

ОТЗЫВ

Официального оппонента Приезжева И.И. на диссертацию Амани Мангуа Марка Марсьяля «ВОЗМОЖНОСТИ СЕЙСМИЧЕСКИХ АТТРИБУТОВ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И ИЗУЧЕНИЯ СОСТОЯНИЯ ТРЕЩИНОВАТЫХ КОЛЛЕКТОРОВ НА ПРИМЕРЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.10 – Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых.

Актуальность темы диссертации

Актуальность представленной диссертации определяется ее направленностью на повышение эффективности разработки месторождений нефти в юрских терригенных отложениях Западной Сибири с учетом наличия трещиноватых коллекторов. Такие отложения считаются очень сложными для разработки и достоверные прогнозные построения коллекторских свойств на основе данных сейсморазведки реально помогают для построения эффективных схем разбуривания.

Объектом исследований является возможность использования сейсмических атрибутов для выявления трещиноватых коллекторов и **целью исследований** автора являются разработка методов использования атрибутивного анализа для прогноза коллекторских свойств изучаемых геологических формаций.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Рассмотрим защищаемые в работе положения.

Защищаемое положение №1. Сейсмические атрибуты, зоны повышенной трещиноватости и напряженных состояний коллекторов трещинно-кавернозных типов взаимосвязаны между собой. Анализ сейсмических атрибутов позволил построить априорные модели трещиноватости пород верхнеюрских отложений, изучать состояние трещиноватых коллекторов. В работе показано множество примеров по выделению зон трещиноватости по сейсмическим атрибутам, включая атрибуты, предложенные автором.

Защищаемое положение №2. Канонический анализ является альтернативным подходом и позволяет выбрать информативные сейсмические атрибуты для прогноза ФЕС трещиноватых пластов-коллекторов. При использовании канонического анализа был спрогнозирован ФЕС трещиноватых пластов-коллекторов между скважинами пространства.

Автор показал эффективность канонического анализа для определения эффективных атрибутов для прогноза петрофизических параметров и оценки их достоверности.

Защищаемое положение №3. Форма отражённой волны, извлечённая из сейсмической записи, несёт в себе интегральную характеристику геологической среды. Соответственно, изучение изменения формы волны по вертикали и латерали, дало нам возможность картировать зоны с интенсивностью проявления тектонических деформаций и повышения трещиноватости. Для получения интегральной характеристики пласта эффективность предложенной технологии по изучению изменения формы отраженной волны показана на практических примерах и сравнением с другими приемами на основе традиционных технологий.

Таким образом, защищаемые положения обоснованы. Все выводы и рекомендации получены лично автором.

Достоверность и новизна исследования, полученных результатов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Достоверность полученных результатов и новизна исследование подтверждена на основе решения практических задач по интерпретации сейсмических данных совместно с данными исследований в скважинах.

Значимость полученных технологий для науки и практики

Предложенные автором методы исследования трещиноватых коллекторов могут быть применены к аналогичным пластам в других регионах.

Работа состоит из введения, четырех глав и заключения, 147 источников, включая восемь работ автора.

В первой главе диссертации исследуются возможности геофизических методов использования данных сейсморазведки и исследований в скважинах для прогноза трещиноватости горных пород. В этой главе, на основе обзора большого количества источников, приводятся: определение трещиноватости, типы трещин, их связь с осадконакоплением или с тектоникой и возможные пути её возникновения в горных породах. Рассмотрены стадии деформационных изменений в горных породах в процессе возникновения разломов и трещин под воздействием тектонических напряжений. Детально рассмотрены возможности по выделению зон трещиноватости на основе методов исследования керна, различных методов геофизических исследований в скважинах и сейсмических методов. Здесь рассматриваются различные способы оценки наличия трещиноватости на основе исследований керна. Кроме этого автор детально рассматривает

