



ADJUSTMENT OF THRUSTING STRUCTURE IN THE KOVYKTA-KHANDINSKAYA REFLECTED FOLDING ZONE

N.V. Misyurkeeva ¹✉, A.G. Vakhromeev ^{1,2}, A.S. Smirnov ^{4,5}, I.V. Buddo ^{1,2,3}, I.V. Gorlov⁴, G.G. Shemin ^{1,6}

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

² Irkutsk National Research Technical University, 83 Lermontov St, Irkutsk 664074, Russia

³ Irkutsk Scientific Center, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 134 Lermontov St, Irkutsk 664033, Russia

⁴ Gazprom Nedra LLC, 70 Herzen St, Tyumen 625000, Russia

⁵ Tyumen Industrial University, 38 Volodarsky St, Tyumen 625000, Russia

⁶ Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 3 Academician Koptyug Ave, Novosibirsk 630090, Russia

ABSTRACT. The Kovykta-Khandinskaya zone, which includes the Kovykta gas condensate field, is a giant located in the junction zone of the Angara-Lena stage with the craton edge – the Cis-Baikal trough. Here, according to the results of long-term geological exploration, the Verkhnelenskoe uplift was identified, the northern part of which is reflected on tectonic maps as the Kovykta ledge. At the same time, the geological model of the field today is based on the standard two-member model, which includes a slightly disturbed sedimentary cover and basement. However, new geophysical studies revealed that the sedimentary cover of the eastern part of the zone is intensely deformed and has a two-tiered nodular-thrust structure (the lower layer is autochthon, the upper layer is allochthon). The main object for gas exploration within the Kovykta gas condensate field is the Vendian formation. The middle (halogen-carbonate) section has been studied fragmentarily, mainly as an object of geological geohazards when drilling deep wells. The involvement of new data from 3D seismic and 3D transient electromagnetic methods made it possible to clarify the Kovykta gas condensate field tectonic structure to assess the potential of secondary carbonate reservoirs characterized by intense fluid (natural gas, brines) inflows.

KEYWORDS: sedimentary cover; allochthon; autochthon; anticline; thrust; seismic exploration; geological exploration

FUNDING: This work involved the Shared Research Facilities "Geodynamics and Geochronology" equipment at the Institute of the Earth's Crust, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (grant 075-15-2021-682). The research was supported by grant 075-15-2019-1883 from the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation.

SHORT COMMUNICATION

Received: December 8, 2021

Revised: December 28, 2021

Accepted: December 30, 2021

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

FOR CITATION: 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

ДЕТАЛИЗАЦИЯ НАДВИГОВЫХ СТРУКТУР ОСАДОЧНОГО ЧЕХЛА В КОВЫКТИНСКО-ХАНДИНСКОЙ ЗОНЕ ОТРАЖЕННОЙ СКЛАДЧАТОСТИ

Н.В. Мисюркеева¹, А.Г. Вахромеев^{1,2}, А.С. Смирнов^{4,5}, И.В. Буддо^{1,2,3}, И.В. Горлов⁴, Г.Г. Шеми^{1,6}

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

² Иркутский национальный исследовательский технический университет, 664074, Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Россия

³ Иркутский научный центр СО РАН, 664033, Иркутск, ул. Лермонтова, 134, Россия

⁴ ООО «Газпром Недрa», 625000, Тюмень, ул. Герцена, 70, Россия

⁵ Тюменский индустриальный университет, 625000, Тюмень, ул. Володарского, 38, Россия

⁶ Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, 630090, Новосибирск, пр-т Академика Коптюга, 3, Россия

АННОТАЦИЯ. Ковыктинско-Хандинская зона, включающая Ковыктинское газоконденсатное месторождение-гигант, расположена в области сочленения Ангаро-Ленской ступени с краевой областью платформы – Прибайкальским прогибом. Здесь по результатам многолетних геологоразведочных работ выявлено Верхнеленское поднятие, северная часть которого отражена на тектонических картах как Ковыктинский выступ. При этом геологическое строение месторождения на сегодняшний день основывается на стандартной модели: слабонарушенный платформенный чехол – фундамент. Однако новыми геофизическими исследованиями выявлено, что осадочный чехол восточной части зоны интенсивно деформирован и имеет двухъярусное надвиговое строение (нижний ярус – автохтон, верхний – аллохтон). Основным объектом газопоисковых работ в пределах Ковыктинского месторождения являются вендские отложения. Средняя (галогебно-карбонатная) часть разреза изучена фрагментарно, в основном как объект геологических осложнений при проходке глубоких скважин. Привлечение новых данных площадных сейсмо- и электроразведочных исследований позволило уточнить структурно-тектоническое строение Ковыктинского газоконденсатного месторождения, оценить потенциал вторичных карбонатных коллекторов в аллохтоне, проявляющихся интенсивными притоками пластовых флюидов (природный газ, высокоминерализованные рассолы).

