

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

Мисюркеевой Натальи Викторовны

«СКЛАДЧАТО-НАДВИГОВОЕ СТРОЕНИЕ ОСАДОЧНОГО ЧЕХЛА
ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ОКРАИНЫ СИБИРСКОГО КРАТОНА

(КОВЫКТИНСКО-ХАНДИНСКАЯ ЗОНА)», представленную на соискание
ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.03
– «Геотектоника и геодинамика»

В диссертационной работе исследованы проблемы изучения и моделирования сложного складчато-надвигового строения осадочного чехла юга Восточно-Сибирской платформы, а именно Ковыктинско-Хандинской зоны, включающей гигантское Ковыктинское газоконденсатное месторождение (КГКМ). Предложен комплексный подход к исследованию целевого объекта и геолого-геофизическая модель складчато-надвигового строения осадочного чехла для последующего формирования планов геолого-разведочных работ (ГРР).

Актуальность темы исследования определена слабой изученностью складчато-надвигового строения осадочного чехла гигантского Ковыктинского газоконденсатного месторождения. Изучение строения отдельных складчато-надвиговых зон, детализация морфологии локальных складчатых и надвиговых форм с применением эффективных технологий дистанционного изучения весьма актуальны и позволяют решать задачи прогноза зон рапопроявлений, газопроявлений, поглощений при бурении глубоких разведочных скважин приуроченных к верхним соленосным свитам нижнего кембрия, в целом эффективно проектировать ГРР.

Поэтому, целью **исследования** являлось научное обоснование модельных представлений о складчато-надвиговом геологическом строении осадочного чехла на основании комплексного геолого-геофизического подхода в интервале галогенно-карбонатной части разреза в области сочленения типичного платформенного разреза и краевого прогиба на примере гигантского Ковыктинского ГКМ и сопредельной территории.

Исходя из актуальности исследования, определены **задачи**:

1. Исследовать структурно-тектонические особенности галогенно-карбонатной части разреза (складчато-надвиговой структуры), с детализацией по отложениям свит нижнего кембрия по геофизическим данным 3D МОГТ и глубокого бурения. Обосновать двухярусное строение осадочного чехла, проверить гипотезу надвигового строения осадочного чехла в восточной части области исследования.

2. Охарактеризовать, и провести детализацию внутреннего строения складчато-надвиговых структур аллохтона Байкало-Патомской надвиговой системы.

3. Обосновать связь газо- и рапопроявляющих скважин со структурно-геологическими условиями природного резервуара, его отражения в геофизических полях (сейсмических и геоэлектрических свойствах разреза).

Достоверность решения поставленных задач подтверждается применением различных современных методов исследования:

- В основе диссертационной работы лежат материалы сейсморазведочных работ 2D МОГТ прошлых лет и современных работ 3D МОГТ, данные электроразведочных исследований ЗСБ, а также материалы бурения более 80 глубоких скважин в пределах

исследуемой площади и прилегающих участков. Материалы литературных источников и официальных общедоступных баз данных

- В работе применены методы исследования, состоящие из приемов геологической интерпретации материалов сейсмологических работ 3D МОГТ, электроразведочных ЗСБ, материалов бурения глубоких скважин. Выделение и трассирование тектонических нарушений автором выполнялось при совместном анализе: глубинного сейсмического куба, карт когерентности. Также анализировались горизонтальные срезы. Структурные особенности (морфология) тектонических нарушений выделялись на основе анализа волновой картины и характера поведения отражающих горизонтов на глубинных разрезах. При расшифровке складчато-надвигового строения объекта исследования за основу принят метод изучения складчато-надвиговых поясов по В.В.Гайдуку, А.В.Прокопьеву [1999], McClay [1992].

- При интерпретации данных бурения использована информация о типах проявлений, аварийных ситуациях, смятии колонн, притоков в интервале галогенно-карбонатной части разреза. Данная информация сопоставлялась с результатами геофизических работ. Производилась привязка проявлений к сейсмическому разрезу, структурным картам и картам УЭС по данным электроразведки.

Представленная диссертационная работа объемом 140 страниц состоит из введения, шести глав, заключения, списка литературы из 161 наименования, включает 67 рисунков.

Первая глава посвящена обзору геологической изученности объекта исследования – Ковыктинско-Хандинской зоне.

