

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию **Амани Мангуа Марк Марсьяль**
«Возможности сейсмических атрибутов 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.

Диссертационная работа М.М.М. Амани включает в себя результаты выполненных автором исследований по применению статистических методов для решения задачи прогнозирования трещинно-кавернозных коллекторов. Решение задачи осуществляется на основе формирования оптимального набора атрибутов. При анализе выделенного множества атрибутов определяются возможные связи с параметрами разреза и фильтрационно-емкостными свойствами (ФЕС) коллекторов. Полученная информация позволяет охарактеризовать трещиноватые свойства целенного объекта, в частности, преобладающее направление трещин, что позволяет рассчитать траекторию оптимального бурения. Полученные с помощью созданной методики результаты способствуют построению корректной геологической модели для районов с нарушенными прочностными и деформационными свойствами пород, что демонстрируется на месторождениях Томской области.

Актуальность темы диссертации и решаемой автором задачи не вызывает сомнений, поскольку атрибутивный анализ широко распространен в современных сейсмических исследованиях и, в частности, при изучении трещиноватых объектов. Важными аспектами здесь являются определение информативности различных атрибутов при решении различных задач и поиск оптимальных наборов атрибутов, обеспечивающих эффективное решение конкретной геологической задачи. Выполненные автором исследования и разработки играют важную роль как с точки зрения развития теоретических основ атрибутивного анализа, так и его практического

использования, созданных на их основе компьютерных программ и полученных с их помощью практических результатов обработки сейсмических данных.

Научная новизна выполненных автором исследований сформулирована в 4-х положениях. Помимо важных новых решений, найденных автором именно в области сейсмического метода разведки, особого внимания заслуживает разработанная им новая технология, основанная на анализе изменчивости формы сейсмического поля и его атрибутов, для прогноза и оценки ФЕС на вероятностно-статистической базе, а также выполненный им канонический анализ сейсмических атрибутов применительно к решению геологических задач. Результаты этих исследований позволяют значительно повысить достоверность выбора сейсмических атрибутов, используемых для прогноза вероятности (тренда) изменения петрофизических свойств при геологическом (стохастическом) моделировании.

Практическая значимость работы продемонстрирована на одном из месторождений Томской области, где было выполнено комплексирование множественного анализа сейсмических атрибутов для прогноза ФЕС трещинно-кавернозных коллекторов, а также применение комплексирования данных сейсморазведки, ГИС и ГДИС позволило выполнить прогнозирование зон АВПД для оценки продуктивности пластов. Результаты прогнозирования были подтверждены 11-ю скважинами.

Структура работы

Диссертационная работа представлена на 137 страницах и состоит из введения, 4 глав, заключения и списка литературы, включающего 147 наименований.

Основные результаты работы с достаточной полнотой отражены в автореферате диссертации.

Введение содержит рекомендованные ВАК основные разделы, в числе которых: актуальность темы исследований, степень разработанности темы, цели и задачи исследований с указанием этапов решения, научная новизна выполненных исследований, теоретическая и практическая значимость работы, методы

исследования, положения, выносимые на защиту, степень достоверности и апробация результатов, указан личный вклад автора.

Глава 1 содержит сведения о различной природе и типах трещин с анализом в различиях позиций исследователей на проблему образования и развития трещин. При этом анализируется очень важный вопрос о связи трещин с разломами. Выполненный анализ необходим для разработки новых методов и алгоритмов интерпретации сейсмических атрибутов, а также получения на их основе прогнозных значений ФЕС, которые представлены в 3-ей главе. Очень подробно рассматриваются различные методы геофизических исследований скважин (ГИС). Значительное разнообразие применяемых методов ГИС позволяет сделать автору важный вывод об отсутствии монометода, позволяющего однозначно оценивать характеристики трещиноватости в гетерогенной геологической среде. Следствием этого вывода является требование о комплексировании методов для повышения эффективности решения задачи прогнозирования трещинно-кавернозных коллекторов. Большое внимание в 1-ой главе автор уделяет понятию «атрибут», а также значительному разнообразию определенных ранее сейсмических атрибутов. Из этого разнообразия автором выделяется группа геометрических атрибутов, которые позволяют сформировать признаки повышения трещиноватости в определенных областях среды. Опираясь на полученный ранее вывод, автор приходит к идее комплексного использования нескольких сейсмических атрибутов, которые могут обеспечить получение информации о трещиноватости независимо друг от друга. Такой подход позволяет значительно повысить достоверность получаемых результатов с одновременным повышением их детальности. Очевидно, что любое комплексное использование нескольких параметров, включая и атрибуты, требует выполнения дополнительных исследований, особенно, учитывая малую степень изученности и проработки методики комплексирования сейсмических атрибутов. Соответствующие исследования изложены в последующих главах диссертационной работы.

