



Оригинальная статья / Original article

УДК 550.370

DOI: <http://dx.doi.org/10.21285/2686-9993-2020-43-2-209-219>

Перспективы нефтегазоносности рифовых отложений на юге Вилуйской синеклизы по геофизическим данным

© А.А. Кравченко^а, А.М. Пашевин^б, А.Е. Лаврентьева^с^аИркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Россия^{а-с}Обособленное подразделение АО «Росгеология» «Иркутское геофизическое подразделение», г. Иркутск, Россия

Резюме: Целью данного исследования являлось рассмотрение результатов изучения погребенных рифовых органогенных построек кембрийского периода на востоке Сибирской платформы, оценка их коллекторских свойств и характера распространения. Основой для работы служили проведенные на территории сейсмические, электроразведочные и геохимические исследования. Также были использованы результаты палеогеографических реконструкций. Авторами определены уровни сопротивления для кембрийско-вендских отложений, соответствующие развитию коллекторов, перспективных на нефть. Построены геоэлектрические разрезы, отражающие развитие органогенных структур в районе сочленения Вилуйской синеклизы и Алданской антеклизы. Описаны геоэлектрические характеристики Западно-Якутского барьерного рифа и зоны сноса разрушенных построек. Рассмотрены вопросы миграции и аккумуляции углеводородов в пределах района. Определены перспективные зоны для бурения поисковой скважины. Погребенные рифовые постройки и зона сноса органогенного материала могут служить очагами генерации углеводородов. Ввиду отсутствия на участке повсеместных соляных высокоомных покрышек возможно прогнозировать развитие коллекторов трещинно-кавернозного типа, сформированных в ходе процессов выщелачивания, преобладающих на фоне водонасыщения пермских отложений в Вилуйской синеклизе, а также обоснованных трансгрессивно-регрессионными этапами. Источником углеводородов могут выступать Куонамские отложения доманикоидного типа Юдомо-Оленекского бассейна, граничащие с барьерным рифом.

Ключевые слова: Западно-Якутский риф, Вилуйская синеклиза, Алданская антеклиза, электроразведка, углеводороды

Информация о статье: Дата поступления 20 апреля 2020 г.; дата принятия к печати 27 мая 2020 г.; дата онлайн-размещения 30 июня 2020 г.

Для цитирования: Кравченко А.А., Пашевин А.М., Лаврентьева А.Е. Перспективы нефтегазоносности рифовых отложений на юге Вилуйской синеклизы по геофизическим данным. *Науки о Земле и недропользование*. 2020. Т. 43. № 2. С. 209–219. <https://doi.org/10.21285/2686-9993-2020-43-2-209-219>

Oil-and-gas potential of the reef deposits in the Vilyuy syneclyse south

© Anastasia A. Kravchenko^а, Alexander M. Pashevin^б, Alla E. Lavrenteva^с^аIrkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia^{а-с}"Irkutsk Geophysical Division", JSC "Rosgeologia", Irkutsk, Russia

Abstract: The article discusses the results of the study of the buried Cambrian organogenic reef structures in the Siberian platform east, their reservoir properties assessment, and the nature of their distribution. The basis for the study was the seismic, electrical and geochemical investigations conducted on the territory. Also involved were the results of the paleogeographic reconstructions. The study has defined the resistance levels for the Cambrian-Vendian deposits that correspond to the development of the reservoirs promising for oil. The authors have constructed geoelectric sections that reflect the development of the organogenic structures in the joint area of the Vilyui syneclyse and Aldan anteclyse. The geoelectric characteristics of the West Yakut barrier reef and the demolition zone of the destroyed buildings have been described. The issues of hydrocarbon migration and accumulation within the region have been considered. Promising zones for drilling prospecting wells have been identified. The buried reef structures and the zone of the organogenic material demolition can serve as foci of hydrocarbon generation. The absence of the extensive high-resistance covers on the site makes it possible to predict the development of fractured-cavernous collectors formed by the leaching processes prevailing against the background of the water saturation of the Perm deposits in the Vilyui syneclyse, and the transgression-regression stages. The Domanicoid type Kuonama deposits of the Yudomo-Oleneksky basin bordering the barrier reef can be considered hydrocarbon sources.



Keywords: West Yakut reef, Vilyuy syncline, Aldan anticline, electrical exploration, hydrocarbons

Information about the article: Received April 20, 2020; accepted for publication May 27, 2020; available online June 30, 2020.

