

## 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 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, одного из крупнейших нефтегазоконденсатных месторождений в Восточной Сибири.

**Актуальность работы** определяется возрастающей ролью месторождений с карбонатным типом коллектора в структуре запасов и добычи нефти и газа в России. В то же время, опыт геологоразведки и разработки карбонатных отложений показывает, что такие коллектора характеризуются высокой гетерогенностью и анизотропией свойств, что требует особого внимания к прогнозу характеристик пласта в межскважинном пространстве по данным сейсморазведки.

Высокая значимость диссертационных исследований 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 являются 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 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 решениях поставленной научной задачи, анализируются их достоинства и недостатки, что обосновывает актуальность и значимость выбранной темы диссертационной работы, выбор методов исследований.

Во **второй главе** диссертационной работы Козяева А.А. рассматриваются предпосылки, методика и результаты выделения интервалов повышенной кавернозности по данным ГИС, что является составной частью второй научной задачи. Наиболее точные результаты выделения интервалов повышенной кавернозности получены в результате 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 роли повышенной кавернозности в освоении пробуренных эксплуатационных скважин. За основу взята классификация типов трещинных резервуаров Р.А. Нельсона, что позволяет опираться не только на фактические выводы, полученные по изучаемому месторождению, но и экстраполировать их с учётом изучения аналогов по всему миру.

Анализ модифицированного графика  $K_{п}-K_{пр}$ , 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 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 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. В главе 3 сделан анализ влияния кавернозности на результаты добычи. Вторичные изменения коллекторов, одним из которых являются процессы кавернообразования, вносят разнонаправленные изменения в структуру пустотного пространства (в том числе и ведущие к уменьшению пустотного пространства коллекторов). В реферате не приведены количественные критерии выбора величины отсечки (6,5%) для отнесения коллекторов к кавернозным, неясно на каком объеме данных был сделан вывод. Возможно изначально интервал характеризовался более высокой пористостью, связанной с условиями седиментации карбонатов.
2. На рисунке 3 (кросс-плот  $K_{\text{прод}}-K_{\text{п}} \text{ эфф макс}$ ) видно, что в интервале максимальной пористости коллекторов до 5% коэффициент продуктивности не зависит от пористости, а в интервале с  $K_{\text{п}}$  более 10% продуктивность практически не увеличивается с ростом пористости. Вероятно это свидетельствует о существенно бо́льшем вкладе трещиноватости в продуктивные характеристики.

3. Для проверки связи между нормированными значениями сейсмического параметра АОР и характеристиками повышенной кавернозности, определенным по ГИС, был выполнен корреляционный анализ (раздел 4.3). Автор пишет, что корреляционная зависимость, представленная на рис.4.21, получена при исключении из рассмотрения скважин 107\_12\_р и 149\_19\_р. В этих скважинах значения толщин кавернозных интервалов менее 2 метров. При этом на графике фигурирует скважина 131\_16\_р, в которой, судя по графику, эффективная толщина кавернозных интервалов составляет менее 2-х метров. Здесь необходимо дать пояснения, почему не все скважины с невысокими толщинами были исключены из зависимости.
4. Также в разделе 4.3 автор пишет, что толщины кавернозных интервалов менее 2-х метров, по результатам моделирования, находится за гранью прогнозной способности метода. При этом в тексте диссертационной работы нет выводов и иллюстраций по моделированию, где определены толщины.
5. В Главе 2 приведена таблица 2.1 и рис.2.13, показывающие суммарные толщины интервалов повышенной кавернозности по скважинам. При этом на графике на рисунке 4.21 значения эффективных толщин кавернозных интервалов выше. Также на графиках 4.21 и 4.22 есть скважины, в которых согласно Главе 2 вообще не были выделены интервалы кавернозности.

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.

07.02.2022 г.

Начальник отдела геологии и геофизики

ООО «Индженикс Групп»

к.г.-м.н.

\_\_\_\_\_ Фёдорова М.Д.

Менеджер по сейсморазведке

ООО «Индженикс Групп»

\_\_\_\_\_ Кирзелёва О.Я.

Подпись удостоверяю

Генеральный директор

ООО «Индженикс Групп»

\_\_\_\_\_ Чижилов С.В.

Телефон: +7 (495) 783 00 09

Почтовый адрес: 119071, г.Москва, Ленинский проспект, д.15А

Эл. почта: [info@ingenix-group.ru](mailto:info@ingenix-group.ru)