



ROLE OF THRUST TECTONICS IN FORMATION OF HYDROCARBON AND HYDROMINERAL DEPOSITS IN THE SIBERIAN CRATON – CENTRAL ASIAN FOLD BELT TRANSITION ZONE

N.V. Misyurkeeva ^{1,2✉}, A.G. Vakhromeev ¹, Yu.A. Agafonov², I.V. Buddo ^{1,3}

¹ Institute of the Earth's Crust, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 128 Lermontov St, Irkutsk 664033, Russia

² SIGMA-GEO LLC, 6 Zvezdinskaya St, Irkutsk 664039, Russia

³ Irkutsk National Research Technical University, 83 Lermontov St, Irkutsk 664074, Russia

ABSTRACT. A comprehensive interpretation of modern geological and geophysical data served as a basis for refining a model of the deep structure of the junction zone between the Siberian craton and the Central Asian fold belt, which hosts the Kovykta gas condensate field (GCF). It has been found that hydrocarbon and hydromineral deposits in the allochthonous complexes are controlled by elements of the thrust system.

It has been shown that the Cenozoic tectonic reactivation plays a decisive role in the restructuring of the multi-stage natural reservoir system of the Kovykta field. Electrical prospecting methods have revealed the presence of modern highly conductive fluid migration channels both in the sedimentary cover and the basement. The inclined morphology of the conductors connecting the autochthonous and allochthonous reservoirs indicates the present-day hydrodynamic activity of the system. It is shown that evaporite leaching zones confined to thrust dislocations could serve as pathways for lateral and vertical hydrocarbon migration through the regional halogen fluid seal, thus contributing to the formation of secondary reservoirs in carbonate-sulfate sequences.

The obtained data are of importance in understanding the geodynamic evolution of reservoir filtration fields and minimizing geological risks when identifying new promising directions of petroleum exploration in the Angara-Lena and Nepa-Botuoba regions. A practical implication is the substantiation of shifting the exploration focus towards thrust-associated traps and the necessity of mapping active fluid-conducting systems.

KEYWORDS: thrust tectonics; fluid system; detachment; leaching; Baikal-Patom fold belt; Kovykta GCF; Siberian Platform; seismic exploration; electrical prospecting; hydrocarbons

FUNDING: The study was supported by the RSF (grant No. 25-77-30006, <https://rscf.ru/project/25-77-30006/>).



EDN: HBNJFG

RESEARCH ARTICLE

Correspondence: Natalya V. Misyurkeeva, mnv@crust.irk.ru

Received: December 15, 2025

Revised: March 11, 2026

Accepted: March 13, 2026

FOR CITATION: Misyurkeeva N.V., Vakhromeev A.G., Agafonov Yu.A., Buddo I.V., 2026. Role of Thrust Tectonics in Formation of Hydrocarbon and Hydromineral Deposits in the Siberian Craton – Central Asian Fold Belt Transition Zone. *Geodynamics & Tectonophysics* 17 (2), 0881. doi:10.5800/GT-2026-17-2-0881

РОЛЬ НАДВИГОВОЙ ТЕКТониКИ В ФОРМИРОВАНИИ ПРИРОДНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ УГЛЕВОДОРОДОВ И ГИДРОМИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ ЗОНЫ ПЕРЕХОДА СИБИРСКИЙ КРАТОН – ЦЕНТРАЛЬНО-АЗИАТСКИЙ СКЛАДЧАТЫЙ ПОЯС

Н.В. Мисюркеева^{1,2}, А.Г. Вахромеев¹, Ю.А. Агафонов², И.В. Буддо^{1,3}

¹ Институт земной коры СО РАН, 664033, Иркутск, ул. Лермонтова, 128, Россия

² ООО «СИГМА-ГЕО», 664039, Иркутск, ул. Звездинская, 6, Россия

³ Иркутский национальный исследовательский технический университет, 664074, Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Россия

АННОТАЦИЯ. На основе комплексной интерпретации современных геолого-геофизических данных построена уточненная модель глубинного строения зоны сочленения Сибирского кратона и Центрально-Азиатского складчатого пояса, в пределах которого расположено Ковыктинское газоконденсатное месторождение (ГКМ). Установлено, что в аллохтонных комплексах залежи углеводородов и гидроминерального сырья контролируются элементами надвиговой системы.

Показана определяющая роль кайнозойской тектонической активизации в перестройке многоярусной системы природных резервуаров Ковыктинского ГКМ. Методами электроразведки выявлены современные высокопроводящие каналы миграции флюидов как в чехле, так и в фундаменте. Наклонная морфология проводников, связывающих автохтонный и аллохтонный резервуары, может свидетельствовать о современной гидродинамической активности системы. Показано, что зоны выщелачивания эвапоритов, приуроченные к надвиговым дислокациям, могли играть роль в формировании путей латеральной и вертикальной миграции углеводородов через региональный галогенный флюидоупор, способствуя образованию вторичных коллекторов в карбонатно-сульфатных толщах.

Полученные данные имеют значение для понимания геодинамической эволюции фильтрационных полей природных резервуаров и создают научную основу для минимизации геологических рисков при определении новых перспективных направлений поисков в Ангаро-Ленской и Непско-Ботуобинской нефтегазоносных областях. Практическим следствием является обоснование смещения поискового фокуса на выявление надвиговых ловушек и необходимость картирования активных флюидопроводящих систем.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: надвиговая тектоника; флюидная система; детачмент; выщелачивание; Байкало-Патомский складчатый пояс; Ковыктинское ГКМ; Сибирская платформа; сейсморазведка; электроразведка; углеводороды

ФИНАНСИРОВАНИЕ: Исследование проведено при поддержке РФ (грант № 25-77-30006, <https://rscf.ru/project/25-77-30006/>).

1. ВВЕДЕНИЕ

Область сочленения Сибирского кратона и Центрально-Азиатского складчатого пояса (ЦАСП) является реперной структурой для исследования корреляции между тектоническими процессами и образованием залежей углеводородов (УВ), а также гидроминерального сырья (ГМС). В контексте современных моделей стадийности онтогенеза углеводородов [Archevov, 2013], в которых выделяются фазы генерации, миграции, аккумуляции и постгенерационной эволюции резервуаров, особую значимость приобретает анализ роли тектоники в развитии карбонатных межсолевых комплексов на всем протяжении этого цикла.

Мировой опыт показывает, что крупнейшие скопления УВ контролируются надвиговыми системами как в древних (Предуральский краевой прогиб – герциниды), так и в молодых (Загрос – альпиды) коллизионных поясах. В этом ряду южная окраина Сибирской платформы, испытавшая основную складчатость в палеозое с последующей активизацией в кайнозое,

занимает промежуточное положение, демонстрируя черты сходства с обеими моделями.

В современной нефтегазовой геологии поиск новых крупных объектов в пределах давно изученных регионов остается актуальной задачей. Мировой опыт показывает, что значительные открытия возможны спустя десятилетия за счет смены геологических парадигм и применения новых технологий геологической разведки. Это позволяет пересмотреть традиционные представления и смещает фокус внимания на переинтерпретацию сложно построенных зон с высоким потенциалом исходной сырьевой базы.

Особый интерес в этом контексте вызывают зоны сочленения древних платформ и складчатых поясов, которые независимо от их возраста и геодинамической истории представляют собой уникальные тектонические области, где надвиговая тектоника часто играет существенную роль в формировании месторождений углеводородов [Misyrkееva et al., 2025]. Подтверждением этому служат примеры нефтегазовых провинций,

локализованных в таких зонах, как сочленение Восточно-Европейской платформы с Уральским складчатым поясом, на границе Аравийской платформы с Загросским складчатым поясом и другие [Kamaletdinov et al., 2000; Sobornov, 2015; Liu et al., 2018]. Залежи приурочены к сложной многоярусной системе, включающей осадочные толщи краевых прогибов, а также надвинутые аллохтонные комплексы и автохтонные породы платформы, а надвиговая тектоника выступает ключевым фактором, контролирующим формирование ловушек и миграцию флюидов в структурных этажах.

Несмотря на прогресс в теоретических построениях и открытие в этом регионе уникального Ковыктинского газоконденсатного месторождения (ГКМ) в автохтоне, а также многочисленных газо- и рапопроявлений с аномально высоким пластовым давлением (АВПД) в аллохтоне, между сложными тектоническими моделями и детальным строением конкретных объектов, особенно в их наиболее дислоцированных частях, сохраняется существенный разрыв.

