



## THE ROLE OF GEODYNAMIC PROCESSES IN THE FORMATION OF DEPOSITS IN THE ANGARA-KOYKTA OIL AND GAS ACCUMULATION ZONE (EASTERN SIBERIA)

D.P. Gladkochub  , T.V. Donskaya 

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

**ABSTRACT.** The analysis has been made on the modern data about the Neoproterozoic – Early Paleozoic geodynamic evolution of the southern flank of the Siberian Platform in order to identify the probable time and place of formation of hydrocarbons in sedimentary basins and their further migration from the foci of oil and gas formation to the zones of their accumulation, namely to the sedimentary deposits of the Chora formation of the Vendian Moty group (productive Parfenovo horizon). The conditions for the accumulation of hydrocarbons could arise in sedimentary basins of the passive margin of the Siberian craton, formed in the Neoproterozoic (710–650 Ma) after the breakup of the supercontinent Rodinia, separation of the Siberian craton therefrom and opening of the Paleoasian Ocean, as well as in the peripheral foreland basin, formed after the transformation of this passive margin at about 610 Ma ago. In the Baikal part of the Siberian Platform, the accumulation of hydrocarbon-containing sediments could occur in the rocks of the Uluntuy and Kachergat formations of the Baikal group, formed in the basin of the passive continental margin and the foreland basin, respectively. As a result of the large-scale Late Cambrian–Ordovician accretion–collision events that mark the formation of the Central Asian Orogenic Belt, hydrocarbons migrated westward from the Vendian deposits of the Uluntuy and Kachergat formations to the sedimentary sequences of the Chora formation of the Moty group, having formed the deposits of the Angara-Kovykta oil and gas accumulation zone (Angara-Lena oil and gas bearing region). Since over 90 % of the world hydrocarbon reserves are confined to sedimentary sequences of passive margins and foreland basins, it can be assumed that the proposed hypothesis may explain the nature of the origin of hydrocarbons, their migration, and accumulation in the deposits of the Angara-Lena oil and gas region. Subsequent processes, which significantly affected the redistribution of hydrocarbons specifically within this oil and gas region, were caused by neotectonic activation, which contributed to the formation of deposits in the Angara-Kovykta oil and gas accumulation zone.

**KEYWORDS:** hydrocarbons; passive margin; foreland basin; Neoproterozoic; Angara-Lena oil and gas bearing region; Siberian Platform

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



### RESEARCH ARTICLE

**Correspondence:** Dmitrii P. Gladkochub, [dima@crust.irk.ru](mailto:dima@crust.irk.ru)

Received: January 4, 2026

Revised: March 11, 2026

Accepted: March 13, 2026

**FOR CITATION:** Gladkochub D.P., Donskaya T.V., 2026. The Role of Geodynamic Processes in the Formation of Deposits in the Angara-Kovykta Oil and Gas Accumulation Zone (Eastern Siberia). *Geodynamics & Tectonophysics* 17 (2), 0880. doi:10.5800/GT-2026-17-2-0880

## РОЛЬ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ОБРАЗОВАНИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АНГАРО-КОВЫКТИНСКОЙ ЗОНЫ НЕФТЕГАЗОНАКОПЛЕНИЯ (ВОСТОЧНАЯ СИБИРЬ)

Д.П. Гладkochуб, Т.В. Донская

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

**АННОТАЦИЯ.** Проведен анализ современных данных о геодинамической эволюции южного фланга Сибирской платформы в неопротерозое – раннем палеозое с целью выявления возможного времени и места формирования углеводородов в осадочных бассейнах и их дальнейшей миграции из очагов нефтегазообразования в зоны их накопления, а именно в осадочные отложения чорской свиты мотской серии венда (парфеновский продуктивный горизонт). Условия для накопления углеводородов могли возникнуть в осадочных бассейнах пассивной окраины Сибирского кратона, сформированных в неопротерозое (710–650 млн лет назад) после распада суперконтинента Родиния, отделения Сибири от этого суперконтинента и раскрытия Палеоазиатского океана, а также в периферическом форландовом бассейне, образованном после трансформации этой пассивной окраины на временном рубеже около 610 млн лет. В прибайкальской части Сибирской платформы накопление углеводородсодержащих отложений могло иметь место в породах улунтуйской и качергатской свит байкальской серии, сформированных в бассейне пассивной континентальной окраины и форландовом бассейне соответственно. В результате крупномасштабных позднекембрийских – ордовикских аккреционно-коллизийных событий, фиксирующих становление Центрально-Азиатского складчатого пояса, углеводороды мигрировали в западном направлении из вендских отложений улунтуйской и качергатской свит в отложения чорской свиты мотской серии, сформировав месторождения Ангаро-Ковыктинской зоны нефтегазонакопления (Ангаро-Ленская нефтегазоносная область). Принимая во внимание тот факт, что к отложениям пассивных окраин и форландовых бассейнов приурочено свыше 90 % мировых запасов углеводородов, вполне допустимо, что предлагаемая гипотеза может объяснить природу происхождения углеводородов, их миграции и накопления в месторождениях Ангаро-Ленской нефтегазоносной области. Последующие процессы, существенно повлиявшие на перераспределение углеводородов уже в пределах этой нефтегазоносной области, были обусловлены неотектонической активизацией, способствовавшей формированию месторождений Ангаро-Ковыктинской зоны нефтегазонакопления.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** углеводороды; пассивная окраина; форландовый бассейн; неопротерозой; Ангаро-Ленская нефтегазоносная область; Сибирская платформа

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

### 1. ВВЕДЕНИЕ

Уникальной особенностью залежей нефти и газа Восточной Сибири является их позднекембрийский возраст. Еще в первой половине прошлого века возможность обнаружения столь древних углеводородов в Сибири была предсказана в работах академиков М.А. Усова [Usov, 1936] и А.А. Трофимука [Trofimuk, 1960]. В то же время, как было показано многочисленными исследованиями, интервал времени от накопления этих углеводородов в осадочных бассейнах до момента формирования собственно месторождений нефти и газа охватывает десятки миллионов лет. Наиболее показательным примером залежей докембрийских углеводородов в Восточной Сибири являются месторождения Ангаро-Ленской нефтегазоносной области (НГО).

Выделение Ангаро-Ленской НГО, входящей в состав Лено-Тунгусской нефтегазоносной провинции, было обосновано в 60-е годы прошлого века И.П. Карасевым, М.М. Мандельбаумом, В.В. Самсоновым на территории значительно большей, чем современные контуры этой НГО [Karasev et al., 1965]. Позже по результатам геолого-геофизических работ академиков А.А. Трофимука,

В.С. Суркова и А.Э. Конторовича Ангаро-Ленская НГО была разделена на две части – северную, обозначенную как Непско-Ботуобинская НГО, охватывающую территорию одноименной антеклизы и располагающуюся на севере Иркутской области и на территории Республики Саха (Якутия), и южную, сохранившую название Ангаро-Ленской НГО, целиком находящуюся на территории Иркутской области [Kontorovich et al., 1975, 1982; Antsiferov et al., 1981]. В данной современной трактовке площадь Ангаро-Ленской НГО составляет 230 тыс. км<sup>2</sup> (рис. 1) [Kontorovich et al., 2017], ее начальные геологические ресурсы углеводородов оцениваются в 6.35 млрд т условных углеводородов, а извлекаемые запасы углеводородов – в 5.93 млрд т. В пределах этой территории сосредоточены значительные запасы конденсатного газа, обогащенного гомологами метана C<sub>2</sub>-C<sub>4</sub> и гелием. По состоянию на 2015 г. запасы газа и конденсата в пределах Ангаро-Ленской НГО по категориям C<sub>1</sub> и C<sub>2</sub> составляли около 4 трлн м<sup>3</sup> [Skuzovatov, 2017].

В центральной части Ангаро-Ленской НГО выделяется Ангаро-Ковыктинская зона нефтегазонакопления