For citation: Kravchenko AA, Pashevin AM, Lavrenteva AE. Oil-and-gas potential of the reef deposits in the Vilyuy syncline south. *Earth sciences and subsoil use*. 2020;43(2):209–219. (In Russ.) <https://doi.org/10.21285/2686-9993-2020-43-2-209-219>

Введение

Несмотря на предсказания о глобальном переходе на альтернативные источники энергии, в настоящее время в нефтяной промышленности увеличиваются масштабы разведки углеводородного сырья. Восточно-Сибирский регион выступает в качестве одного из объектов для наращивания запасов углеводородов. Существующие представления о принципах образования, залегания и миграции углеводородов уже сформировали критерии для оценки перспективности районов и позволили разведать основные типичные структуры Сибирской платформы. Как правило, основной интерес представляют валы, поднятия, антеклизы. Слабо разведанными остаются нетипичные структурные образования и накопления углеводородов. К ним относятся и рифовые образования.

Широкое распространение рифовых систем в восточной части Сибирской платформы связано с существованием древнего эпиконтинентального Восточно-Сибирского морского бассейна. Основные перспективы района обоснованы развитием Куонамского комплекса доманикоидных отложений, трактуемых как материнские, которые развиты на территории древней морской части района. Куонамская формация стратиграфически приурочена к трем ярусам кембрийской системы: нижним – ботомскому и тойонскому, среднему – амгинскому [1]. Рифогенные отложения сформированы в краевых частях бассейна. Эти органогенные постройки называются Западно-Якутским барьерным рифом. Одна из его ветвей, Анабаро-Синская, имеет распространение от Алданской до Анабарской антеклизы в северо-западном простирании и захватывает Вилуюскую синеклизу [2].

Барьерный риф формировался на протяжении ленского и амгинского веков и отделял лагунную и морскую части бассейна. Огибая с запада водную зону с нормальной соленостью, рифовые постройки накапливали в себе органическое вещество [3]. Кембрийские отложения юго-западной – лагунной – области характеризуются повышенной соленостью вод и, как следствие, галогенно-карбонатными отложениями, отложения восточной области – нормальной соленостью воды и карбонатно-доманикоидным типом залежей [4, 5]. Рассматриваемый участок рифового комплекса относится к Анабаро-Синской рифовой карбонатной формации (ветви), обрамляющей Юдомо-Оленекский бассейн с юго-запада. По мнению М.М. Грачевского, рифогенное и шельфовое обрамление открытого морского некомпенсированного бассейна является высокоперспективным объектом в нефтегазоносном плане ввиду синхронности его образования с нефтепроизводящими доманикоидными отложениями [6].

Особый интерес представляет южная часть Вилуюской синеклизы в сочленении с северной частью Алданской антеклизы. Связано это с общим характером поднятия области в сторону антеклизы, а следовательно, и с доступностью предполагаемых залежей [7]. Ключевую роль здесь может играть рифовый комплекс, находящийся на пути миграции углеводородов в направлении сокращения мощности осадочного чехла. Он может быть как источником, так и аккумулятором углеводородов [8].

Немаловажную роль играет оценка палеогеографических условий образования вероятных залежей. Согласно известным палеогеографическим реконструк-

циям, на протяжении кембрия место формирования вышеупомянутых фаций неоднократно менялось в связи с тектоническими событиями и перестройками структурного плана района [4, 9]. Происходило это ритмично с регрессивными и трансгрессивными этапами (рис. 1). Основное время кембрийского периода было ознаменовано широкой трансгрессией, нисходящей с северо-запада, и послужило накоплению преимущественно карбонатных отложений [10].

Локальные регрессионные перемены случались в конце раннего кембрия (послеолекменское время) и в периоде с майского времени до конца позднего кембрия. Последнее обуславливалось поднятием южных краевых областей платформы. Таким образом, палеогеографи-

ческие факторы играют значимую роль в распределении рифовых образований [11].

Рассматривая рифовую зону в качестве перспективного объекта, важно оценить условия образования и сохранности углеводородов. Куонамская свита, подвергшаяся катагенезу уровня зоны нефтеобразования, может производить углеводороды и аккумулировать их в коллекторах рифогенного комплекса и карбонатных постройках вышележащих толщ. Также важными факторами являются участки улучшенных коллекторов и приуроченность к возвышенностям, подвергшимся выщелачиванию в периоды регрессии. Зоны склонов, кавернозность, пористость (с пустотностью 10–20%), наличие соленосного флюидоупора, доступность для бурения и развитие

