

На правах рукописи



Мисюркеева Наталья Викторовна

**СКЛАДЧАТО-НАДВИГОВОЕ СТРОЕНИЕ ОСАДОЧНОГО ЧЕХЛА
ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ОКРАИНЫ СИБИРСКОГО КРАТОНА
(КОВЫКТИНСКО-ХАНДИНСКАЯ ЗОНА)**

Специальность 25.00.03. – Геотектоника и геодинамика

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Иркутск – 2022

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте земной коры Сибирского отделения Российской академии наук (ФГБУН ИЗК СО РАН, г. Иркутск)

Научный руководитель:

Вахромеев Андрей Гелиевич, доктор геолого-минералогических наук, доцент, в.н.с., заведующий лабораторией геологии нефти и газа ФГБУН ИЗК СО РАН, нач. геологического отдела Иркутского филиала ООО «РН-Бурение».

Официальные оппоненты:

Монжерин Михаил Александрович, кандидат геолого-минералогических наук, руководитель программ развития продуктов, блока интегрированных решений ООО «Газпромнефть НТЦ», г. Санкт-Петербург

Корольков Алексей Тихонович, доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры «Динамической геологии» Иркутского государственного университета, г. Иркутск

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет», кафедра "Геологии и разведки нефтяных и газовых месторождений", г. Уфа.

Защита состоится «22» июня 2022 года в 9-00 часов на заседании диссертационного совета Д.003.022.03 при Институте земной коры Сибирского отделения Российской академии наук (ИЗК СО РАН) по адресу: 664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, д. 128.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке ФГБУН ИЗК СО РАН и на сайте: <http://www.crust.irk.ru/images/upload/newsfull212/3106.pdf>

Отзывы на автореферат в двух экземплярах с подписью, заверенной печатью учреждения, просим направлять ученому секретарю совета, кандидату физико-математических наук Добрыниной Анне Александровне по вышеуказанному адресу или e-mail: dobrynina@crust.irk.ru. Тел: 8(3952)427000.

Автореферат разослан 20 апреля 2022 г.

Ученый секретарь диссертационного совета Д.003.022.03, кандидат физико-математических наук



А.А. Добрынина

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования. Проблема изучения складчато-надвигового строения осадочного чехла юга Сибирской платформы, обозначенная Тетяевым [1928], остается актуальной до настоящего времени. Складчато-надвиговые структуры складчатого обрамления юга Сибирской платформы изучались многими исследователями [Александров, 1989; Карасев, 1969; Кононов, 1960; Мигурский, Старосельцев, 1989, др]. Исследованиями последних лет [Сметанин, 2000, Сизых, 2001, Мазукабзов, 2003] установлено, что складчато-надвиговые структуры юга Сибирской платформы формировались под динамическим влиянием Байкало-Патомского складчато-надвигового пояса.

Объект исследования, Ковыктинско-Хандинская зона, включающая гигантское Ковыктинское газоконденсатное месторождение (КГКМ) с сателлитами относится к зоне сочленения типично платформенного чехла Сибирской платформы и области ее восточного краевого прогиба. Геологоразведочные работы на территории КГКМ показали весьма сложное геологическое строение осадочного чехла, существенно осложняющее процесс бурения. Зоны рапопроявлений, газопроявлений, поглощений при бурении глубоких разведочных скважин приурочены к верхним соленосным свитам нижнего кембрия, которые, в свою очередь, осложнены наличием линейных антиклинальных валов, многочисленными дизъюнктивно-пликативными деформациями более мелкого ранга.

В работах ведущих геологов нефтяников (Тыщенко Л.Ф., Старосельцев В.С., Самсонов В.В и мн. др.) тектоническое картирование выполнялось преимущественно по вендским отложениям, так как они считаются определяющими для нефтегеологического районирования. Практика целевого изучения толщи венда как главного этажа нефтегазоносности сохраняется и поныне. Тогда как верхняя часть разреза (галогенно-карбонатная) изучена лишь фрагментарно, и не является целевым объектом интерпретации. Тем не менее, отдельные скважины/площади признаны продуктивными на этом этаже.

Модель складчато-надвигового строения осадочного чехла в пределах уникального по своим масштабам месторождения осталась практически не изученной. Вопросы исследования внутреннего строения отдельных складчато-надвиговых зон, возможность детализации морфологии локальных складчатых и надвиговых форм многие десятилетия сдерживались по причине отсутствия высокоэффективных технологий дистанционного изучения осадочных толщ. Представления о надвиговой модели (структуре аллохтона) были основаны лишь на немногочисленных данных неглубокого и колонкового бурения на территории юго-восточного обрамления Сибирской платформы. Соляная складчатость в интервале галогенно-карбонатной части разреза нижнего кембрия была закартирована условно, по результатам отдельных редких профилей МОВ ОГТ.

В 2021 году начато промышленное освоение газоконденсатных залежей парфеновского продуктивного горизонта Ковыктинского месторождения, этап кустового бурения эксплуатационных скважин. Также объявлено о решении проектирования глубокого разведочного бурения на углеводородные и гидроминеральные залежи в природном мегарезервуаре нижнего кембрия. В этой связи актуальным представляется важность учета внутреннего строения надвиговых структур верхнего яруса (аллохтона), характерных для месторождения и прилегающих участков, для обоснования детальной модели геологического строения осадочного чехла. Детализация важна не только для более корректного проектирования ГРП для прогноза и поисков залежей УВ и литиеносных рассолов в межсолевых карбонатных резервуарах нижнего кембрия (аллохтон),

но и для безаварийного бурения глубоких скважин на целевые газопродуктивные объекты в природных резервуарах нефти и газа терригенного венда (автохтон).

Привлечение новых геофизических данных (3D МОГТ, 3D ЗСБ) позволит уточнить структурно-тектоническое строение осадочного чехла КГКМ, получить новые представления о модели складчато-надвигового строения месторождения, которая является весьма сложной, и формирует существенные проблемы в проектировании и реализации работ.

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.

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.

Основные задачи исследования:

- 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.
- Охарактеризовать, и провести детализацию внутреннего строения складчато-надвиговых структур аллохтона Байкало-Патомской надвиговой системы.
- Обосновать связь газо- и рапопроявляющих скважин со структурно-геологическими условиями природного резервуара, его отражения в геофизических полях (сейсмических и геоэлектрических свойствах разреза).

Объектом исследования являлся осадочный чехол гигантского Ковыктинского ГКМ с сателлитами, осложненный складчато-надвиговыми структурами в поле влияния Байкало-Патомского надвигового пояса. **Предметом исследования** являлись пликтивно-дизъюнктивные деформации галогенно-карбонатной кембрийской части разреза осадочного чехла.

Методологическая основа и методы. Применяемые в работе методы исследования состояли из приемов геологической интерпретации материалов сейсмологических работ 3D МОГТ, электроразведочных ЗСБ, а также материалов бурения глубоких скважин на территории исследования.

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, что позволило увязать

осложнения в скважинах с геолого-геофизическими параметрами и выявить приуроченность их к определенному типу структуры и аномалиям УЭС.

Фактический материал. В основу диссертационной работы положены материалы сейсморазведочных работ 2D МОГТ прошлых лет и современных работ 3D МОГТ (13.5 тыс. км²), частично данные электроразведочных исследований ЗСБ, а также материалы бурения более 80 глубоких скважин в пределах исследуемой площади и прилегающих участков. Материалы литературных источников и официальных баз данных (находящихся в свободном доступе).

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.