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: осадочный чехол; аллохтон; автохтон; антиклиналь; надвиг; сейсморазведка; геологоразведочные работы

ФИНАНСИРОВАНИЕ: В работе задействовано оборудование ЦКП «Геодинамика и геохронология» Института земной коры СО РАН в рамках гранта № 075-15-2021-682. Исследования выполнены при поддержке Правительства Российской Федерации, грант № 075-15-2019-1883.

1. ВВЕДЕНИЕ

Ковыктинско-Хандинская зона сочленения платформы и краевого прогиба, включающая уникальное Ковыктинское газоконденсатное месторождение (КГКМ), в региональном плане находится в контуре пояса фронтально-надвиговых структур внутренней части платформы [Shemin, 1988; Migursky, Staroseltsev, 1997; Smetanin, 2000; Sizykh, 2001; Kulagin, 2011; Belt Zonality..., 1990]. Здесь по результатам многолетних геологоразведочных работ (ГРП) выявлено Верхнеленское поднятие [Shutov, 1987; Vakhromeev et al., 2019, 2021; Sмирнов et al., 2019], северная часть которого отражена на тектонических картах как Ковыктинский выступ.

Целевым объектом ГРП является парфеновский газопродуктивный горизонт песчаников чорской свиты венда. Месторождение открыто в 1979 г. скважиной Грузновской-1. На первом этапе бурение вели в относительно простых горно-геологических условиях нормально-осадочного разреза платформенного чехла. За 30 лет поисково-разведочных работ площадь продуктивного поля увеличена до 7000 км². Сегодня разведку

восточной части месторождения ведут в контурах краевого Предбайкало-Предпатомского регионального прогиба, в области влияния Байкало-Патомского надвигового пояса [Shemin, 1988; Migursky, Staroseltsev, 1989, 1997; Smetanin, 2000; Kulagin, 2011; Shemin et al., 2017; Kontorovich et al., 1985], структурами которого геологическое строение разреза в восточной и юго-восточной части месторождения существенно осложнено [Zama-raev, 1967; Seminsky et al., 2018; Sankov et al., 2017].

Геологическая модель осадочного чехла может быть формализована как трехслойная система, в которой средний (галогебно-карбонатный) комплекс пород по физико-механическим свойствам резко отличается от верхнего (карбонатно-терригенного) и нижнего (терригенно-карбонатного) комплексов. В контурах надвигового пояса в осадочном чехле выделяют два структурных этажа – «спянный» с поверхностью фундамента автохтон, сложенный толщами верхнего протерозоя и венда, и существенно деформированный в поле тангенциальных напряжений Байкало-Патомской складчатой области аллохтон [Shemin et al., 2017], сложенный

галогенно-карбонатными породами нижнего кембрия и терригенно-карбонатными образованиями нижнего кембрия – ордовика. Наиболее сложное (складчато-надвиговое) строение галогенно-карбонатной части разреза на востоке месторождения-гиганта обусловлено вовлечением осадочного чехла месторождения в деформации разнонаправленных полей напряжений, с юга и востока [Zamaraev, 1967; Smetanin, 2000; Seminsky et al., 2018]. Не исключено, что наблюдаемые виргации на стыке крупных, протяженных линейных дислокаций, соляных валов обусловлены барражирующим влиянием погребенного Ковыктинского выступа кристаллического фундамента на южный и центральный секторы Байкало-Патомского надвигового пояса [Migursky, 2001; Alakshin, Pismenny, 1988].

Проведенные на сегодняшний день масштабные площадные геофизические исследования МОГТ, ЗСБ, а также результаты бурения новых скважин позволяют более детально рассмотреть строение осадочного чехла месторождения [Smirnov et al., 2016; Pospееv et al., 2018]. Основная цель исследования – разработка новой, детальной структурно-тектонической модели в интервале галогенно-карбонатной части разреза осадочного чехла КГКМ и сопредельной территории на основе комплексного геолого-геофизического подхода. Детализация особенно важна при проектировании ГРП как для прогноза и поисков залежей УВ и литиеносных рассолов в межсолевых карбонатных резервуарах нижнего кембрия (аллохтон), так и для безаварийного бурения глубоких скважин на целевые газопродуктивные объекты терригенного венда (автохтон).