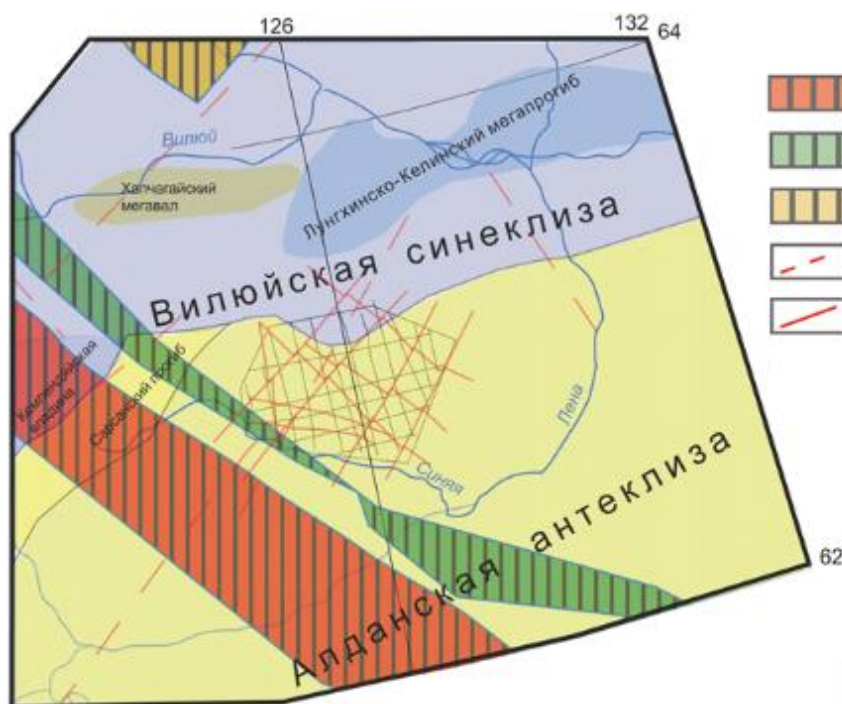


Рис. 1. Структурная схема области исследований (по К.И. Микуленко и В.С. Старосельцеву, 1979¹, с упрощениями):

1–3 – переходная зона от морской области к лагунной по Я.К. Писарчик: 1 – позднеалданское время (ранний кембрий), 2 – ленское время (ранний кембрий), 3 – поздний кембрий; 4 – региональные разломы, секущие фундамент и осадочный чехол; 5 – разломы, выделенные по комплексу геофизических методов

Fig. 1. Structure chart

(according to K.I. Mikulenko and V.S. Staroseltsev, 1979¹, with simplifications):

1–3 – transition zone (marine to lagoon) according to Y.K. Piesarchik: 1 – Late Aldan period (Early Cambrian), 2 – Lena period (Early Cambrian), 3 – Late Cambrian; 4 – regional faults cutting the foundation and sedimentary cover; 5 – faults identified by the complex of geophysical methods

¹ Тектоническая карта осадочного чехла Сибирской платформы. Масштаб 1:5000000 / ред. К.И. Микуленко, В.С. Старосельцев. Новосибирск, 1979.



системы разломов для миграции углеводородов из нефтематеринских свит входят в ряд основополагающих признаков для составления прогноза [12]. Карта перспектив, составленная по результатам комплекса геофизических и геохимических исследований (рис. 2), позволяет оценить коллекторские свойства горных пород иниканской свиты (аналог куонамской).

Методы исследования

Выделение рифовых построек традиционно осуществляется методами сейсморазведки и позволяет выделить структурные особенности по аномалиям волнового поля. Зондирование методом становления поля в ближней зоне, ориентированное на определение проводимости и сопротивления пород, позволяет оценить коллекторские свойства выделенных структур. С его помощью осуществляется трассирование внешних бортов барьерных рифов в условиях фациальной разности рифовых и предрифовых отложений [13–15]. Для уточнения зон развития рифовых отложений авторами данной статьи также были использованы результаты геохимических исследований.

Результаты исследования

На рассматриваемой территории по результатам геохимических исследований в пределах кембрийской системы отложений выделены зоны вероятного формирования рифовых построек. Частично они отображены на сейсмических разрезах (рис. 3, а). На сейсмическом разрезе, отражающем сочленение Алданской антеклизы и Вилюйской синеклизы, в южной части которой предполагается перспективная нефтеносная зона, выделены органогенные структуры. Характер расположения органогенных построек отражает имевшие место на данной территории трансгрессивные и регрессивные этапы [16]. По результатам электроразведки выделяются две предполагаемые рифовые постройки (рис. 3, б). Та из них, что находится южнее, соответствует раннему кембрию, ее

положение и характер заложения отображают трансгрессивные процессы региона. Стоит отметить предположительную структурную сохранность биогерма по сравнению с северными участками, трактуемыми как область сноса. Неоднородный уровень сопротивления в пределах 100–300 Ом·м южной части органогенного комплекса может свидетельствовать о повышенной трещиноватости и кавернозности рифогенной структуры.