Научная новизна

На основе комплексного анализа практическими результатами ГРП уникального Ковыктинского ГКМ и сопредельных площадей доказана складчато-надвиговая делимость осадочного чехла на аллохтон и автохтон.

Установлено, что осадочный чехол на территории центрального блока Ковыктинского месторождения вовлечен в деформации полей напряжений двух секторов Байкало-Патомского надвигового пояса – Ачиткано-Непского и Прибайкальского. Этим обусловлено более сложное складчато-надвиговое строение осадочного чехла центрального блока. В его контурах, на основе детализации геолого-геофизических данных, автором впервые выделена в качестве самостоятельной структуры надвигового типа Орлингская надвиговая пластина со сложным чешуйчатым строением, ограниченная коробчатой складкой в ее фронтальной части – форланде.

Результаты комплексной интерпретации данных сейсмо- и электроразведочных работ, а также данных бурения позволили научно обосновать иерархию локальных элементов складчато-надвиговых систем, в итоге значимо повысить точность модели структурно-тектонического строения Ковыктинско-Хандинской зоны; на новом качественном уровне проследить пликативно-дизъюнктивные формы, наблюдаемые на уровне не только свит, продуктивных горизонтов и отдельных пластов солевой части

разреза нижнего кембрия, но и регионально распространенных карбонатных горизонтов-коллекторов, выделяемых в их составе.

Выявлено сложное сочетание горно-геологических факторов, влияющих на формирование сложных трещинных резервуаров, которое может предопределять как пространственное расположение возможных скоплений, залежей УВ, так и локализацию гидродинамических барьеров, ограничивающих проницаемые объемы резервуаров. В их числе: распределение сложных типов пустотного пространства коллекторов, наличие складок деформации галогенно-карбонатной толщи, гидродинамические особенности залежей – аномальных давлений флюидов и интенсивности газо- и рапопроявлений.

Практическая и теоретическая значимость

Внедрение новой концептуальной геологической модели осадочного чехла, в которой детализировано складчато-надвиговое строение верхнего структурно-тектонического 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.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности 25.00.03.

Диссертационная работа представляется по научной специальности 25.00.03 – «Геотектоника и геодинамика». Согласно паспорту научной специальности 25.00.03 работа соответствует пунктам № 1, 3, 5, и 9.

Пункт № 1. «Структурный анализ (включая микроструктурный и петроструктурный) – изучение форм залегания горных пород, обусловленных их пластичными или разрывными деформациями», так как производится непосредственный структурный анализ осадочного чехла (аллохтона), подверженного деформациям (тангенциальное сжатие), с образованием разрывных и пластических деформаций в интервале галогенно-карбонатного комплекса.

Пункт № 3 «Изучение вертикальных и горизонтальных тектонических движений: как современных (инструментальными методами), так и древних (геологическими и палеомагнитными методами)», так как изучены механизмы тектонических движений (преимущественно горизонтальных), а также современных – неотектонических.

Пункт № 5 «Неотектоника, изучающая тектонические явления новейшего этапа развития литосферы и использующая для этого свои специфические методы исследования», так как выполнен анализ неотектонического этапа территории исследования, выявлена крупная унаследованная с фундамента неотектоническая структура, рассмотрен фактор влияния неотектонических подвижек на структуру осадочного чехла.

Пункт № 9 «Региональная геотектоника, основанная на выделении и изучении тектонических объектов того или иного региона, страны, континента, океанического или морского бассейна», так как изучено строение регионального Байкало-Патомского надвигового пояса, его составляющих – Предбайкальского и Актиткано-Непского надвиговых секторов, перекрывающих юго-восточную часть Ангаро-Ленской ступени, а также локальных структур, осложняющих их.

Личный вклад. На основании анализа комплексной геолого-геофизической информации, данных промысловых исследований скважин, автором произведена геологическая интерпретация сейсмических и электроразведочных данных, геологическая расшифровка складчато-надвигового строения территории исследования.

Степень достоверности и апробация результатов

Достоверность полученных результатов подтверждается результатами бурения разведочных скважин в пределах Ковыктинского – Хандинской зоны в период с 2015-2020 гг., по которым автор готовила прогноз геологического строения чехла, а также кустового этапа бурения в 2020-2021 гг. Так, детальный прогноз граничных условий субгоризонтального рассолонасыщенного трещинного коллектора христофоровско-балыхтинского резервуара скважин №№ 52, 3, 18, 53 Ковыктинских подтвержден бурением скважины № 75, где получен фонтанный приток рапы из этого интервала разреза осадочного чехла

Представленные в диссертации научные и практические результаты апробировались на семинарах, конференциях и выставках различного уровня: конференции Европейской ассоциации геоучёных и инженеров (EAGE): Геобайкал 2016, 2018, 2020; Геомодель 2013, 2017, 2019, 2020 ; Санкт-Петербург, 2018. «Росгеология. В поисках новых открытий» памяти В.В. Воропанова, 2017. XXII Всероссийское совещание по подземным водам Сибири и Дальнего Востока, г. Новосибирск, 2018; XII Российско-Монгольская международная конференция «Солнечно-земные связи и геодинамика Байкало-Монгольского региона», г. Иркутск, 2018 г.; Всероссийская научно-техническая конференция с международным участием «Геонауки-2014, Международная научно-практическая конференция «Игошинские чтения – 2018»; Всероссийская молодежная конференция Строение литосферы и геодинамика 2019, 2021, Иркутск. Новые идеи в геологии нефти и газа, г. Москва, 2021.

Публикации

Результаты научных исследований по защищаемой теме 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.

Структура диссертации и объем. Работа состоит из введения, шести глав и заключения, содержит 140 страниц текста, 67 рисунков и список литературы из 161 наименования.

Благодарности

Автор выражает особую благодарность научному руководителю д.г.-м.н., доценту А.Г. Вахромееву за наставление в научной деятельности на всех этапах подготовки диссертации.

Автор выражает благодарность директору ООО «СИГМА-ГЕО» к.т.н Ю.А. Агафонову, главному геофизику ООО «СИГМА-ГЕО» к.г.-м.н. И.В. Буддо, начальнику центра по работе в Восточно-Сибирском регионе, ООО «ГАЗПРОМ ВНИИГАЗ», к.г.-м.н., А.С. Смирнову, начальнику центра разработки проектов геологоразведочных работ в Восточно-Сибирском и Дальневосточном регионах И.В. Горлову (ООО «ГАЗПРОМ ВНИИГАЗ») за оказание всесторонней поддержки, ценных наставлений, участие в обосновании методологии комплексирования данных геофизических методов, за конструктивную дискуссию по вариантам геологическую интерпретацию картины физических полей и аномалий массива информации по галогенной толще кембрия, что в итоге позволило сделать определенные наработки и подготовить данную рукопись диссертации.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение. Во введении обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цель исследования и научные задачи, изложены главные научные результаты, выносимые на защиту, дается характеристика их новизны и достоверности.

Глава 1. ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ИЗУЧЕННОСТЬ ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЯ

Район исследования – Ковыктинско-Хандинская зона, 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 настоящее время большая часть исследователей полагает, что Сибирский кратон - это коллаж террейнов, различающихся не только по структурно-вещественным и геодинамическим признакам, но и по времени становления. Кратон как единая консолидированная структура окончательно был сформирован к концу раннего протерозоя. Большинство его южных границ образовалось в неопротерозое в связи с распадом суперконтинента Родиния [Мазукабзов и др, 2006]. В современной структуре юг кратона обрамлен разновозрастными складчато-надвиговыми поясами.