Преобладающие на сегодняшний день модели не объясняют всей сложности строения месторождения, парагенетической связи разнородных флюидных скоплений и причин широкого развития зон улучшенных и аномально гидропроводных карбонатных коллекторов, а также явления АВПД флюидных систем. Даже в рамках современной надвиговой парадигмы ключевые вопросы остаются открытыми: в частности, как именно залежи формируются в двух принципиально разных структурных этажах – автохтонном (вендский терригенный комплекс) и аллохтонном (нижнекембрийский галогенно-карбонатный комплекс), какова роль кайнозойской активизации в их перераспределении [Antsiferov et al., 1981; Vakhromeev et al., 2019], как меняется качество флюидоупоров [Еров, 2018]. Особого внимания требует обоснование путей поступления в наиболее продуктивный парфеновский горизонт автохтона углеводородов, которые, согласно модели, были связаны с латеральной миграцией из Ангаро-Ленского палеопргиба еще в палеозое, а также роль процессов выщелачивания эвапоритов в формировании коллекторов и обеспечении вертикальной связи между этапами. Требуется разработка принципиально иного, интегрального, геодинамически обоснованного подхода к изучению многоэтапной эволюции для освоения месторождений УВС и ГМС осадочной толщи региона, который авторы постарались раскрыть в настоящей работе.

2. ИСТОРИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ТЕКТОНИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ РЕГИОНА

Южный фланг Сибирской платформы (СП) представляет собой один из наиболее ярких и дискуссионных примеров зоны сочленения платформы и складчатого пояса. Формирование складчатых структур ее осадочного чехла в зоне перехода к Байкало-Патомскому складчатому поясу является предметом мно-

голетних исследований, в ходе которых взгляды на природу деформаций существенно эволюционировали. Первые фундаментальные обобщения были сделаны С.М. Замараевым, предложившим генетическую классификацию с разделением складок на первичные (надглыбовые складки краевых прогибов, структуры рифея Прибайкалья и Присаянья) и вторичные (складки общего смятия гравитационного генезиса и соляные структуры) [Zamaraev, 1967]. К последним отнесены линейные складки восточной части Иркутского амфитеатра, Качугской и Марковско-Ичерской зон, структуры Присаянья, Тасеевская и Ангарская зоны, а также бескорневые дислокации Непской зоны, включая Жигаловский антиклинал. Замараев выделил морфологические типы складчатости (полная, промежуточная, прерывистая), закономерно сменяющиеся от краевых прогибов к внутренним частям платформы. В качестве ведущих механизмов деформаций им рассматривались гравитационный тектогенез (сползание чехла по соленосным горизонтам и сланцам рифея) и продольное сжатие от тангенциальных напряжений в краевом шве [Zamaraev, 1967].

Дальнейшая детализация строения региона связана с работами М.А. Дубровина, который, основываясь на обширном геолого-геофизическом материале, детализировал строение Верхнеленской палеовпадины (в составе Ангаро-Ленского палеопргиба), разделив ее чехол на три структурных подэтажа [Dubrovin, 1979].

Нижний (подсолевой) подэтаж включает рифей – венд и нижний кембрий. Здесь выделяются крупные асимметричные элементы – Прибайкальский прогиб и Приленское валлообразное поднятие. Ковыктинское ГКМ локализовано в поперечной депрессии на погружении шва последнего. На западном крыле поднятия развиты структурные ступени (Илимо-Илгинская группа). М.А. Дубровин также обосновал наличие Приангарской зоны правостороннего сдвига, но отметил, что глыбовые движения фундамента не имели ведущего значения в складкообразовании.

Средний (соленосный) подэтаж сложен кембрийскими эвапоритами. Характеризуется дисгармоничной складчатостью, перетоками солей и формированием соляных ядер.

Верхний (надсолевой) подэтаж сложен карбонатно-терригенными породами. В его пределах выделены многочисленные зоны складок (Ангарская, Илимо-Катангская, Непская, Марковско-Ичерская и др.). Ковыктинско-Хандинская зона отнесена к Илимо-Орленгской, а ее северная часть – к Непской и Марковско-Ичерской зонам. Для Непской зоны характерны линейные асимметричные складки, надвиги и взбросы, для Марковско-Ичерской – волнообразная дислоцированность.

Наряду с моделями, акцентирующими роль соляной тектоники и гравитационного сползания, развивались альтернативные представления, связывающие деформации с горизонтальными перемещениями. Так,

Г.П. Рязанов [Ryazanov, 1973] объяснял формирование Непской зоны тангенциальным сжатием от правосторонних сдвигов в фундаменте. Качественный скачок в понимании тектоники региона произошел с разработкой А.С. Сметаниным модели Предбайкало-Патомского платформенного надвигового пояса [Smetanin, 2000]. Он разделил его на три сектора (Предбайкальский, Ачиткано-Непский, Патомский) с трехчленной зональностью (прифронтальная, промежуточная, передовая). В этой концепции Жигаловский вал трактуется как фронтальная складчато-надвиговая структура Предбайкальского сектора, где базовый подошвенный надвиг залегает на глубине 1.6–1.8 км.

Принципиально новую, радикальную покровно-надвиговую концепцию предложили М.П. Лобанов, В.И. Сизых и др. [Lobanov et al., 1989]. Они выделили поясную субконцентрическую зональность: от пояса корней надвигов к центру платформы последовательно сменяются пояса шарьяжей горного обрамления, принадлежавших фронтально-надвиговым и зафронтальным структурам. Согласно этой модели территория исследований (Ковыктинско-Хандинская зона) попадает в пояс фронтально-надвиговых структур внутренней части платформы, граничащий с Прибайкало-Предпатомской поднадвиговой зоной (автохтон). Последняя рассматривается как область палеогенерации углеводородов, а фронтальные выступы надвиговых чешуй в фундаменте и отраженные в чехле складки с вторичными трещинными коллекторами – как зоны их вторичной аккумуляции. Важным итогом этих работ стало выделение В.И. Сизых четырех морфогенетических типов отраженной складчатости и подтверждение связи локализации залежей с надвиговыми структурами [Sizykh, 2001].

В настоящее время регион рассматривается как часть S-образного Байкало-Патомского складчато-надвигового пояса [Smetanin, 2000; Mazukabzov, 2003; Vakhromeev, Sizykh, 2006]. Формирование складчато-надвиговых структур в платформенном чехле объясняется взаимодействием кратона и подвижной области, наличием гетерогенного разреза (с соленосным детачментом) и проявлением тангенциальных напряжений.

Таким образом, исторический анализ показывает, что представления о генезисе складчатости эволюционировали от ранних моделей, в которых ведущая роль отводилась вертикальным глыбовым движениям фундамента и соляному диапиризму [Dubrovin, 1979], через концепцию регионального гравитационного сползания [Zamaraev, 1967] к современным моделям, признающим определяющую роль горизонтальных тангенциальных напряжений и шарьяжно-надвиговой тектоники [Smetanin, 2000; Lobanov et al., 1989; Sizykh, 2001; Mazukabzov, 2003; Vakhromeev, Sizykh, 2006; Misurkееva, 2022; Misurkееva et al., 2022]. Следствием этого является современная трактовка тектонической модели осадочного чехла, которая предполагает его разделение на два структурных этажа –

автохтон и аллохтон, разграниченных региональным детачментом. При этом в литологическом разрезе выделяются три комплекса: подсолевой, соленосный и надсолевой, где соленосный комплекс является основным горизонтом расслоения.

Именно этот регион, объединяющий Ангаро-Ленскую и Непско-Ботубинскую НГО, служит ярким примером «зрелой», но недооцененной зоны сочленения. Его геодинамическая история, включая закрытие Палеоазиатского океана в позднем палеозое и последующее надвигообразование, оказала решающее влияние на формирование природных резервуаров УВ и ГМС и современное размещение залежей углеводородов [Gladkochub et al., 2022]. При этом Ангаро-Ленский раннепалеозойский краевой палеопргиб, выделенный Г.А. Кузнецовым [Kuznetsov, 1967] как структура, унаследовавшая положение пассивной окраины, изначально обогащенной органическим веществом, стал основным очагом генерации углеводородов, поставившим флюиды в смежные зоны платформы. Особое и до сих пор недостаточно изученное значение имела кайнозойская тектоническая активизация, которая дополнительно усложнила структуру региона и определила современное распределение углеводородных и гидроминеральных залежей, способствуя перераспределению флюидов и формированию АВПД залежей. Одним из процессов, обеспечившим переток углеводородов через региональный галогенный флюидопор, вероятно, могло являться выщелачивание эвапоритов в зонах надвиговых дислокаций, создавшее как пути латеральной миграции вдоль детачмента, так и окна вертикальной миграции [Sobornov, 2024; Mel'nikov, 2018].

3. МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ

В основу работы положены материалы прошлых и современных геолого-геофизических исследований, а также актуальные представления о геодинамической модели региона.

Исходной основой послужили данные 2D и 3D сейсморазведки МОГТ, современных аэрогеофизических методов [Vakhromeev et al., 2021, 2023b], а также геологические данные глубокого бурения на нефть, газ и промышленные металлоносные рассолы, которые позволили построить детальные глубинные структурные карты, проследить региональную поверхность детачмента и восстановить сложную геометрию надвиговой тектоники. Для оценки современной флюидодинамической обстановки и картирования активных путей миграции флюидов были использованы методы электроразведки, в частности метод зондирования становлением поля в ближней зоне (ЗСБ), позволивший выявить зоны аномально высокой проводимости. В отличие от сейсморазведки, дающей структурный каркас, электроразведка ЗСБ чувствительна к наличию высокоминерализованных флюидов в трещинных зонах, что позволяет не только уточнять положение тектонических нарушений, но и диагностировать

пластина – обособленный чешуйчатый надвиговой дуплекс в северо-восточной части Ковыктинского месторождения [Vakhromeev, Sizykh, 2006; Misyurkeeva, 2022; Misyurkeeva et al., 2022]. Внутреннее строение этой пластины, где развиты разнообразные складки, от полей мелкой линейной складчатости до крупных ко-

робчатых антиклиналей (Большеиринская), наглядно показывает механизм формирования складок срыва по пластичным соленосным горизонтам.

Зоны выщелачивания эвапоритов, будучи приуроченными к поверхностям детачмента и оперяющим трещинам, играют важную роль в формировании

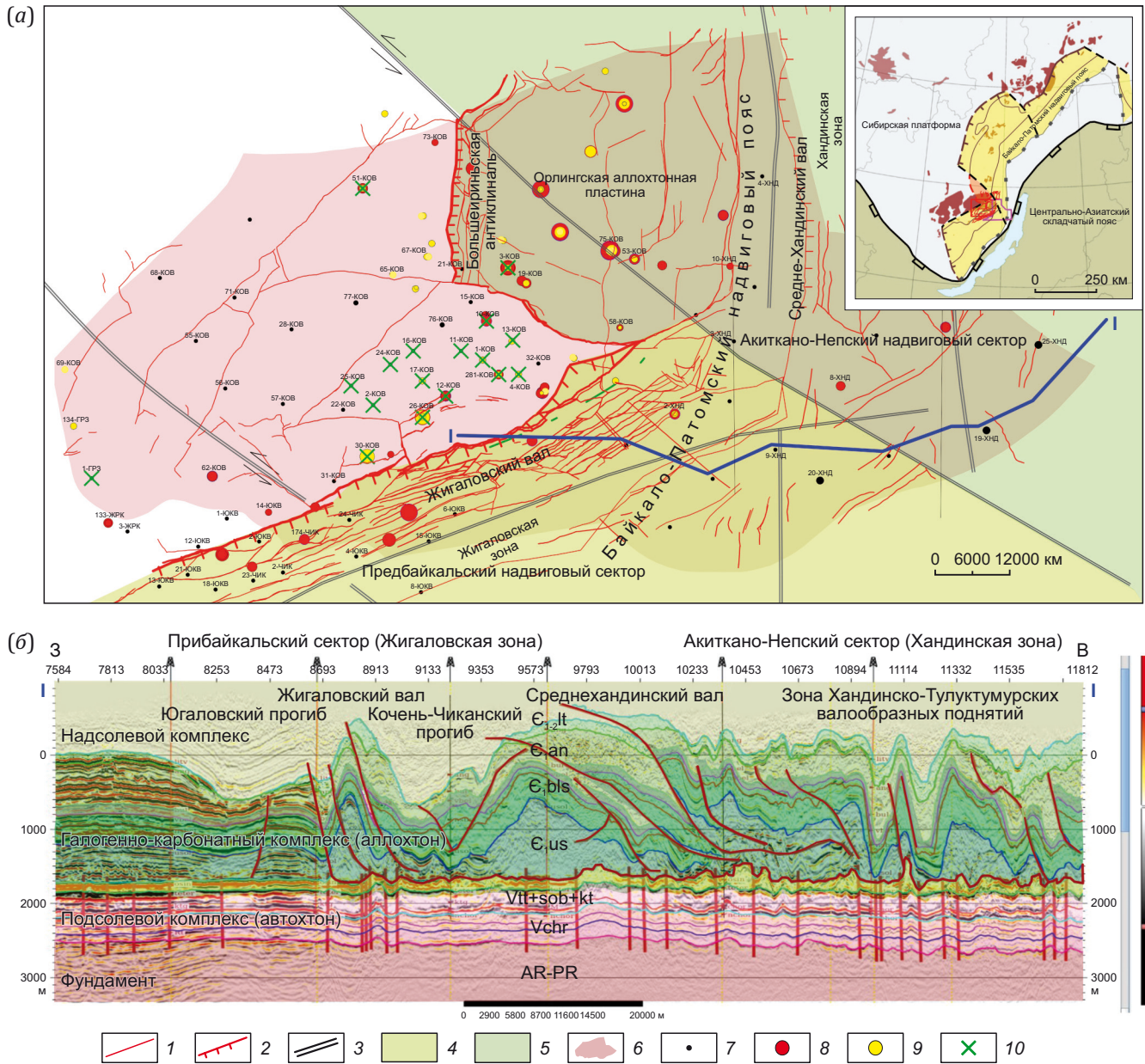


Рис. 1. Пространственная организация надвиговой системы в пределах Ковыктинского ГКМ. (а) – схематическая карта соотношения надвиговых секторов; (б) – схематический сейсмогеологический разрез. 1 – тектонические нарушения по данным 2D-3D МОГТ в осадочном чехле; 2 – предполагаемые надвиги в осадочном чехле; 3 – тектонические нарушения по фундаменту; 4-5 – надвиговые секторы: 4 – Предбайкальский, 5 – Аkitкано-Непский; 6 – условный контур газоносности парфеновского горизонта; 7 – скважины глубокого бурения; 8-10 – скважины с проявлениями: 8 – рапа, 9 – газ, 10 – со смятием колонны (по [Misyurkeeva, 2022], с дополнением).

Fig. 1. Spatial organization of the thrust system within the Kovykta GCF. (а) – schematic map of the ratio between thrust sectors; (б) – a schematic seismicogeological section. 1 – tectonic disturbances according to the 2D-3D CDPМ seismic data from the sedimentary cover; 2 – inferred thrusts in the sedimentary cover; 3 – tectonic disturbances along the basement; 4-5 – thrust sectors: 4 – Cis-Baikal, 5 – Akitkan-Nepa; 6 – conditional contour of the gas content in the Parfenov horizon; 7 – deep drilling wells; 8-10 – wells with the manifestation of: 8 – brine, 9 – gas, 10 – collapse (supplemented after [Misyurkeeva, 2022]).

путей миграции углеводородов, связывая автохтонный и аллохтонный резервуары, а также существенно улучшают емкостные и фильтрационные свойства карбонатно-сульфатных пород, преобразуя их в высокоемкие вторичные коллекторы [Sobornov, 2024].

Уточнение строения восточной части месторождения на основе новых геолого-геофизических материалов подтверждает их полную вовлеченность в систему надвиговых дислокаций Байкало-Патомского пояса, что

позволило дополнить и детализировать общую структурную схему его юго-восточного сегмента (рис. 2). Эти представления получили развитие в новейшем тектонофизическом исследовании на территории Ковыктинского месторождения, где установлена зонно-блоковая структура осадочного чехла. Ее формирование связано с последовательным воздействием разновозрастных полей региональных напряжений, обусловленных давлением со стороны смежного подвижного