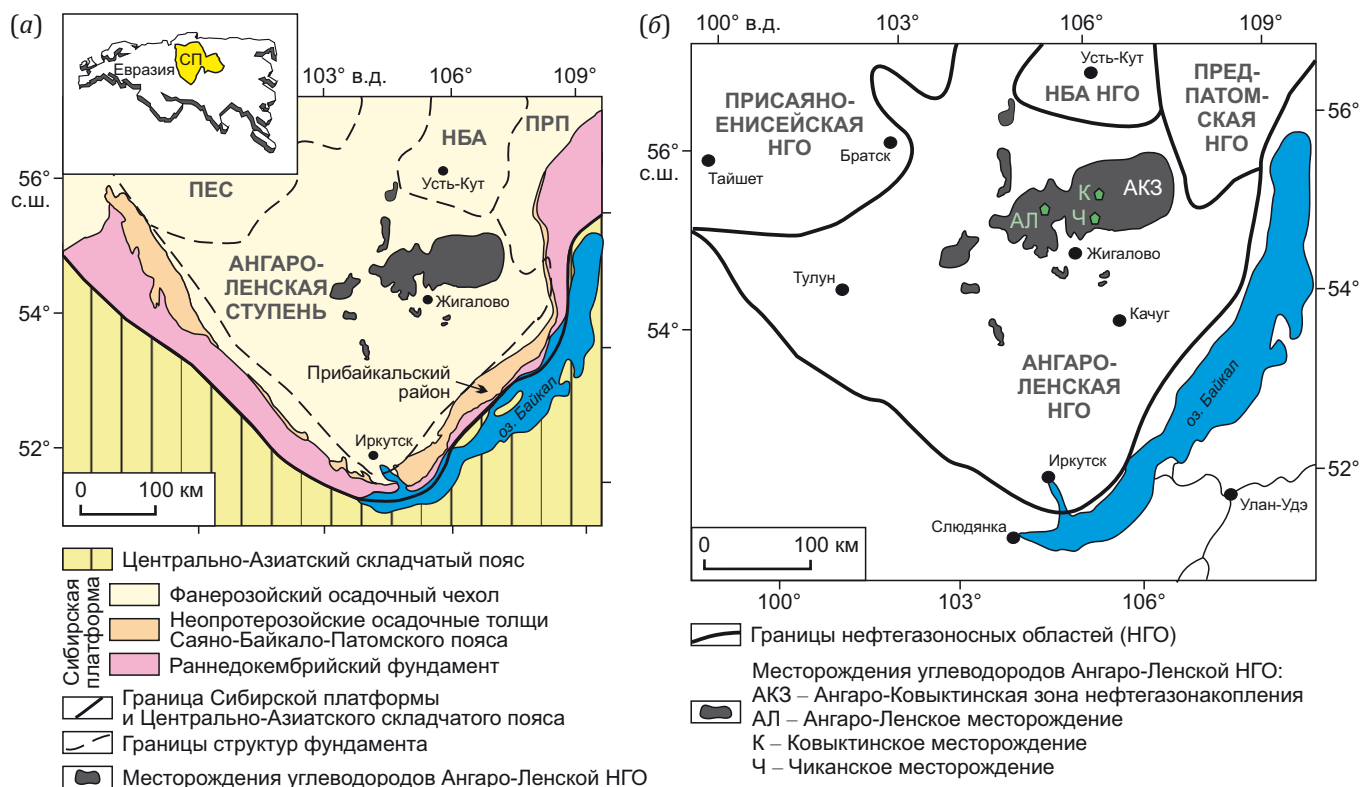
(ЗНГН) (рис. 1), в которой локализовано уникальное по запасам газа Ковыктинское, а также крупные Чиканское и Ангаро-Ленское газоконденсатные месторождения. Площадь Ангаро-Ковыктинской зоны составляет 28800 км<sup>2</sup>, извлекаемые ресурсы нефти оцениваются в 10 млн т, а ресурсы газа – в 1700 млрд м<sup>3</sup> [Mel'nikov et al., 2011]. На примере этой ЗНГН будет рассмотрена предлагаемая авторами статьи гипотеза о происхождении углеводородов, сформировавших месторождения данной зоны.

## 2. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Ангаро-Ленская нефтегазоносная область, включающая в себя Ангаро-Ковыктинскую ЗНГН, располагается преимущественно в пределах Ангаро-Ленской ступени южной части Сибирской платформы (рис. 1). Ангаро-Ленская ступень представляет собой структуру внутренней области Сибирской платформы, где на породах докембрийского фундамента залегают неопротерозойские и фанерозойские осадочные отложения.

Основные ресурсы и запасы углеводородов в Ангаро-Ковыктинской ЗНГН сосредоточены в вендских тер-

ригенных породах чорской свиты мотской серии, объединяемых в парфеновский продуктивный горизонт нижнемотского нефтегазоносного комплекса (рис. 2) [Antsiferov et al., 1981; Samsonov et al., 2010]. Мощность парфеновского продуктивного горизонта на Ковыктинском месторождении составляет 40–80 м. Терригенные толщи чорской свиты накапливались за счет поступления обломочного материала в район Ковыктинского месторождения с юго-востока [Pushkareva et al., 2013] или юга [Sovetov, 2018] Сибирской платформы (в современных координатах). Седиментация отложений свиты происходила преимущественно в аллювиальных (руслowych) условиях, а также в обстановках приливно-отливной равнины и мелководного шельфа, редко – баров [Pushkareva et al., 2013]. В целом, вся южная часть Сибирской платформы во время накопления отложений чорской свиты мотской серии представляла собой прибрежную равнину, периодически заливавшуюся морем [Mel'nikov et al., 1989]. Пористость отложений парфеновского продуктивного горизонта достигает 16–19 %, при этом наилучшими коллекторскими свойствами обладают полевкошпат-кварцевые



**Рис. 1.** Схема строения южной части Сибирской платформы (модифицированная по [Gladkochub et al., 2019]) с границами структур фундамента под фанерозойским осадочным чехлом (по [Staroseltsev, 2021]) (а); схема расположения нефтегазоносных областей и провинций в южной части Сибирской платформы (модифицированная по [Kontorovich et al., 2017]) (б). НБА – Непско-Ботубобинская антеклиз, ПЕС – Присяяно-Енисейская синеклиза, ПРП – Предпатомский региональный прогиб. На врезке – положение Сибирской платформы (СП).

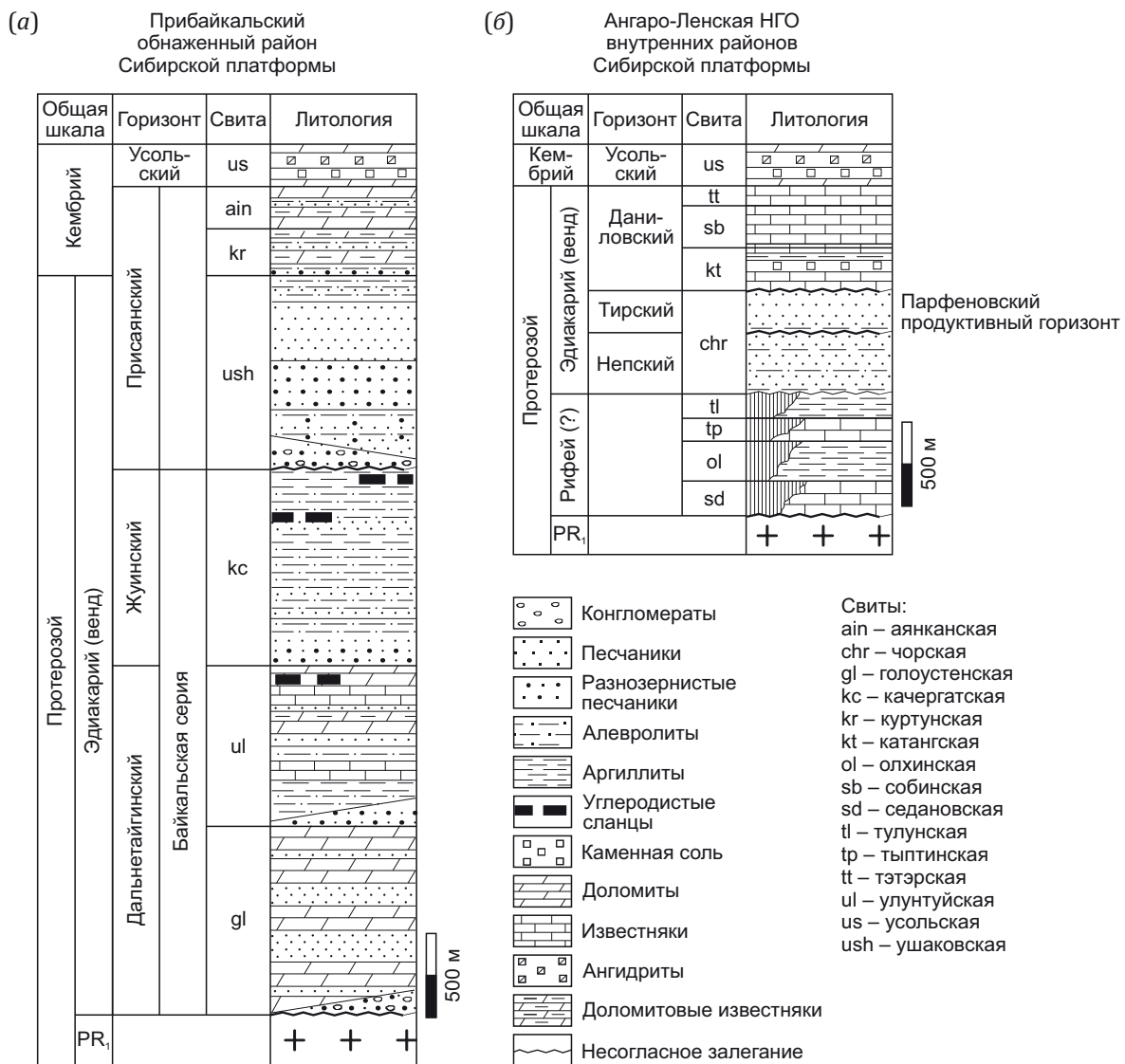
**Fig. 1.** Structural scheme of the southern Siberian Platform (modified after [Gladkochub et al., 2019]) with the boundaries of basement structures beneath the Phanerozoic sedimentary cover (after [Staroseltsev, 2021]) (a); scheme of location of oil and gas regions and provinces in the southern Siberian Platform (modified after [Kontorovich et al., 2017]) (b). НБА – Nepsa-Botuoba anticlyse, ПЕС – Sayan-Yenisei syneclise, ПРП – Predpatom regional trough. In the inset: location of the Siberian Platform (СП).