По кровле терригенной толщи венда Ангаро-Ленская ступень (АЛС) картировалась как моноклираль со слабым погружением в северо-западном направлении с градиентом до 10 м/км [Тектоническая, 2018; Геология, 1982]. Осадочный чехол сложен в основном терригенными рифейско-вендскими и терригенно-карбонатными соленосными кембрийскими породами, а также породами силура, ордовика и юры.

На сегодняшний день строение Ковыктинского месторождения и сопредельных участков, рассматривается в двух структурно-тектонических ярусах, верхний из которых интенсивно дислоцирован в области сочленения платформенных структур и краевых прогибов платформы.

Современные итоги геолого-разведочных работ на Ковыктинском ГКМ, детальная проработка известных представлений разных лет о геологической позиции месторождения, с учетом значительного по объему массива накопленных данных глубокого бурения и полевой геофизики позволили получить новые данные о строении осадочного чехла и поверхности кристаллического фундамента южной и юго-восточной частей кратона. Сделан вывод, что наиболее корректно результаты более чем 70-летних работ на нефть и газ укладываются в геологическую модель крупного Верхленского 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 2. ОБЗОР ИССЛЕДОВАНИЙ ФОРМИРОВАНИЯ СКЛАДЧАТОСТИ В ОСАДОЧНОМ ЧЕХЛЕ ЮГА СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Складчатые структуры осадочного чехла юга Сибирской платформы в зоне сочленения с краевыми прогибами изучалось многими исследователями. Обобщая результаты предшественников можно отметить, что механизм формирования складчатых структур южной окраины Сибирской платформы, в зависимости от степени их изученности и приверженности исследователей к той или иной точке зрения, претерпевал изменения. Предлагались механизмы, связанные с вертикальными движениями фундамента, горизонтальными его смещениями [Рязанов, 1973], соленосным тектогенезом в сочетании с тангенциальным сжатием [Дубровин, 1979], гравитационным тектогенезом [Замараев, 1967].

Обобщая обзор опубликованных на сегодняшний день работ, можно подчеркнуть главное. Наличие гетерогенного разреза в окраинных частях платформы и прояв-

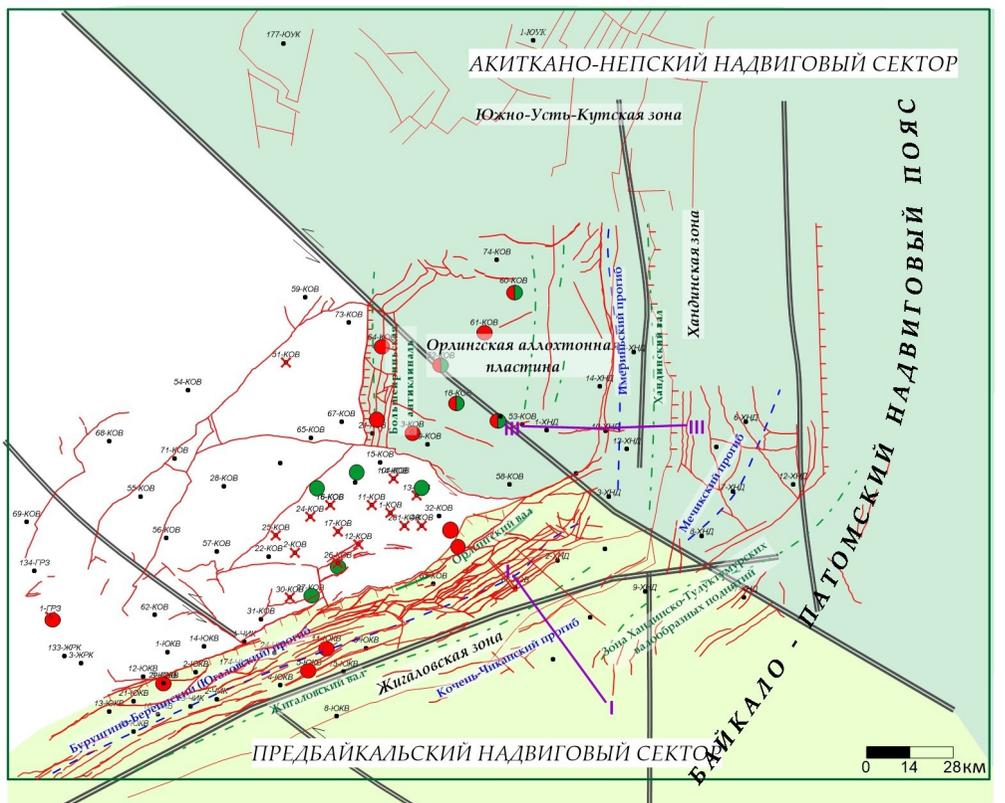


Рис. 2 Схематическая карта соотношения складчато-надвиговых зон Аkitкано-Неского и Предбайкальского надвиговых секторов в пределах Ковыктинско-Хандинской площади.

Условные обозначения: скважины: 1 – контур территории исследования; 2 – скважины глубокого бурения; 3 – скважины: а) с рапопроявлением и АВПД, б) с газопроявлением, в) с газо- и рапопроявлением; 4 – с смятием колонн; 5 – тектонические нарушения по данным 2D-3D МОГТ в осадочном чехле; 6 – предполагаемые надвиги в осадочном чехле; 7 – тектонические нарушения по фундаменту; 8 – Предбайкальский надвиговой сектор; 9 – Аkitкано-Неский надвиговой сектор; 10 – оси структур: а) антиклинальных, б) синклиналиных; 10 – линии разрезов.

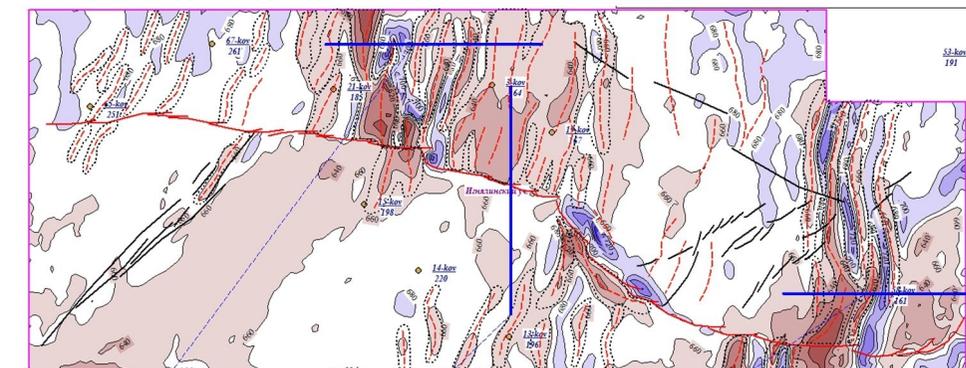


Рис. 4 Детализация левостороннего сдвига в толще кембрия (кровля ангарской свиты) - южного ограничения Орлинской аллохтонной пластины, малоамплитудной дисгармоничной складчатости в плоскости межпластового срыва пластины по данным 3D МОГТ