возможности различных методов ГИС, включая различные микроимиджеры, для определения параметров трещиноватости. Далее анализируются различные сейсмические атрибуты по выделению разломов и зон трещиноватости, и в выводах по данной главе подчёркивается перспективность комплексирования этих атрибутов. В качестве небольшого **замечания** отметим, что в алгоритме Ant-Tracking используются только имитация поведения муравьев при поиске пищи и этот алгоритм не основан на использовании нейронных сетей, как утверждает автор. В качестве других **замечаний** нужно отметить, что автор не упомянул новейшие методы выделения разломов и зон трещиноватости на основе фрактальных преобразований (Масюков В.В.), на основе алгоритма DTW variance для сравнения формы двух соседних трасс (Приезжев И.И.), алгоритма имитации возникновения разломов Faults Simulation как аналога Ant-Tracking (Приезжев И.И.) и методы миграции дуплексных волн (Хромова И.Ю). Также возможно очень хорошо выделять разломы и зоны трещиноватости на основе новейшей технологии eXchromaSG (плагин Petrel) и с использования нейронных сетей для прогноза трещиноватости на основе выявления сложных связей скважинных данных и сейсмического поля. Хотя нужно отметить, что количество публикаций по поводу выделения зон трещиноватости с использованием данных сейсморазведки растет очень быстро и ориентироваться в этой массе публикаций очень сложно.

Во **второй** главе автор анализирует возможности геометрических сейсмических атрибутов для выделения зон трещиноватости. В начале главы детально описана геолого-геофизическая характеристика района исследований с описанием целевых геологических формаций и их возможных связей с сейсмическими атрибутами. Дополнительно приводится классификация сейсмических атрибутов, хотя, по нашему мнению, такая классификация должна быть в первой главе. Скорее всего, автор приводит эту классификацию применительно к выделению зон трещиноватости в данном районе. Показаны возможности геометрических атрибутов для прогноза трещиноватости с применением комплексирования атрибутов хауса, кривизны и когерентности. Показан интересный авторский подход по выявлению зон нарушения когерентности на основе анализа изменения наклона элементарных площадок отражения сейсмических волн. Приводится детальное математическое объяснение такого анализа. Изменение наклона элементарных площадок автор предлагает исследовать как по горизонтали, так и по вертикали с применением нескольких критериев нарушения когерентности. Показаны примеры эффективности таких атрибутов и их сравнение с традиционными атрибутами. Приводятся карты с результатами применения прослеживания разломов и зон трещиноватости на основе Ant-Tracking по

атрибутам Chaos и Variance. Эти карты автор использовал как базовые (априорные) для выделения трещиноватости по изучаемому участку. Далее в работе приводятся и анализируются различные подходы к изучению подобия формы соседних трасс на основе вычисления корреляции или мер расстояния. Автор предлагает использовать новый сейсмический атрибут Form Similarity Function в виде экспоненты с использованием Манхэттенского расстояния. В работе рассматривается его детальное математическое описание и алгоритм вычисления данного атрибута. Также приводятся результаты его применения для анализа изучаемых пластов и сравнение с различными атрибутами и с сейсмодатасетами. Показана эффективность такого подхода для выявления параметров коллектора, связанного с трещиноватостью.

В качестве совета для будущих исследований автора хочу обратить его внимание на хорошо известный алгоритм DTW (dynamic time warping - алгоритм динамической трансформации временной шкалы), применяемый с 60 годов прошлого столетия и позволяющий оптимально получить смещения между двумя трассами (см. рисунок 1).

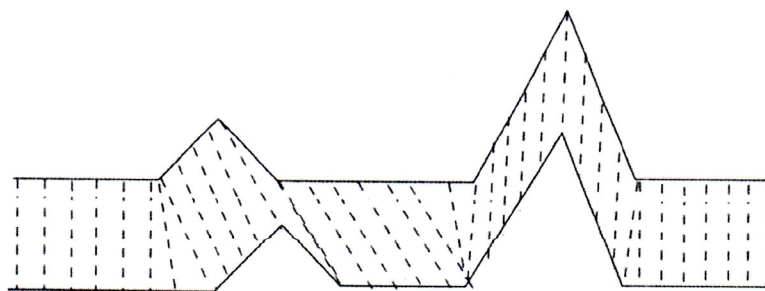


Рисунок 1. Результат работы алгоритма DTW (рисунок из Википедии).