русловые песчаники с преимущественно хлоритовым цементом [Antsiferov et al., 1981; Pushkareva et al., 2013; Khabarov et al., 2014].

Изучение литолого-фациальных характеристик пород имеет крайне важное значение для оценки перспектив нефтегазоносности осадочных толщ и отдельных продуктивных горизонтов. Эти данные в полной мере используются в качестве одного из важнейших факторов прогноза нефтегазоносности, так как поиски месторождений углеводородов зачастую ориентированы на обнаружение литологических ловушек нефти и газа. В связи с этим анализу и обобщению результатов палеогеографических реконструкций, выполненных для южной части Сибирской платформы в разные годы, уделялось значительное внимание (см. обзор в [Pushkareva et al., 2013]). Однако вопросы, поднимаемые

авторами статьи, касаются не литологических особенностей и природы коллекторов, а выяснения места (бассейн) и возможных условий накопления углеводородного вещества, сформировавшего гигантские запасы в коллекторах Ангаро-Ленской НГО и, в частности, Ангаро-Ковыктинской ЗНГН.

Не вызывает сомнений, что типы отложений, литологически характерные для разрезов парфеновского продуктивного горизонта (преимущественно русловые песчаники), как собственно источник углеводородов не являются потенциально пригодными для накопления значимых объемов углеводородного вещества in situ, тем более, когда речь идет о скоплении столь колоссальных объемов углеводородов. Следует заметить, что по характеру битуминозности и геохимическим показателям терригенные отложения нижней



**Рис. 2.** Сводная колонка типовых разрезов в Прибайкальском обнаженном районе Сибирской платформы (модифицированная по [Gladkochub et al., 2013]) (а) и в Ангаро-Ленской НГО внутренних районов Сибирской платформы (модифицированная по [Samsonov et al., 2010]) (б).

**Fig. 2.** Generalized typical section of the Baikal outcrop area in the Siberian Platform (modified after [Gladkochub et al., 2013]) (a) and of the Angara-Lena oil and gas region in the internal part of the Siberian Platform (modified after [Samsonov et al., 2010]) (b).

части мотской серии, вмещающие парфеновский продуктивный горизонт, были описаны как способные накапливать углеводороды, а не генерировать углеродистое вещество [Samsonov et al., 2010]. Кроме этого, рассматриваемые отложения парфеновского продуктивного горизонта Ангаро-Ковыктинской ЗНГН, вмещающие залежи углеводородов, находятся во внутренних районах Сибирской платформы, на некотором удалении от ее юго-восточного фланга, который, и это стоит подчеркнуть, открывался в неопротерозое в Палеоазиатский океан.

Отмеченные обстоятельства ставят на рассмотрение следующие вопросы:

– каким образом в отложениях парфеновского продуктивного горизонта, потенциально не перспективных для генерации в них значимых объемов углеводородов по литологическому составу и условиям их седиментации, располагающихся, по сути, во внутренних районах платформы, могли оказаться локализованными колоссальные объемы углеводородов, а также под влиянием каких процессов эти углеводороды могли оказаться во внутренних областях Сибирской платформы и напитать собой осадочные разрезы парфеновского продуктивного горизонта вендского возраста;

– в каких осадочных бассейнах и в каких геодинамических условиях могли накопиться углеводороды, сформировавшие месторождения Ангаро-Ленской НГО, в частности Ангаро-Ковыктинской ЗНГН.

Для решения обозначенных выше вопросов авторы статьи предлагают обратиться к комплексному анализу геодинамической эволюции южного фланга Сибирской платформы в докембрии, необходимому для выяснения возраста бассейна седиментации, в котором могли существовать условия для первичного накопления гигантских объемов углеводородов, и определения, каким образом эти углеводороды были перемещены во внутренние области платформы, сформировав месторождения Ангаро-Ковыктинской ЗНГН.

### 3. РЕЗУЛЬТАТЫ

Первые попытки решить вопрос о том, где могло быть аккумулировано углеродистое вещество и каким образом оно оказалось во внутренних районах Сибирской платформы, были предприняты еще в 70–80-е гг. прошлого века Д.И. Дроботом, А.Н. Золотовым, А.Э. Конторовичем, В.С. Сурковым, А.А. Трофимуком и позднее А.Э. Конторовичем, А.К. Башариным и др. [Drobot et al., 1974; Antsiferov et al., 1981; Kontorovich et al., 1999; и др.]. В качестве источника скоплений углеводородов они рассматривали отложения рифея (как тогда считалось) юго-восточной в современном положении окраины Сибирской платформы. Чтобы решить вопрос о том, на каком именно интервале геологической истории на периферии юго-восточного фланга Сибирской платформы могли возникнуть условия, благоприятные для накопления углеводородов, необходимо кратко рассмотреть сценарий становления и развития Сибирской платформы, в особенности ее юго-восточной части.

Согласно современным гипотезам [Rosen, 2003; Gladkochub et al., 2006; Smelov, Timofeev, 2007; Glebovitsky et al., 2008; Donskaya, 2020; Priyatkina et al., 2020] Сибирский кратон, т.е. фундамент будущей Сибирской платформы, был сформирован в палеопротерозое на временном интервале 2.00–1.87 млрд лет в результате объединения архейских и палеопротерозойских террейнов в единую структуру. В последующем, около 1.75–1.70 млрд лет назад, в пределах кратона проявились процессы внутриконтинентального растяжения, маркируемые роями даек основного состава и отдельными гранитными массивами, которые не привели к разрушению структуры кратона [Nozhkin et al., 2009; Larin, 2014; Donskaya, 2020; Gladkochub et al., 2022a; и др.]. На этом этапе на юге и юго-востоке кратона развивались внутриконтинентальные рифты (грабены) – Урикско-Ийский и Билякчано-Улканский [Larin, 2014; Gladkochub et al., 2006, 2014]. Однако эволюция этих зон растяжения не привела к формированию осадочных бассейнов, в которых накапливались бы углеводородсодержащие отложения [Gladkochub et al., 2007].

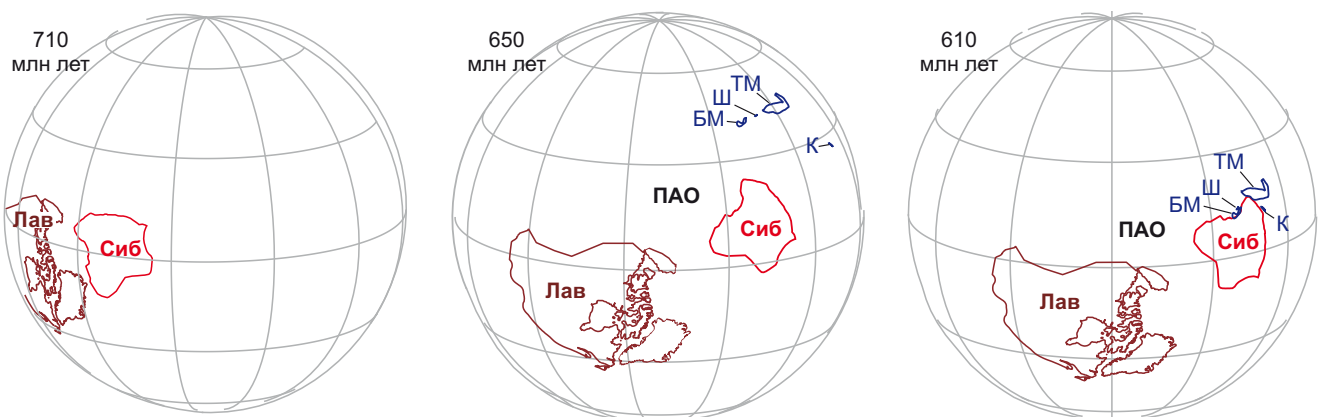
Следующий период геологической истории Земли, охватывавший интервал времени от позднего палеопротерозоя (1.70 млрд лет) до криогения (средняя часть неопротерозоя), рассматривается как «период глобальной неопределенности» (или Super Gap) [Gladkochub et al., 2010], «скучный миллиард лет» (boring billion) [Roberts, 2013] или как «Земля среднего возраста» (Earth's middle age) [Cawood, Hawkesworth, 2014]. Примечательно, что этот временной интервал отвечает времени существования двух суперконтинентов: Нуна (или Колумбия), образовавшегося около 1.6 млрд лет и частично распавшегося между 1.4 и 1.2 млрд лет [Rogers, Santosh, 2009; Evans, Mitchell, 2011; Zhang et al., 2012; Pisarevsky et al., 2014; Elming et al., 2021], и Родиния, образовавшегося между 1.1 и 0.9 млрд лет и распавшегося после 0.8–0.7 млрд лет [Li et al., 2008; Evans, 2021]. Важно отметить, что Сибирский кратон входил в структуру обоих упомянутых выше суперконтинентов и своим южным флангом был ориентирован в их внутренние области на протяжении всего интервала времени от 1.6 до 0.7 млрд лет. Актуальные палеогеографические реконструкции поддерживают именно эту схему положения Сибирского кратона в структуре докембрийских суперконтинентов [Evans, Mitchell, 2011; Zhang et al., 2012; Pisarevsky et al., 2014, 2021; Cawood et al., 2016; Elming et al., 2021; Evans, 2021]. Согласно упомянутым выше реконструкциям и корреляции пиков эндогенной активности на ряде древних кратонов мира [Ernst et al., 2016; Gladkochub et al., 2021, 2022a], южный фланг Сибирского кратона в пределах суперконтинентов Нуна (Колумбия) и Родиния располагался вблизи северной части Лаврентии (Северо-Американский кратон). Именно это обстоятельство позволило аргументированно обосновать возможное место заложения Палеоазиатского океана [Gladkochub et al., 2019]. В связи с тем, что анализ и обсуждение многочисленных и разнообразных схем внутреннего

