

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»

Диссертационная работа Козяева А.А. это исследование в области геофизики, нацеленное на разработку новых подходов к интерпретации данных сейсморазведки и ГИС, для выделения кавернозных коллекторов в карбонатных породах.

В ходе исследования использовались данные полученные на Юрубчено-Тохомском нефтегазоконденсатном месторождении, считающемся уникальным по запасам и имеющем сложное геологическое строение.

Актуальность работы связана со сложностью ведения геологоразведки и разработки залежей с карбонатным типом коллектора. Как правило, такие объекты имеют высокую гетерогенность и анизотропию распределения свойств пласта, относительно терригенных коллекторов. Доля месторождений с таким типом коллектора возрастает, следовательно, нужны технологии и методы для их эффективного изучения. Карбонатные коллектора, формирующие значительную долю месторождений углеводородов во всём мире, характеризуются чрезвычайно высокой степенью неоднородности строения. Среди них особое место занимает крупная зона нефтегазонакопления, сформировавшаяся в западных районах Восточной Сибири, куда входит и Юрубчено-Тохомское месторождение. Открытая более 30 лет назад эта зона только в последнее десятилетие вовлечена в интенсивную промышленную разработку, что обусловлено экстремально сложным внутренним строением продуктивной толщи. Неоднородность коллектора заставляет искать отдельные зоны, характеризующиеся более благоприятными условиями, обеспечивающими экономически рентабельную добычу углеводородов. Такие зоны связаны не только с активным развитием дизъюнктивной тектоники, обеспечивающей каналы фильтрации углеводородов, но и повышенной кавернозностью, обеспечивающей высокую ёмкость таких зон. Их прогноз дистанционным методом, каким является сейсморазведка, представляется чрезвычайно сложной научно-инженерной и практически важной задачей, что предопределяет высокую актуальность исследований автора, представленных в настоящей диссертационной работе.

Объект исследования в работе - карбонатные осадочные горные породы на предмет разработки методики выделения в них зон повышенной кавернозности.

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.

Решаемые задачи:

- 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. На основе данных о разработке Юрубчено-Тохомского месторождения и с учётом проведенной интерпретации данных ГИС, было определено влияние повышенной кавернозности на показатели разработки месторождения. Для использования полученных закономерностей в неразбуренной части месторождения, был выполнен прогноз зон повышенной кавернозности с применением оригинальной разработанной методики.

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.

Первая глава диссертации посвящена обзору известных решений задачи выделения повышенной кавернозности по данным сейсморазведки. Анализируются достоинства и недостатки рассматриваемых подходов.

Во **второй главе** рассмотрены предпосылки и методика выделения интервалов повышенной кавернозности по данным ГИС. Применяется два подхода - с применением пластовых микросканеров, на небольшой выборке скважин, из-за не повсеместного применения метода, и по отсечке кривой общей пористости, оцененной по стандартному комплексу ГИС. Результаты двух методов не противоречат друг другу, но установлено, что интерпретация микросканеров даёт более точный результат.

Разработка методики выделения кавернозности по ГИС является составной частью решения второй научной задачи.

Третья глава диссертационной работы посвящена решению первой научной задачи – оценке влияния повышенной кавернозности на результаты разработки пробуренных эксплуатационных скважин. За основу исследования взята классификация типов трещинных резервуаров по Р.А. Нельсону, что можно оценить положительно, учитывая широкое использование данной классификации при изучении трещинно-каверновых коллекторов.

Анализ модифицированного графика $K_p-K_{пр}$, 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.

В результате, 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.

Полученные данные, надёжно обосновывают связь между наличием интервалов повышенной кавернозности в разрезе и показателями разработки.

Четвёртая глава диссертации посвящена решению второй научной задачи - разработке методики выделения областей, повышенной кавернозности карбонатных отложений на основе комплексирования данных ГИС и 3D сейсморазведки.

Для обоснования оптимальной методики проведено численное моделирование волновых полей, показавшее, 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.

Приводится подробное 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 на массиве данных 3D сейсморазведки полученном на Юрубчено-Тохомском месторождении на площади 3 124 км².