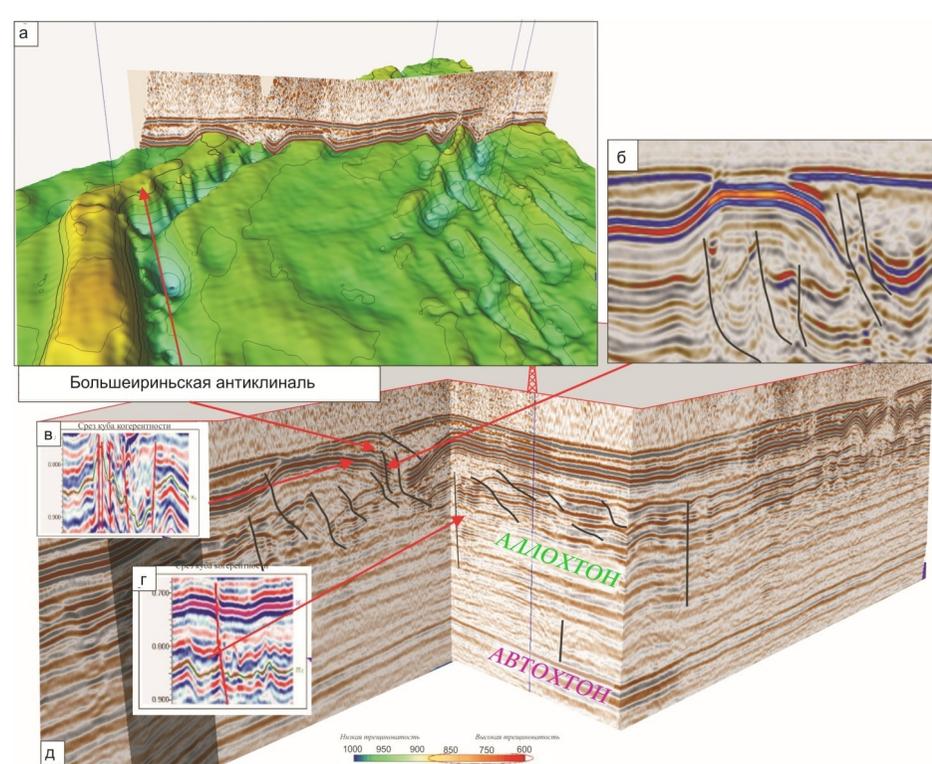


Рис. 3 Большеиринская антиклиналь (вал) как западное фронтальное ограничение Орлинской надвиговой системы (аллохтона): а – в изометрии по данным интерпретации сейсмического куба с 3D МОГТ; б – фрагмент складки в разрезе по данным 3D МОГТ; в – в объемной модели надвиговой пластины; детализация участков структурно-тектонического осложнения в галогенно-карбонатной толще: г – дизъюнктивные; д – пликативные с мелкой дисгармоничной складчатостью.

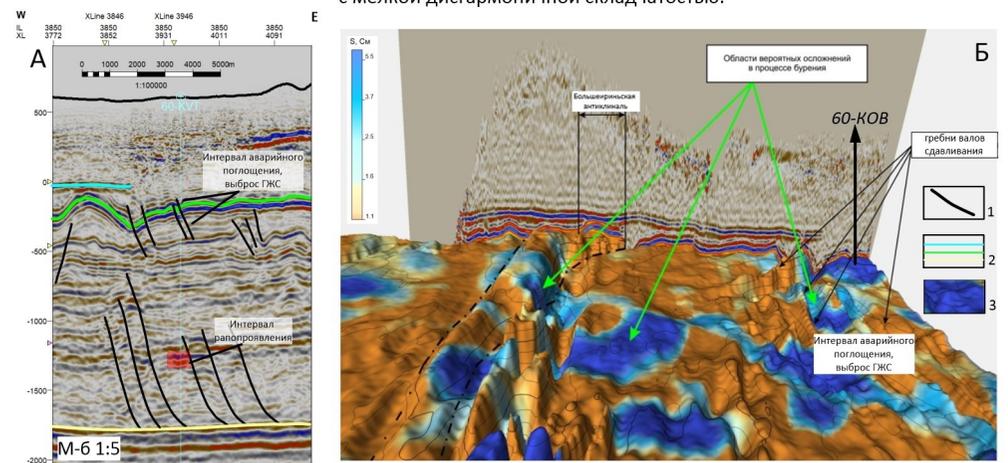


Рис. 5 Комплексная геолого-геофизическая интерпретация в пределах скважины № 60: А – сейсмический разрез масштаб 1:5; Б – Интегрированный куб МОГТ+ЗСБ, карта проводимости литвинцевской свиты. Условные обозначения: 1 – предполагаемые тектонические нарушения; 2 – трассировка отражающих горизонтов; 3 – зоны повышенной проводимости по данным 3D ЗСБ - флюидонасыщенные межслоевые трещинные коллекторы

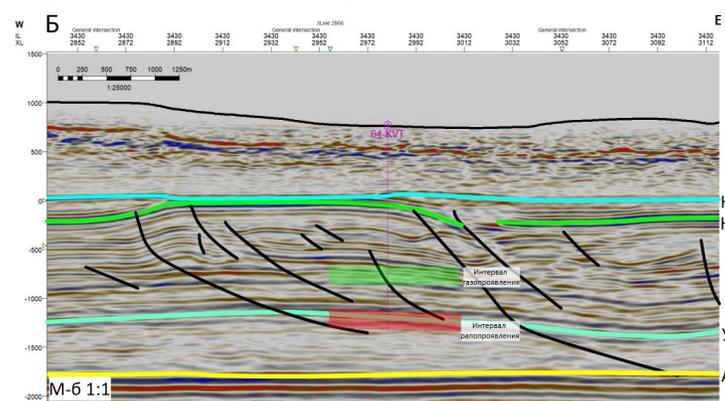
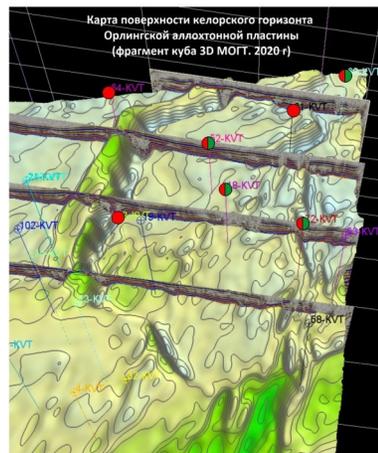
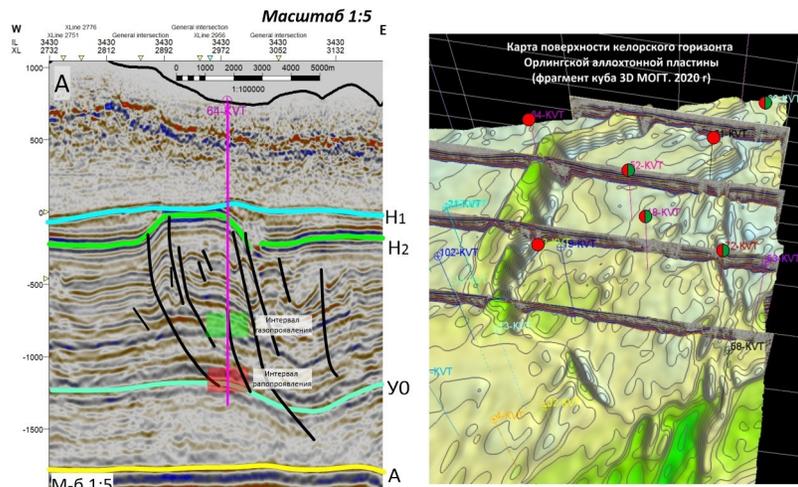


Рис. 6 Сейсмогеологическая модель в пределах скважины № 64: А – сейсмический разрез с элементами интерпретации в масштабе 1:5, Б - сейсмический разрез с элементами интрпретации в масштабе 1:1. В – карта поверхности келорского горизонта с обозначением скважин с газо- и рапопроявлением с АВПД в галогенно-карбонатном комплексе
Условные обозначения: См. Рис.2