Обрамляющие постройку системы разломов подтверждают приуроченность развития рифов к тектоническим перестройкам региона. Низкие сопротивления подстилающих пород венда – 10–40 Ом·м – отвечают уровням для водонасыщенного коллектора. Это дает основание рассуждать о развитии процессов выщелачивания и образовании каверн, а также коллекторов кавернозного типа. Последнее ряд авторов считают перспективными в условиях развития рифовой системы на юге Анабарской и востоке Алданской атеклиз [12, 17].

Уровни продольного электрического сопротивления иниканской свиты, связанные с нефтяной перспективностью, лежат в пределах 40–90 Ом·м. В области профиля, отображенного на рис. 4, на основе комплекса геофизических и геохимических исследований предполагается перспективный в нефтегазоносном отношении объект. Выделенный участок, вероятно, характеризуется высокой кавернозностью, связанной с процессами выщелачивания, и может рассматриваться как разрушенная органогенная постройка. Очевидно, эта зона подверглась действию неоднократной трансгрессии в период раннего кембрия. О тектонической активности района свидетельствуют многочисленные тектонические разломы, которые могли послужить развитию обильной трещиноватости.

На субмеридианальных разрезах (рис. 5) отчетливо видны этапы трансгрессивно-регрессивных циклов. Характерный сформировавшийся уступ, выраженный сокращением мощности палеозойских

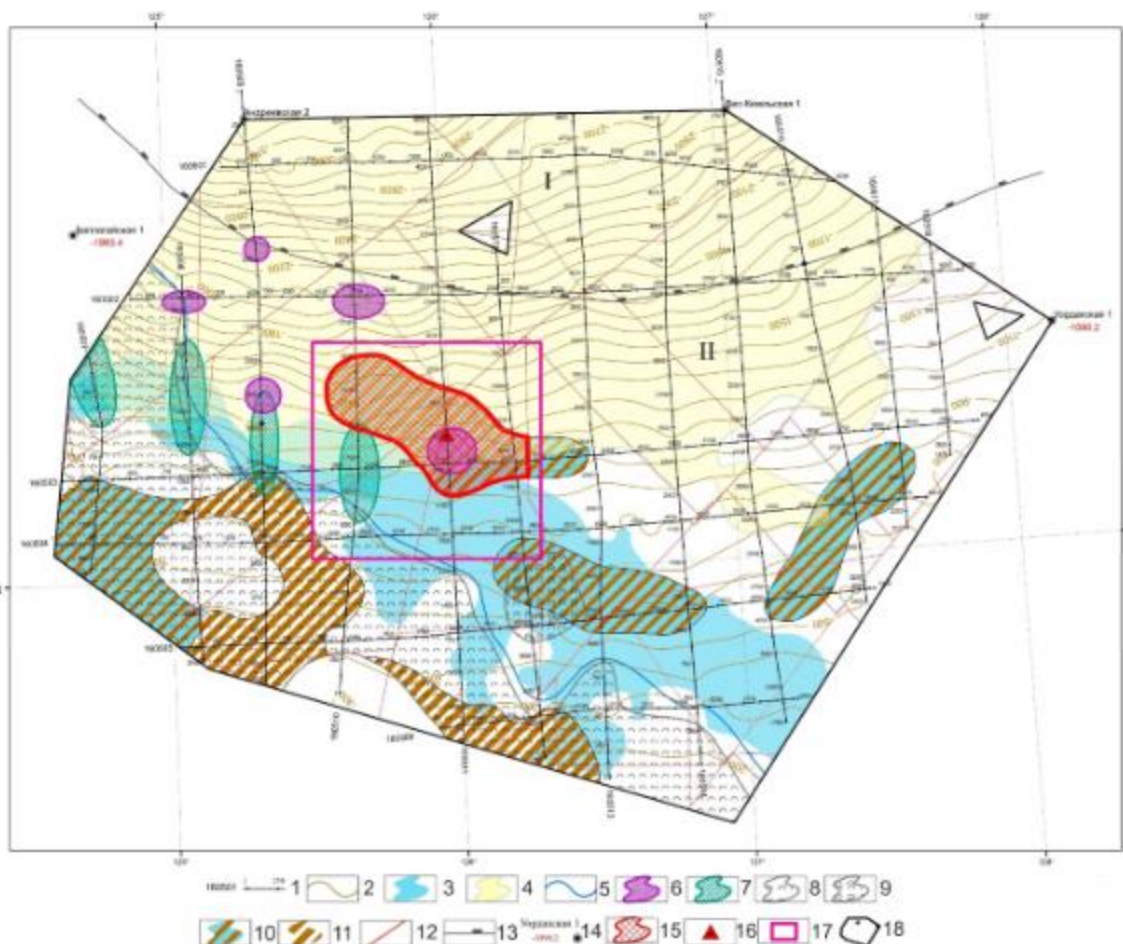


Рис. 2. Карта перспективных зон нефтегазоносности иниканской свиты кембрия на основе результатов комплекса геофизических и геохимических исследований (составитель – ОП АО «Росгеология» «Иркутское геофизическое подразделение»):