В результате комплексирования сейсмического параметра, несущего в себе информацию об энергии и анизотропии рассеянных волн (нормированный АОР), с результатами интерпретации пластовых микросканеров, была установлена линейная

взаимосвязь с коэффициентом аппроксимации, равным 0,8. Используя полученное уравнение регрессии и комплексный сейсмический атрибут была построена прогнозная карта, отображающая распределение повышенной кавернозности в рифейском резервуаре Юрубчено-Тохомского месторождения, в зоне изученной 3D сейсморазведкой.

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. Методика выделения повышенной кавернозности по кривой общей пористости описана недостаточно подробно. Приводится информация о методах, использованных для расчёта, и ссылка на соответствующий отчёт. Добавление системы линейных алгебраических уравнений для расчёта и соответствующих графиков, позволило бы лучше оценить неопределенности, связанные с расчётом кривой общей пористости, и установить вероятные причины расхождений в выделенных интервалах кавернозности по стандартному комплексу ГИС и пластовым микросканерам.

2. Возможность различия трещиной и кавернозной составляющих в объеме коллектора изучаемого разреза базируется на предположении, что трещины имеют однородную направленность, то есть обладают близкими азимутами. Однако в описании геологической модели изучаемой среды никакого обсуждения и доказательств применения этого важного положения об азимутах трещиноватости к коллекторам Юрубчено-Тохомского месторождения не приведено.

3. Известно, что поле энергии рассеянных волн, полученное в результате расчётов методом фокусирующих преобразований или аналогами, характеризуется сниженной разрешенностью по вертикали, относительно разреза отражённых волн. Было бы целесообразно привести в тексте обоснование выбранных окон для расчёта карт средних значений кубов ПЭРВ и АОР.

4. Одним из наиболее интересных разделов представленной работы является изложение результатов цифрового моделирования волнового поля, возбуждаемого в среде, содержащей систему трещин и локальные зоны повышенной кавернозности. В целом модель выбрана достаточно обосновано, хотя результаты были бы более представительными, если бы в дополнение к зоне формирования поля рассеянных волн в модель была задана одна или несколько отражающих границ выше и ниже зоны формирования поля рассеянных волн с тем, чтобы можно было наглядно представить соотношение энергий поля рассеянных волн и привычных нам стандартных отражённых волн от заданных упругих границ. В пункте 4 научной новизны работы определена

взаимосвязь максимальной емкости интервалов повышенной кавернозности и дебетом жидкости. При этом отмечается что связь количественная. Но далее пишется, что коэффициент корреляции взаимосвязи порядка 0.75. При таком коэффициенте корреляции можно говорить о статистической связи, а не как о количественной, поскольку количественная связь предусматривает возможность расчёта одного параметра по-второму.

5. На рисунке 4.12 приводится сейсмогеологический разрез изучаемого региона. На разрезе нанесены интрузии долеритов, характерные для Сибирской платформы. Интрузии имеют невыдержанную толщину и переходят с одного стратиграфического уровня на другой. Как известно, интрузии долеритов значительно отличаются по плотности от пород, слагающих венд-кембрийский интервал разреза. Проводилась ли оценка влияния неоднородностей волнового поля вызванных интрузиями на атрибуты рассеянных волн?

6. В завершающей части работы получен высокий коэффициент корреляции между процентной долей кавернозных интервалов в разрезе и "нормированным параметром АОР", образованным произведением собственно параметра аспектного отношения на энергию рассеянной компоненты. С точки зрения полноты проведённых исследований правильно было бы показать как выглядит эта корреляция для каждого из этих двух параметров по отдельности. На мой взгляд анализ всех 3 корреляционных зависимостей позволило бы лучше определить роль, которую играют трещиноватость и кавернозность по-отдельности.

Выше отмеченные замечания касаются отдельных частных вопросов и не снижают общей положительной оценки выполненных автором исследований.

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 комплексования 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.

17.02.2022 г.

Официальный оппонент,

заместитель генерального директора по геофизике

ФГБУ «ВНИГНИ»

кандидат геолого-минералогических наук _____ М.Ю. Смирнов

Подпись Максима Юрьевича Смирнова удостоверяю.

Должность Подпись (Расшифровка)

Телефон: +7 913 464 25 43

Почтовый адрес: 105118, Москва, шоссе Энтузиастов, дом 36

Эл. почта: smirnov@vnigni.ru