2. МЕТОД

Основой для комплексного геолого-геофизического подхода при расшифровке складчато-надвиговой

структуры осадочного чехла КГКМ являлись результаты интерпретации сейсморазведочных данных МОГТ 3D (структурные карты по основным отражающим горизонтам галогенно-карбонатной части разреза и сейсмические временные разрезы), данные профильных и площадных исследований зондированием становления поля в ближней зоне, материалы бурения скважин в пределах Ковыктинского и прилегающих участков (Хандинский, Чиканский, Южно-Усть-Кутский), а также архивные данные и региональные представления о строении участка работ. Исследования МОГТ-3D позволяют с высокой степенью точности картировать структурно-тектонические особенности участка как в плане, так и в разрезе. В свою очередь, электроразведка методом ЗСБ в новейших технико-технологических аппаратурных модификациях [Pospееv et al., 2018; Buddo et al., 2013] является прямым методом картирования распределения флюидных, флюидонапорных систем и проницаемых зон флюидонасыщенных вторичных карбонатных коллекторов. Области повышенной проводимости по данным ЗСБ отражают участки развития сложных каверново-трещинных межсолевых коллекторов, для которых при бурении типичны газо- и рапопроявления, либо поглощения бурового раствора.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ

По данным сейсморазведочных работ 2D в 2014 г. к северу от Ковыктинского ГКМ (Южно-Усть-Кутский лицензионный участок (ЛУ)) были выделены многочисленные тектонические нарушения, по своей морфологии характерные для надвиговых систем [Gaiduk, Prokopiev, 1999]. По нескольким субширотным профилям наблюдалась серия чешуйчатых вееров, выполаживающихся с глубиной и, по-видимому, представляющих надвиговую систему (рис. 1).

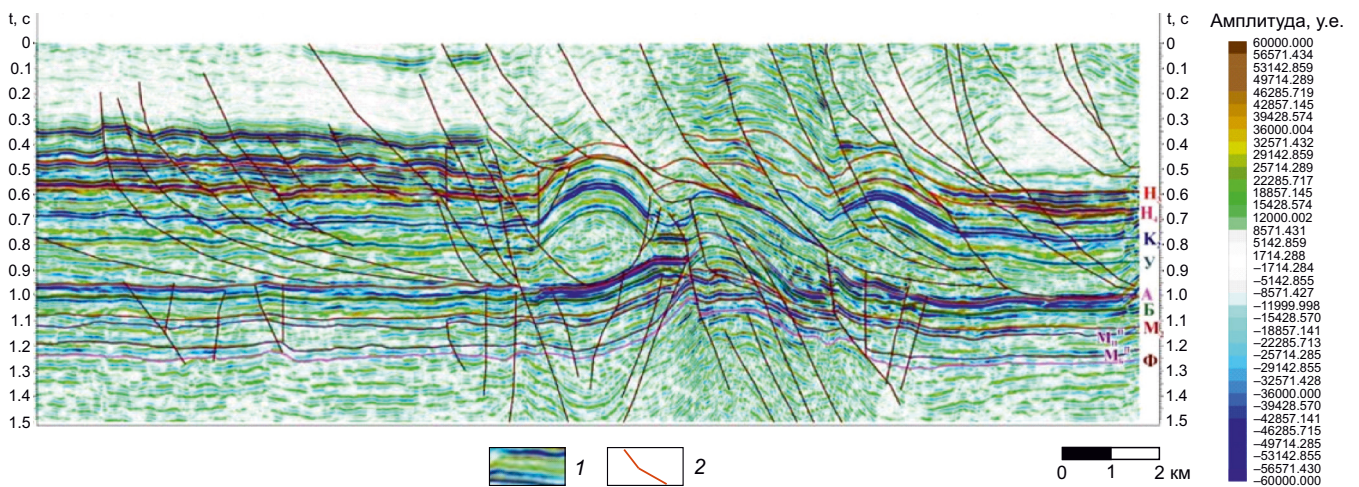


Рис. 1. Субширотный сейсмический временной разрез северной части Ковыктинско-Хандинской зоны (Южно-Усть-Кутский лицензионный участок). 1 – сейсмический разрез с отражающими горизонтами; 2 – тектонические нарушения по данным МОГТ 2D.

Fig. 1. Sublatitudinal seismic time section of the northern part of the Kovykta-Khandinsky zone (South-Ust-Kutsky license area). 1 – seismic section with reflecting horizons; 2 – tectonic faults according to CDP 2D data.

