



АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ И РАЗРАБОТКИ ГОРЮЧИХ ИСКОПАЕМЫХ»
(АО «ИГИРГИ»)

Адрес: ул. Вавилова, д. 25, корп. 1, г. Москва, 117312
Телефон: +7 (495) 989-80-22, e-mail: info@igirgi.rosneft.ru
ОКПО 00147022, ОГРН 1107746497374, ИНН/КПП 7736619522/773601001

УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор
Акционерного общества
«Институт геологии и разработки
горючих ископаемых»

_____ Я.Н. Смышляев

«16» февраля 2022 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертацию 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»,
представленной на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук
по специальности 1.6.9 – «Геофизика»

Рассматриваемая диссертационная работа посвящена развитию методических подходов обработки и интерпретации данных сейсморазведки, в частности – применению рассеянных волн для прогноза характеристик карбонатных коллекторов. В ней представлены результаты комплексного анализа, нацеленного на выделение повышенной кавернозности в карбонатных отложениях. Работа включает в себя анализ и интерпретацию данных ГИС, выполнение численного моделирования волновых полей, как основы для разрабатываемой методики, тестирование методики на реальных данных полученных на Юрубчено-Тохомском месторождении, а также определение влияния повышенной кавернозности на характеристики разработки нефтегазоконденсатных месторождений.

Актуальность исследований

Геологоразведка и разработка карбонатных отложений с трещинно-каверновым типом коллектора сопряжена с высокими рисками, обусловленными неравномерным распределением коллектора и его неоднородными свойствами. Для эффективного изучения

таких объектов необходим пространственный прогноз свойств пласта, который, как правило, выполняется с применением 3D сейсморазведки. В то же время, из-за сложного литологического состава, наличия разных типов пустотности, влияния вторичных преобразований и относительно высокой плотности карбонатных пород, известные методики определения свойств резервуара, по данным 3D сейсморазведки, зачастую не эффективны в карбонатных отложениях с трещинно-каверновым типом коллектора. Прогноз распределения свойств пласта по данным сейсморазведки, в таком случае, либо невозможен, либо выполнен на качественном уровне. Такой подход эффективен на разведочном этапе изучения недр, когда основная задача – открыть месторождение и оценить его промышленные запасы углеводородов (УВ). Однако, для карбонатных отложений, на этапе эксплуатации месторождения принципиально важно понимать структуру порового пространства – имеет ли резервуар двойную систему пористости и проницаемости или нет.

Известные методики обработки и интерпретации данных сейсморазведки не решают задачу количественного прогноза трещиноватости и кавернозности, в то время как предложенный в диссертационной работе подход нацелен на выполнение такого прогноза, что подтверждают результаты моделирования и тестирования на реальных данных.

Таким образом, всё перечисленное определяет актуальность и значимость темы и содержания выполненных диссертационных исследований. Особенно важно то, что результаты исследований апробированы на реальных данных и применяются при планировании и сопровождении разведочного и эксплуатационного бурения.

Цель и задачи исследований

Целью диссертационной работы Козяева А.А. является создание и внедрение методики выделения зон повышенной кавернозности карбонатных отложений по данным ГИС и 3D сейсморазведки путем построения азимутального распределения рассеянных волн для обеспечения оптимального освоения месторождений углеводородов в карбонатных породах.

Для достижения поставленной цели автором решены следующие задачи:

1. Определена роль повышенной кавернозности в освоении пробуренных эксплуатационных скважин.

На основании выполненной интерпретации ГИС, позволившей выделить интервалы повышенной кавернозности вдоль ствола скважины, и накопленной информации о

разработке месторождения, выполнен статистический анализ. В результате анализа установлено, что при вскрытии повышенной кавернозности стартовые показатели и темпы падения обводнённости и газового фактора, ниже по отношению к зонам без повышенной кавернозности.