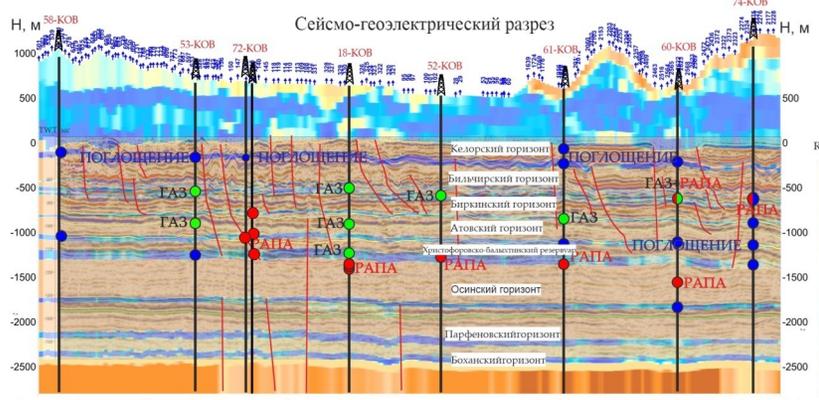


Рис. 7 Сводный геофизический профиль через скважины №№ 56-53-72-18-52-61-60-74

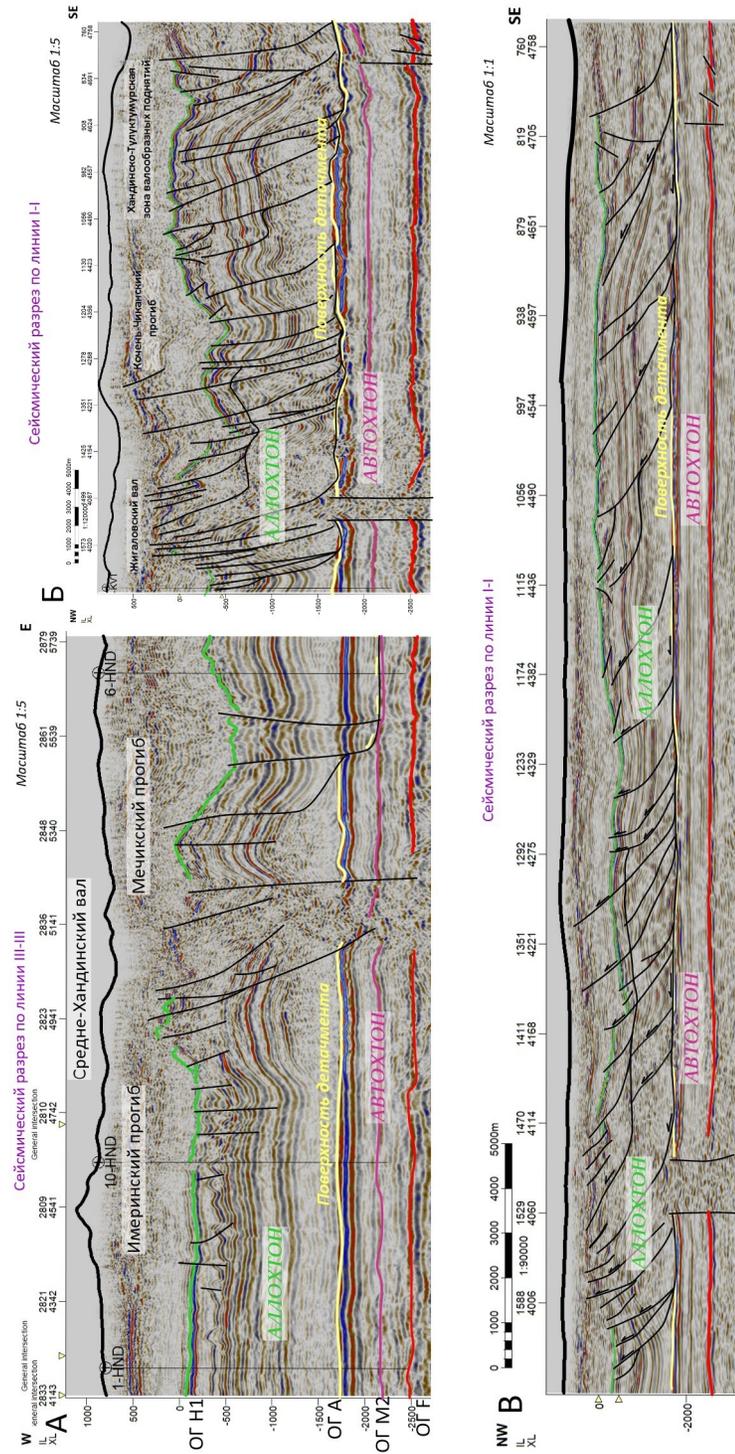


Рис. 1 Сейсмические разрезы с элементами интерпретации: А - через Хандинско-Жигаловскую зону (масштаб 1:5); Б - через Жигаловско-Хандинскую зону (масштаб 1:1); В - через Хандинскую зону (масштаб 1:5).
Условные обозначения: 1 - предполагаемые тектонические нарушения; 2 - трассировка отражающих горизонтов.

ление 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 (детachment), представляющего собой базальный надвиг листрического типа.

Таким образом, разрез осадочного чехла разделяется detachmentом 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 веерообразных структур, которые соединяются с базальным надвигом.

Из анализа данных прошлых лет, выявлено, что Ковыктинско-Хандинская зона в восточной части охвачена дислокациями, являющимися последствием динамического влияния Байкало-Патомского складчато-надвигового пояса. Очевидно, что 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.

Глава 3. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Основой для комплексного геолого-геофизического подхода при изучении складчато-надвиговой структуры осадочного чехла Ковыктинско-Хандинской зоны являлись результаты интерпретации сейсморазведочных данных МОГТ 2D, 3D (метод общей глубинной точки) на территории Ковыктинского ГКМ (КГКМ): структурные карты по основным отражающим горизонтам (ОГ) галогенно-карбонатной части разреза и сейсмические глубинные разрезы [Misyurkeeva et al., 2022]. Также использованы данные профильных и площадных исследований зондированием становления поля в ближней зоне (ЗСБ), материалы бурения скважин в пределах КГКМ и прилегающих участков, архивные данные и региональные представления о строении участка.

Трехмерная сейсморазведка обладает высокой детальностью исследований, дающей возможность сформировать куб сейсмической записи. Это 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, флюидонапорных нефтегазогеологических систем, и флюидонасыщенных проницаемых зон вторичных карбонатных коллекторов [Поспеев, 2010; Современная..., 2018]. Области повышенной проводимости по данным ЗСБ отражают участки развития сложных каверново-трещинных межсолевых карбонатных коллекторов, для которых при бурении типичны газо- и рапопроявления, либо поглощения бурового раствора.

Учитывая масштаб территории исследования и расположенных в пределах нее пликвативно-дизъюнктивных форм, для представления разрезов, в работе часто использован масштаб 1:5. Однако чрезмерное увеличение вертикального масштаба ведет к искажению (увеличению) углов наклона слоев горных пород и разрывных нарушений на разрезе, а вместе с ними и к искажению представлений о геологическом строении территории. Поэтому, в первую очередь, все построения произведены в соотношении вертикального и горизонтального масштабов 1:1, что дает понять реальную геологическую картину на глубину, а также реальные наклоны выделяемых тектонических нарушений, и уже в последующем для наглядности и возможности

умещения региональных разрезов в необходимые рамки приведены в масштаб 1:5 (Рис.1). При расшифровке складчато-надвиговой структуры осадочного чехла участка исследования за основу взяты методы изучения складчато-надвиговых поясов по В.В. Гайдуку и А.В. Прокопьеву [1999].