строения Нуны (Колумбия) и Родинии не входит в цели и задачи проведенного исследования, на **рис. 3** показано лишь взаимное расположение Сибири и Лаврентии в неопротерозое как двух основных, определяющих структур с точки зрения последующего развития бассейнов седиментации, потенциально продуктивных для накопления углеводородсодержащих отложений. Следует отдельно подчеркнуть, что отмеченное выше «внутрисуперконтинентальное» расположение способствовало предохранению южного фланга Сибирского кратона от внешних тектонотермальных воздействий на протяжении практически всего мезо- и неопротерозоя и обеспечивало условия для развития на юге кратона внутриконтинентальных осадочных бассейнов, фрагменты разрезов которых локально представлены на рассматриваемой территории, например терригенными отложениями свит тепторгинского горизонта [Stanevich et al., 2007; Gladkochub et al., 2019]. Преимущественно терригенный состав осадочных пород этих свит, как и в случае с отложениями рассмотренных выше грабенов позднего палеопротерозоя, не позволяет рассматривать их в качестве потенциальных источников колоссальных объемов углеводородов, способных обеспечить формирование месторождений Ангаро-Ковыктинской ЗНГН. Мезопротерозойские отложения Катангской седловины, расположенной к северо-западу от Ангаро-Ленской ступени, имеют преимущественно карбонатный состав и не могут рассматриваться как потенциальные нефтепроизводящие толщи [Kraevskiy et al., 2018].

Совсем другая геодинамическая история на юге Сибирского кратона началась в позднем неопротерозое (710–650 млн лет назад), на фоне распада Родинии и отделения Сибири от этого суперконтинента. На этом этапе геологической истории между южным флангом Сибирского кратона и северной частью Лаврентии произошло раскрытие Палеоазиатского океана (**рис. 3**) и

сформировалась пассивная континентальная окраина Сибири [Gladkochub et al., 2019]. Осадочные последовательности пассивной окраины в Прибайкальском районе Сибирской платформы представлены эдиакарскими отложениями голоустенской и, возможно, улунтуйской свит дальнетайгинского горизонта (см. **рис. 2**) [Decisions ..., 1983; Stanevich et al., 2007; Sovetov, 2018; Gladkochub et al., 2019].

На временном интервале 610–590 млн лет в результате приближения к южной окраине Сибирского кратона многочисленных террейнов различной геодинамической природы и микроконтинентов (**рис. 3**) пассивная окраина, развивавшаяся вдоль южного фланга Сибирского кратона, была трансформирована в периферический форландовый осадочный бассейн [Powerman et al., 2015; Sovetov, 2018; Gladkochub et al., 2019]. Именно в неопротерозойских осадочных бассейнах пассивной континентальной окраины и форландовом бассейне потенциально могли существовать условия, благоприятные для генерации углеводородного вещества [Pang et al., 2015], которое в последующем было способно послужить источником углеводородов будущей Ангаро-Ленской нефтегазоносной области. В частности, наиболее близко от Ангаро-Ковыктинской ЗНГН в разрезах свит дальнетайгинского и жуинского горизонтов присутствуют мощные черносланцевые толщи с содержанием органического углерода более 1.0 % (в том числе, в породах улунтуйской и качергатской свит байкальской серии), которые можно отнести к нефтепроизводящим толщам. Также в битумоидах из черных сланцев и карбонатных пород улунтуйской и качергатской свит данного стратиграфического уровня, проанализированных коллегами, содержание масляной фракции достигает 39–56 % [Samsonov et al., 2010]. В самом раннем кембрии произошла смена форландового осадочного бассейна бассейном общего погружения платформы [Sovetov et al., 2007; Sovetov, 2018;



**Рис. 3.** Палеогеографические реконструкции на 710, 650 и 610 млн лет (модифицированные по [Gladkochub et al., 2019]).

Лав – Лаврентия, Сиб – Сибирский кратон, ПАО – Палеоазиатский океан, БМ – Байкало-Муйский супертеррейн, К – Канский супертеррейн, ТМ – Тувино-Монгольский супертеррейн, Ш – Шаманский террейн.

**Fig. 3.** Paleogeographic reconstructions for 710, 650 and 610 Ma (modified after [Gladkochub et al., 2019]).

Лав – Laurentia, Сиб – Siberian craton, ПАО – Paleoasian Ocean, БМ – Baikal-Muya superterrane, К – Kan superterrane, ТМ – Tuva-Mongolia superterrane, Ш – Shaman terrain.

Marusin et al., 2021; Motova et al., 2024]. Континентальные условия осадконакопления сначала сменились прибрежно-морскими, а в дальнейшем в раннем – среднем кембрии имело место накопление карбонатных и галогенно-карбонатных отложений в морском мелководном бассейне на огромных территориях южной части Сибирского кратона (см. рис. 2) [Gladkochub et al., 2013; Sovetov, 2018]. Ю.К. Советов и Л.В. Соловецкая [Sovetov, Solovetskaya, 2018] провели оценку погружения осадочного бассейна Присаянского прогиба, вендские и кембрийские толщи которого коррелируются с толщами Прибайкальского прогиба [Sovetov, 2018; Gladkochub et al., 2019], и рассчитали, что породы этих осадочных бассейнов могли погрузиться к концу эдиакария (венда) на глубину более 2000 м, а к концу кембрия на глубину более 4000 м. Эти данные позволили авторам заключить, что к концу кембрия породы этих

осадочных бассейнов достигли глубины главной зоны нефтеобразования [Sovetov, Solovetskaya, 2018].

В конце кембрийского периода и в раннем ордовике начался этап регрессии моря и накопления преимущественно терригенных отложений в чехле Сибирского кратона [Decisions ..., 1983; Sovetov et al., 2007; Sovetov, 2018; Gladkochub et al., 2020, 2022b]. Эти позднекембрийские – ордовикские события были связаны с масштабными аккреционно-коллизийными процессами, проходившими в пределах северного сегмента Центрально-Азиатского складчатого пояса, которые привели к формированию Прибайкальского коллизийного метаморфического пояса вдоль южной границы Сибирской платформы (рис. 4) [Salnikova et al., 1998; Donskaya et al., 2000, 2017; Rytsk et al., 2009; Fedorovsky et al., 2010; Ruzhentsev et al., 2012; Metelkin, 2013; Rudnev, 2013; Nozhkin et al., 2018; Gladkochub et al., 2015]. На

