

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Козяева Андрея Александровича
«Выделение повышенной кавернозности в карбонатных отложениях путем
комплексирования данных ГИС и азимутальных характеристик рассеянных
сейсмических волн на примере рифейского коллектора Юрубчено-Тохомского
месторождения»

представленную на соискание ученой степени кандидата геолого-
минералогических наук

по специальности «1.6.9 – геофизика»

Диссертация Козяева А.А. представляет собой законченное научное исследование в области геофизики и посвящена изучению методов прогноза кавернозности горных пород за счёт комплексирования данных ГИС и характеристик рассеянных сейсмических волн. Исследования выполнены на примере Юрубчено-Тохомского месторождения.

Актуальность работы определяется возрастающей ролью месторождений с карбонатным типом коллектора в структуре запасов и добычи нефти и газа в России. Практическая актуальность также обусловлена необходимостью поиска и разработки инструментов прогноза геологических свойств карбонатных пород для снижения неопределенности в оценке потенциала разработки. Особенно остро эта задача стоит при прогнозировании свойств трещинно-кавернозных пород, в виду их высокой гетерогенности и анизотропии свойств.

Объектом исследования в работе являются карбонатные осадочные горные породы. Предметом исследования выступает возможность прогноза зон повышенной кавернозности в таких породах при помощи методов сейсморазведки. Соответственно, основная **цель исследований**, поставленная соискателем, заключается в обеспечении геологического обоснования оптимального освоения месторождений углеводородов, приуроченных к карбонатным породам, путем создания и внедрения методики выделения зон повышенной кавернозности карбонатных отложений по данным ГИС и 3D сейсморазведки на основе построения азимутального распределения рассеянных волн.

В качестве основных задач исследования в работе обозначены:

- Определить роль повышенной кавернозности в освоении пробуренных

эксплуатационных скважин;

- Разработать методику выделения повышенной кавернозности карбонатных отложений на основе комплексирования данных ГИС и 3D сейсморазведки.

Сформулированные задачи исследований являются значимыми и актуальными для обеспечения оптимальной разведки и разработки месторождений с карбонатным трещинно-кавернозным типом коллектора.

Полученные результаты обеспечивают полное достижение поставленной цели, за счёт получения количественного прогноза распространения интервалов повышенной кавернозности, по данным ГИС и 3D сейсморазведки, а также определения влияния наличия кавернозности в разрезе пласта на показатели разработки.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы из 113 наименований.

Во введении автором определен объект исследования обоснована актуальность, поставлены цели и научные задачи, представлена методология исследований, сформулирована научная новизна защищаемых результатов, а также указаны их теоретическая и практическая значимость.

В **первой главе** диссертации соискателем приведен обстоятельный обзор известных решений поставленной научной задачи на основе опубликованных работ, рассмотрены основные методики обработки и интерпретации данных сейсморазведки, направленные на выделение кавернозности и трещиноватости. Результатом рассмотрения преимуществ и недостатков известных методик, является вывод о невозможности отдельного прогнозирования кавернозности и трещиноватости. Данный тезис выступает обоснованием исследования и его актуальности.

Во **второй главе** диссертационной работы рассматриваются предпосылки, методика и результаты выделения интервалов повышенной кавернозности по данным ГИС, что является составной частью второй научной задачи.

Соискателем установлено, что наиболее точные результаты выделения интервалов повышенной кавернозности получены в результате интерпретации изображений пластовых микросканеров (UBI и FMI). Для скважин, не изученных пластовыми микросканерами использовалась отсечка по значениям общей

пористости более 6%, обоснованная статистическим анализом данных керна и результатов интерпретации ГИС.

Описанные результаты интерпретации данных ГИС использовались в дальнейшем для оценки влияния кавернозности на характеристики разработки месторождения.

В **третьей главе** диссертации предлагается решение первой научной задачи – определение роли повышенной кавернозности в освоении пробуренных эксплуатационных скважин. Разделение пород на разные типы выполнено на основании классификации трещинных резервуаров Р.А. Нельсона, что позволяет опираться не только на фактические выводы, но и учесть мировые аналоги.

Анализ модифицированного графика K_p - $K_{пр}$, построенного по фактическим данным полученным на Юрубчено-Тохомском месторождении, показал, что скважины вскрывшие интервалы повышенной кавернозности и не вскрывшие, во-первых, находятся на этом графике в разных областях, во-вторых, эти области соответствуют разным типам коллекторов по классификации Р.А. Нельсона.

Анализ стартовых значений и динамики роста обводнённости и газового фактора в зависимости от вскрытия интервалов кавернозности, показал, что скважины быстрее обводняются и имеют относительно высокие показатели обводнённости на старте, если в разрезе не зафиксированы интервалы повышенной кавернозности.

Оптимальность и обоснованность полученных решений подтверждается согласованностью с влиянием типов коллекторов по Р.А. Нельсону на показатели разработки.

В **четвёртой главе** диссертации соискателем в полной мере решается вторая научная задача - разработана методика выделения повышенной кавернозности карбонатных отложений на основе комплексирования данных ГИС и 3D сейсморазведки.