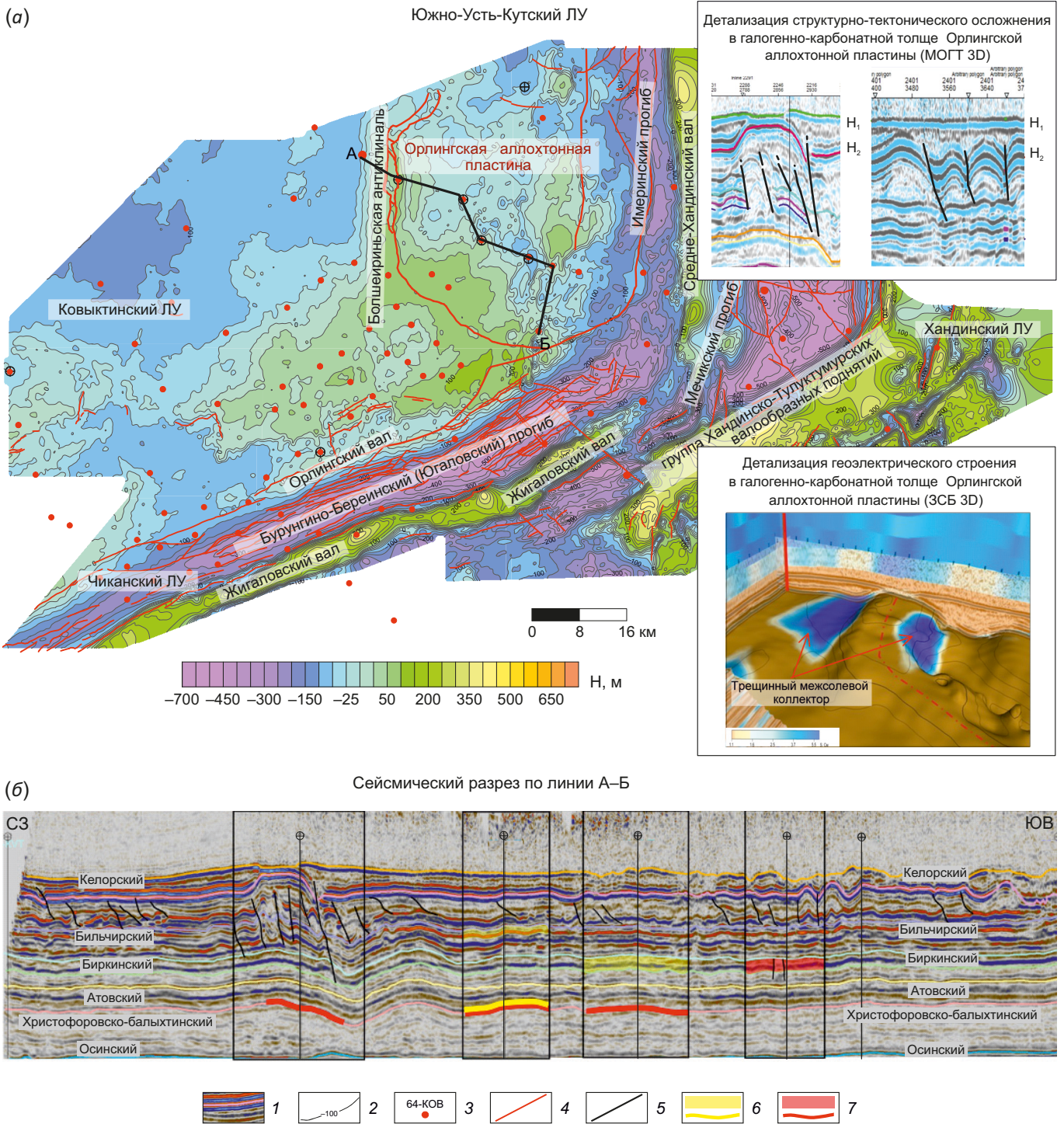


Рис. 2. Строение галогенно-карбонатной части разреза по данным МОГТ 3D: (а) – структурная карта по кровле литвинцевской свиты; (б) – сейсмический разрез по линии А–Б.

1 – сейсмический разрез с отражающими горизонтами; 2 – изолинии кровли литвинцевской свиты, м; 3 – скважины глубокого бурения; 4–5 – тектонические нарушения: 4 – по данным 3D МОГТ, 5 – по данным авторской интерпретации на разрезах; 6 – газопроявления; 7 – рапопроявления.

Fig. 2. Structure of the halogen-carbonate part of the section according to CDP 3D data: (а) – structural map along the top of the Litvintsevskaya Formation; (б) – seismic section along line A–B.

1 – seismic section with reflecting horizons; 2 – isolines of the top of the Litvintsevskaya Formation, m; 3 – deep drilling wells; 4–5 – tectonic faults: 4 – according to 3D CDP data, 5 – according to the author’s interpretation on the sections; 6 – gas zones; 7 – brine zones.

