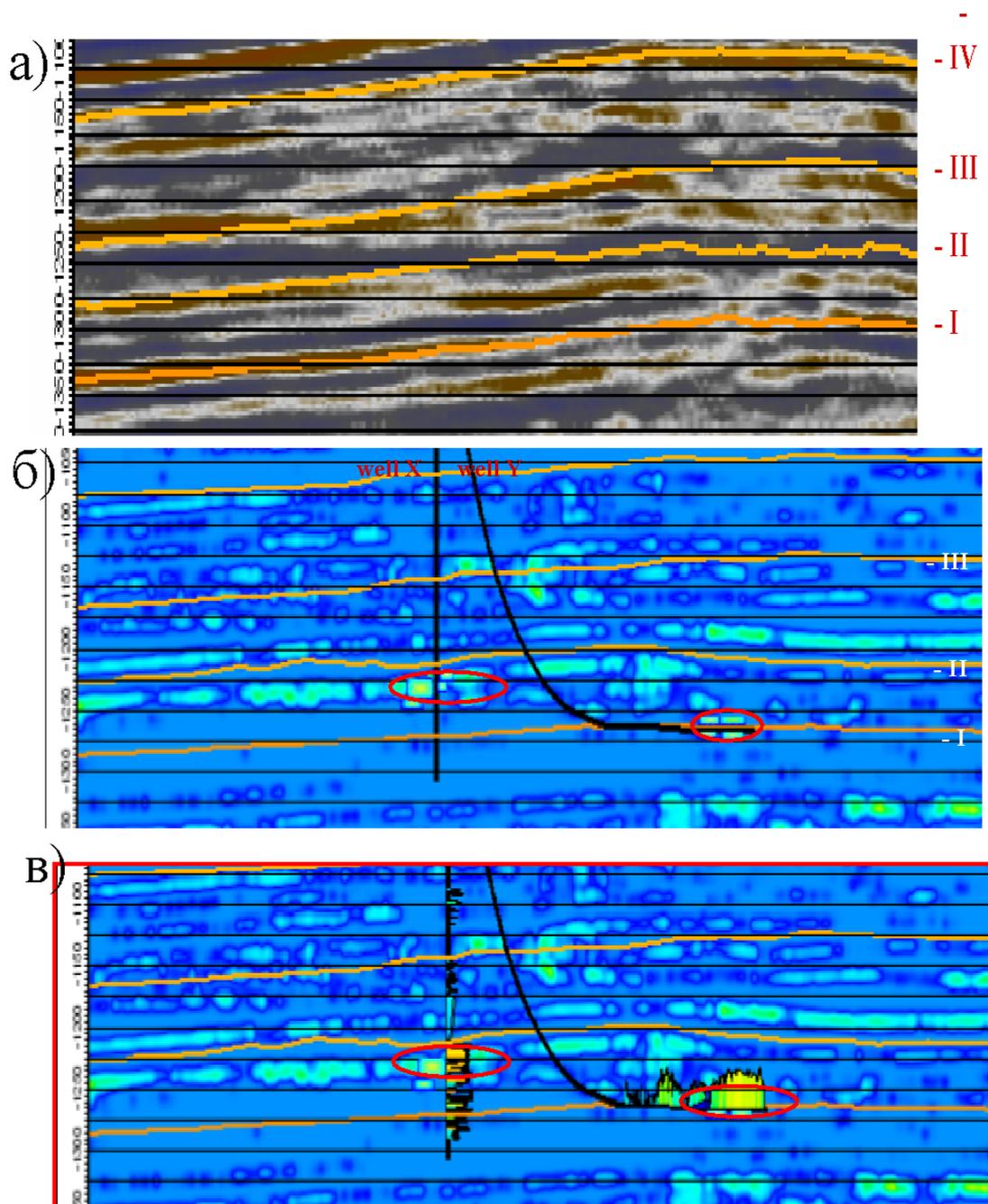


Рис. 1. Временной разрез а), разрез эффективного параметра, оценивающего вероятность наличия трещиноватых зон б), разрез с изображением диаграмм проницаемости в)

На рисунке 1а представлен временной разрез ОГТ, извлеченный из временного куба, полученного по традиционной технологии обработки данных сейсморазведки 3-D. На рисунке 1б – разрез 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 трещиноватые зоны, через которые прошли пробуренные вертикальная и горизонтальная скважины, выделенные на рисунке овалами. На этих же участках в пробуренных скважинах отмечается повышенная проницаемость, определенная по результатам гидродинамических исследований в скважинах (рис. 1в). Горизонтальная скважина бурилась на эксплуатацию терригенных отложений, с которыми связаны коллекторы – песчаники. При проходке на одном из горизонтальных участков скважина попала в зону улучшенных коллекторских свойств с высокой проницаемостью. На этом участке произошло динамическое явление – резкое повышенное газовыделение, потребовавшее проведения тампонажных работ и повлекшее потерю бурового инструмента. На разрезах эффективного параметра, оценивающего вероятность наличия трещиноватости, данный участок выражается повышенными значениями.