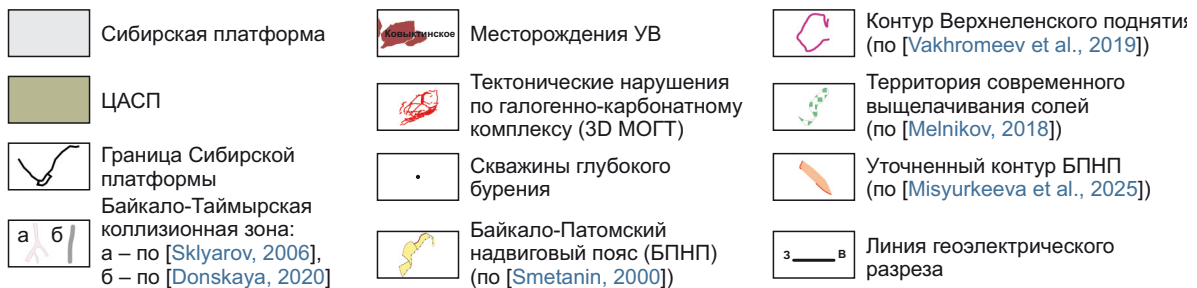
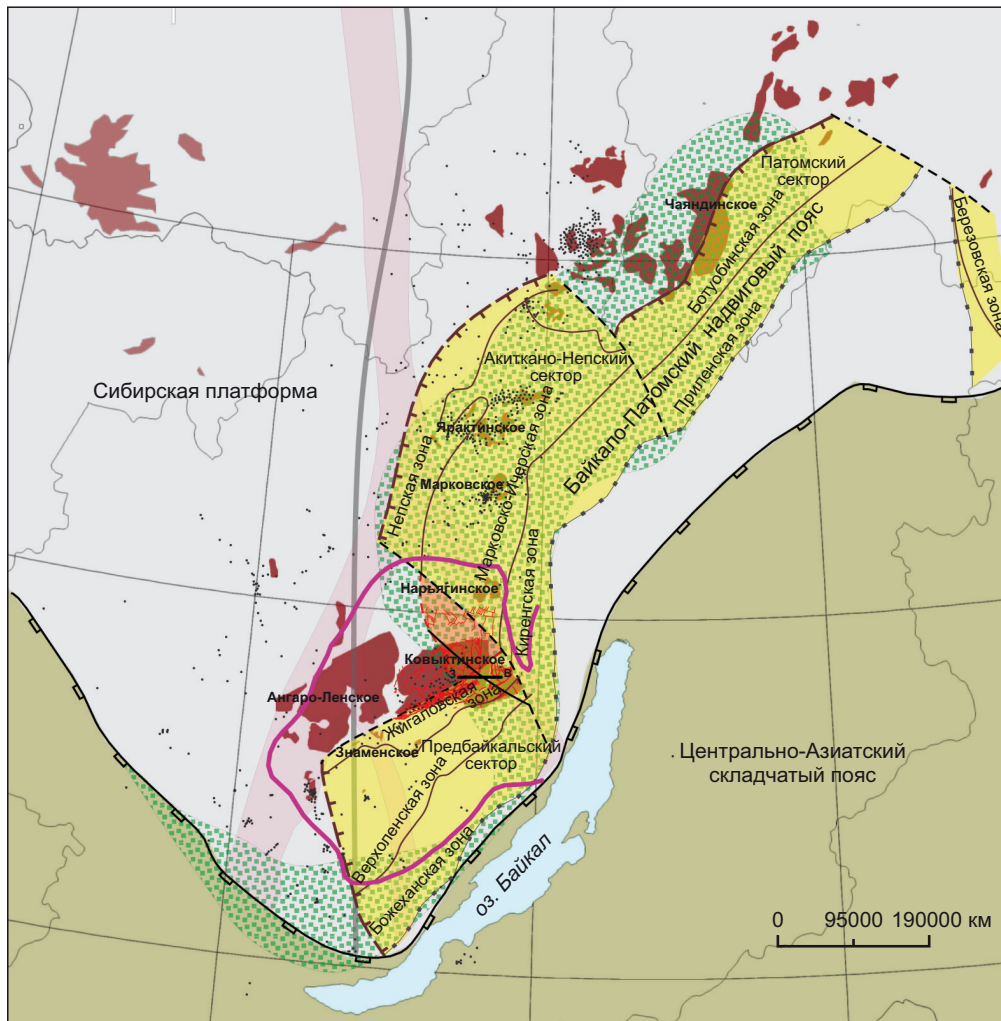


Рис. 2. Схематическое соотношение Байкало-Патомского надвигового пояса, Верхнеленского поднятия (по [Vakhromeev et al., 2019]) и современного выщелачивания солей (по [Mel'nikov, 2018]), с уточнениями по новым геолого-геофизическим данным (подготовлено Н.В. Мисюркеевой).

Fig. 2. Schematic relationship of the Baikal-Patom thrust belt, Upper Lena uplift (after [Vakhromeev et al., 2019]) and modern salt leaching (after [Mel'nikov, 2018]), up-to-date from new geological and geophysical data (prepared by N.V. Misyurkeeva).

пояса. Активное развитие этого пояса в кайнозойе выражается в формировании Байкальской рифтовой системы в условиях растяжения литосферы. Интенсивность тектонического поля напряжений ослабевает в глубь платформы и осложняется в районе месторождения гравитационными процессами, которые вызывают послойные перемещения и деформации в высокопластичном соленосном комплексе [Seminsky et al., 2024].

4.2. Роль выщелачивания эвапоритов в формировании коллекторов и путей миграции

Одним из факторов, определивших современную флюидодинамику региона, является выщелачивание эвапоритов в зонах надвиговых дислокаций. Согласно сейсмическим данным и результатам бурения, в пределах Ковыктинского ГКМ фиксируются зоны интенсивного растворения солей усольской и бельской свит. Пространственное совпадение этих зон с Байкало-Патомским надвиговым поясом указывает на то, что тектонические деформации не только создают трещиноватость, но и инициируют химическое растворение, многократно увеличивая проницаемость пород.

В этой надвиговой системе реализуются два взаимосвязанных типа миграции углеводородов, определяемых процессами выщелачивания. Латеральная (субгоризонтальная) миграция осуществляется вдоль поверхностей детачмента, приуроченных к соленосным горизонтам. Растворение солей в зонах тектонического расслоения создает высокопроницаемые горизонты (кавернозность отложений, брекчированность пород и др.), обеспечивающие дальний латеральный перенос флюидов из области краевого прогиба в сторону платформы.

Вертикальная миграция происходит по зонам выщелачивания, формирующим «окна» в сплошной соленосной толще, а также по крутопадающим оперяющим трещинам надвигов. Наиболее эффективна комбинированная («ступенчатая») миграция, при которой латеральный перенос вдоль детачмента сменяется вертикальным прорывом через зоны выщелачивания в вышележащие карбонатные коллекторы аллохтона.

Таким образом, зоны выщелачивания эвапоритов, приуроченные к надвиговым дислокациям, выполняют двойную роль. Они не только служат каналами, подводщими флюиды из автохтона в аллохтон, но и создают условия для формирования вторичных коллекторов в карбонатных толщах за счет увеличения их пустотного пространства [Sobornov, 2024].

4.3. Тектонический контроль формирования коллекторов и локализации залежей в автохтонных и аллохтонных комплексах

Тектоническая эволюция южной окраины Сибирской платформы, в частности развитие Байкало-Патом-

ского складчато-надвигового пояса, а также последующая кайнозойская активизация оказали решающее влияние на формирование природных резервуаров и локализацию углеводородных скоплений.

Крупные палеозойские надвиги Байкало-Патомского пояса, сформированные в условиях субгоризонтального тектонического сжатия, выступили в качестве первичных структур, создавших основные ловушки в аллохтоне (складки, тектонические экраны, зоны вторичной трещиноватости), и одновременно – магистральных каналов миграции флюидов. Они обусловили многоэтажное заполнение резервуаров углеводородами из рифейско-вендских очагов генерации по этим зонам трещиноватости, мигрируя в западном направлении и насыщая сначала терригенные коллекторы венда (автохтон), а затем и карбонатные горизонты кембрия в аллохтоне [Migursky, Staroseltsev, 2000; Vakhromeev, Sizykh, 2006].

Заполнение вендских коллекторов автохтона (парфеновский горизонт) происходило за счет латеральной миграции из Прибайкальского и Патомского очагов генерации, расположенных в зоне Ангаро-Ленского краевого прогиба, в палеозое, еще до формирования современных надвиговых структур. Этот процесс объясняется моделью пассивной окраины, обогащенной органическим веществом [Kuznetsov, 1967], и подтверждается огромными расчетными объемами генерации [Drobot et al., 2004]. Впоследствии, в кайнозойе, эти же коллекторы могли быть источником для подпитки аллохтона через зоны выщелачивания и надвиговые нарушения.

Непосредственно на территории Ковыктинского месторождения надвиговые напряжения привели к интенсивной трещиноватости массивных межсолевых карбонатных пластов (бильчирский, биркинский, атовский и другие горизонты). В зонах тектонического смятия, перемятия и в присводовых частях складок аллохтона (например, в Орлингской, Марковско-Ичерской пластинах) формируются коллекторы трещинного и трещинно-кавернового типа, где максимумы пористости и проницаемости приурочены к зонам разломов и присводовым частям складок. Именно этим объясняется, почему промышленные притоки и проявления УВ из кембрийских карбонатов (например, на Атовском, Тутурском месторождениях, при опробовании бильчирского горизонта на Ковыктинском ГКМ) имеют очаговый, а не площадной характер и напрямую связаны с тектонически нарушенными зонами (рис. 3).