По результатам комплексного тектонического анализа были выделены две основные системы тектонических нарушений; первая – субмеридионального и северо-восточного простирания – параллельна основным разломам Байкало-Таймырского трансрегионального разлома; вторая имеет ортогональное положение и сдвиговый характер дислокаций. Наибольшее количество тектонических нарушений выделено в средней части разреза осадочного чехла и приурочено к карбонатным пластам галогенно-карбонатной формации нижнего кембрия.

Также особенностью строения площади является наличие в юго-восточной и восточной части крупных Жигаловского, Хандинского валов и группы Хандинско-Тулуктумурских валообразных поднятий [Dubrovin, 1979]. Строение этих геологических структур, состоящих из серии надвигов и осложняющих карбонатно-галогенный комплекс, существенно детализировано [Smetanin, 2000]. 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 напряжений.

Вся юго-восточная часть Хандинского участка характеризуется отличными от Ковыктинского сейсмогеологическими условиями. На структурной карте литвинцевской свиты ему соответствует резко расчлененный рельеф, состоящий из структур сжатия и растяжения (рис. 2). Разломы здесь носят главным образом сдвиговый или сдвиго-надвиговый характер, отчетливо прослеживается смещение осей синфазности вдоль выделенных разломов.

В северо-восточной части месторождения выделяется Орлингская аллохтонная пластина со сложным чешуйчатым строением [Vakhromeev, Sizykh, 2006; Vakhromeev et al., 2018]. Наиболее крупная фронтальная (рамповая) структура блока, ограничивающая его с запада, – Большеиринская антиклиналь (вал), в поперечном сечении представляет собой крупную антиклинальную складку коробчатой формы (рис. 2).

В южной части антиклиналь представляет собой субмеридионально ориентированную линейную положительную структуру – аллохтонную антиклиналь амплитудой 200–250 м и шириной 3–4 км, протягивающуюся по площади исследования и затем через коленообразный изгиб меняющую свое направление на северо-восточное. Изменение в направлении структуры связывается, вероятно, с меняющимся полем напряжения при формировании складчатости, отражающего разные динамические режимы [Sizykh, 2001; Misyrkeeva et al., 2021].

Соляные пласты верхнеангарской подсвиты, как наиболее пластичные, подвергнуты деформациям в результате тангенциального стресса со стороны складчатого обрамления. Здесь наиболее ярко проявлены последствия надвиговой тектоники в виде срывов и пластических перераспределений объемов каменных солей.

Большинство зон осложнений (рапопроявления, газопроявление, поглощения) при бурении глубоких разведочных скважин на месторождении приурочены к зоне влияния надвиговой пластины. В районе рапо- и газопроявляющих скважин наблюдается повышенная дислоцированность галогенно-карбонатной части разреза, наличие складок деформации галогенно-карбонатной толщи (локальные антиклинальные структуры, а также структуры проседания). По данным ЗСБ участки развития флюидонасыщенных трещинных межсолевых коллекторов характеризуются повышенной проводимостью [Pospeev et al., 2018].

4. ОБСУЖДЕНИЕ

На сегодняшний день официально принятой в практику геологоразведочных работ надвиговой модели Ковыктинского газоконденсатного месторождения-гиганта не существует и, соответственно, она не учитывается при буровых работах на углеводороды. Важно, что надвиговая тектоника осложняет восточную (Хандинскую, частично центральную часть месторождения) и южную – юго-восточную области исследуемой территории. Западная и северо-западная часть КГКМ была менее подвержена влиянию Байкало-Патомского надвигового пояса. Вероятно, это обусловлено трапповым телом – Усольским силлом, вскрытым Грузновскими и Жарковскими скважинами в низах усольской свиты, игравшим роль жесткого каркаса в осадочном чехле.

В пределах надвиговой пластины в северо-восточной части месторождения расположены большинство газо- и рапопроявляющих скважин, что может являться косвенным признаком влияния надвиговой тектоники на локализацию сложных вторичных трещинных карбонатных коллекторов, перспективных на наличие залежей углеводородов (УВ) и литиеносных рассолов. В межсолевых трещинных карбонатных коллекторах галогенно-карбонатной части нижнего кембрия выделен поднадвиговый трещинный Орлингский резервуар (рапо- и газонасыщенный) и одноименная флюидонапорная система с АВПД [Vakhromeev, Sizykh, 2006; Vakhromeev et al., 2018], сформированные в поле тангенциальных напряжений Байкало-Патомского надвигового пояса.

Сложное строение осадочного чехла в восточной части месторождения (Хандинский участок) вносит существенные осложнения при картировании основного объекта ГРП – терригенного венда, которые сегодня уточняются на основе детальной структурно-тектонической модели осадочного чехла.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представляется, что перспективы газоносности аллохтона Ковыктинско-Хандинской зоны связаны с процессом надвигообразования, способствовавшим созданию структур и вторичных коллекторов трещинного типа, благоприятных для формирования залежей УВ и промышленных рассолов. При этом отложения

солей могли играть роль поверхностей срыва, а также флюидопоров [Sizykh, Komarov, 1993; Sizykh, 2001; Migursky, Staroseltsev, 1989; Larionova, 2011].