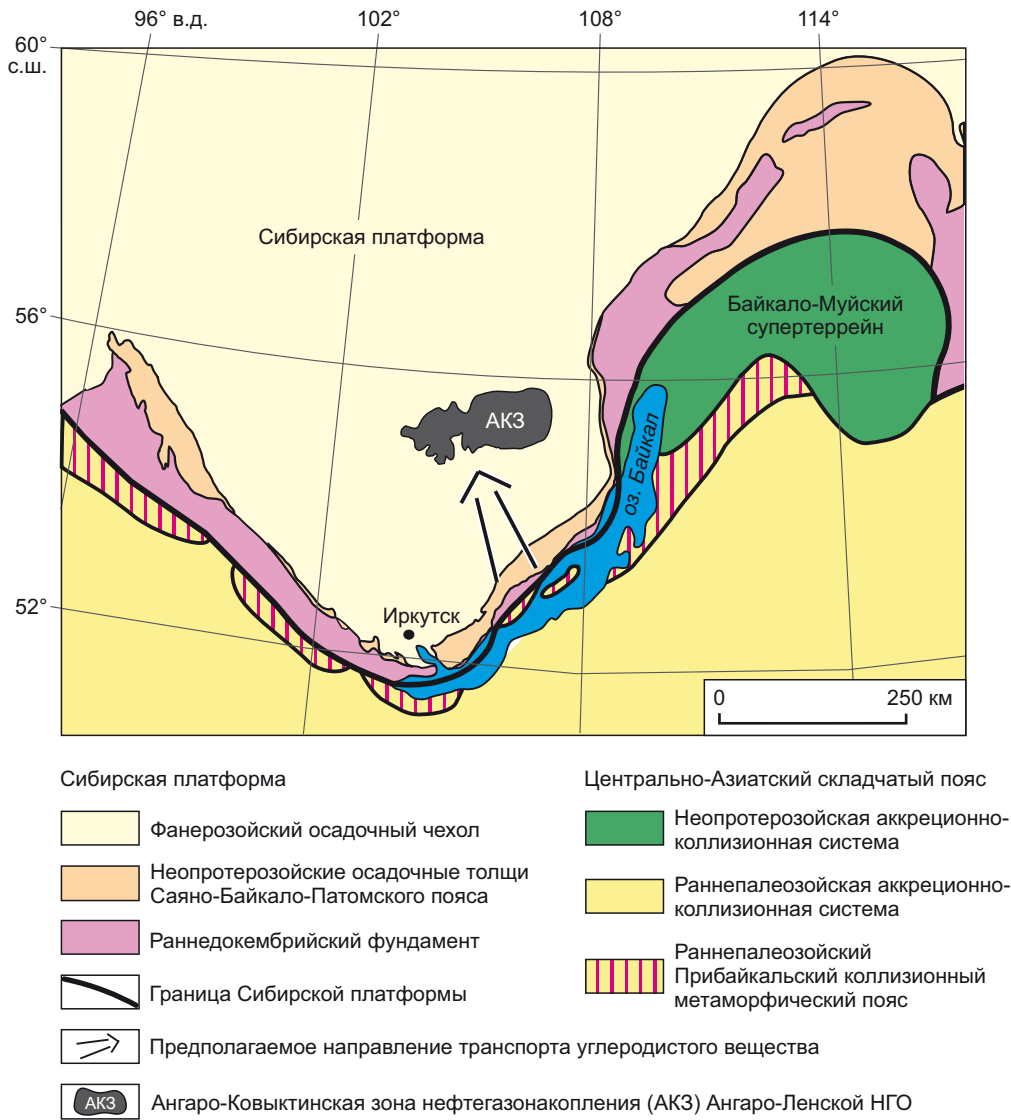


Рис. 4. Схема основных структур южной части Сибирской платформы и северного сегмента Центрально-Азиатского складчатого пояса (модифицированная по [Donskaya et al., 2000, 2017; Gladkochub et al., 2013, 2015]).

Fig. 4. Scheme of major structures in the southern Siberian Platform and northern Central Asian fold belt (modified after [Donskaya et al., 2000, 2017; Gladkochub et al., 2013, 2015]).

этом этапе позднекембрийских – раннепалеозойских коллизионных событий углеводороды, накопившиеся в осадочных толщах пассивной окраины и форландового бассейна, могли быть выжаты в западном и северо-западном направлении (в современных координатах) из вендских отложений этих бассейнов в терригенные отложения чорской свиты мотской серии венда, сформировав месторождения Ангаро-Ковыктинской ЗНГН (рис. 4). Свидетельства «западной» миграции деформаций от края платформы в ее внутренние области достаточно хорошо изучены как по сейсмическим данным, так и при непосредственной корреляции разрезов глубоких скважин. Они развиты вдоль всей периферии Байкало-Патомской складчатой области и представлены шарьяжами, надвигами, складчатостью, прослеживающимися во внутреннюю часть платформы на расстояния до первых сотен километров [She-min, 1988; Migursky, Staroseltsev, 1989; Zorin et al., 2008; Migursky, 2010; Misyurkeeva et al., 2022].

Кроме того, широкое распространение поля сжатия в направлении юго-восток – северо-запад, выявленного на основе палеотектонических реконструкций и геолого-структурных данных [Smetanin, 2000; Sizykh, 2001; Sankov et al., 2017], в последнее время получило подтверждение для района Ковыктинского газоконденсатного месторождения в результате проведения тектонофизических исследований [Seminsky et al., 2018, 2023], которые базируются на восстановлении стресс-тензоров по сети разрывов, выделенных посредством атрибутного анализа из куба сейсмической информации. Результаты тектонофизического анализа наглядно свидетельствуют о широком распространении в позднем кембрии – ордовике процессов регионального сжатия в направлении юго-восток – северо-запад в породах осадочного чехла южной части Сибирской платформы.

Следует отметить, что ранее возможность миграции углеводородов из неопротерозойских толщ краевых прогибов Прибайкалья во внутренние области платформы допускали известные геологи-нефтяники и тектонисты [Drobot et al., 1988, 2004; Bazhenova, 1992; Sizykh, 2005]. В дополнение и в развитие этой идеи в предлагаемой нами гипотезе доказательная база основывается на современном уровне рассмотрения конкретных геодинамических аспектов проблемы. Подобный подход стал возможен в связи с тем, что к настоящему времени достаточно уверенно и надежно был обоснован сценарий геодинамического развития рассматриваемого региона на временном интервале от раннего неопротерозоя до палеозоя включительно (обзоры в [Gladkochub et al., 2015, 2019]), что и позволило на этой актуальной геодинамической основе подойти к решению вопросов о том, когда и в каких условиях могли сформироваться докембрийские углеводороды и каким образом они могли оказаться во внутренних областях Сибирской платформы, на значительном удалении от палеоочага их генерации. Последующее концентрирование углеводородов с обра-

зованием месторождений в трещинных коллекторах Ангаро-Ковыктинской ЗНГН имело место на стадии неотектонической активизации под влиянием процессов, связанных с локальными поднятиями рельефа, приведшими, в том числе, к формированию Ангаро-Ленской ступени [Logachev, 2003; Migursky, 2010; Vakhromeev et al., 2017, 2019].

#### 4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный анализ геодинамической эволюции прибайкальской части Сибирской платформы и прилегающих областей в докембрии наглядно показал, что до появления в позднем неопротерозое (венде) «южносибирской» пассивной континентальной окраины Сибирского кратона в пределах рассматриваемой территории не существовало условий (бассейнов), в которых было бы возможным накопление гигантских объемов докембрийских углеводородов, предполагаемых в работах академика А.А. Трофимука [Trofimuk, 1960] и обеспечивших ресурсную базу Ангаро-Ковыктинской ЗНГН. Исходя из этого объективного и научно обоснованного посыла разработана следующая схема накопления, миграции и аккумуляции углеводородов в коллекторах Ангаро-Ковыктинской ЗНГН.

Согласно предлагаемой авторами модели условия для накопления углеводородов могли возникнуть в результате образования в неопротерозое (710–650 млн лет назад) пассивной окраины Сибирского кратона, сформировавшейся после распада суперконтинента Родиния, отделения Сибири от этого суперконтинента и раскрытия Палеоазиатского океана. Пассивная окраина, развивавшаяся вдоль южной окраины Сибирского кратона, была трансформирована в периферический форландовый осадочный бассейн на временном рубеже около 610 млн лет. В бассейнах пассивной континентальной окраины и форландовом бассейне были аккумулированы углеводороды будущей Ангаро-Ленской нефтегазоносной области. В результате крупномасштабных позднекембрийских – ордовикских аккреционно-коллизионных событий, фиксирующих становление крупнейшего в Евразии Центрально-Азиатского складчатого пояса, углеводороды были выжаты в западном направлении из вендских отложений пассивной окраины и форландового бассейна в платформенные отложения чорской свиты мотской серии венда (парфеновский продуктивный горизонт), сформировав месторождения Ангаро-Ковыктинской зоны нефтегазоаккумуляции. С учетом того факта, что к отложениям пассивных окраин и форландовых бассейнов приурочено 47.7 и 46.4 % мировых запасов углеводородов соответственно [Pang et al., 2015], представляется, что предлагаемая авторами гипотеза может объяснить природу происхождения углеводородов Ангаро-Ленской НГО. Последующие процессы, существенно повлиявшие на перераспределение углеводородов уже в пределах этой нефтегазоносной области, были обусловлены неотектонической активизацией [Logachev, 2003], способствовавшей формированию

месторождений Ангаро-Ковыктинской ЗНГН [Migursky, 2010; Vakhromeev et al., 2017, 2019].

### 5. БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы посвящают эту статью памяти академика РАН А.Э. Конторовича.

### 6. ЗАЯВЛЕННЫЙ ВКЛАД АВТОРОВ / CONTRIBUTION OF THE AUTHORS

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

Both authors made an equivalent contribution to this manuscript, read and approved the final version.

### 7. 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.

### 8. ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

Antsiferov A.S., Bakin V.E., Varlamov I.P., Vozhov V.I., Vorobiev V.N., Golbert A.V., Grebenyuk V.V., Grishin M.P. et al., 1981. Oil and Gas Geology 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.]

Vazhenova T.K., 1992. The Evolution of Oil and Gas Formation and Oil and Gas Accumulation in the Paleozoic–Prepaleozoic Siberian Platform and Forecast of Oil and Gas Potential. Brief PhD Thesis (Doctor of Geology and Mineralogy). Saint-Petersburg, 50 p. (in Russian) [Баженова Т.К. Эволюция нефтегазообразования и нефтегазонакопления в палеозое–допалеозое Сибирской платформы и прогноз нефтегазоносности: Автореф. дис. ... докт. геол.-мин. наук. СПб., 1992. 50 с.]

Cawood P.A., Hawkesworth C.J., 2014. Earth's Middle Age. *Geology* 42, 503–506. <https://doi.org/10.1130/G35402.1>.

Cawood P.A., Strachan R.A., Pisarevsky S.A., Gladkochub D.P., Murphy J.B., 2016. Linking Collisional and Accretionary Orogens During Rodinia Assembly and Break-up: Implications for Models of Supercontinent Cycles. *Earth and Planetary Science Letters* 449, 118–126. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2016.05.049>.

Decisions of the All-Union Stratigraphic Meeting on the Precambrian, Paleozoic and Quaternary Periods in Middle Siberia, 1983. SNIGGiMS, Novosibirsk, 215 p. (in Russian) [Решения Всесоюзного стратиграфического совещания по докембрию, палеозою и четвертичной системе Средней Сибири. Новосибирск: СНИИГГиМС, 1983. 215 с.]