Район исследования расположен на юго-восточной окраине Сибирского кратона, в зоне сочленения платформы со складчатой областью. В строении Сибирской платформы традиционно выделяется два структурных этажа: нижний структурный этаж – фундамент сложен раннедокембрийскими преимущественно кристаллическими породами, верхний (чехол) – неметаморфизованными относительно слабодислоцированными осадочными и вулканогенно-осадочными толщами с возрастом от рифея до кайнозоя, которые со структурным несогласием перекрывают породы кристаллического фундамента.

В результате анализа современных итогов ГРП на Ковыктинском ГКМ, и детальной проработки известных представлений разных лет о геологическом строении месторождения, с учетом значительного по объему массива накопленных данных глубокого бурения и полевой геофизики о строении осадочного чехла и поверхности кристаллического фундамента южной и юго-восточной частей кратона автором сделан вывод, что наиболее корректно результаты более чем 70-летних работ на нефть и газ укладываются в геологическую модель крупного Верхнеленского неотектонического сводового поднятия. Это наиболее крупный структурно-тектонический элемент в пределах АЛС и сопредельных структур с унаследованным с мезозоя (ордовик) докайнозойским положительным трендом блоковых движений фундамента и осадочного чехла.

Глава позволяет получить представление об изученности района и объекте исследования, обозначить актуальные проблемы.

В качестве вопросов и замечаний к главе необходимо отметить:

1. На стр. 31 «...при обосновании актуальности направления исследований...» говорится о задаче детализации строения объектов нижнекембрийской толщи на основе данных 3D МОГТ и глубокого бурения.

Но в рассматриваемой главе и последующих несколько ограниченный объем информации о методах и результатах проверки таких модельных построений. На основе каких методов проверки и контрольных показателей делается вывод о повышении точности построений относительно ранее выполненных?

2. Каковы уровни точности 3D МОГТ и ЗСБ применительно к объекту исследования при изучении структурно-тектонического строения и других ключевых геолого-физических параметров?

Во **второй главе** обобщен обзор опубликованных на сегодняшний день работ по исследованию формирования складчатости в осадочном чехле юга Сибирской платформ.

Автор подчеркивает главное, наличие гетерогенного разреза в окраинных частях платформы и проявление тангенциальных напряжений, возникавших в процессе взаимодействия кратона и подвижной области, способствовали возникновению складчато-надвиговых структур в осадочном чехле на значительном удалении от складчатой области [Замараев и др., 1984; Лобанов, Сизых и др., 1989; Сизых, 2000; Сметанин, 2000 Мазукабзов, 2003 и др.]. Складчато-надвиговые структуры генетически связаны с Байкало-Патомским складчато-надвиговым поясом и могут считаться фрагментом последнего. Характеризуются сложным внутренним строением, где отмечается сочетание надвиговых и складчатых структур. Геолого-геофизические данные позволяют увязать их с зоной регионального срыва (детачмента), представляющего собой базальный надвиг листрического типа.

Таким образом, разрез осадочного чехла разделяется детачментом на две части - аллохтон и автохтон. Аллохтон может состоять из одной или нескольких надвиговых пластин. При наличии одной тектонической пластины в ее фронтальной части формируется система чешуйчатых вееров, которые соединяются с базальным надвигом. Детализация внутреннего строения наиболее дислоцированной части разреза осадочного чехла, исследование морфологии и выявление типичных для аллохтона локальных структур позволит обосновать геологическую модель объекта исследований более детально.

По результатам анализа литературных источников автор делает интересное предположение (стр.47) о возможном наличии первичных (автохтонных) месторождений нефти и газа в древних рифейских нефтематеринских толщах Байкало-Патомского палеобассейна. Какие у автора есть рекомендации по программе и комплексу методов их доизучения?

В **третьей главе** автором представлены методы исследования.

В основу работы положены материалы сейсморазведочных исследований 2D МОГТ (метод общей глубинной точки) прошлых лет и современных работ 3D МОГТ (13.5 тыс. км²), данные электроразведочных исследований зондированием становления поля в ближней зоне (ЗСБ), а также материалы бурения более 80 глубоких скважин на территории Ковыктинского и прилегающих участков, по которым производилась непосредственная геологическая интерпретация, а также архивные материалы и региональные представления о строении участка работ.

3D МОГТ позволяет получать непрерывные поля свойств изучаемых геологических сред, с более высокой степенью надежности проводить корреляцию ОГ, выделять и трассировать тектонические нарушения и другие границы изменения рельефа ОГ. Электроразведка методом ЗСБ, в свою очередь является прямым методом картирования распределения флюидных, флюидо-напорных нефтегазогидрогеологических систем, и флюидонасыщенных проницаемых зон вторичных карбонатных коллекторов.