Примечательно то, что основная масса рапо- и газопроявляющих скважин с АВПД на территории месторождения контролируется надвиговыми секторами. В северо-восточной части месторождения это Орлингская надвиговая пластина Аkitкано-Непского сектора, на юге – Прибайкальский сектор, а скважины со смятием буровых колонн расположены в тектоническом блоке, зажатом между Аkitкано-Непским и Прибайкальскими секторами (см. рис. 1).

В кайнозой неотектоническая активизация, связанная с рифтогенезом, вероятно, реактивировала разломные зоны, обновив их проницаемость. Последующее воздымание Верхнеленского сводового поднятия создало региональный уклон слоев с юго-востока на северо-запад [Zamaraev, 1967]. По данным структурных построений [Vakhromeev et al., 2019] амплитуда воздымания в кайнозой достигла 300–500 м, что сформировало гидравлический градиент, инициировавший заключительную фазу миграции [Antsiferov et al., 1981; Kontorovich, 1994, 1995] и перераспределения флюидов в системе аллохтон – автохтон; флюиды устремились в наиболее приподнятые части свода, где и произошла их финальная концентрация в локальных ловушках, крупнейшими из которых являются залежи в парфеновском [Vakhromeev et al., 2021] и боханского [Pospeev et al., 2020] горизонтах Ковыктинское месторождение.

Формирование Верхнеленского неотектонического поднятия в мезокайнозой оказало принципиально разное воздействие на углеводородные скопления в автохтонном и аллохтонном комплексах. Если для терригенных резервуаров венда (парфеновский горизонт) оно стало ключевым фактором окончательной концентрации, то для залежей в карбонатных породах кембрия, вовлеченных в аллохтонные комплексы типа Орлингской пластины, его роль была двойственной и, возможно, дестабилизирующей. С одной стороны, воздымание создало региональный гидродинамический уклон, что для залежей в аллохтоне могло привести к их дренированию, частичному разрушению и обводнению. Флюиды получили возможность мигрировать латерально, а также вверх по восстанию пластов внутри самих аллохтонных пластин, покидая одни локальные ловушки и перераспределяясь в другие, более приподнятые блоки в пределах того же аллохтона; раскрытие древних разломов в новом стресс-поле могло ускорить этот процесс.

С другой стороны, сопряженное с поднятием растяжение могло локально улучшить фильтрационно-емкостные свойства межсоловых карбонатов за счет дополнительной трещиноватости.

Таким образом, в то время как для автохтона Верхнеленское поднятие выступило фактором интеграции и аккумуляции, для аллохтона оно стало, в первую очередь, механизмом переформирования, фрагментации и потенциальной деструкции первичных скоплений, что объясняет их очаговый, а не площадной характер распространения.

Таким образом, тектоническая эволюция южной окраины Сибирской платформы, включавшая несколько фаз деформаций, определила формирование нефтегазоносной системы двумя ключевыми событиями. Позднепалеозойские надвиги, сформировавшиеся в результате коллизионных процессов, создали структурный каркас региона и первичные ловушки для углеводородов. Этот этап также характеризовался многоэтажным (ступенчатым) заполнением резервуаров: генерированные в рифейско-вендских очагах флюиды последовательно мигрировали по каналам надвиговых срывов, насыщая коллекторы венда (автохтон) и карбонатные горизонты кембрия (аллохтон). Кайнозойское воздымание Верхнеленского поднятия, связанное с рифтогенезом, не создавало новых ловушек, но кардинально изменило условия аккумуляции и перераспределения флюидов, определив их финальную концентрацию в наиболее гипсометрически приподнятых частях гигантского свода.

Данные электроразведки (ЗСБ) фиксируют линейные аномалии высокой проводимости, совпадающие с надвигами, которые интерпретируются как современные активные флюидопроводящие каналы (рис. 4). Установлена их наклонная морфология и ориентация с востока на запад, что указывает на гидродинамическую связь автохтонных и аллохтонных комплексов в настоящее время. Эти проводники трассируют



Рис. 3. Бильчирский горизонт-коллектор ангарской свиты: (а) – керн трещинно-поровый, трещинно-порово-кавернозный, трещинный; (б) – выброс газа на Ковыктинском ГКМ. Сквжина Квт-74 [Gorlov et al., 2016].

Fig. 3. Bilchir reservoir horizon of the Angara formation: (a) – fractured-porous, fractured-porous-cavernous and fractured cores; (b) – gas eruption at the Kovykta GCF Well Kw-74 [Gorlov et al., 2016].

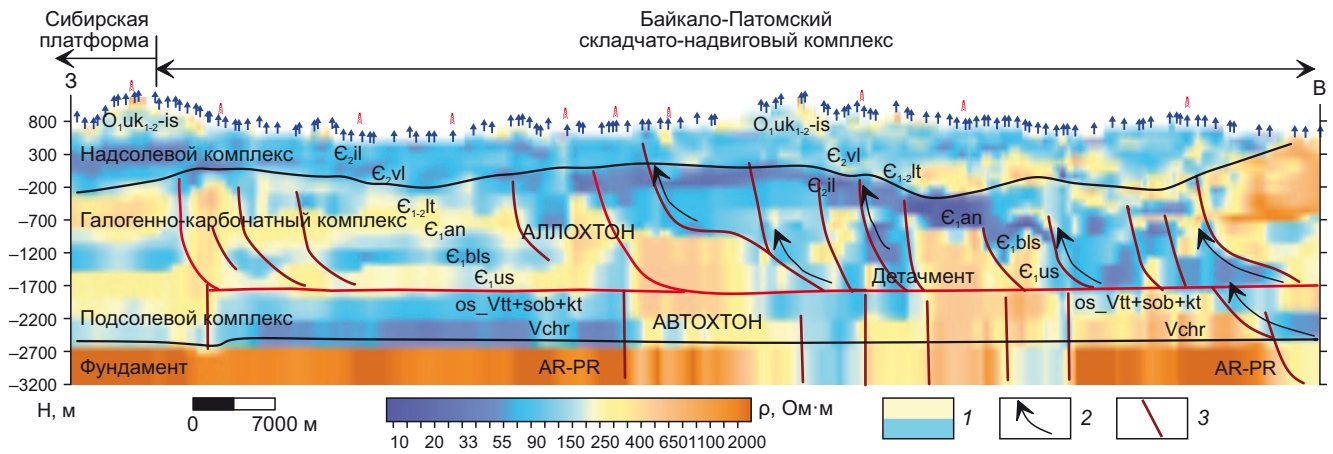


Рис. 4. Геоэлектрический разрез с элементами интерпретации. 1 – геоэлектрические горизонты; 2 – пути миграции флюидов; 3 – предполагаемые тектонические нарушения.

Fig. 4. Geoelectric section with elements of interpretation. 1 – geoelectric horizons; 2 – fluid migration routes; 3 – inferred tectonic disturbances.

пути латерально восходящей миграции флюидов из глубоких горизонтов (в том числе из зоны краевого прогиба) в ловушки аллохтона. Это свидетельствует о продолжающейся в кайнозойскую эпоху, вероятно в связи с активизацией Байкальского рифтогенеза, перестройке природных резервуаров и заполнении их флюидными системами.

Таким образом, регион представляет собой многоярусную динамически активную блоковую тектоно-резервуарно-флюидную систему. Выявленная модель двухъярусного надвигового строения с четкой поясной зональностью объясняет особенности распределения залежей, аномальных пластовых давлений флюидов и создает научную основу для прогнозирования новых перспективных объектов, в первую очередь в карбонатных комплексах аллохтона.

5. ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные результаты показывают, что южный фланг Сибирской платформы следует рассматривать как фронтальную часть активного шарьяжно-надвигового пояса, переживающую этап кайнозойской тектонофлюидной активизации. Аналогии с Предуральем и другими поясами мира очевидны. Сложное дисгармоничное строение, наличие поверхностей расслоения и поздняя активизация создают условия для формирования «пропущенных» ранее залежей как в автохтоне, так и в аллохтоне.