Глава 4. ДВУХЪЯРУСНОЕ СТРОЕНИЕ ОСАДОЧНОГО ЧЕХЛА В ПРЕДЕЛАХ КОВЫКТИНСКО-ХАНДИНСКОЙ ЗОНЫ

По результатам многолетних геолого-геофизических исследований, в разрезе осадочного чехла в области юго-восточной окраины Сибирского кратона, в зоне сочленения платформы с краевым прогибом выделяется два структурно-тектонических яруса, сформированных шарьяжно-надвиговой и блоковой тектоникой [Малых и др., 1987; Вахромеев, Хохлов, 1988; Мигурский, Старосельцев, 1997; Сметанин, 2000, Сизых и др., 2005; Ларионова, 2011; Модели, 2017].

Комплексные геолого-геофизических исследования последних лет позволили детализировать современное геологическое строение осадочного чехла Ковыктинско-Хандинской зоны, включающей гигантское Ковыктинское ГКМ [Вахромеев, Сизых 2006; Вахромеев и др., 2006; Вахромеев и др., 2018; Семинский, Саньков и др., 2018; Смирнов и др., 2016, 2018, 2019].

Осадочный чехол рассматриваемой территории краевого прогиба сложен венд-нижнепалеозойскими и частично рифейскими образованиями суммарной толщиной до 6000 м (по новым сейсморазведочным данным). Он построен ритмично и составляет закономерную последовательность в смене парагенезов формаций в вертикальном и горизонтальном направлениях [Мазукабзов, 2003]. Во внутренних частях региона разрез фанерозойского чехла представляет собой трехслойную систему (подсолевая, соленосная, надсолевая), в которой средняя часть соленосная. К периферии Сибирской платформы соленосные породы замещаются сульфатно-карбонатными.

В подсолевой комплекс (автохтон) предположительно входят осадки байкальской серии нижнего венда (ранее датировались как верхний рифей, здесь бурением не изучены), терригенные отложения верхнего венда (ушаковская, непская свиты и их аналоги), карбонаты венда и нижнего кембрия. Комплекс с угловым несогласием залегает на породах фундамента, конформно облекая его поверхность. Отложения подсолевого комплекса являются основной газосодержащей толщей региона.

В соленосный комплекс (аллохтон) входят образования усольской, бельской, булайской, ангарской и литвинцевской свит нижнего – среднего кембрия, преимущественно эвапориты, известняки, доломиты и ангидриты, переслаивающиеся между собой [Геология..., 1981; Мельников, 2018 и др]. Внутри выделяются мощные пласты карбонатов (осинский пласт в низах усольской свиты, доломиты в бельской и булайской), а также большое количество более мелких прослоев, которые составляют компетентный каркас, способствующий передаче напряжений на значительные расстояния [Мазукабзов, 2003]. В то же время наличие мощных пластов солей обеспечивает высокую подвижность пород комплекса, что подтверждается присутствием большого количества зон срыва и скольжения. Наиболее мощные проявления соляного тектогенеза характерны для усольского и ангаро-литвинцевского интервалов.

Надсолевой комплекс представлен карбонатно-терригенными породами красноцветной формации среднего – верхнего кембрия (верхоленская, илгинская свиты) и ордовика (усть-кутская, криволицкая, чертовская, макаровская).

Солевой и надсолевой комплексы характеризуются наиболее сложным строением, в связи с активным влиянием процессов соляной тектоники, возникшей в процессе формирования структур Байкало-Патомского надвигового пояса. Подсолевой комплекс,

содержащий парфеновский продуктивный горизонт, характеризуется относительно спокойным моноклинальным залеганием [Дробот и др., 2004; Смирнов и др., 2016; Кокарев и др., 2018].

Таким образом, 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 (Рис. 1).

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. Территория центрального блока месторождения с юго-востока ограничена Жигаловским и Орлингским валами, с востока расчленена Хандинским валом, в центральной части Большеиринским (субмеридионального простирания). На уровне соленосной толщи нижнего кембрия сорвана, и смята с образованием линейной складчатости аллохтонного типа [Гайдук, Прокопьев, 1999; Мигурский, Старосельцев, 1997; Шемин, 2017]. Смятие, виргации линейных складок [Гайдук, Прокопьев, 1999; Мигурский, 2001; Шемин, 2017; Славин, Брук, 1987; Старосельцев, 2008], и послонные срывы сформированы под тангенциальным воздействием Байкало-Патомского фронт (Рис. 1).

Важно, 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 пликвативно-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 Большеиринской коробчатой складки.

Глава 5. ВНУТРЕННЕЕ СТРОЕНИЕ СКЛАДЧАТО-НАДВИГОВЫХ СТРУКТУР ВЕРХНЕГО ЯРУСА (АЛЛОХТОНА)

Территория исследования расположена не только в зоне сочленения платформенного чехла и краевого прогиба, но и в пограничной зоне стыка двух надвиговых секторов Байкало-Патомского надвигового пояса – Прибайкальского и Актукано-Непского [Мисюркеева, 2021, 2022] (Рис. 2).

5.1. Южно-Усть-Кутская зона веерных структур (Актукано-Непский сектор)

По данным ГРР 2014 года, в пределах Южно-Усть-Кутского ЛУ были выделены две основные системы тектонических нарушений: первая-субмеридионального северо-восточного простирания, параллельна основным разломам Байкало-Таймырского трансконтинентального разлома [Старосельцев, 2019]; вторая-имеет ортогональное положение и сдвиговый характер дислокаций. Наибольшее количество тектонических нарушений приурочено к отложениям соленосных комплексов (аллохтону). Геологи в процессе интерпретации сейсмических разрезов, пришли к выводу о надвиговой природе и веерной картине дизъюнктивной тектоники в кембрийской толще на севере объекта исследований.

5.2. Хандинская зона (Актукано-Непский сектор)

Характеризуется довольно сложным строением. Здесь выделяется серия крупных антиклинальных структур и окаймляющих их прогибов. Наиболее крупными структурами являются Средне-Хандинский вал и зона Хандинско-Тулуктумурских валообразных поднятий. Многочисленные тектонические нарушения картируются в составе солевого комплекса в интервале ангарско-литвинцевских отложений нижнего кембрия. Разломы преимущественно сдвигового или сдвиго-надвигового характера.

5.3. Жигаловская зона (Предбайкальский сектор)

Представлена Жигаловским валом, заложенным, предположительно, по долгоживущему глубинному разлому в фундаменте [Карта..., 2010; Анциферов, 1964]. На северо-западе Жигаловский вал граничит с Бурунгино-Береинским (Югаловским) прогибом, на юго-востоке с Кочень-Чиканским (Рис. 1, 2).