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., Fedorovsky V.S., Sklyarov E.V., Cho M., Sergeev S.A., Demonterova E.I., Mazukabzov A.M. et al., 2017. Pre-Collisional (>0.5 Ga) Complexes of the Olkhon Terrane (Southern Siberia) As an Echo of Events in the Central Asian Orogenic Belt. *Gondwana Research* 42, 243–263. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2016.10.016>.

Donskaya T.V., Sklyarov E.V., Gladkochub D.P., Mazukabzov A.M., Sal'nikova E.B., Kovach V.P., Yakovleva S.Z., Berezhnaya N.G., 2000. The Baikal Collisional Metamorphic Belt. *Doklady Earth Sciences* 374, 1075–1079.

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 and Prospects for Studying Their Hydrocarbon Content. *Russian Geology and Geophysics* 45 (1), 98–108.

Drobot D.I., Presnova R.N., Kontorovich A.E., 1988. Geochemistry of Oils, Condensates and Natural Gases of the Riphean-Vendian Deposits of the Siberian Platform. Nedra, Moscow, 240 p. (in Russian) [Дробот Д.И., Преснова Р.Н., Конторович А.Э. Геохимия нефтей, конденсатов и природных газов рифей-вендских и кембрийских отложений Сибирской платформы. М.: Недра, 1988. 240 с.]

Drobot D.I., Zolotov A.N., Kontorovich A.E., 1974. Geochemical Criteria for Determining the Oil and Gas Potential of the Precambrian and Lower Cambrian Deposits in the South of the Siberian Platform. Nedra, Moscow, 160 p. (in Russian) [Дробот Д.И., Золотов А.Н., Конторович А.Э. Геохимические критерии оценки перспектив нефтегазоносности докембрийских и нижнекембрийских отложений юга Сибирской платформы. М.: Недра, 1974. 160 с.]

Elming S.-Å., Salminen J., Pesonen L.J., 2021. Paleo-Mesoproterozoic Nuna Supercycle. In: L.J. Pesonen, J. Salminen, S.-Å. Elming, D.A.D. Evans, T. Veikkolainen (Eds), *Ancient Supercontinents and the Paleogeography of the Earth*. Vol. 16. Elsevier, p. 499–548. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818533-9.00001-1>.

Ernst R.E., Hamilton M.A., Söderlund U., Hanes J.A., Gladkochub D.P., Okrugin A.V., Kolotilina T., Mekhonoshin A.S. et al., 2016. Long-Lived Connection Between Southern Siberia and Northern Laurentia in the Proterozoic. *Nature Geoscience* 9, 464–469. <https://doi.org/10.1038/ngeo2700>.

Evans D.A.D., 2021. Meso-Neoproterozoic Rodinia Supercycle. In: L.J. Pesonen, J. Salminen, S.-Å. Elming, D.A.D. Evans, T. Veikkolainen (Eds), *Ancient Supercontinents and the Paleogeography of the Earth*. Vol. 17. Elsevier, p. 549–576. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818533-9.00006-0>.

Evans D.A.D., Mitchell R.N., 2011. Assembly and Break-up of the Core of Paleoproterozoic–Mesoproterozoic Supercontinent Nuna. *Geology* 39 (5), 443–446. <https://doi.org/10.1130/G31654.1>.

Fedorovsky V.S., Sklyarov E.V., Izokh A.E., Kotov A.B., Lavrenchuk A.V., Mazukabzov A.M., 2010. Strike-Slip Tectonics and Subalkaline Mafic Magmatism in the Early Paleozoic Collisional System of the Western Baikal Region. *Russian Geology and Geophysics* 51 (5), 534–547. <https://doi.org/10.1016/j.rgg.2010.04.009>.

Gladkochub D.P., Donskaya T.V., Mazukabzov A.M., 2015. Palaeozoic – Mesozoic Geology and Tectonics of the Western

Transbaikalian Segment of the Central Asian Orogenic Belt. In: A. Kröner (Ed.), *Geology, Evolution, Tectonics, and Models*. Schweizerbart Science Publishers, Stuttgart, p. 154–183.

Gladkochub D.P., Donskaya T.V., Mazukabzov A.M., Stanevich A.M., Sklyarov E.V., Ponomarchuk V.A., 2007. Signature of Precambrian Extension Events in the Southern Siberian Craton. *Russian Geology and Geophysics* 48 (1), 17–31. <https://doi.org/10.1016/j.rgg.2006.12.001>.

Gladkochub D.P., Donskaya T.V., Motova Z.L., Khubanov V.B., 2020. The U-Pb Age of Detrital Zircons from Paleozoic Sedimentary Sequences of the Southwestern Siberian Platform as Evidence of Paleoproterozoic and Early Paleozoic Orogenic Events. *Doklady Earth Sciences* 493 (2), 584–588. <https://doi.org/10.1134/S1028334X20080061>.

Gladkochub D.P., Donskaya T.V., Pisarevsky S.A., Ernst R.E., Söderlund U., Kotov A.B., Kovach V.P., Okrugin A.V., 2022a. 1.79–1.75 Ga Mafic Magmatism of the Siberian Craton and Late Paleoproterozoic Paleogeography. *Precambrian Research* 370, 106557. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2022.106557>.

Gladkochub D.P., Donskaya T.V., Pisarevsky S.A., Salnikova E.B., Mazukabzov A.M., Kotov A.B., Motova Z.L., Stepanova A.V., Kovach V.P., 2021. Evidence of the Latest Paleoproterozoic (~1615 Ma) Mafic Magmatism the Southern Siberia: Extensional Environments in Nuna Supercontinent. *Precambrian Research* 354, 106049. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2020.106049>.

Gladkochub D.P., Donskaya T.V., Stanevich A.M., Pisarevsky S.A., Zhang S., Motova Z.L., Mazukabzov A.M., Li H., 2019. U-Pb Detrital Zircon Geochronology and Provenance of Neoproterozoic Sedimentary Rocks in Southern Siberia: New Insights Into Breakup of Rodinia and Opening of Paleo-Asian Ocean. *Gondwana Research* 65, 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2018.07.007>.

Gladkochub D.P., Donskaya T.V., Wingate M.T.D., Mazukabzov A.M., Pisarevsky S.A., Sklyarov E.V., Stanevich A.M., 2010. A One-Billion-Year Gap in the Precambrian History of the Southern Siberian Craton and the Problem of the Transproterozoic Supercontinent. *American Journal of Science* 310 (9), 812–825. <https://doi.org/10.2475/09.2010.03>.

Gladkochub D.P., Mazukabzov A.M., Stanevich A.M., Donskaya T.V., Motova Z.L., Vanin V.A., 2014. Precambrian Sedimentation in the Urik-Iya Graben, Southern Siberian Craton: Main Stages and Tectonic Settings. *Geotectonics* 48 (5), 359–370. <https://doi.org/10.1134/S0016852114050033>.

Gladkochub D.P., Motova Z.L., Donskaya T.V., Khubanov V.B., Sizov A.V., 2022b. 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>.

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

Gladkochub D.P., Stanevich A.M., Mazukabzov A.M., Donskaya T.V., Pisarevsky S.A., Nicoll G., Motova Z.L., Kornilova T.A.,

2013. Early Evolution of the Paleosian Ocean: LA-ISP-MS Dating of Detrital Zircons from Late Precambrian Sequences of the Southern Margin of the Siberian Craton. *Russian Geology and Geophysics* 54 (10), 1150–1163. <https://doi.org/10.1016/j.rgg.2013.09.002>.

Glebovitsky V.A., Khil'tova V.Ya., Kozakov I.K., 2008. Tectonics of the Siberian Craton: Interpretation of Geological, Geophysical, Geochronological, and Isotopic Geochemical Data. *Geotectonics* 42 (1), 8–20. <https://doi.org/10.1134/S0016852108010020>.

Karasev I.P., Mandelbaum M.M., Samsonov V.V., 1965. Methods and Directions of Oil Exploration in the Southern Part of the Siberian Platform. *Russian Oil and Gas Geology* 12, 21–25 (in Russian) [Карасев И.П., Мандельбаум М.М., Самсонов В.В. Методические основы и направление нефтепоисковых работ в южной части Сибирской платформы // Геология нефти и газа. 1965. № 12. С. 21–25].

Khabarov E.M., Varaksina I.V., Pushkareva M.M., Kugakolov S.A., Rodyakin S.V., Tchernysh P.S., 2014. Depositional Environments and Reservoir Properties of the Vendian Parfenovo Producing Horizon at the Angara-Lena Step. *Geology and Mineral Resources of Siberia S2*, 66–75 (in Russian) [Хабаров Е.М., Вараксина И.В., Пушкарева М.М., Кугаколов С.А., Родякин С.В., Черныш П.С. Обстановки осадконакопления и фильтрационно-емкостные свойства парфеновского горизонта венда Ангаро-Ленской ступени // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. 2014. № S2. С. 66–75].

Kontorovich A.E., Bakhturov S.F., Basharin A.K., Belyaev S.Yu., Burshtein L.M., Kontorovich A.A., Krinin V.A., Larichev A.I. et al., 1999. Heterochronous Centers of Naphthide Formation and Accumulation in the North-Asian Craton. *Russian Geology and Geophysics* 40 (11), 1676–1693 (in Russian) [Конторович А.Э., Бахтуров С.Ф., Башарин А.К., Беляев С.Ю., Бурштейн Л.М., Конторович А.А., Кринин В.А., Ларичев А.И. и др., Разновозрастные очаги нефтидообразования и нефтидонакопления на Северо-Азиатском кратоне // Геология и геофизика. 1999. Т. 40. № 11. С. 1676–1693].