- 1–3 – данные 2D-сейсморазведки методом общей глубинной точки: 1 – сейсморазведочные профили с общими глубинными точками, 2 – изогипсы кровли иниканской свиты, 3 – область изменения формы записи в интервале общей глубины от кровли иниканской свиты кембрийских отложений до поверхности фундамента по результатам сейсмофациального анализа, связываемая с вероятным замещением мелководно-обломочных отложений на отложения иниканской свиты;
- 4 – данные электроразведки: предполагаемые зоны наличия коллектора, перспективного в нефтегазовом отношении;
- 5–11 – данные геохимических исследований: 5 – граница замещения доманикоидных отложений, 6 – области предполагаемого рифообразования, 7 – области сноса продуктов разрушения рифовых построек, 8 – Западно-Якутский барьерный риф, 9 – отдельные рифовые массивы, 10 – прогнозная нефтегазоносная зона, 11 – прогнозная нефтяная зона;
- 12–18 – данные комплексного анализа потенциальных полей: 12 – тектонические нарушения, выделенные по результатам анализа потенциальных полей, 13 – граница порядковых структур: I – Вилюйская синеклиза, II – Алданская антеклиза, 14 – скважины глубокого бурения, 15 – перспективный участок по комплексу методов, 16 – рекомендуемые скважины по комплексу методов, 17 – участки уплотнения сейсморазведочных работ 2D-сейсморазведки методом общей глубинной точки по комплексу методов, 18 – контур Синской площади

Fig. 2. Map of promising oil and gas zones of the Inikan Cambrian formation by the set of geophysical and geochemical methods (compiled by "Irkutsk Geophysical Division", JSC "Rosgeologia")

- 1–3 – 2D seismic survey by the common depth point method 2D: 1 – seismic profiles with common depth points, 2 – isohypses of the Inikan formation roof, 3 – record form change area in the total depth interval from the Inikan formation roof of the Cambrian sediments to the base surface, according to the seismic facies analysis results, presumably associated with the replacement of the shallow-clastic sediments by the Inikan formation deposits;
- 4 – electrical survey: prospective reservoir zones, promising in the oil and gas terms;



5–11 – geochemical studies: 5 – boundary of the domanikoid deposit substitution,
 6 – areas of assumed reef formation, 7 – drift areas of the reef structures destruction products,
 8 – West Yakut barrier reef, 9 – separate reef massifs,
 10 – predicted oil and gas zone, 11 – predicted oil zone;
 12–18 – complex analysis of the potential fields, 12 – tectonic disturbances identified
 by the analysis of potential fields, 13 – boundary of the ordinal structures:
 I – Vilyuy syncline, II – Aldan antecline, 14 – deep drilling wells,
 15 – promising area according to the set of methods, 16 – recommended wells
 according to the set of methods, 17 – compaction sections of 2D seismic survey
 by the common depth point method, according to the set of methods, 18 – Sinskaya area contour