Поверхность детачмента играет роль главного регионального флюидоупора, разделяющего этажи с разными условиями флюидонакопления. Процессы выщелачивания эвапоритов, приуроченные к надвиговым дислокациям, нарушают целостность этого флюидоупора, создавая проницаемые окна, через которые осуществляется вертикальная связь между этажами. Выявленные наклонные проводники по данным ЗСБ свидетельствуют о том, что эта связь реализуется в современную эпоху, формируя активные пути подпит-

ки аллохтона глубинными флюидами. Кайнозойское воздымание гигантского Верхнеленского поднятия стало триггером, реактивировавшим эту систему, что объясняет парагенетическую связь углеводородных и гидроминеральных залежей, а также повсеместное развитие АВПД флюидных систем в аллохтоне. Выявленные геоэлектрические аномалии подтверждают, что система остается активной и сегодня, определяя высокие геологические риски при бурении, но одновременно указывая на пути миграции флюидов к потенциальным ловушкам.

6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты проведенных исследований обосновывают многоэтапность формирования углеводородных систем региона. Палеозойская генерация и аккумуляция в автохтонном парфеновском горизонте сменились кайнозойским переформированием залежей под воздействием надвиговой тектоники. Вероятно, этот процесс не является завершенным, современная тектоническая активность Байкальской рифтовой зоны поддерживает функционирование единой флюидной системы, о чем свидетельствуют активные каналы флюидопереноса, закартированные методом ЗСБ.

На основе современных геолого-геофизических данных сформирована модель двухъярусного строения осадочного чехла, разделенного региональным детачментом на автохтонный и аллохтонный комплексы, а также выявлена четкая пространственная зональность надвиговой системы.

Методами сейсморазведки и электроразведки детализировано чешуйчато-надвиговое строение чехла в пределах Ковыктинского месторождения. Протяженные геоэлектрические аномалии высокой проводимости, пространственно совпадающие с надвигами, связываются с активными каналами флюидопереноса. Установлена наклонная морфология этих проводников, ориентированных с востока на запад, что

доказывает наличие прямой современной гидродинамической связи между автохтонными и аллохтонными резервуарами.

Обоснована роль выщелачивания эвапоритов в формировании коллекторов и путей миграции. Латеральная миграция осуществляется вдоль поверхностей детачмента по зонам растворения солей, вертикальная – через окна выщелачивания, что обеспечивает ступенчатое перетекание флюидов из автохтона в аллохтон.

Установлен структурный контроль локализации залежей в аллохтонных комплексах элементами надвиговой системы, где формируются коллекторы трещинно-кавернового типа.

Определено ключевое влияние кайнозойского этапа тектонической активизации на перестройку флюидодинамической системы. Воздымание Верхнеленского поднятия обусловило финальную концентрацию углеводородов в автохтонных ловушках и привело к перераспределению, фрагментации и формированию АВПД в залежах аллохтона, включая скопления редкометалльных рассолов.

Новизна работы заключается в переходе от статической модели двухъярусного строения, описанной в диссертации Н.В. Мисюркеевой [Misyurkeeva, 2022], к динамической модели, учитывающей современную активность флюидопроводящих каналов (по данным ЗСБ) и конкретизирующей роль выщелачивания эвапоритов как сквозного механизма, связывающего этажи в кайнозойское время. Впервые для данной территории закартированы наклонные проводники, интерпретируемые как пути современной подпитки аллохтона.

Полученные данные согласуются с моделями, установленными для крупнейших нефтегазоносных бассейнов мира (Загросс, Предуралье), где надвиги выступают основным фактором формирования ловушек и миграционных путей. Несмотря на значительную изученность региона, вопросы генезиса и пространственного распределения залежей в различных структурных этапах остаются предметом научной дискуссии.

Результаты работы обосновывают высокий ресурсный потенциал территории для открытия новых месторождений. Практическая значимость заключается в необходимости переориентации поисковых работ на выявление неантиклинальных ловушек в аллохтонных комплексах и применение комплексного подхода для одновременного картирования структурного каркаса и активных флюидопроводящих систем, что позволит минимизировать риски при геологоразведочных работах в Ангаро-Ленской и Непско-Ботубинской нефтегазоносных областях.

7. ЗАЯВЛЕННЫЙ ВКЛАД АВТОРОВ / CONTRIBUTION OF THE AUTHORS

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку рукописи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

All authors made an equivalent contribution to this article, read and approved the final manuscript.

8. РАСКРЫТИЕ ИНФОРМАЦИИ / DISCLOSURE

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, связанного с этой рукописью.

The authors declare that they have no conflicts of interest relevant to this manuscript.

9. ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

Antsiferov A.S., 1964. Tectonics and Petroleum Potential of the Zhigalovo Swell and Adjacent Areas of the Irkutsk Amphitheater. Brief PhD Thesis (Candidate of Geology and Mineralogy). Moscow-Irkutsk, 21 p. (in Russian) [Анциферов А.С. Тектоника и перспективы нефтегазоносности Жигаловского вала и прилегающих районов Иркутского амфитеатра: Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. М.-Иркутск, 1964. 21 с.]

Antsiferov A.S., Bakin V.E., Varlamov I.P., Vozhov V.I., Vozhobov V.N., Golbert A.V., Grebenyuk V.V., Grishin M.P. et al., 1981. Geology of Oil and Gas of the Siberian Platform. In: A.E. Kontorovich, V.S. Surkov, A.A. Trofimuk (Eds). Nedra, Moscow, 552 p. (in Russian) [Анциферов А.С., Бакин В.Е., Варламов И.П., Вожов В.И., Воробьев В.Н., Гольберт А.В., Гребенюк В.В., Гришин М.П. и др. Геология нефти и газа Сибирской платформы / Ред. А.Э. Конторович, В.С. Сурков, А.А. Трофимук. М.: Недра, 1981. 552 с.]

Archevov V.B., 2013. Hydrocarbon Systems of the Siberian Platform. Journal of Mining Institute 200, 149–154 (in Russian) [Арчевов В.Б. Углеводородные системы Сибирской платформы // Записки Горного института. 2013. Т. 200. С. 149–156].

Donskaya T.V., 2020. Assembly of the Siberian Craton: Constraints from Paleoproterozoic Granitoids. Precambrian Research 348, 105869. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2020.105869>.

Donskaya T.V., Gladkochub D.P., Sergeev S.A., Khubanov V.B., Mazukabzov A.M., Motova Z.L., 2023. Final Consolidation Age of the Southern Part of the Siberian Craton. Geodynamics & Tectonophysics 14 (6), 0727 (in Russian) [Донская Т.В., Гладкочуб Д.П., Сергеев С.А., Хубанов В.Б., Мазукабзов А.М., Мотова З.Л. Возраст финальной консолидации структуры Сибирского кратона // Геодинамика и тектонофизика. 2023. Т. 14. № 6. 0727]. <https://doi.org/10.5800/GT-2023-14-6-0727>.

Drobot D.I., Pak V.A., Devyatilov N.M., Khokhlov G.A., Karpyshev A.V., Berdnikov I.N., 2004. Petroleum Potential of Precambrian Deposits of the Siberian Platform, Prospects for Preparation and Development of Their Hydrocarbon Potential. Russian Geology and Geophysics 45 (1), 110–120 (in Russian) [Дробот Д.И., Пак В.А., Десятилов Н.М., Хохлов Г.А., Карпышев А.В., Бердников И.Н. Нефтегазоносность докембрийских отложений Сибирской платформы, перспективы подготовки и освоение их углеводородного потенциала // Геология и геофизика. 2004. Т. 45. № 1. С. 110–120].

Dubrovina M.A., 1979. Salt Tectonics of the Upper Lena Basin of the Siberian Platform. Nauka, Novosibirsk, 94 p.

(in Russian) [Дубровин М.А. Соляная тектоника Верхне-Ленской впадины Сибирской платформы. Новосибирск: Наука, 1979. 94 с.]

Епов М.И. (Ed.), 2018. Oil-and-Gas Prospects of Regional Reservoirs in Pre-Patom Regional Trough (Siberian Platform). Publishing House of SB RAS, Novosibirsk, 2018, 315 p. (in Russian) [Перспективы нефтегазоносности региональных резервуаров нефти и газа Предпатомского регионального прогиба (Сибирская платформа) / Ред. М.И. Эпов. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2018. 315 с.]. DOI:10.15372/PROSPECTS2018SGG.

Gladkochub D., Pisarevsky S., Donskaya T., Natapov L., Mazukabzov A., Stanevich A., Sklyarov E., 2006. The Siberian Craton and Its Evolution in Terms of Rodinia Hypothesis. *Episodes* 29 (3), 169–174. <https://doi.org/10.18814/epiiugs/2006/v29i3/002>.