В результате проведенного исследования установлено, что наиболее эффективным инструментом для разделения энергии рассеянных волн на сформированную от скопления трещин и кавернозного пласта будет аспектное отношение рассеяния (АОР). Данный тезис подтверждается результатами численного моделирования, выполненного соискателем. Необходимо отметить, что

использование моделирования является сильной стороной проведенного исследования.

На основании полученных результатов, сделан обоснованный вывод, что высокие значения АОР (стремятся к единице) характерны для кавернозной структуры пустотного пространства карбонатных коллекторов, в то время как близкие к нулю значения АОР являются признаком трещинного коллектора. Таким образом, разработанная методика позволяет разделить трещиноватые и кавернозные интервалы по значению предлагаемого параметра АОР.

Куб аспектного отношения рассеяния в комплексе с энергией рассеянных волн и результатами интерпретации ГИС (пластовые микросканеры) использованы для прогноза интервалов повышенной кавернозности. В результате анализа установлена прямая, линейная взаимосвязь между долей интервалов повышенной кавернозности в разрезе и комплексным сейсмическим параметром, с коэффициентом аппроксимации, равным 0,8. Используя полученное уравнение регрессии и комплексный сейсмический атрибут была построена прогнозная карта доли повышенной кавернозности в продуктивной части рифейского коллектора.

Необходимо отметить внутреннее единство, грамотность и продуманность структуры диссертации А.А. Козяева. Автореферат соответствует тексту диссертации и даёт полное представление о содержании и результатах диссертационной работы.

При анализе диссертационной работы возникли следующие замечания и вопросы:

1. Существует ли закономерность в распределении кавернозности в зависимости от типа карбонатной породы, обстановки осадконакопления или вторичных изменений? Существует ли возможность выделить такие породы в полях упругих свойств? Ответы на эти вопросы позволят лучше оценить потенциал комплексирования, предложенного подхода оценки АОР с другими результатами интерпретации, например, результатами синхронной инверсии. Возможно, такой подход позволил бы в еще большей степени снизить неопределенность геологической оценки и, как следствие, разработки.
2. Анализ приведенной зависимости на рис. 8 показывает, что линейная

аппроксимация может быть не самым удачным решением, так как происходит завышение оценки при низких значениях доли кавернозности. Возможно, целесообразно использовать более сложные модели. Например, ввести аппроксимацию с условием. При значении АОР ниже 0.4 доля повышенной кавернозности практически не изменяется и остается на уровне 0.0025, а при значении АОР выше 0.4 зависимость линейная. Может ли это указывать, что при АОР ниже 0.4 мы имеем случай трещиноватых пород? Производилась ли оценка на других месторождениях?

3. Целесообразно добавить сопоставление с параметрами разработки (стартовым дебитом, темпом падения или другими). Это позволит с одной стороны расширить выборку (на рис. 8 зависимость построена всего по 9 точкам, хотя автором указано о наличии 112 скважин), с другой стороны это позволит подтвердить гипотезу о связи АОР с результатами работы скважин.

Приведенные выше вопросы и замечания несколько не отражаются на в целом высокой оценке диссертационной работы Козяева А.А.

На основе анализа диссертации и опубликованных работ по её теме (6 статей в рецензируемых изданиях и 5 в материалах международных конференций) можно с уверенностью утверждать, что работа выполнена на актуальную тему, результаты и выводы, сформулированные в диссертации, имеют высокую степень обоснованности и достоверности, а также обладают научной новизной.

Диссертация А.А. Козяева соответствует критериям, установленным п. 9 Положения о присуждении учёных степеней для учёной степени кандидата наук, это научно-квалификационная работа, в которой представлены новые решения для выделения повышенной кавернозности в карбонатных отложениях путем комплексирования данных ГИС и азимутальных характеристик рассеянных сейсмических волн, имеющие существенное значение как для повышения информативности сейсморазведки как метода, так и с практической точки зрения, для обеспечения геологического обоснования оптимального освоения месторождений углеводородов, приуроченных к карбонатным породам

Считаю, что диссертационная работа А.А. Козяева «Выделение повышенной

кавернозности в карбонатных отложениях путем комплексирования данных ГИС и азимутальных характеристик рассеянных сейсмических волн на примере рифейского коллектора Юрубчено-Тохомского месторождения» по специальности 1.6.9 «геофизика», полностью удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор заслуживает присуждения учёной степени кандидата геолого-минералогических наук.

Согласен на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, их дальнейшую обработку и передачу в соответствии с требованиями Минобрнауки к процедуре аттестации научных работников.

04.02.2022 г.

Руководитель по развитию дисциплины «Сейсморазведка»

ООО «Газпромнефть НТЦ»

кандидат геолого-минералогических наук

_____ Буторин А.В.

Подпись Буторина А.В. удостоверяю.

Должность

Подпись (Расшифровка)

Телефон: (812) 313-69-24 (доб. 3278)

Почтовый адрес: 190000, Санкт-Петербург, наб. реки Мойки д.75-79, литер Д

Эл. почта: Butorin.AV@gazpromneft-ntc.ru