В третьей главе автор описывает способы использования сейсмических атрибутов для прогноза эффективных параметров, изучаемого пласта на основе выявления статистических связей с параметрами пласта по скважинным данным. Автор детально анализирует геологическое строение изучаемого участка с описанием типа коллекторов, которые могут быть связаны с трещиноватостью в зонах тектонических растяжений. В данной главе автор использовал пакет Статистика, который широко используется для решения самых различных задач по статистическому анализу данных. Автор в основном следует Методическим рекомендациям, принятыми в отрасли, и выполняет анализ связи множества (200) различных сейсмических атрибутов с петрофизическими параметрами (например - эффективными толщами) изучаемых пластов по данным одиннадцати скважин.

Для выявления таких связей автор использовал метод канонического анализа на основе анализа корреляционных связей сейсмических атрибутов и петрофизического параметра с вычислением собственных векторов и собственных значений корреляционной матрицы, предварительно убрав из анализа сильно картирующиеся атрибуты. Такое разложение можно использовать для выявления скрытых связей изучаемого петрофизического параметра с несколькими сейсмическими атрибутами на основе анализа собственных векторов и собственных значений. В результате такого анализа автор выбрал сейсмический атрибут *average energy sweetness*, который имеет максимальную корреляцию (0.7) с эффективными толщинами. На основе этого атрибута построена прогнозная карта эффективных толщин и оценена неопределённость этой карты, которая оценивается как допустимая в соответствии с действующими Методическими рекомендациями. **В качестве замечания** к данной главе можно высказать следующее. Непонятно, как были использованы результаты канонического анализа для выбора сейсмических атрибутов и анализа неопределенности. По тексту выбор сейсмического атрибута *average energy sweetness* был сделан только на основе максимального коэффициента корреляции. Также в подписях к таблицам 3.2 - 3.5 и при объяснении этих таблиц в тексте работы непонятны обозначенные сейсмические атрибуты V1, V2.... Непонятно какие это атрибуты, но по смыслу можно догадаться что это собственные вектора корреляционной матрицы. Эти замечания можно отнести к оформительским недостаткам работы. Кроме этого, я могу **посоветовать** автору в его будущих исследованиях шире использовать современные нейросетевые технологии для изучения связей параметров трещиноватости по керновым исследованиям и измерений в скважинах и дальнейшего их использования при прогнозе продуктивности пласта.

В четвертой главе автор анализирует возможность применения атрибутного анализа для прогноза зон АВПД в изучаемых пластах и возможную природу возникновения зон повышенного пластового давления на основе различных точек зрения. Также автор приводит пример известных зон АВПД и демонстрирует связь с распределением известных сейсмических атрибутов. Поскольку на картах атрибутов не показаны возможные прогнозные контуры зон АВПД, то это затрудняет понимание информативности предлагаемых атрибутов для прогноза АВПД.

Заключение

Нужно отметить профессионализм автора по анализу сейсмических атрибутов и выявление скрытых неочевидных связей с трещиноватыми зона пласта, которые имеют

непосредственную связь с качеством коллекторских свойств. Это характеризует его как зрелого исследователя и его возможности по решению сложных практических задач.

Несмотря на высказанные выше замечания, которые имеют редакционный характер и рекомендаций для будущих исследований, диссертация Амани Мангуа Марка Марсыяля «Возможности сейсмических атрибутов для прогнозирования и изучения состояния трещиноватых коллекторов на примере месторождений углеводородов Западной Сибири», представляет законченную научно-исследовательскую работу, выполненную на высоком научном уровне и соответствует всем требованиям, установленным Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842 (п. 9-12) «О порядке присуждения ученых степеней», (вместе с «Положением о присуждении ученых степеней») (ред. От 01.10.2018 г, с изм. от 26.05.2020).

Автор диссертации Амани Мангуа Марк Марсыяль, заслуживает ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.10 – Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых.

Официальный оппонент:

Доктор технических наук (25.00.10 – Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых), профессор кафедры разведочной геофизики и компьютерных систем ФГАОУ ВО «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина»



Приезжев Иван Иванович

Я, Приезжев Иван Иванович, даю свое согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Контактные данные:

Адрес: 119991, Москва, Ленинский пр-т, 65,
РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина
Телефон: +7 916 153 9416
E-mail: ivanpriezz@gmail.com, Priezzhev.i@gubkin.ru

Подпись Приезжева Ивана Ивановича заверяю:

«__» января 2022 г.