Kontorovich A.E., Burshtein L.M., Valchak V.I., Gubin I.A., Gordeeva A.O., Kuznetsova E.N., Kontorovich V.A., Moiseev S.A., Skuzovatov M.Yu., Fomin A.M., 2017. Oil and Gas Geological Zoning of the Siberian Platform (Refined Version). In: *Interexpo GEO-Siberia-2017. Proceedings of the XIII International Congress and Exhibition (April 7–12, 2017)*. Vol. 2. Iss. 1. SSUGT, Novosibirsk, p. 57–64 (in Russian) [Конторович А.Э., Бурштейн Л.М., Вальчак В.И., Губин И.А., Гордеева А.О., Кузнецова Е.Н., Конторович В.А., Моисеев С.А., Скузоватов М.Ю., Фомин А.М. Нефтегазогеологическое районирование Сибирской платформы (уточненная версия) // Интерэкспо Гео-Сибирь-2017: Материалы XIII международного конгресса и выставки (7–12 апреля 2017 г.). Новосибирск: СГУГиТ, 2017. Т. 2. № 1. С. 57–64].

Kontorovich A.E., Melnikov N.V., Staroseltsev V.S., 1975. Oil and Gas Provinces and Regions of the Siberian Platform. In: *Geology and Oil and Gas Potential of the Siberian Platform*.

Iss. 22. SNIIGiMS, Novosibirsk, p. 4–21 (in Russian) [Конторович А.Э., Мельников Н.В., Старосельцев В.С. Нефтегазоносные провинции и области Сибирской платформы // Геология и нефтегазоносность Сибирской платформы. Новосибирск: СНИИГГиМС, 1975. Вып. 22. С. 4–21].

Kontorovich A.E., Surkov V.S., Trofimuk A.A., 1982. Major Oil Accumulation Zones in the Lena-Tunguska Province. In: Developing a Theory of Academician I.M. Gubkin in Petroleum Geology of Siberia. Nauka, Novosibirsk, p. 22–42 (in Russian) [Конторович А.Э., Сурков В.С., Трофимук А.А. Главные зоны нефтенакопления в Лено-Тунгусской провинции // Развитие учения академика И.М. Губкина в нефтяной геологии Сибири. Новосибирск: Наука, 1982. С. 22–42].

Kraevskiy B.G., Yakshin M.S., Nagovitsin K.E., 2018. The Regional Stratigraphic Chart for the Riphean Deposits of the Western Siberian Platform. *Geology and Mineral Resources of Siberia* 7с, 4–14 (in Russian) [Краевский Б.Г., Якшин М.С., Наговицин К.Е. Региональная стратиграфическая схема рифейских отложений западной части Сибирской платформы // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. 2018. № 7с. С. 4–14].

Larin A.M., 2014. Ulkan-Dzhugdzhur Ore-Bearing Anorthosite-Rapakivi Granite-Peralkaline Granite Association, Siberian Craton: Age, Tectonic Setting, Sources, and Metallogeny. *Geology of Ore Deposits* 56 (4), 257–280. <https://doi.org/10.1134/S1075701514040047>.

Li Z.X., Bogdanova S.V., Collins A.S., Davidson A., De Waele B., Ernst R.E., Fitzsimons I.C.W., Fuck R.A. et al., 2008. Assembly, Configuration, and Break-Up History of Rodinia: A Synthesis. *Precambrian Research* 160 (12), 179–210. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2007.04.021>.

Logachev N.A., 2003. History and Geodynamics of the Baikal Rift. *Russian Geology and Geophysics* 4 (5), 391–406 (in Russian) [Логачев Н.А. История и геодинамика Байкальского рифта // Геология и геофизика. 2003. Т. 44. № 5. С. 391–406].

Marusin V.V., Kolesnikova A.A., Kochnev B.B., Kuznetsov N.B., Pokrovsky B.G., Romanyuk T.V., Karlova G.A., Rud'ko S.V. et al., 2021. Detrital Zircon Age and Biostratigraphic and Chemostratigraphic Constraints on the Ediacaran – Cambrian Transitional Interval in the Irkutsk Cis-Sayans Uplift, Southwestern Siberian Platform. *Geological Magazine* 158 (7), 1156–1172. <https://doi.org/10.1017/S0016756820001132>.

Mel'nikov N.V., Mel'nikov P.N., 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>.

Mel'nikov N.V., Shemin G.G., Efimov A.O., 1989. Vendian Paleogeography of the Siberian Platform. In: Phanerozoic Paleogeography of Siberia. SNIIGiMS, Novosibirsk, p. 3–10 (in Russian) [Мельников Н.В., Шемин Г.Г., Ефимов А.О. Палеогеография венда Сибирской платформы // Палеогеография фанерозоя Сибири. Новосибирск: СНИИГГиМС, 1989. С. 3–10].

Metelkin D.V., 2013. Kinematic Reconstruction of the Early Caledonian Accretion in the Southwest of the Siberian Palecontinent Based on Paleomagnetic Results. *Russian Geology and Geophysics* 54 (4), 381–398. <https://doi.org/10.1016/j.rgg.2013.03.002>.

Migursky A.V., 2010. Large Scale Lateral Displacements of Rocks and Fluids on the Siberian Platform. *Geology and Mineral Resources of Siberia* 1, 53–57 (in Russian) [Мигурский А.В. Масштабные латеральные перемещения пород и флюидов на Сибирской платформе // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. 2010. № 1. С. 53–57].

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].

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>.

Motova Z.L., Donskaya T.V., Gladkochub D.P., Khabanov V.B., 2024. U-Pb Ages of Detrital Zircons and Composition of Clastic Sedimentary Rocks from the Southern Periphery of the Siberian Craton: Implications for the Earliest Cambrian Evolution of Southern Siberia. *Journal of Asian Earth Sciences* 264, 106048. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2024.106048>.

Nozhkin A.D., Turkina O.M., Bayanova T.B., 2009. Paleoproterozoic Collisional and Intraplate Granitoids of the Southwest Margin of the Siberian Craton: Petrogeochemical Features and U-Pb Geochronological and Sm-Nd Isotopic Data. *Doklady Earth Sciences* 428 (1), 1192–1197. <https://doi.org/10.1134/S1028334X09070344>.

Nozhkin A.D., Turkina O.M., Dmitrieva N.V., Travin A.V., Likhanov I.I., 2018. Metacarbonate-Terrigenous Complex of the Derba Block (East Sayan): Petrogeochemical and Isotope Parameters, Metamorphism, and Time of Formation. *Russian Geology and Geophysics* 59 (6), 652–672. <https://doi.org/10.1016/j.rgg.2018.05.005>.

Pang X.-Q., Jia Ch.-Z., Wang W.-Y., 2015. Petroleum Geology Features and Research Developments of Hydrocarbon Accumulation in Deep Petroliferous Basins. *Petroleum Science* 12 (1), 1–53. <https://doi.org/10.1007/s12182-015-0014-0>.

Pisarevsky S.A., Elming S.-Å., Pesonen L.J., Li Z.-X., 2014. Mesoproterozoic Paleogeography: Supercontinent and Beyond. *Precambrian Research* 244, 207–225. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2013.05.014>.

Pisarevsky S.A., Gladkochub D.P., Donskaya T.V., 2021. Precambrian Paleogeography of Siberia. In: L.J. Pesonen,

J. Salminen, S.-Å. Elming, D.A.D. Evans, T. Veikkolainen (Eds), Ancient Supercontinents and the Paleogeography of the Earth 8, 263–275. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818533-9.00012-6>.

Powerman V., Shatsillo A., Chumakov N., Kapitonov I., Hourigane J., 2015. Interaction Between the Central Asian Orogenic Belt (CAOB) and the Siberian Craton as Recorded by Detrital Zircon Suites from Transbaikalia. *Precambrian Research* 267, 39–71. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2015.05.015>.

Priyatkina N.S., Ernst R.E., Khudoley A.K., 2020. A Preliminary Reassessment of the Siberian Cratonic Basement with New U-Pb-Hf Detrital Zircon Data. *Precambrian Research* 340, 105645. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2020.105645>.

Pushkareva M.M., Khabarov E.M., Varaksina I.V., 2013. Lithological Characteristic of the Productive Parfenovo and Botuoba Horizons of the Vendian Angara-Lena Step and Nepa-Botuoba Anticlyse. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University* 323 (1), 78–83 (in Russian) [Пушкарева М.М., Хабаров Е.М., Варакина И.В. Литологическая характеристика парфеновского и ботубинского продуктивных горизонтов венда Ангаро-Ленской ступени и Непско-Ботубинской антеклизы // Известия Томского политехнического университета. 2013. Т. 323. № 1. С. 78–83].

Roberts N.M.W., 2013. The Boring Billion? Lid Tectonics, Continental Growth and Environmental Change Associated with the Columbia Supercontinent. *Geoscience Frontiers* 4 (6), 681–691. <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2013.05.004>.

Rogers J.J.W., Santosh M., 2009. Tectonics and Surface Effects of the Supercontinent Columbia. *Gondwana Research* 15 (3–4), 373–380. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2008.06.008>.

