

ОТЗЫВ

Официального оппонента на диссертационную работу
Козяева А.А. «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 исследование в области геофизических методов поиска и разведки месторождений полезных ископаемых и сосредоточена на развитии методов прогноза кавернозности горных пород за счёт комплексирования данных ГИС и характеристик рассеянных сейсмических волн. Исследования выполнены на материалах, полученных на Юрубчено-Тохомском нефтегазоконденсатном месторождении, одном из крупнейших в Восточной Сибири.

Актуальность работы определяется возрастающей ролью резервуаров с карбонатным типом коллектора в структуре запасов и добычи нефти и газа в России. Опыт геологоразведки и разработки таких коллекторов, накопленный к настоящему времени, показывает, что их отличительной чертой являются высокая гетерогенность и анизотропия свойств, что накладывает особые требования к качеству прогноза характеристик пласта в межскважинном пространстве по данным сейсморазведки.

Высокая значимость проведённого в диссертации А.А.Козяева исследования для нефтяной отрасли и экономики страны связана с запуском в разработку месторождений с карбонатным трещинно-каверновым типом коллектора в Красноярском крае (Куюмбинское, Юрубчено-Тохомское и т.д), Иркутской области (Северно-Даниловское) и республике Саха (Якутия (Тас-Юряхское, Талаканское и т.д).

Объектом исследования в работе выступают карбонатные осадочные горные породы на предмет разработки методики выделения в них зон повышенной кавернозности. Соответственно, основная **цель исследований** - обеспечить геологическое обоснование 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 ходе выполнения работы основное внимание было уделено решению следующих задач:

- Определить роль повышенной кавернозности в освоении пробуренных эксплуатационных скважин;
- Разработать методику выделения повышенной кавернозности карбонатных отложений на основе комплексирования данных ГИС и 3D сейсморазведки.

Результаты, полученные в ходе выполнения диссертационной работы, обеспечивают достижение поставленной цели за счёт получения количественного прогноза распространения интервалов повышенной кавернозности по данным ГИС и 3D сейморазведки. Кроме того, на их основе удаётся определить влияние наличия кавернозности в разрезе пласта на показатели разработки месторождения.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка использованной литературы из 113 наименований. Во введении автором определен объект исследования обоснована актуальность, определены цели и поставлены 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 поставленных научных задач, анализируются их достоинства и недостатки, что и обосновывает актуальность и значимость выбранной темы диссертационной работы, а также выбор методов исследований.

Во **второй главе** диссертационной работы автор рассматривает предпосылки, а также предлагает методику и формулирует результаты выделения интервалов повышенной кавернозности по данным ГИС. Замечу, что эти исследования являются составной частью второй научной задачи. Наиболее точные результаты выделения интервалов повышенной кавернозности получены в результате обработки и интерпретации изображений пластовых микросканеров (UBI и FMI). Это связано с большей разрешающей способностью метода, в сравнении со стандартным комплексом ГИС, что подтверждается сопоставлением результатов интерпретации с керном. Для скважин, не изученных пластовыми микросканерами использовалась отсечка по значениям общей пористости более 6%, обоснованная статистическим анализом данных керна и результатов интерпретации ГИС.

В **третьей главе** диссертации предлагается решение первой научной задачи – определение значения повышенной кавернозности при освоении пробуренных эксплуатационных скважин. За основу взята классификация типов трещинных резервуаров по Р.А. Нельсона, что позволяет опираться не только на фактические выводы, полученные по изучаемому месторождению, но и экстраполировать их с учётом известных аналогов по всему миру.

Анализ модифицированного графика K_n - K_{np} , построенного по фактическим данным полученным на Юрубчено-Тохомском месторождении, показал, что скважины, вскрывшие и не вскрывшие интервалы повышенной кавернозности, 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, а именно разработка методики выделения областей повышенной кавернозности карбонатных отложений на основе комплексирования данных ГИС и 3D сейсморазведки. В основу методики положены результаты численного моделирования волновых полей, показавшего, что наиболее эффективным инструментом для разделения энергии рассеянных волн на сформированную от скопления трещин и кавернозного пласта будет аспектное отношение рассеяния (АОР).

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.

Дано описание методики расчёта 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 исследований 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, описывающая относительное содержание областей 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. Прогноз доли повышенной кавернозности в продуктивной части рифейского коллектора выполнен в двухмерном пространстве - на уровне карты. Учитывая, что автор ссылается на неоднородность распространения интервалов кавернозности, было бы эффективней выполнять прогноз в трёхмерном варианте (куб целевого параметра). Тем более, в работе отмечается факт

снижения доли интервалов кавернозности при удалении от предвендской эрозионной поверхности, что можно было бы использовать в качестве тренда по вертикали.

2. В третьей главе приведены примеры графиков, позволяющих определить типы трещинного коллектора по рассматриваемой классификации. Для изучения Юрубчено-Тохомского месторождения автор использует модифицированный график $K_{п} - K_{пр}$ ($K_{прод} - K_{п.макс}$), в то время как графики распределения накопленной добычи на скважину и корреляция между долями накопленной добычи жидкости и количеством добывающих скважин не приводятся по причине недостаточности информации. При этом, не дано описание критериев достаточности информации для построения таких графиков и количественная оценка доступной для исследований информации.
3. Предположение о взаимосвязи распределения зон повышенной кавернозности и эрозионных палеоврезов дополняет представленные в работе результаты с точки зрения геологической концепции образования рассматриваемых объектов, но является не полным. В работе не приведено количественное или качественное обоснование взаимосвязи врезов и кавернозности.

Замечу здесь, что сделанные замечания никоим образом не умаляют в целом весьма высокое качество 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.

21.01.2022 г.

Официальный оппонент,
профессор кафедры физики Земли
Санкт-Петербургского государственного университета
доктор физико-математических наук

В.Н. Троян

Подпись Владимира Николаевича Трояна удостоверяю.

Телефон: +7 (812) 328-20-00

Почтовый адрес: 199034, г. Санкт-Петербург, Университетская набережная, д. 7/9

Эл. почта: v.troyan@spbu.ru