При расшифровке складчато-надвиговой структуры осадочного чехла участка за основу автором взяты методы изучения складчато-надвиговых поясов по В.В. Гайдуку и А.В. Прокопьеву [1999].

Вопросы и замечания по данной главе:

1. На стр 49 указано, что основной комплексного изучения в работе являются результаты 2D сейсморазведки и сразу далее по тексту характеристики 3D МОГТ. Использовались ли результаты в комплексе или все-таки только 3D МОГТ?
2. Необходимо дать пояснения по погрешностям определения параметров методами ЗСБ и 3D МОГТ в количественном выражении. Каковы они применительно к объекту исследования? И есть ли необходимость в варьировании, например, модели разрывных нарушений или насыщения коллекторов для снижения рисков при проведении ГРП?
3. Раздел 3.2, стр 50. О каком уровне горизонтальной разрешенности сейсморазведки идет речь, есть ли подтверждаемость данными скважин?
4. Стр 52, рис. 3.3. тектонические нарушения по данным автора протрассированы на основе «новой» карты когерентности или комплекса других новых данных, относительно выделенных «по данным сейсморазведки» нарушений? Или это авторский вариант по результатам анализа на тех же данных? Была ли возможность проверки авторской модели результатами бурения?
5. Рис. 3.5, 3.6. Как автор оценивает повышение точности интерпретации, есть ли смысл в альтернативных вариантах интерпретации?

В четвертой главе приведены результаты изучения двухярусного строения осадочного чехла в пределах исследуемой зоны.

Современное тектоническое строение Ковыктинско-Хандинской зоны рассматривается в двух структурно-тектонических ярусах: нижний (автохтон) и верхний (аллохтон), который интенсивно дислоцирован (в области сочленения платформенных структур и краевых прогибов платформы. По результатам исследования структурно-тектонических особенностей галогенно-карбонатной части разреза (складчато-надвиговой структуры), с детализацией по отложениям свит нижнего кембрия выявлено, что ее общее строение типично для складчато-надвиговой системы Байкало-Патомского надвигового пояса. Строение участка исследования было существенно детализировано на основе материалов СРР 2D и 3D и глубокого бурения.

Автором выявлено, что складчато-надвиговая тектоника осложняет восточную (Хандинскую, частично центральную часть месторождения) и южную юго-восточную области исследуемой территории. Западная и северо-западная часть гигантского КГКМ была менее подвержена влиянию Байкало-Патомского надвигового пояса. В аллохтонной кембрийской толще чехла распространены характерные для внутреннего строения пояса пликативно-дизъюнктивные формы аллохтонной линейной складчатости в парагенезисе со взбросо-надвигами и взбросо-сдвигами.

Детachment надвиговой зоны в восточной части Хандинской площади проходит по тирским отложениям венда и далее на запад переходит в кровлю осинского горизонта нижнего кембрия, поднимаясь в ангарскую свиту к форланду, фронтальной части Большеириньской коробчатой складки.

Вопрос по **четвертой** главе:

1. Рис. 4.4. иллюстрирует широкий диапазон возможных вариаций модели распространения и строения рифейских отложений, как была выполнена итоговая интерпретация/комплексирование геоэлектрических и сейсмических данных? На схематичном геологическом разрезе выделенные разрывные нарушения отличаются от данных на геоелектрическом и сейсмическом разрезе.

Пятая глава посвящена внутреннему строению складчато-надвиговых структур верхнего яруса (аллохтона).

Автором установлено, что осадочный чехол территории исследования вовлечен в деформации двух секторов Байкало-Патомского надвигового пояса – Прибайкальского и Аkitкано-Непского, чем обусловлено более сложное складчато-надвиговое строение осадочного чехла восточной части. В аллохтоне в галогенно-карбонатной толще нижнего кембрия выявлены: Южно-Устькутская зона чешуйчатых вееров, Орлингская аллохтонная пластина, Хандинская складчато-надвиговая зона и зона Жигаловского вала как форланда южного, Прибайкальского надвигового сектора. Новыми технологиями геофизической разведки и глубоким бурением детально охарактеризовано внутреннее строение складчато-надвиговой системы. Составлена уточненная схема соотношения надвиговых зон Аkitкано-Непского и Предбайкальского надвиговых секторов (Байкало-Патомский надвиговый пояс) в пределах Ковыктинско-Хандинской площади.