Учет внутреннего строения надвиговых структур восточной части Верхнеленского поднятия является важной составляющей при обосновании детальной модели геологического строения осадочного чехла с целью более корректного проектирования ГПП, в первую очередь бурения.

6. ЗАЯВЛЕННЫЙ ВКЛАД АВТОРОВ / CONTRIBUTION OF THE AUTHORS

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

The authors contributed equally to this article.

7. КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ / CONFLICT OF INTERESTS

Авторы заявляют об отсутствии у них конфликта интересов. Все авторы прочитали рукопись и согласны с опубликованной версией.

The authors have no conflicts of interest to declare. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

8. ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

Alakshin A.M., Pismenny B.M., 1988. On the Structure of the Earth's Crust in the Junction Zone of the Siberian Platform with a Folded Frame. *Russian Geology and Geophysics* 11, 24–31 (in Russian) [Алакшин А.М., Письменный Б.М. О строении земной коры зоны сочленения Сибирской платформы со складчатым обрамлением // Геология и геофизика. 1988. № 11. С. 24–31].

Belt Zonality of Folded Cover Structures in the South of the Siberian Platform, 1990. Methodological Recommendations for Identifying Regularities in the Distribution of Dislocation-Metasomatic Structure-Substance Complexes in Connection with Minerageny and Oil and Gas Potential. East Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources, Irkutsk, 68 p. (in Russian) [Поясная зональность покровно-складчатых структур юга Сибирской платформы: Методические рекомендации по выявлению закономерностей размещения дислокац.-метасомат. структур.-веществ. комплексов в связи с минерагенией и нефтегазоносностью. Иркутск: ВостсибНИИГГиМС, 1990. 68 с.].

Buddo I.V., Baryshev L.A., Agafonov Y.A., Sharlov M.V., Pospeev A.V., 2013. Joint Interpretation of Seismic and TEM Data from the Kovykta Gas-condensate Field, East Siberia. Proceedings of the 75th EAGE Conference & Exhibition Incorporating SPE EUROPEC 2013 (10–13 June 2013, London, UK). EAGE, 2013. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.20130275>.

Dubrovina M.A., 1979. Salt Tectonics of the Upper Lena Depression of the Siberian Platform. Nauka, Novosibirsk, 95 p. (in Russian) [Дубровина М.А. Соляная тектоника Верхне-Ленской впадины Сибирской платформы. Новосибирск: Наука, 1979. 95 с.].

Gaiduk V.V., Prokopiev A.V., 1999. Methods for Studying Fold-Thrust Belts. Nauka, Novosibirsk, 160 p. (in Russian) [Гайдук В.В., Прокопьев А.В. Методы изучения складчато-надвиговых поясов. Новосибирск: Наука, 1999. 160 с.].

Kontorovich A.E., Rybyakov B.L., Samsonov V.V., 1985. Prospects for the Oil and Gas Potential of the Western Section of the BAM. *Soviet Geology* 10, 8–14 (in Russian) [Конторович А.Э., Рыбьяков Б.Л., Самсонов В.В. Перспективы нефтегазоносности западного участка БАМа // Советская геология. 1985. № 10. С. 8–14].

Kulagin O.A., 2011. Mapping of Thrusts in the South of Eastern Siberia. *Oil Industry* 4, 30–32 (in Russian) [Кулагин О.А. Картирование надвигов на юге Восточной Сибири // Нефтяное хозяйство. 2011. № 4. С. 30–32].

Larionova T.I., 2011. Signs of Prospects for Areas of Hydrocarbon Accumulation in the Allochthon of Fold-Thrust Territories. In: *Geology, Tectonics, Metallogeny of the North Asian Craton. Proceedings of the All-Russian Scientific Conference (September 27–30, 2011). Vol. 1. Publishing House of NEFU, Yakutsk, p. 59–62 (in Russian) [Ларионова Т.И. Признаки перспективности участков скопления углеводородов в аллохтоне складчато-надвиговых территорий // Геология, тектоника, металлогения Северо-Азиатского кратона: Материалы Всероссийской научной конференции (27–30 сентября 2011 г.). Якутск: Изд-во СВФУ, 2011. Т. 1. С. 59–62].*