В **Главе 2** продолжено углубленное исследование сейсмических атрибутов, которые могут быть применены для определения структуры трещиноватости целевых геологических и нефтепромысловых объектов. Особое внимание

уделяется трем геометрическим атрибутам: «кривизна», «хаос», «когерентность». Исследование проводится на теоретическом уровне с целью расширения возможностей атрибутов при интерпретации результатов 3D сейсмики, но с практической ориентацией на конкретные объекты, расположенные в Томской области. Поэтому в главе приводятся описания тектонических, стратиграфических, структурных особенностей строения соответствующей части Западной Сибири. Особое внимание уделяется горизонтам юрского структурного яруса осадочного чехла, которые являлись основными целевыми объектами. При анализе трех указанных атрибутов автор приводит достаточно известные факты, что понижение величины атрибута «когерентность» свидетельствует о быстром изменении формы сигнала в пространстве, а изменение величины атрибута «кривизна» может являться мерой структурной деформации горизонта. Менее тривиальным представляется анализ атрибута «хаос», который является гибридным атрибутом, направленным на выделение зон «разупорядоченности» элементов среды. По заключению автора этот атрибут представляется основным и наиболее информативным при анализе трещиноватости. Комплексирование всех трех атрибутов увеличивает достоверность получаемых результатов.

Глава 3 посвящена разработке процедуры выбора наиболее эффективных атрибутов, а также технологии их автоматического анализа. Эти исследования и построения опираются на статистические методы, реализованные в программном пакете Statistica, которые адаптируются для получения оценок сейсмических атрибутов, с последующим их использованием для прогнозирования ФЕС коллекторов. Объединение комплекса геометрических атрибутов с широко распространенными динамическими атрибутами при прогнозе ФЕС коллекторов обеспечивает высокую достоверность, что подтверждается результатами бурения. Полученные результаты можно рассматривать как пример эффективности установления связей между свойствами среды и сейсмическими атрибутами, что обеспечивает возможности прямого прогноза ФЕС по сейсморазведочным данным. Кроме того, применение предлагаемой технологии для изучения одного из месторождений в Томской области показало, что использование атрибутов для изучения мест с нарушенными прочностными и деформационными свойствами

пород оказалось наиболее важным для получения более достоверных сведений о геологической среде.

Глава 4 посвящена разработке еще одного приложения комплексного использования сейсмических атрибутов при решении актуальной геологической задачи прогнозирования областей с аномально высокими пластовыми давлениями (АВПД). Как и в предыдущих главах автор совмещает методические разработки с их практической реализацией, выполненной на материалах, полученных в районе Мыльджинского месторождения, имеющего сложное геологическое строение. Учитывая специфику месторождения и поставленную задачу, автор применяет наиболее эффективный набор атрибутов. В него входят: относительный акустический импеданс, пороговое значение амплитуды, затухание амплитуды сигнала, а также атрибуты, связанные с преобразованием Гильберта (мгновенная частота, мгновенная фаза, мгновенное качество). Последний из атрибутов, связанных с преобразованием Гильберта, является наименее известных и носит интегральный характер. Он вбирает в себя изменения сейсмического сигнала, вызванные искажением фронта волны, коэффициентами отражения и преломления, потерями энергии из-за неупругости среды, наличием эффектов «внутреннего трения» и многое другое. Комплекс этих атрибутов позволил повысить надежность определения зон АВПД.

Замечания

1. На стр.42 указано «... с ненормальным поведением параметра J ». Что означает ненормальность поведения указанного параметра?
2. В выражения на стр.57 и стр.120 приводится величина вероятности $p_{\min}$, но не указывается, как она определяется.
3. В тексте не указано, с помощью каких программных средств определялись атрибуты, связанные с преобразованием Гильберта.
4. В выводах к главе 3 указано: «... можно утверждать, что детально характеризовать трещиноватый резервуар можно по результатам анализа сейсмических атрибутов.» В то же время в заключении работы имеется фраза: «... в сейсмическом сигнале отражение находят лишь системы

трещин». Тогда возникает вопрос о степени детальности охарактеризования трещиноватого резервуара и к чему эта детальность может относиться.

5. В главе 4 не приведена оценка точности определения зон АВПД.
6. В тексте имеются небрежности в употреблении некоторых выражений. Например, на стр.103: «степень влияния сейсмических атрибутов на фильтрационно-емкостные свойства» или «не выбор отдельных СА, а их совместная изменчивость и взаимное влияние на петрофизические параметры». Дело в том, что атрибуты не могут влиять на ФЕС и параметры среды. Они могут влиять на оценки этих величин и точность их прогноза.

Общая оценка работы

Диссертационная работа Амани Мангуа Марк Марсьяль на соискание ученой степени кандидата технических наук является завершенной научно-квалификационной работой, обладающей научной новизной и внутренним единством, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны алгоритмы, методические положения и технологические схемы, совокупность которых можно квалифицировать как решение **важной научной задачи**, что соответствует пунктам 14 и 16 паспорта специальности «25.00.10 – Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых» и требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 года. Автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.10 – Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых.

Ведущий научный сотрудник Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН,

доктор физико-математических наук, доцент

Митрофанов Георгий Михайлович, тел. +7 (913) 707-09-66,

E-mail: MitrofanovGM@ipgg.sbras.ru

Факс: (383) 330-28-07; e-mail: ipgg@ipgg.sbras.ru

Я, Митрофанов Георгий Михайлович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Г.М. Митрофанов

02.02.2022 года

Подпись Митрофанова Г..М. заверяю:



Сергей Сергеевич
Колесников