Максимальное развитие трещиноватости в карбонатных пластах установлено в приосевых частях пликативных структур и в более крутых перегибах их крыльев, то есть на участках повышенных тектонических деформаций. К юго-западу от территории исследования, в скважинах №175, 176-Рудовских в пределах Жигаловского вала вскрыто сдвоение разреза в интервале галогенно-карбонатной части разреза, тем самым подтверждая наличие надвига с повторением пород в висячем и лежащем крыле

5.4. Орлингская аллохтонная пластина со сложным чешуйчатым строением (Акиткано-Непский сектор)

В северо-восточной части Ковыктинского ГКМ, автором выделена **Орлингская аллохтонная пластина** [Вахромеев и др., 2018; Мисюркеева и др., 2018; Misyurkeeva et al., 2022] со сложным чешуйчатым строением, представляющая собой самостоятельный блок в толще нижнего кембрия, характеризующийся развитием парагенезиса складчато-надвиговых и сдвиговых дислокаций, образованных за счет тангенциального сжатия со стороны складчатого обрамления. Площадь пластины составляет около 2 тыс. км² (Рис. 1, 2, 3, 4).

5.4.2. Морфология складчатости в свитах нижнекембрийской толщи

В пределах Орлингской пластины отмечается сочетание различных типов складок: от мелких, слагающих обширные поля мелкой складчатости, до крупных, протяженностью в несколько десятков километров коробчатых антиклиналей, гребневидных складок.

Наиболее крупная структура пластины, в форланде ограничивающая ее с запада – Большеириньская антиклиналь (вал), в поперечном сечении представляет собой крупную антиклинальную структуру коробчатой формы [Мисюркеева и др., 2018, 2021; Misyurkeeva et al., 2022] (Рис. 3). Это положительная структура амплитудой 200–250 м и шириной 3–5 км, протягивается через площадь исследования в субмеридиональном направлении на 26 км. Затем, антиклиналь через коленообразный изгиб меняет направление на северо-восток и протягивается до 15 км за пределы площади исследования. Изменение в направлении структуры связывается, вероятно, с меняющимся полем напряжения при формировании складчатости, отражающего разные динамические режимы [Сизых, 2001; Мисюркеева и др., 2021]. Замок складки плоский, крылья крутые. Западное крыло осложнено тектоническими нарушениями. На всем протяжении складки шарнир неоднократно ундулирует.

Из сопоставления геологических материалов прошлых лет сделан вывод [Вахромеев, Мисюркеева, др., 2019] о том, что Орлингская надвиговая пластина, дуплекс, является южным крылом весьма протяженной [Сизых, Лобанов и др., 2005] Марковско-Ичерской надвиговой пластины (Акиткано-Непский надвиговый сектор), затухающей в области сочленения с Предбайкальским сектором Байкало-Патомской надвиговой системы [Сметанин, 2000; Дубровин, 1979; Замараев, 1977].

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-Устькютская 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 (Рис.2).

Глава 6. ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СКЛАДЧАТО-НАДВИГОВОГО СТРОЕНИЯ ОСАДОЧНОГО ЧЕХЛА КАК ОСНОВА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГРР

Основные перспективы в газоносном отношении КГКМ связываются с терригенными отложениями вендско-рифейского и нижнекембрийского возраста, залегающими под мощной галогенно-карбонатной толщей нижнекембрийских пород.

Бурение глубоких скважин на территории КГКМ в мощных солевых толщах – покрывках над залежами газа – осложняется, и нередко 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 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 прослойки 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 ГРР, в первую очередь бурения [Мисюркеева, 2021; Misyurkeeva et al., 2022].

6.1. Прогноз условий бурения глубоких скважин на основе новой модели.

В пределах Орлингской аллохтонной пластины (Аkitкано-Непский надвиговый сектор) на сегодняшний день располагается большинство скважины КГКМ вскрывшие коллектор с АВПД, газо- или рапопроявлением в интервале галогенно-карбонатной части разреза, встречающиеся при бурении на основной перспективный горизонт (Рис. 2). Вторая группа скважин с газо- или рапопроявлениями относится к Чиканскому месторождению, примыкающему с юга (Предбайкальский надвиговый сектор).

Согласно проведенным исследованиям и комплексной интерпретации сейсморазведочных, электроразведочных и геопромысловых данных, рассолонасыщенные и рапогазонасыщенные зоны с АВПД располагаются в специфических геологических и тектонических условиях, локальные зоны аномального коллектора с АВПД флюидов достаточно четко проявляются в геофизических полях. Им соответствуют аномалии проводимости в интервалах литвинцевской, ангарской, булайской, бельской и усольской свит, полимодальность распределения проводимости комплексов (Рис. 5, 6, 7).

Комплексный подход к прогнозу горно-геологических условий бурения скважин на основе результатов бурения и испытания скважин, сейсморазведки, геофизических и технологических исследований скважин позволяет, во многих случаях, значительно снизить риски возникновения аварийных ситуаций. Актуальность локального прогноза

распределения в разрезе кембрия флюидных АВПД-систем predeterminedена разворотом буровых работ ПАО «Газпром» на газонасыщенные песчаники парфеновского горизонта чорской свиты венда, залегающих гипсометрически ниже кембрийской толщи.

6.2. Возможность оценки степени флюидопроницаемости разломных зон комплексом глубинных геофизических методов

Представляется, что многочисленные интенсивные поглощения и рапопроявления в соленосной формации Ковыктинско-Хандинской зоны свидетельствуют о наличии в ней межсолевых трещинных пластов-коллекторов с высокой емкостью и проницаемостью, а значительные диапазоны варьирования коэффициента аномальности и высоты пьезоуровней—об энергетической возможности подземных перетоков между пластами в различных направлениях (вверх и вниз). Перетоки происходят в основном по вторичным трещинам, которые пересекают и карбонатные, и соляные пласты. Таким образом, галогенно-карбонатная часть разреза территории исследования представляет собой крупнейшую, весьма сложную систему взаимодействия фильтрующей трещиноватости, по которой может происходить перераспределение (транзит) и циркуляция флюида в межблоковом пространстве [Мисюркеева и др., 2018 а,б].

Сложность выделения тектонических нарушений и оценки флюидопроводности тектонических нарушений (трещиноватости) в карбонатных горизонтах заключается в неоднозначности понимания о строении их геологической модели, а также их характера насыщения по площади. 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 является эффективным при решении проблемы картирования разрывных нарушений для целей прогноза горно-геологических условий бурения, а также прогноза перспектив газоносности резервуаров карбонатно-галогенной части разреза.

Заключение

В результате выполненного исследования на основе сопоставления геолого-геофизических материалов прошлых лет и новых геолого-геофизических материалов, геопромысловых данных бурения существенно уточнено структурно-тектоническое строение Ковыктинско-Хандинской зоны, получены новые представления о модели складчато-надвигового строения территории месторождения, которая является весьма сложной и вносит существенные осложнения в процесс геологоразведочных и геологосъемочных работ.

Обосновано деление осадочного чехла Ковыктинско-Хандинской зоны на два структурно-тектонических яруса: нижний (автохтон) и верхний (аллохтон), который интенсивно дислоцирован (в области сочленения платформенных структур и краевых прогибов платформы).

Складчато-надвиговая тектоника осложняет галогенно-карбонатную часть разреза осадочного чехла в восточно-северо-восточной, частично центральной и юго-восточной областях исследуемой территории. Западная и северо-западная часть гигантского КГКМ была менее подвержена динамическому влиянию Байкало-Патомского надвигового пояса.

Детachment надвиговой зоны в восточной части 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.

На основе детализации геолого-геофизических данных 3D МОГТ, 3D ЗСБ и глубокого бурения по отложениям литвинцевской, ангарской, булайской, бельской и усольской свит нижнего кембрия в качестве самостоятельной структуры надвигового типа Орлингская надвиговая пластина являющаяся южным крылом весьма протяженной [Сизых, Лобанов и др., 2005] Марковско-Ичерской надвиговой пластины (системы), затухающей в области сочленения с Предбайкальским сектором Байкало-Патомской надвиговой системы [Сметанин, 2000; Дубровин, 1979; Замараев, 1977].