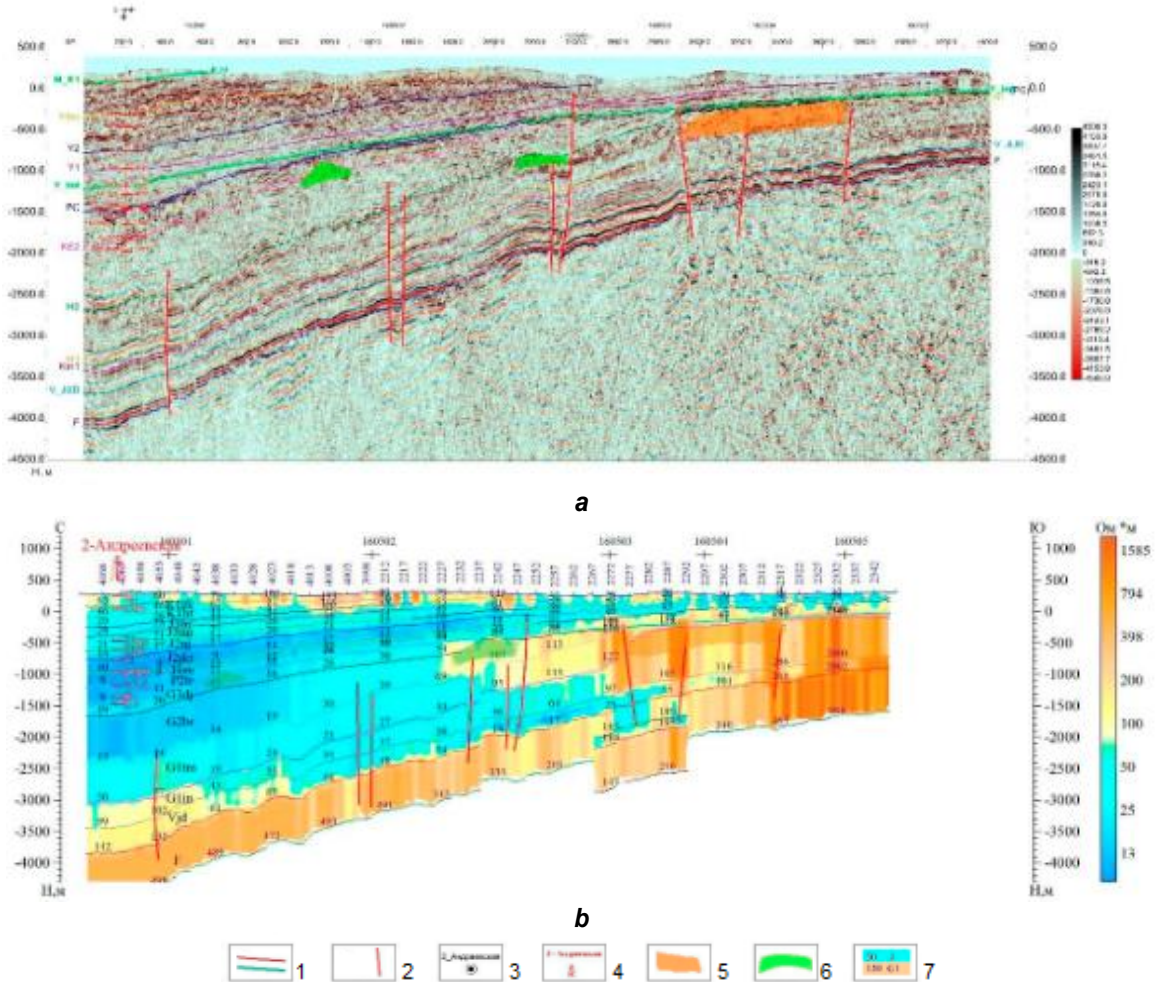


Рис. 3. Зона Западно-Якутского барьерного рифа в разрезе южного борта Вилюйской синеклизы:

а – сейсмический разрез; б – геоэлектрический разрез:

- 1 – отражающие горизонты, 2 – тектонические нарушения, 3, 4 – скважины,
- 5 – область Западно-Якутского рифового барьера, 6 – одиночные рифовые постройки,
- 7 – геоэлектрические горизонты и их сопротивления, Ом·м.

Fig. 3. West Yakut barrier reef zone in the section of the southern side of the Vilyuy syncline:

а – seismic section; б – geoelectric section:

- 1 – reflecting horizons, 2 – tectonic disturbances, 3, 4 – wells,
- 5 – West Yakut reef barrier area, 6 – single reef structures,
- 7 – geoelectric horizons and their resistance, Ohm·m

отложений, является результатом трансгрессии раннего кембрия, вызванной общим прогибанием Сибирской платформы и дальнейшим поднятием Алданской антеклизы в среднем кембрии с вызванными регрессионными этапами [18].

Подобные тектонические события означали небольшую смену фациальных обстановок и смещение границ рифовых образований соответственно. Так, рифовые постройки среднего кембрия наиболее активно подвергались смене режимов и в