Gladkochub D.P., Motova Z.L., Donskaya T.V., Khubanov V.B., Sizov A.V., 2022. Cambrian/Ordovician Boundary as a Milestone in the Sedimentation History of the Southern Siberian Craton: Evidence from U-Pb Dating of Detrital Zircons. *Journal of Asian Earth Sciences*: X 8, 100107. <https://doi.org/10.1016/j.jaesx.2022.100107>.

Gorlov I.V., Smirnov A.S., Ignatyev S.F., Vakhromeev A.G., Pospeev A.V., Misyurkeeva N.V., Agafonov Yu.A., Buddo I.V., 2016. The New Promising Reservoirs in the Cambrian Sediments at the Kovikta Gas-Condensate Field. In: *GeoBaikal 2016. Expanding the Horizons. Proceedings of the 4th International Scientific and Practical Conference (August 22–26, 2016, Irkutsk)*. EAGE, p. 1–5 (in Russian) [Горлов И.В., Смирнов А.С., Игнатьев С.Ф., Вахромеев А.Г., Поспеев А.В., Мисюркеева Н.В., Агафонов Ю.А., Буддо И.В. Новые газоперспективные объекты в кембрийских отложениях Ковыктинского ГКМ // *ГеоБайкал 2016: Расширяя горизонты: Материалы 4-й международной научно-практической конференции (22–26 августа 2016 г., Иркутск)*. EAGE, 2016. С. 1–5]. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.201601706>.

Kamaletdinov M.A., Sizykh V.I., Kazantseva T.T., Postnikov D.V., Lobanov M.P., 2000. Thrust Tectonics of the East European and Siberian Platforms (Comparative Characteristics and Significance for Petroleum Potential). *Geology. Proceedings of the Department of Earth Sciences and Natural Resources* 5, 46–60 (in Russian) [Камалетдинов М.А., Сизых В.И., Казанцева Т.Т., Постников Д.В., Лобанов М.П. Надвиговая тектоника Восточно-Европейской и Сибирской платформ (сравнительная характеристика и значение для нефтегазоносности) // *Геология. Известия Отделения наук о Земле и природных ресурсов*. 2000. № 5. С. 46–60].

Kontorovich A.E. (Ed.), 1994. Oil-and-Gas-Bearing Basins and Regions of Siberia. Iss. 7. Нера-Вотуоба Region. Novosibirsk, 76 p. (in Russian) [Нефтегазоносные бассейны и регионы Сибири. Вып. 7. Непско-Ботуобинский регион / Ред. А.Э. Конторович. Новосибирск, 1994. 76 с.]

Kontorovich A.E. (Ed.), 1995. Oil-and-Gas-Bearing Basins and Regions of Siberia. Iss. 8. Irkutsk Basin. Novosibirsk, 59 p. (in Russian) [Нефтегазоносные бассейны и регио-

ны Сибири. Вып. 8. Иркутский бассейн / Ред. А.Э. Конторович. Новосибирск, 1995. 59 с.]

Kuznetsov G.A., 1967. Angara-Lena Early Paleozoic Foredeep (Geological Structure, Mineral Resources, Comparative Characteristics with Other Foredeeps). Brief PhD Thesis (Doctor of Geology and Mineralogy). Leningrad, 59 p. (in Russian) [Кузнецов Г.А. Ангаро-Ленский раннепалеозойский краевой прогиб (геологическое строение, полезные ископаемые, сравнительная характеристика с другими краевыми прогибами): Автореф. дис. ... докт. геол.-мин. наук. Л., 1967. 59 с.]

Liu X., Wen Zh., Wang Zh., Song Ch., He Zh., 2018. Structural Characteristics and Main Controlling Factors on Petroleum Accumulation in Zagros Basin, Middle East. *Journal of Natural Gas Geoscience* 3 (5), 273–281. <https://doi.org/10.1016/j.jnggs.2018.11.004>.

Lobanov M.P., Sizykh V.I., Sintsov A.V., 1989. Folded-Nappe Structure of the Southern Siberian Platform (Mineralogenic and Oil-and-Gas-Bearing Platforms). In: *Shariage and Geological Processes. Abstracts of the All-Union Conference (December 12–14, 1989)*. Publishing House of the Bashkir Scientific Centre of the USSR Academy of Sciences, Ufa, p. 23–24 (in Russian) [Лобанов М.П., Сизых В.И., Синцов А.В. Покровно-складчатое строение юга Сибирской платформы (платформы минерагении и нефтегазоносности) // Шарьирование и геологические процессы: Сборник тезисов докладов Всесоюзной конференции (12–14 декабря 1989 г.). Уфа: БНЦ УрО АН СССР, 1989. С. 23–24].

Mazukabzov A.M., 2003. Structure and Geodynamics of the Southern Margin of the Siberian Craton. PhD Thesis (Doctor of Geology and Mineralogy). Irkutsk, 402 p. (in Russian) [Мазукабзов А.М. Структура и геодинамика южной окраины Сибирского кратона: Дис. ... докт. геол.-мин. наук. Иркутск, 2003. 402 с.]

Mel'nikov N.V., 2018. Vendian-Cambrian Salt-Bearing Basin of the Siberian Platform: Stratigraphy, History of Development. Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources, Novosibirsk, 177 p. (in Russian) [Мельников Н.В. Венд-кембрийский соленосный бассейн Сибирской платформы: Стратиграфия, история развития. Новосибирск: СНИИГГиМС, 2018. 177 с.]

Mel'nikov N.V., Mel'nikov N.P., Smirnov E.V., 2011. The Petroleum Accumulation Zones in the Geological-Prospecting Regions of the Lena-Tunguska Province. *Russian Geology and Geophysics* 52 (8), 906–916. <https://doi.org/10.1016/j.rgg.2011.07.012>.

Migursky A.V., Staroseltsev V.S., 2000. Fault Zones – Natural Pumps of Natural Fluids. *National Geology* 1, 56–59 (in Russian) [Мигурский А.В., Старосельцев В.С. Зоны разломов – естественные насосы природных флюидов // *Отечественная геология*. 2000. № 1. С. 56–59].

Misyurkeeva N.V., 2022. Fold-Thrust Structure of the Sedimentary Cover of the Southeastern Margin of the Siberian Craton (Kovykta-Khanda Zone). PhD Thesis (Candidate of Geology and Mineralogy). Irkutsk, 140 p. (in Russian) [Мисюркеева Н.В. Складчато-надвиговое строение

осадочного чехла юго-восточной окраины Сибирского кратона (Ковыктинско-Хандинская зона): Дис. ... канд. геол.-мин. наук. Иркутск, 2022. 140 с.].

Misyurkeeva N.V., Vakhromeev A.G., Buddo I.V., 2025. Influence of Deformational Structures of the Baikal-Patom Thrust Belt on the Formation of Fluid Systems in the Foreland of the Siberian Platform. In: Geodynamic Evolution of the Lithosphere of the Central Asian Mobile Belt (from Ocean to Continent). Proceedings of Scientific Meeting (October 14–18, 2025). Iss. 23. IEC SB RAS, Irkutsk, p. 183–184 (in Russian) [Мисюркеева Н.В., Вахромеев А.Г., Буддо И.В. Влияние деформационных структур Байкало-Патомского надвигового пояса на формирование флюидных систем в форланде Сибирской платформы // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту): Материалы научной конференции (14–18 октября 2025 г.). Иркутск: ИЗК СО РАН, 2025. Вып. 23. С. 183–184].

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 (2), 0607 (in Russian) [Мисюркеева Н.В., Вахромеев А.Г., Смирнов А.С., Буддо И.В., Горлов И.В., Шемин Г.Г. Детализация надвиговых структур осадочного чехла в Ковыктинско-Хандинской зоне отраженной складчатости // Геодинамика и тектонофизика. 2022. Т. 13. № 2. 0607]. <https://doi.org/10.5800/GT-2022-13-2s-0607>.

Pospееv A.V., Vakhromeev A.G., Kurchikov A.R., Buddo I.V., Misyurkeeva N.V., Agafonov Yu.A., Smirnov A.S., Gorlov I.V., 2020. To the Problem of Assessing Bokhanskiy Horizon Potential by the Transient Electromagnetic Soundings Data Within Kovykta Gas-Condensate Field. *Geology, Geophysics and Development of Oil and Gas Fields* 11 (347), 9–21 (in Russian) [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 // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2020. № 11 (347). С. 9–21]. [https://doi.org/10.30713/2413-5011-2020-11\(347\)-9-21](https://doi.org/10.30713/2413-5011-2020-11(347)-9-21).