В **шестой** главе автором представлена геологическая модель складчато-надвигового осадочного чехла.

Основные перспективы в газодонном отношении Ковыктинского месторождения связываются с терригенными отложениями вендско-рифейского и нижнекембрийского возраста, залегающими под мощной галогенно-карбонатной толщей нижнекембрийских пород. Бурение глубоких скважин на территории Ковыктинского ГКМ в мощных солевых толщах – покрышках над залежами газа – нередко осложняется, и даже становится невозможным из-за высоконапорных фонтанов флюидов, обусловленных аномально высокими пластовыми давлениями (АВПД). Самым тяжелым и опасным осложнением в процессе бурения на КГКМ является вскрытие объектов с аномально высоким пластовым давлением (АВПД), приуроченных к галогенно-карбонатной гидрогеологической формации. Межсолевые трещинные коллекторы приурочены к интервалам трещиноватости и кавернозности карбонатных образований (преимущественно доломитам), в качестве флюидоупоров выступают мощные прослои солей. Таким образом, необходимость учета внутреннего строения надвиговых структур является важной составляющей при обосновании детальной модели геологического строения осадочного чехла месторождения с целью более корректного проектирования ГРП, в первую очередь бурения [Мисюркеева, 2021; Misyurkeeva et al., 2022].

Автором отмечается, что наиболее эффективным при изучении разломных зон представляется комплексный подход, предполагающий одновременное подтверждение существования разлома, а также его проводящей способности геологическими и геофизическими методами. Сейсморазведка позволяет 3D МОГТ с высокой степенью точности картировать положение, форму и структурные особенности разрывного нарушения как в плане, так и в разрезе. В свою очередь электроразведка позволяет охарактеризовать разрывное нарушение по степени флюидопроницаемости (способное и не способное к проведению флюида) [Мисюркеева и др., 2018, Современная..., 2018]. Данный комплекс методов позволил эффективно решить задачи картирования разрывных нарушений для целей прогноза горно-геологических условий бурения, а также прогноза перспектив газодонности резервуаров карбонатно-галогенной части разреза.

Вопросы и замечания:

1. Стр 105 указано, что все аномально-приточные объекты локализованы в полосе Байкало-Патомской надвиговой систем и уверенно картируются при помощи методов электроразведки. Можно ли отследить/подтвердить

правомерность данного тезиса, например, снижением проявлений, аварийности в динамике по данным бурения в данном районе? Есть ли подтверждение фактом прогнозных построений?

2. На стр 117 в общих чертах указывается на необходимость комплексного подхода к исследованиям и анализу при принятии решений о конструкции и размещении новых скважин, было бы полезно «расшифровать» программу (виды исследований их цели и точность), алгоритм формирования комплекса исследований. Находит ли автор в предлагаемом комплексном подходе место для гидродинамических методов исследования скважин с целью подтверждения дизъюнктивных нарушений, изучения их свойств? Есть ли смысл оптимизировать состав комплекса в зависимости от района?

3. Стр121 В какой степени комплекс 3Д МОГТ и 3Д ЗСБ позволяет устанавливать наличие коллекторов с промышленными притоками УВ на исследуемой территории, планировать ЭБ?

В **заключении** представлены результаты проведенных автором исследований, где сформулированы основные выводы и рекомендации.

Представленная диссертационная работа является завершенным научным исследованием. Поставленная цель достигнута, полученные результаты позволили обосновано сформулировать основные **защищаемые положения**:

1. Осадочный чехол Ковыктинского ГКМ вследствие дислоцированности во фронтальной зоне Байкало-Патомского надвигового пояса имеет двухъярусное строение: нижний ярус – автохтон, верхний – аллохтон. Кембрийские породы аллохтона, в отличие от слабо нарушенного автохтона, характеризуются наличием линейной складчатости в парагенезисе с взбросо-надвигами, взбросо- и сбросо-сдвигами, которые подобны пликативно-дизъюнктивным формам тыловой части надвигового пояса.
2. Складчатые и разрывные структуры, выявленные в пределах изученной части Ковыктинского ГКМ на основе комплексного анализа данных геофизической разведки и глубокого бурения, относятся к двум секторам Байкало-Патомского надвигового пояса. Зона Жигаловского вала с сопутствующими дислокациями северо-восточного простирания принадлежит к Прибайкальскому сектору. Южно-Устькутская зона чешуйчатых вееров, Орлингская аллохтонная пластина и Хандинская складчато-надвиговая зона образовались при интенсивном сжатии пород в Ачиткано-Непском секторе, что привело к наибольшей нарушенности галогенно-карбонатной толщи в пределах восточной части изученной площади.
3. Трехмерная модель изученной части Ковыктинского ГКМ, разработанная на базе сейсмического куба с отображением осадочно-породных комплексов и системы складчато-надвиговых структур, является геологической основой более корректного проектирования ГРП. Возможно ее использование с целью поисков залежей УВ и литиеносных рассолов в межсолевых карбонатных резервуарах аллохтона (нижний кембрий), а также для снижения аварийности бурения глубоких скважин на целевые объекты в природных резервуарах терригенного автохтона (венд), вмещающих газоконденсатные залежи.