Rosen O.M., 2003. Siberian Craton: Tectonic Zoning, Stages of Evolution. *Geotectonics* 3, 3–21 (in Russian) [Позен О.М. Сибирский кратон: тектоническое районирование, этапы эволюции // Геотектоника. 2003. № 3. С. 3–21].

Rudnev S.N., 2013. Early Paleozoic Granitoid Magmatism in the Altai-Sayan Folded Area and the Lake Zone in Western Mongolia. SB RAS Publishing House, Novosibirsk, 300 p. (in Russian) [Руднев С.Н. Раннепалеозойский гранитоидный магматизм Алтае-Саянской складчатой области и Озерной зоны Западной Монголии. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. 300 с.].

Ruzhentsev S.V., Nekrasov G.E., Aristov V.A., Golionko B.G., Minina O.R., Doronina N.A., Lykhin D.A., 2012. The Baikal-Vitim Fold System: Structure and Geodynamic Evolution. *Geotectonics* 46 (2), 87–110. <https://doi.org/10.1134/S0016852112020033>.

Rytsk E.Yu., Kovach V.P., Makeev A.F., Bogomolov E.S., Rizvanova N.G., 2009. The Eastern Boundary of the Baikal Collisional Belt: Geological, Geochronological, and Nd Isotopic Evidence. *Geotectonics* 43 (4), 264–273. <https://doi.org/10.1134/S0016852109040025>.

Salnikova E.B., Sergeev S.A., Kotov A.B., Yakovleva S.Z., Steiger R.H., Reznitskiy L.Z., Vasil'ev E.P., 1998. U-Pb Zircon

Dating of Granulite Metamorphism in the Sludyanskiy Complex, Eastern Siberia. *Gondwana Research* 1 (2), 195–205. [https://doi.org/10.1016/S1342-937X\(05\)70830-3](https://doi.org/10.1016/S1342-937X(05)70830-3).

Samsonov V.V., Larichev A.I., Chekanov V.I., Solov'ev V.V., 2010. Geological Structure of the Oil-and-Gas Plays and Oil-and-Gas Potential of the Southern Siberian Platform. *Russian Geology and Geophysics* 51 (11), 1204–1218. <https://doi.org/10.1016/j.rgg.2010.10.006>.

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., Burzunova Yu.P., Bornyakov S.A., Miroshnichenko A.I., Cheremnykh A.S., Seminsky A.K., Buddo I.V., Smirnov A.S., Gorlov I.V., 2023. Analysis of the Fault-Block Structure and Stress State of the Sedimentary Cover in Gas-Condensate Deposits: Basics of the Tectonophysical Approach. *Geodynamics & Tectonophysics* 14 (2), 0689 (in Russian) [Семинский К.Ж., Бурзунова Ю.П., Борняков С.А., Мирошниченко А.И., Черемных А.С., Семинский А.К., Буддо И.В., Смирнов А.С., Горлов И.В. Анализ разломно-блоковой структуры и напряженного состояния осадочного чехла на газоконденсатных месторождениях: основы тектонофизического подхода // Геодинамика и тектонофизика. 2023. Т. 14. № 2. 0689]. <https://doi.org/10.5800/GT-2023-14-2-0689>.

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].

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., 2005. Overthrust Nappe Structures and Their Role in Mineral Deposit Formation. *Vestnik IAELPS* 13 (3), 42–48 (in Russian) [Сизых В.И. Шарьяжно-надвиговые структуры и их роль в формировании месторождений полезных ископаемых // Вестник МАНЭБ. 2005. Т. 13. № 3. С. 42–48].

Skuzovatov M.Y., 2017. Natural Gas and Condensate Reserves in the Angara-Lena Gas-Bearing Region. *Russian Geology and Geophysics* 58 (3–4), 503–515. <https://doi.org/10.1016/j.rgg.2016.09.026>.

Smelov A.P., Timofeev V.F., 2007. The Age of the North Asian Cratonic Basement: An Overview. *Gondwana Research* 12 (3), 279–288. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2006.10.017>.

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

Sovetov J.K., 2018. Sedimentology and Stratigraphic Correlation of Vendian Deposits in the Southwestern Siberian Platform: Major Contribution of an Exocratonic Clastic Source to Sedimentary Systems. *Lithosphere* 18 (1), 20–45 (in Russian) [Советов Ю.К. Седиментология и стратиграфическая корреляция вендских отложений на юго-западе Сибирской платформы: выдающийся вклад внешнего источника кластического материала в образование осадочных систем // Литосфера. 2018. Т. 18. № 1. С. 20–45]. <https://doi.org/10.24930/1681-9004-2018-18-1-020-045>.

Sovetov J.K., Kulikova A.E., Medvedev M.N., 2007. Sedimentary Basins in the Southwestern Siberian Craton: Late Neoproterozoic-Early Cambrian Rifting and Collisional Events. In: U. Linnemann, R.D. Nance, P. Kraft, G. Zulauf (Eds), *The Evolution of the Rheic Ocean: From Avalonian-Cadomian Active Margin to Alleghenian-Variscan Collision*. Vol. 423. Geological Society of America Special Paper, p. 549–578. [https://doi.org/10.1130/2007.2423\(28\)](https://doi.org/10.1130/2007.2423(28)).

Sovetov J.K., Solovetskaya L.V., 2018. Provenances for Oil and Gas Traps and Vendian Hydrocarbon Origination Deposits at the Southwest Siberian Platform. In: *Subsoil Use. Mining. Directions and Technologies of Prospecting, Exploration and Development of Mineral Deposits. Economics. Geocology. Proceedings of the XII International Scientific Conference (April 23–27, 2018)*. Vol. 2. Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, p. 56–64 (in Russian) [Советов Ю.К., Соловецкая Л.В. Петрографические провинции коллекторов и потенциально нефтематеринские отложения венда на юго-западе Сибирской платформы // Недропользование. Горное дело. Направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых. Экономика. Геоэкология: Материалы XIV Международной научной конференции (23–27 апреля 2018 г.). Новосибирск: СГУГиТ, 2018. Т. 2. С. 56–64]. DOI:10.18303/2618-981X-2018-2-56-64.

Stanevich A.M., Mazukabzov A.M., Postnikov A.A., Nemerov V.K., Pisarevsky S.A., Gladkochub D.P., Donskaya T.V., Kornilova T.A., 2007. Northern Segment of the Paleoasian

Ocean: Neoproterozoic Deposition History and Geodynamics. *Russian Geology and Geophysics* 48 (1), 46–60. <https://doi.org/10.1016/j.rgg.2006.12.005>.

Staroseltsev V.S. (Ed.), 2021. *Tectonic Map of Petroleum Provinces of the Siberian Platform*. SNIIGGiMS, Novosibirsk (in Russian) [Тектоническая карта нефтегазоносных провинций Сибирской платформы / Ред. В.С. Старосельцев. Новосибирск: СНИИГГиМС, 2021].

Trofimuk A.A., 1960. Oil- and Gas-Bearing Capacity of the Siberian Platform. *Russian Geology and Geophysics* 1 (7), 3–11 (in Russian) [Трофимук А.А. Нефтегазоносность Сибирской платформы // Геология и геофизика. 1960. Т. 1. № 7. С. 3–11].

Usov M.A., 1936. On the Question of Oil in the West Siberian Region, 3, 35–41 (in Russian) [Усов М.А. К вопросу о нефти в Западно-Сибирском крае // Вестник ЗСГРТ. 1936. № 3. С. 35–41].

Vakhromeev A.G., Gorlov I.V., Smirnov A.S., Misyurkeeva N.V., Shutov G.Ya., Pospeev A.V., Stanevich A.M., Sheinin G.G., 2017. Neotectonic Activation of the Marginal Part of the Siberian Craton as a Final Stage of Formation of the Kovykta Oil and Gas Accumulation Zone. In: *Geodynamic Evolution of the Lithosphere of the Central Asian Mobile Belt (from Ocean to Continent)*. Proceedings of Scientific Meeting (October 17–20, 2017). Iss. 15. IEC SB RAS, Irkutsk, p. 26–29 (in Russian) [Вахромеев А.Г., Горлов И.В., Смирнов А.С., Мисюркеева Н.В., Шутов Г.Я., Поспеев А.В., Станевич А.М., Шейнин Г.Г. Неотектонический этап активизации краевой области Сибирского кратона как конечная фаза формирования Ковыктинской зоны нефтегазоаккумуляции // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту): Материалы научного совещания (17–20 октября 2017 г.). Иркутск: ИЗК СО РАН, 2017. Вып. 15. С. 26–29].

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].

Zhang Sh., Li Z.-X., Evans D.A.D., Wu H., Li H., Dong J., 2012. Pre-Rodinia Supercontinent Nuna Shaping Up: A Global Synthesis with New Paleomagnetic Results from North China. *Earth and Planetary Science Letters* 353–354, 145–155. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2012.07.034>.

Zorin Yu.A., Mazukabzov A.M., Gladkochub D.P., Donskaya T.V., Presnyakov S.L., Sergeev S.A., 2008. Silurian Age of Major Folding in Riphean Deposits of the Baikal-Patom Zone. *Doklady Earth Sciences* 423, 1235–1239. <https://doi.org/10.1134/S1028334X08080114>.