Rosen O.M., Condie K.C., Natapov L.M., Nozhkin A.D., 1994. Archean and Early Proterozoic Evolution of the Siberian Craton: A Preliminary Assessment. *Archean Crustal Evolution. Developments in Precambrian Geology* 11, 411–459. [https://doi.org/10.1016/S0166-2635\(08\)70228-7](https://doi.org/10.1016/S0166-2635(08)70228-7).

Ryazanov G.V., 1973. Morphology and Genesis of Folds of the Nepa Zone. *Nauka, Novosibirsk*, 89 p. (in Russian) [Рязанов Г.В. Морфология и генезис складок Непской зоны. Новосибирск: Наука, 1973. 89 с.].

Seminsky K.Z., Burzunova Yu.P., Bornyakov S.A., Miroshnichenko A.I., Buddo I.V., Smirnov A.S., Cheremnykh A.V., Misyurkeeva N.V. et al., 2024. Geological Models of Regional Reservoirs and Formation Fluid Systems of the Angara-Kovykta Zone of Petroleum Accumulation. Vol. 1. Block-Zonal Structure and Stress-Strain State of the Sedimentary

Cover at the Kovykta Gas Condensate Field: Tectonophysical Analysis. In: D.P. Gladkochub (Ed.). Publishing House of SB RAS, Novosibirsk, 173 p. (in Russian) [Семинский К.Ж., Бурзунова Ю.П., Борняков С.А., Мирошнichenko А.И., Буддо И.В., Смирнов А.С., Черемных А.В., Мисюркеева Н.В. и др. Геологические модели строения региональных резервуаров и пластовые флюидные системы Ангаро-Ковыктинской зоны нефтегазоаккумуляции. Т. 1: Зонно-блоковая структура и напряженно-деформированное состояние осадочного чехла на Ковыктинском газоконденсатном месторождении: Тектонофизический анализ / Ред. Д.П. Гладкочуб. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2024. 173 с.]. <https://doi.org/10.53954/9785605250166>.

Shutov G.Ya., 1987. The Upper Lena Arched Uplift – A New Promising Object for Prospecting for Gas Deposits in the Angara-Lena Oil and Gas Region. *Geology of Oil and Gas* 1, 5–9 (in Russian) [Шутов Г.Я. Верхнеленское сводовое поднятие – новый перспективный объект для поисков залежей газа в Ангаро-Ленской НГО // Геология нефти и газа. 1987. № 1. С. 5–9].

Sizykh V.I., 2001. Thrust Tectonics of the Outskirts of Ancient Platforms. *GEO, Novosibirsk*, 154 p. (in Russian) [Сизых В.И. Шарьяжно-надвиговая тектоника окраин древних платформ. Новосибирск: Гео, 2001. 154 с.].

Sklyarov E.V. (Ed.), 2006. Precambrian Evolution of Southern Part of the Siberian Craton. SB RAS Publishing House, Novosibirsk, 367 p. (in Russian) [Эволюция южной части Сибирского кратона в докембрии / Ред. Е.В. Скляров. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2006. 367 с.].

Smetanin A.V., 2000. Baikal-Patom Thrust Belt. *Russian Oil and Gas Geology* 1, 14–20 (in Russian) [Сметанин А.В. Предбайкало-Патомский надвиговый пояс // Геология нефти и газа. 2000. № 1. С. 14–20].

Sobornov K.O., 2015. Structure of Fold Belts and Prospects for Discovering Large Fields in the Folded Pre-Urals. *Petroleum Geology. Theoretical and Applied Studies* 10 (1) (in Russian) [Соборнов К.О. Структура складчатых поясов и перспектива открытия крупных месторождений в складчатом Предуралье // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2015. Т. 10. № 1]. https://doi.org/10.17353/2070-5379/6_2015.

Sobornov K.O., 2024. Salt-Bearing Fold-and-Thrust Belts of Northern and Central Eurasia: Structure and Petroleum Potential. *Russian Oil and Gas Geology* 5, 45–66 (in Russian) [Соборнов К.О. Соленосные складчато-надвиговые пояса Северной и Центральной Евразии: строение и нефтегазоносность // Геология нефти и газа. 2024. № 5. С. 45–66]. <https://doi.org/10.47148/0016-7894-2024-5-45-66>.

Vakhromeev A.G., Mamakov D.O., Demidova E.V., Misyurkeeva N.V., Kornilova T.A., Pulyaevsky M.S., 2023a. Geological Structure of the Wendian and the Wendian-Cambrian Natural Reservoirs of the South-Eastern Part of the Angara-Lena Stage Oil and Gas Exploration Results. *PRONEFT. Professionally About Oil* 8 (3), 22–37 (in Russian) [Вахромеев А.Г., Мамаков Д.О., Демидова Е.В., Мисюркеева Н.В., Корнилова Т.А., Пуляевский М.С. Геологическое строе-

ние природных резервуаров венда и венд-кембрия юго-восточной части Ангаро-Ленской ступени по результатам нового этапа ГРП на нефть и газ // *ПРОнефть. Профессионально о нефти*. 2023. Т. 8. № 3. С. 22–37]. DOI:10.51890/2587-7399-2023-8-3-22-37.

Vakhromeev A.G., Meisner A.L., Kolmakov A.V., Smirnov A.S., Gorlov I.V., Misyurkeeva N.V., 2021. Mapping of the Surface of the Crystalline Basement of the Upper Lena Arched Uplift, Irkutsk Amphitheater, According to Modern Airborne Geophysical Survey Data. In: *Geodynamic Evolution of the Lithosphere of the Central Asian Mobile Belt (from Ocean to Continent)*. Proceedings of Scientific Meeting (October 19–22, 2021). Iss. 19. IEC SB RAS, Irkutsk, p. 27–30 (in Russian) [Вахромеев А.Г., Мейснер А.Л., Колмаков А.В., Смирнов А.С., Горлов И.В., Мисюркеева Н.В. Картирование поверхности кристаллического фундамента Верхнеленского сводового поднятия, Иркутский амфитеатр, по данным современной аэрогеофизической съемки // *Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту): Материалы научного совещания (19–22 октября 2021 г.)*. Иркутск: ИЗК СО РАН, 2021. Вып. 19. С. 27–30].

Vakhromeev A.G., Sizykh V.I., 2006. The Role of Nappe Tectonics in the Development of Abnormally High Formation Pressure and Economic Metalliferous Brines: A Case Study of the Southern Siberian Craton. *Doklady Earth Sciences* 407, 209–212]. <https://doi.org/10.1134/S1028334X06020115>.

Vakhromeev A.G., Smirnov A.S., Mazukabzov A.M., Gorlov I.V., Misyurkeeva N.V., Shutov G.Ya., Ogibenin V.V., 2019.

The Upper Lena Arched Uplift – the Main Object for Preparation of the Hydrocarbon Resource Base in the Southern Part of the Siberian Platform. *Geology and Mineral Resources of Siberia* 3 (39), 38–56 (in Russian) [Вахромеев А.Г., Смирнов А.С., Мазукабзов А.М., Горлов И.В., Мисюркеева Н.В., Шутов Г.Я., Огибенин В.В. Верхнеленское сводовое поднятие – главный объект подготовки ресурсной базы Иркутского центра газодобычи // *Геология и минеральные ресурсы Сибири*. 2019. № 3. С. 38–56].

Vakhromeev A.G., Smirnov A.S., Meisner A.L., Kolmakov A.V., Mazukabzov A.M., Gladkochub D.P., Misyurkeeva N.V., 2023b. Structure of the Crystalline Basement of the Southern Siberian Craton Based on New Geological and Geophysical Data. In: *Geodynamics and Minerageny of Northern Eurasia*. Proceedings of the VI International Scientific Conference Dedicated to the 50th Anniversary of the Dobretsov Geological Institute SB RAS (March 13–17, 2023). Buryat State University Publishing House, Ulan-Ude, p. 111–113 (in Russian) [Вахромеев А.Г., Смирнов А.С., Мейснер А.Л., Колмаков А.В., Мазукабзов А.М., Гладкочуб Д.П., Мисюркеева Н.В. Структура кристаллического ложа юга Сибирского кратона на основе новейших геолого-геофизических данных // *Геодинамика и минерагения Северной Евразии: Материалы VI международной научной конференции, посвященной 50-летию Геологического института им. Н.Л. Добрецова СО РАН (13–17 марта 2023 г.)*. Улан-Удэ: Изд-во БГУ, 2023. С. 111–113].

Zamaraev S.M., 1967. *Marginal Structures of the Southern Part of the Siberian Platform*. Nauka, Moscow, 247 p. (in Russian) [Замараев С.М. Краевые структуры южной части Сибирской платформы. М.: Наука, 1967. 247 с.].