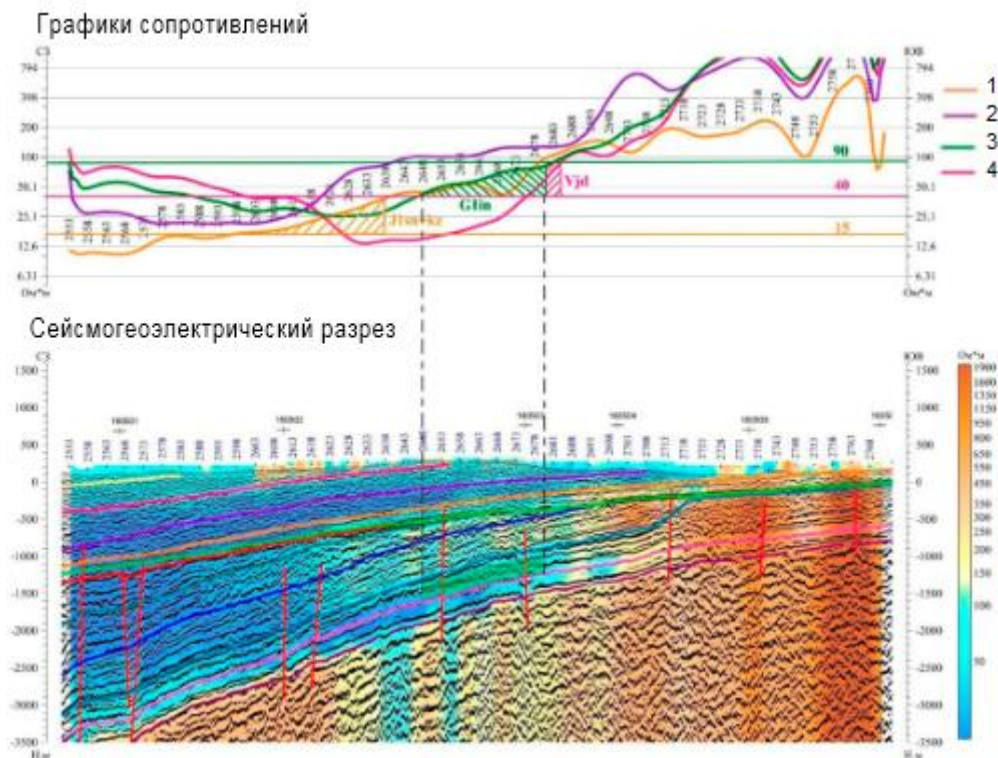


Рис. 4. Сейсмогеоэлектрический разрез и графики сопротивлений по свитам южного борта Вилуйской синеклизы с выделенными граничными уровнями сопротивлений для юрских, кембрийский и вендских отложений:

1 – нижнеюрские отложения; 2 – тымпынская толща кембрия;
3 – иниканская свита кембрия; 4 – юдомская свита кембрия

Fig. 4. Seismic geoelectric section and resistance graphs along the suites of the southern side of the Vilyui syncline with marked boundary resistance levels for Jurassic, Cambrian, and Vendian deposits:

1 – Lower Jurassic sediments; 2 – Tympyn Cambrian series;
3 – Inikan Cambrian suite; 4 – Yudom Cambrian suite

меньшей степени сохранили свою структуру. Это может быть как положительным, так и отрицательным фактором для прогноза. С одной стороны, встает вопрос об образовании коллектора, с другой – о его сохранности. Характерный уступ может означать не только наличие рифовых построек, но и существенное различие темпов осадконакопления на шельфе и в открытом бассейне.

Высокой значимостью для трактовки результатов геофизических исследований обладают результаты геохимического анализа площади. Примечательно, что по показаниям приповерхностного газогеохимического поля повышенные концентрации углеводородов прогнозируются на юго-западе площади. Предполагаются возможные насыщения залежей именно жидкой нефтью.

В зоне, примыкающей к рифогенным отложениям, катагенез рассеянного органического вещества (РОВ) иниканской свиты достигает градации МК2 (или условий реализации главной зоны нефтеобразования). Другим, но менее интенсивным источником могут быть глинисто-карбонатные отложения венда. Глубинные системы разломов и уровень катагенеза РОВ позволяет предположить в выделенных зонах разгрузку углеводородов, генерированных РОВ иниканской свиты.

Для венд-кембрийских отложений зоны водонасыщенных коллекторов характеризуются значениями от 10 до 40 Ом·м, зоны перспективных в нефтегазовом отношении коллекторов – значениями от 40 до 90 Ом·м. Зоны со значениями, превышающими указанные, могут трактоваться как зоны неколлекторов.