Migursky A.V., 2001. Dislocation Virgations and Forecast of Buried Uplifts in the Junction Zone of the Siberian Platform with the Baikal-Patom Highlands. In: *Fundamental Problems of Geology and Tectonics of Northern Eurasia. Abstracts of the Conference Dedicated to the 90th Anniversary of the Birth of Academician A.L. Yanshin (March 29–30, 2001). GEO, Novosibirsk, p. 42–44 (in Russian) [Мигурский А.В. Виргации дислокаций и прогноз погребенных поднятий в зоне сочленения Сибирской платформы с Байкало-Патомским нагорьем // Фундаментальные проблемы геологии и тектоники Северной Евразии: Тезисы конференции, посвященной 90-летию со дня рождения академика А.Л. Яншина (29–30 марта 2001 г.). Новосибирск: Гео, 2001. С. 42–44].*

Migursky A.V., Staroseltsev V.S., 1989. Nappe Structure of the Junction Zone of the Siberian Platform with the Baikal-Patom Highlands. *Soviet Geology* 7, 9–15 (in Russian) [Мигурский А.В., Старосельцев В.С. Шарьяжное строение зоны сочленения Сибирской платформы с Байкало-Патомским нагорьем // Советская геология. 1989. № 7. С. 9–15].

Migursky A.V., Staroseltsev V.S., 1997. Petroleum and Gas Geological Zoning of the Auto- and Allochthon in the South of the Siberian Platform. In: *Modern Problems of Overthrust Tectonics. Proceedings of Meeting Abstracts (October 14–15, 1997). Ufa, p. 67–69 (in Russian) [Мигурский А.В., Старосельцев В.С. Нефтегазогеологическое районирование авто- и аллохтона на юге Сибирской платформы // Современные проблемы шарьяжно-надвиговой тектоники: Тезисы докладов совещания (14–15 октября 1997 г.). Уфа, 1997. С. 67–69].*

Misyurkeeva N.V., Vakhromeev A.G., Smirnov A.S., Gorlov I.V., Bliznyukov V.Yu., 2021. Internal Structure of the Kovykta-Khanda Zone of the Baikal-Patom Thrust Belt. In: *New Ideas in Oil and Gas Geology. New Reality 2021. Conference Proceedings* (May 27–28, 2021). Pero, Moscow, p. 365–367 (in Russian) [Мисюркеева Н.В., Вахромеев А.Г., Смирнов А.С., Горлов И.В., Близиуков В.Ю. Внутреннее строение Ковыктинско-Хандинской зоны Байкало-Патомского надвигового пояса // Новые идеи в геологии нефти и газа. Новая реальность-2021: Труды конференции (27–28 мая 2021 г.). М.: Перо, 2021. С. 365–367].

Pospееv A.V., Buddo I.V., Agafonov Yu.A., Sharlov M.V., Kompaniets S.V., Tokareva O.V., Misyurkeeva N.V., Gomulsky V.V. et al., 2018. *Modern Practical Electrical Prospecting*. GEO, Novosibirsk, 231 p. (in Russian) [Поспеев А.В., Буддо И.В., Агафонов Ю.А., Шарлов М.В., Компаниец С.В., Токарева О.В., Мисюркеева Н.В., Гомульский В.В. и др. Современная практическая электроразведка. Новосибирск: Гео, 2018. 231 с.].

Sankov V.A., Parfeevets A.V., Miroshnichenko A.I., Byzov L.M., Lebedeva M.A., Sankov A.V., Dobrynina A.A., Kovalenko S.N., 2017. Late Cenozoic Faulting and the Stress State in the South-Eastern Segment of the Siberian Platform. *Geodynamics & Tectonophysics* 8 (1), 81–105 (in Russian) [Саньков В.А., Парфеевец А.В., Мирошниченко А.И., Бызов Л.М., Лебедева М.А., Саньков А.В., Добрынина А.А., Коваленко С.Н. Позднекайнозойское разломообразование и напряженное состояние юго-восточной части Сибирской платформы // Геодинамика и тектонофизика. 2017. Т. 8. № 1. С. 81–105]. <https://doi.org/10.5800/GT-2017-8-1-0233>.

Seminsky K.Zh., Sankov V.A., Ogibenin V.V., Burzunova Yu.P., Miroshnichenko A.I., Gorbunova E.A., Gorlov I.V., Smirnov A.S., Vakhromeev A.G., Buddo I.V., 2018. Tectonophysical Approach to the Analysis of Geological and Geophysical Data on Gas-Condensate Deposits with the Complex Platform Cover. *Geodynamics & Tectonophysics* 9 (3), 587–627 (in Russian) [Семинский К.Ж., Саньков В.А., Огибенин В.В., Бурзунова Ю.П., Мирошниченко А.И., Горбунова Е.А., Горлов И.В., Смирнов А.С., Вахромеев А.Г., Буддо И.В. Тектонофизический подход к анализу геолого-геофизических данных на газоконденсатных месторождениях со сложным строением платформенного чехла // Геодинамика и тектонофизика. 2018. Т. 9. № 3. С. 587–627]. <https://doi.org/10.5800/GT-2018-9-3-0364>.