Полученные результаты увязаны с классификацией трещинных коллекторов по Р.А. Нельсону, что позволило экстраполировать полученные выводы и определить потенциальные сложности и преимущества разработки участков с распространением интервалов кавернозности.

2. Разработана методика выделения повышенной кавернозности карбонатных отложений на основе комплексирования данных ГИС и 3D сейсморазведки.

В результате численного моделирования установлено, что наличие повышенной кавернозности приводит к возникновению интенсивных рассеянных волн с аспектным соотношением рассеяния, близким к единице.

Полученные результаты моделирования позволили определить параметры волнового поля, характеризующие распределение повышенной кавернозности – анизотропия и энергия рассеянных волн. Для расчёта энергии рассеянных волн предлагается применять общепризнанный метод фокусирующих преобразований. Методология анализа анизотропии рассеянных волн основана на алгоритме азимутальной фокусировки рассеянных волн с ориентированными локальными апертурами. В представленной работе технология была доработана с целью определения параметра – аспектного отношения рассеяния (АОР).

С использованием разработанной методики выполнен количественный прогноз доли кавернозных интервалов в разрезе карбонатных отложений с трещинно-каверновым типом коллектора. Основным преимуществом здесь является возможность разделения кавернозного и трещинного типа коллекторов по данным 3D сейсморазведки. Знание аспектного соотношения позволяет определить долю каждой из компонент (трещины и каверны) в пустотном пространстве.

Полученные результаты обеспечивают полное достижение поставленной цели, позволяя получить количественную оценку распространения кавернозности в карбонатном резервуаре, с применением данных ГИС и стандартных материалов 3D сейсморазведки, что, как показано в работе, непосредственно влияет на освоение месторождений УВ.

Научная новизна полученных результатов заключается в разработке нового методического подхода к интерпретации сейсмических данных на базе совместного анализа энергии и анизотропии энергии рассеянных волн, позволяющая количественно оценить вклад кавернозности и трещиноватости в структуру пустотного пространства, чего не удавалось достичь, используя другие известные на сегодня подходы.

Важным обстоятельством, установленным в ходе изучения повышенной кавернозности, на этапе 3D сейсмогеологического численного моделирования, является возможность обнаружения зон повышенной кавернозности по характерным значениям энергии рассеянных сейсмических волн и их анизотропии. При этом, повышенная кавернозность, как и трещиноватость, являются источниками рассеянных волн. Различие между ними заключается в анизотропных характеристиках энергии рассеянных волн. Для трещинного коллектора характерна выраженная анизотропия, вдоль преобладающего азимута трещиноватости, тогда как зонам повышенной кавернозности свойственно изотропное распределение энергии рассеянных волн. Для определения типа пустотного пространства по информации об анизотропии рассеянных волн, в работе предложено использовать параметр аспектного отношения рассеяния (АОР). Для зон повышенной кавернозности $АОР \rightarrow 1$, для трещиноватых зон $АОР \rightarrow 0$. Это и положено в основу предлагаемого подхода выделения зон повышенной кавернозности по данным 3D сейсморазведки.

Результаты, полученные в рамках диссертационной работы, расширяют перечень методик обработки и интерпретации данных сейсморазведки и направлены на повышение ее информативности.

Практическая значимость работы

Результаты диссертационного исследования Козяева А.А. имеют высокую практическую значимость, так как могут использоваться при построении комплексных геологических моделей карбонатных резервуаров, планировании эксплуатационного и разведочного бурения. Для применения разработанных подходов достаточно стандартного комплекса ГИС и стандартных данных 3D сейсморазведки, доступных на большинстве месторождений.

Результаты работы рекомендуются к использованию в первую очередь в периметре компании ПАО «НК «Роснефть» для обеспечения конкурентного преимущества.

Апробация работы

Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 6 статьях в ведущих научных журналах, рекомендуемых Высшей аттестационной комиссией РФ, докладывались и обсуждались на 7 международных и всероссийских конференциях.