Составлена уточненная схема соотношения надвиговых зон Ажиткано-Неского и Предбайкальского надвиговых секторов (Байкало-Патомский надвиговый пояс) в пределах Ковыктинско-Хандинской площади. Выявлено, что территория исследования расположена в пограничной зоне стыка двух надвиговых секторов Байкало-Патомского надвигового пояса – южного (Прибайкальского) и центрального (Актикано-Непского).

Увязка промыслово-геологических исследований газо- и рапопроявляющих скважин со структурно-геологическими условиями природного резервуара, его отражения в геофизических полях (сейсмических и геоэлектрических свойствах разреза) позволила выявить приуроченность зон осложнений/проявлений в глубоких скважинах к определенным геолого-структурным условиям.

Таким образом, полученная концептуальная модель позволяет геологически обоснованно перейти от дискретной модели (данные 2D МОГТ, бурения редких скважин) к дискретно непрерывной (данные 3D МОГТ, более 80 скважин глубокого бурения).

Симбиоз, объединенное представление структурно-тектонической и седиментационной моделей объекта исследований позволили глубже понять геологическое строение осадочного чехла зоны сочленения типично платформенной области и краевого прогиба кратона.

Новое, детализированное представление, изложенное в диссертационной работе, может являться геолого-структурной основой для решения практических задач, перейти к математической модели подсчета запасов.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

В журналах перечня ВАК:

1. Емельянов В.С., Буддо И.В., Шарлов М.В., **Мисюркеева Н.В.**, Поспеев А.В., Агафонов Ю.А.. Оценка точности определения УЭС горизонтов-коллекторов в разрезе Ковыктинского ГКМ по данным ЗСБ. География и природные ресурсы, 2016 № 6. С. 133–138. Иркутск. 2016
2. Буддо И.В., Смирнов А.С., **Мисюркеева Н.В.**, Шелохов И.А., Поспеев А.В., Касьянов В.В., Агафонов Ю.А. Интегрирование данных электромагнитных и сейсморазведочных исследований на всех стадиях геологоразведочных работ: от поисково-оценочного этапа до разработки месторождения углеводородов. Экспозиция нефть газ, Октябрь 6(66), 2018 г., г. Наб. Челны, с. 24-28.
3. Вахромеев А.Г., Горлов И.В., **Мисюркеева Н.В.**, Сверкунов С.А. Ланкин Ю.К., Смирнов А.С. Гидрогеологические основы локального прогноза флюидонапорных систем с АВПД в карбонатных природных резервуарах кембрия Ковыктинского ГКМ. Геология и Минеральные ресурсы – № 4 (36), 2018.
4. Вахромеев А.Г., Смирнов А.С., Мазукабзов А.М., Шутов Г.Я., Горлов И.В., **Мисюркеева Н.В.**; Огибенин В.В.. Верхнеленское сводовое поднятие – главный объект подготовки ресурсной базы Иркутского центра газодобычи // Геология и минеральные ресурсы Сибири. 2019, № 3. С. 38-56. DOI 10.20403/2078-0575-2019-3-38-56/

5. Seminsky K.Z., Buddo I.V., Bobrov A.A., **Misyurkeeva N.V.**, Burzunova Y.P., Smirnov A.S., Shelokhov I.A. Mapping the internal structures of fault zones of the sedimentary cover: a tectonophysical approach applied to interpret TDEM data (Kovykta gas condensate field). *Geodynamics & Tectonophysics*. 2019; 10(4):879-897. (In Russ.) <https://doi.org/10.5800/GT-2019-10-4-0447>.
6. Рыбальченко В.В., Трусов А.И., Буддо И.В., Абрамович А.В., Смирнов А.С., **Мисюркеева Н.В.**, Шелохов И.А., Оцимик А.А., Агафонов Ю.А., Горлов И.В., Погрецкий А.В. Повышение достоверности решения нефтегазопроисковых задач по результатам комплексирования сейсмо- и электроразведки на участках ПАО «Газпром» (Западная и Восточная Сибирь) // Газовая промышленность. 2020. № 10/807. С. 20-29.
7. Рыбальченко В.В., Трусов А.И., Буддо И.В., Абрамович А.В., Смирнов А.С., **Мисюркеева Н.В.**, Шелохов И.А., Оцимик А.А., Агафонов Ю.А., Горлов И.В., Погрецкий А.В. Комплекс вспомогательных исследований на этапах разведки и разработки месторождений нефти и газа: от картирования многолетнемерзлых пород до поисков подземных вод для обеспечения бурения и эксплуатации. // Газовая промышленность. 2020. № 11/808. С. 20-28.
8. Поспеев А.В., Вахромеев А.Г., Курчиков А.Р., Буддо И.В., **Мисюркеева Н.В.**, Агафонов Ю.А., Смирнов А.С., Горлов И.В. К вопросу об оценке потенциала боханского горизонта по данным нестационарных электромагнитных зондирований на Ковыктинском газоконденсатном месторождении. *Geology, geophysics and development of oil and gas fields*. 11 (347). 2020. DOI: 10.30713/2413-5011-2020-11(347)-9-21.
9. **Misyurkeeva N.V.**, Vakhromeev A.G., Smirnov A.S., Buddo I.V., Gorlov I.V., Shemin G.G., 2022. Adjustment of Thrusting Structure in the Kovykta-Khandinskaya Reflected Folding Zone. *Geodynamics & Tectonophysics* 13 (2s), 0607. doi:10.5800/GT-2022-13-2s-0607.
10. Буддо И.В., Мисюркеева Н.В., Агафонов Ю.А., Поспеев А.В. Стадийность постановки электроразведочных работ на примере Ковыктинского ГКМ. Вопросы естествознания. 2016. № 1 (9). С. 100-103

Описания к заявкам, патентам на изобретении;

«перечень ВАК, 2001-2005гг» - Официальный бюллетень «Изобретения. Полезные модели»

11. Ильин А.С., Вахромеев А.Г., Компаниец С.В., Агафонов Ю.А., Буддо И.В., Шарлов М.В., Поспеев А.В., **Мисюркеева Н.В.**, Сверкунов С.А., Горлов И.В., Смирнов А.С., Огибенин В.В. «Способ локального прогноза зон рапопроявлений». Патент № 2661082, опубл. 11.07.2018, бюлл. № 20. /Заявка № 2017132006 (056188) от 12.09.2017/.

В коллективных монографиях:

12. Поспеев А.В., Буддо И.В., Агафонов Ю.А., Шарлов М.В., Компаниец С.В., Токарева О.В., **Мисюркеева Н.В.**, Гомульский В.В., Суворов Л.В., Ильин А.И., Емельянов В.С., Мурзина Е.В., Гусейнов Р.Г., Семинский И.К., Шарлов Р.В., Вахромеев А.Г., Сень Е.А. Современная практическая электроразведка. Монография. Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2018. – 231 с. – ISBN 978-5-9909584-1-8. DOI: 10.21782/B978-5-9909584-1-8.

Подписано в печать 18.04.2022 г. Формат 60×84 1/16

Бумага офсетная. Печать Riso.

Усл. печ. л. 1,20. Уч.-изд. л. 1,1. Тираж 120 экз. Заказ 266.

Отпечатано в Институте земной коры СО РАН

664033, Иркутск, ул. Лермонтова, 128.