Кроме того, по данным бурения пласт терригенных неокотских пород представляет собой пачку переслаивающихся трех пластов песчаников и глинистых перемычек. Однако считается, что глины здесь не являются крышками, и весь пласт рассматривается как единый резервуар. На временных разрезах (кубах) данный пласт, так же как и на участке скважины, где произошло аварийное динамическое газовыделение, на волновой картине выглядит однородным. В то же время на разрезах эффективного параметра, оценивающего вероятность наличия трещиноватости, данный интервал пород между отражающими горизонтами дифференцируются на отдельные три пласта с разуплотненными свойствами. Сведения о таких зонах являются для нефтяников весьма существенной информацией о флюидопродоящих каналах – основы фильтрационной модели резервуара, а также для проектирования горизонтальных скважин и других элементов разработки.

Информация, извлеченная таким образом, может быть использована и в любых других условиях для решения задач повышенной сложности.

Выводы

Результаты применения данной методики позволили выявить и закартировать зоны развития трещин. Подход, положенный в основу методики распознавания трещинных сред, базирующейся на совместном анализе комплекса динамических параметров отраженных продольных волн, позволяет выявить и пространственно картировать местоположение трещиноватых объектов непосредственно, «напрямую».

Благодарности

Автор приносит благодарность заместителю начальника отдела «Прогнозирование нефтегазоносности и ГРП» Филиала ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «Волгоград-НИПИморнефть» Поповой П.Ф. А также ведущему специалисту этого же отдела Булевой Н.В. за интерес, проявленный к нашим работам и предоставленную возможность использования данных 3-D сейсморазведки. Благодарю за квалификационную помощь в обработке и интерпретации временного куба данных, дискуссии и обсуждения результатов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ампилов Ю.П. Сейсмическая интерпретация: опыт и проблемы. – М.: «Геоинформмарк, 2004. – 276 с.: ил.
2. 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.

3. Методические рекомендации по использованию данных сейсморазведки для подсчета запасов углеводородов в условиях карбонатных пород с пористостью трещинно-кавернового типа / Левянт В.Б. [и др.]; ОАО «ЦГЭ». – М., 2010. – 249 с.: ил.
4. Спасский Б.А., Герасимова И. Ю. Сейсмостратиграфия: учеб.-метод. пособие. – Пермь: Изд-во ПГУ, 2007. – 245 с.: ил.
5. Семерикова И.И. Методика распознавания трещиноватых сред в полях отраженных волн для прогноза коллекторов углеводородов // Экспозиция Нефть Газ. – 2015. – № 6 (45). – С. 44-48.
6. Semerikova I.I., Evans J.R., Booth D.C., Dai H., Blinova T.S. 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. – V. 12, № 5. October. – DOI: 10.2202012ES000523.
7. Semerikova I.I. Technique for Recognizing of Fractured Zones Based on the Analysis of Amplitude and Frequency Attributes of the P-P Reflections // 74th European Association of Geoscientists and Engineers Conference and Exhibition 2012 Incorporating SPE EUROPEC 2012: Responsibly Securing Natural Resources. – Copenhagen, Denmark, 2012. – W044.
8. Semerikova I. Studies of the spectral characteristics of reflected seismic waves recorded in earth with scattering heterogeneity // Geomodel 2019 – 21st Conference on Oil and Gas Geological Exploration and Development. – Gelendzhik, 2019. – DOI: 10.3997/2214-4609.201950144.

УДК 550.832.4

DOI:10.7242/echo.2022.4.16

ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ ПРОГНОЗ УПРУГИХ СВОЙСТВ СОЛЯНОЙ ЧАСТИ РАЗРЕЗА ТЮБЕГАТАНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НА СУЩЕСТВУЮЩЕМ УРОВНЕ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

А.Б. Трапезникова, А.В. Нежданов
Горный институт УрО РАН, г. Пермь

Аннотация: В рамках работы выполнен пространственный прогноз упругих свойств соляной части разреза Тюбегатанского месторождения калийных солей по имеющимся материалам. По результатам прогноза упругих свойств и геологической информации локализованы прогнозируемые по особенностям геологического строения и распределения физических свойств аномальные зоны.

При формировании модели учитывались геолого-геофизические данные, полученные при разведке месторождения и его последующей эксплуатации, которые в основном включали результаты геофизических исследований скважин, геологического опробования и физико-механические исследования.

Ключевые слова: геофизические исследования скважин (ГИС), прогноз упругих свойств, уравнение Гарднера-Канстаньи.

Введение

В тектоническом отношении Тюбегатанское месторождение калийных солей расположено в юго-западных отрогах Гиссарского хребта, являющегося юго-западным ответвлением Тянь-Шаньской горной системы.

В геологическом строении месторождения принимают участие осадочные породы юрской, меловой, неогеновой и четвертичной систем. Продуктивные отложения относятся к галитовой подсвете гаурдакской свиты титонского яруса. В пределах центральной части месторождения отложения галитовой подсветы не обнажаются, но вскрыты скважинами на всей площади месторождения. Галитовая подсвета делится на нижнюю (некалиеносную) и верхнюю (калиеносную) пачки. Нижняя пачка делится на два горизонта. Нижний горизонт сложен светло- и темно-серой каменной солью. Верхний горизонт сложен розовой крупнокристаллической каменной солью с включениями и прожилками ангидрита и карбонатной глины.