Структура работы

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы из 113 наименований. Текст иллюстрирован 62 рисунками, отражающими основные положения и результаты исследования. Автореферат соответствует тексту диссертации и даёт полное представление о содержании и результатах диссертационной работы.

Замечания по содержанию диссертации

По диссертационной работе имеются следующие замечания и вопросы:

1. В автореферате указано, что по теме диссертации опубликовано 14 статей, однако в перечне публикаций приведено 11 работ, из них 6 статей и 5 материалов конференций. Необходимо дать пояснения. Поскольку все публикации выполнены в соавторстве, следует указать, в чем заключается личный вклад автора в публикации, положенные в основу диссертационной работы.
2. Предложенная автором методика описана в автореферате и диссертации недостаточно детально, требовалось бы представить ее более четко (последовательность, рекомендации по проведению расчетов, в частности, необходимая мелкость разностной сетки, количественные значения параметров при интерпретации результатов построений).
3. Следует усилить обоснование подтверждаемости прогнозов по результатам бурения новых скважин. Подтверждение прогнозов по данным одной скважины представляется недостаточно убедительным (рис. 4.25 диссертации).
4. Предложенная автором методика апробируется на теоретической модели размером 4000x4000 м, при этом для решения прямой задачи используется конечно-разностный метод. Известным недостатком конечно-разностных алгоритмов решения дифференциальных уравнений является наличие «краевых эффектов» модели. Учитывались ли автором «краевые эффекты» модели? Если учитывались, то каким образом?
5. Изучаемый автором регион имеет довольно сложное геологическое строение дорифейской части разреза. Как автором оцениваются неопределённости выделения

рассеянной компоненты в целевом интервале разреза, связанные с влиянием на волновое поле вышележащей толщи? Как учитываются в теоретической модели прохождение волновых пакетов и возможность выделения рассеянной компоненты в зависимости от строения вышележащей толщи?

6. Изучались ли соискателем иные теоретические модели трещиноватых пород-коллекторов? Возможно ли применение Авторской методики на объектах других типов с трещиноватыми породами-коллекторами?

Высказанные замечания и вопросы не снижают положительной оценки диссертации. В целом представленная диссертационная работа крайне интересна, находится на стыке сейсморазведки, петрофизики и результатов разработки и, несомненно, имеет все основания быть представленной на рассмотрение диссертационному совету.

Заключение

Диссертация 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» по специальности 1.6.9 – «геофизика» выполнена на актуальную тему, обладает научной новизной, внутренним единством и является завершённой научно-квалификационной работой, направленной на разработку и внедрение методики выделения повышенной кавернозности в карбонатных отложениях путем комплексирования данных ГИС и азимутальных характеристик рассеянных сейсмических волн, имеющей существенное значение как для изучения Юрубчено-Тохомского месторождения на примере которого разрабатывалась методика, так и для остальных месторождений и перспективных регионов с карбонатным типом коллектора.

Диссертация 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» соответствует критериям, установленным п. 9 Положения о присуждении учёных степеней для учёной степени кандидата наук, а её автор А.А. Козяев достоин 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.

Эксперт,

канд. геол.-мин. наук

В.Б. Хмелевский

Тел.: +7 (495) 989-80-22 доб.: 8143

e-mail: v_hmelevsky@igirgi.su

адрес: г. Москва, ул. Вавилова, д.25, корп. 1, 117312

Диссертация и отзыв рассмотрены и обсуждены на заседании управления региональной геологии и ГРР АО «ИГиРГИ», одно из основных направлений научно-исследовательской деятельности которого – геофизика (протокол от 31 января 2022 года № ПР-НТС-00001-22). В работе заседания приняли участие 30 специалистов, из них один доктор наук, двенадцать кандидатов наук.

Ученый секретарь,

канд. геол.-мин. наук

Тел.: +7 (909) 990-28-86

e-mail: I_Khazina@igirgi.su

адрес: г. Москва, ул. Вавилова, д.25, корп. 1, 117312

И.В. Хазина