Безусловно, выполненные автором научно-практические исследования и полученную геолого-геофизическую модель складчато-надвигового строения осадочного чехла, можно воспринимать как **новый результат**, установленный автором.

Основные положения исследования по защищаемой теме были **опубликованы** автором лично или в соавторстве в 53 работах: из них 10 – в журналах, входящих в

перечень ВАК, 1–патент на изобретение Российской Федерации, а также в коллективной монографии.

Теоретическая и практическая значимость работы состоит во внедрении новой концептуальной геологической модели осадочного чехла, в которой детализировано складчато-надвиговое строение верхнего структурнотектонического этажа - аллохтона, а пространственное соотношение локальных надвиговых структур может быть геологической основой для более корректного проектирования ГРП, в том числе бурения глубоких скважин. Определение геологических предпосылок приуроченности газо- и рапопроявлений к определенным структурным условиям разреза, дислокациям карбонатного кембрия, зонам развития сложных вторичных трещинных коллекторов.

Общие замечания и рекомендации к диссертационной работе:

1. Недостаточно проработан вопрос по вариативности полученной геолого-геофизической модели с учетом сложности строения целевого объекта исследования. Есть потенциал для дальнейшей «оцифровки» неопределенностей с целью снижения геологических рисков при проектировании и проведении ГРП.

2. Остаются возможности дальнейшей детализации предлагаемого комплексного подхода к изучению подобных Ковыктинскому ГКМ целевых объектов в части алгоритмов формирования комплекса ГИС, ГДИ, сейсморазведки и электроразведки, мониторинга подтверждаемости прогнозных построений.

Указанные замечания не снижают степени обоснованности результатов и значимости диссертационной работы, и относятся к пожеланиям для дальнейшей исследовательской работы автора.

Диссертационная работа выполнена с применением современных методов, обеспечена достоверной фактической базой данных и объемом исследований, приведенный список публикаций свидетельствует о высокой квалификации автора работы и его понимании важности проведения исследований.

Заключение.

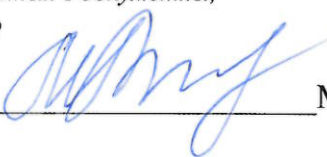
Диссертационная работа «Складчато-надвиговое строение осадочного чехла юго-восточной окраины Сибирского кратона (Ковыктинско-Хандинская зона)», отвечает критериям п. 9 постановления Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842 «О порядке присуждения ученых степеней», является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена научная задача обоснования модельных представлений о складчато-надвиговом геологическом строении осадочного чехла на основании комплексного геолого-геофизического подхода в интервале галогенно-карбонатной части разреза в области сочленения типичного платформенного разреза и краевого прогиба на примере гигантского Ковыктинского ГКМ и сопредельной территории. Автор диссертационной работы, Мисюркеева Наталья Викторовна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.03 – «Геотектоника и геодинамика»

Официальный оппонент:

кандидат геолого-минералогических наук (специальность 25.00.12– «Геология, поиски и разведка нефтяных и газовых месторождений»),
руководитель программ развития продуктов
Блока интегрированных решений
Общества с ограниченной ответственностью

«Газпромнефть НТЦ»

Согласен на включение персональных данных в документы,
связанные с работой диссертационного
совета и их дальнейшую обработку



Михаил Александрович Монжерин
«30» мая 2022 года

Общество с ограниченной ответственностью «Газпромнефть НТЦ»
Адрес: 190000, г. Санкт-Петербург, наб. реки Мойки, д. 75-79, литер Д
Тел.: 8 (812) 313-69-24 (*3566), E-mail: Monzherin.MA@gazpromneft-ntc.ru

Подпись Михаила Александровича Монжерина заверяю
Ведущий специалист отдела кадрового администрирования
М.П.



Е.А. Антипина