Shemin G.G., 1988. Thrusts in the Southeast of the Siberian Platform. *Russian Geology and Geophysics* 11, 32–38 (in Russian) [Шемин Г.Г. Надвиги на юго-востоке Сибирской платформы // Геология и геофизика. 1988. № 11. С. 32–38].

Shemin G.G., Migursky A.V., Smirnov M.Yu., Leontiev I.Yu., Bondarev A.N., Moiseev S.A., Vakhromeev A.G., Pospееv A.A., Stanevich A.M., 2017. Models of the Structure and Quantitative Assessment of the Prospects for Oil and Gas Potential of Regional Oil and Gas Reservoirs of the Cis-Patom Regional Trough (Siberian Platform). *GEO, Novosibirsk*, 560 p. (in Russian) [Шемин Г.Г., Мигурский А.В., Смирнов М.Ю., Леонтьев И.Ю., Бондарев А.Н., Моисеев С.А., Вахромеев А.Г.,

Поспеев А.А., Станевич А.М. Модели строения и количественная оценка перспектив нефтегазоносности региональных резервуаров нефти и газа Предпатомского регионального прогиба (Сибирская платформа). Новосибирск: Гео, 2017. 560 с.].

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 [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.].

Sizykh V.I., Komarov Yu.V., 1993. Structure and Evolution of the Olekminsky Megaarch. *Geotectonics* 4, 46–54 (in Russian) [Сизых В.И., Комаров Ю.В. Структура и эволюция Олекминского мегасвода // Геотектоника. 1993. № 4. С. 46–54].

Smetanin A.V., 2000. Experience in Dynamic Interpretation of Gravity Anomalies. *Irkutsk*, 85 p. (in Russian) [Сметанин А.В. Опыт динамической интерпретации гравитационных аномалий. Иркутск, 2000. 85 с.].

Smirnov A.S., Gorlov I.V., Yaitsky N.N., Gorsky O.M., Ignatiev S.F., Pospееv A.V., Vakhromeev A.G., Agafonov Yu.A., Buddo I.V., 2016. Integration of Geological and Geophysical Data – The Way to Constructing a Reliable Model of the Kovykta Gas Condensate Field. *Oil and Gas Geology* 2, 56–66 (in Russian) [Смирнов А.С., Горлов И.В., Яицкий Н.Н., Горский О.М., Игнатьев С.Ф., Поспеев А.В., Вахромеев А.Г., Агафонов Ю.А., Буддо И.В. Интеграция геолого-геофизических данных – путь к созданию достоверной модели Ковыктинского газоконденсатного месторождения // Геология нефти и газа. 2016. № 2. С. 56–66].

Smirnov A.S., Vakhromeev A.G., Kurchikov A.R., Gorlov I.V., Kokarev P.N., Kasyanov V.V., Makarova A.V., 2019. Identification and Mapping of Fluid-Saturated Anisotropic Cavern-Cracked Collectors of the Kovyktinsky Gas-Condensate Deposit. *Geology, Geophysics and Development of Oil and Gas Fields* 5, 4–12 (in Russian) [Смирнов А.С., Вахромеев А.Г., Курчиков А.Р., Горлов И.В., Кокарев П.Н., Касьянов В.В., Макарова А.В. Выявление и картирование флюидонасыщенных анизотропных трещинных коллекторов Ковыктинского газоконденсатного месторождения // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2019. № 5. С. 4–12. [https://doi.org/10.30713/2413-5011-2019-5\(329\)-4-12](https://doi.org/10.30713/2413-5011-2019-5(329)-4-12).

Vakhromeev A.G., Gorlov I.V., Misyurkeeva N.V., Sverkuinov S.A., Lankin Yu.K., Smirnov A.S., 2018. Hydrogeological Fundamentals of Local Forecast of Fluid Pressure Systems with AHRP in Carbonate Natural Cambrian Reservoirs of the Kovyktinskoye Gas Condensate Field. *Geology and Mineral Resources of Siberia* 4 (36), 49–59 (in Russian) [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 газоконденсатного месторождения // Геология и минеральные ресурсы Сибири. 2018. № 4 (36). С. 49–59]. <https://doi.org/10.20403/2078-0575-2018-4-49-59>.

Vakhromeev A.G., Meisner A.L., Kolmakov A.V., Gorlov I.V., Smirnov A.S., 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., Горлов И.В., Смирнов А.С., 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].

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.].