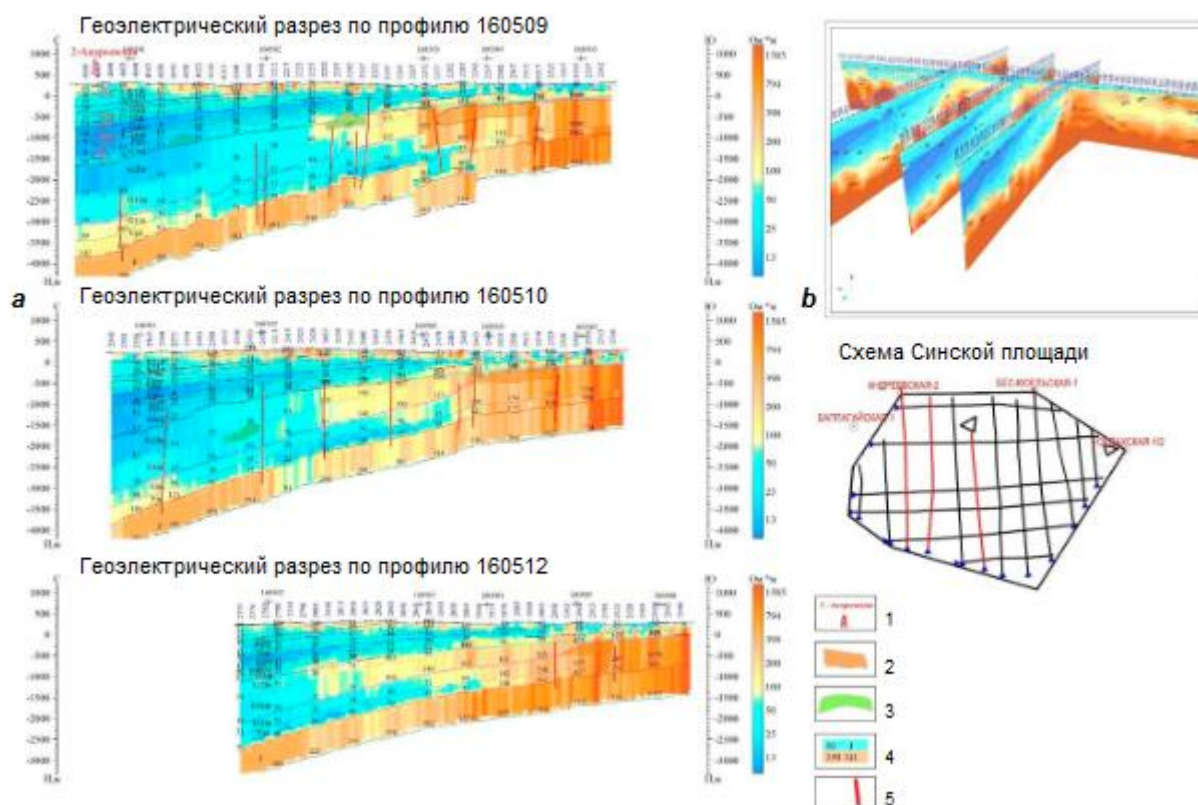


Рис. 5. Геоэлектрическая характеристика участка исследований:

a – геоэлектрические разрезы с выделенными органогенными постройками по комплексу методов;

b – трехмерное представление дифференциальных разрезов:

1 – скважина глубокого бурения, 2 – Западно-Якутский барьерный риф,

3 – одиночные рифовые постройки, 4 – геоэлектрические горизонты

и их сопротивления, Ом·м, 5 – тектонические нарушения

Fig. 5. Geoelectric characteristic of the research area:

a – geoelectric sections with distinguished organogenic constructions according to the complex of methods;

b – three-dimensional representation of differential sections:

1 – deep drilling well, 2 – West Yakutian barrier reef,

3 – single reef structures, 4 – geoelectric horizons

and their resistance, Ohm·m, 5 – tectonic disturbances

Заклучение

Анализ результатов геофизических и геохимических исследований позволяет предположить, что участки разрушенных органогенных образований, характеризующиеся средним уровнем сопротивлений от 40 до 90 Ом·м, можно рассматривать как перспективные зоны. Ввиду отсутствия надежных соляных покровов предполагается кавернозный тип ловушек, озаменованный широким распространением водонасыщенных коллекторов в северной части, приуроченной к депрессии.

Вместе с тем остается актуальным ряд вопросов. Представляется интересным уточнение связи скоплений нефти с

рифовыми постройками в этом регионе и возможности их картирования по данным зондирования методом становления поля в ближней зоне, а также изучение вопроса природы геофизических и геохимических аномалий: принадлежность органогенного вещества кембрийским отложениям или же влияние миграционного фактора движения углеводородов. Следующий этап в разработке указанных вопросов связан с анализом результатов исследований на смежных площадях и корреляцией полученных результатов.

Примечательно, что до середины 70-х годов прошлого века многими отрицалось само существование рифового комплекса на востоке Сибирской



платформы. В настоящее время можно утверждать не только о его существовании, но и о перспективности в нефтяном отношении. Отметим, что в ряд предпосылок для выявления нефтеносности помимо существования антиклинальной структуры также входит широкое распространение материнских толщ, достаточ-

ный уровень катагенеза и наличие пористых сред, способных вмещать и сохранять углеводороды [19, 20]. Все вышеперечисленные факторы освещены в данной работе, но тем не менее нуждаются в дополнительной разработке, уточнении и оценке их корректности.

Библиографический список

1. Арчевов В.Б. Доманикоидные формации Сибирской платформы – куонамская битуминозная карбонатно-сланцевая формация // Записки Горного института. 2011. Т. 194. С. 53–59.
2. Бессмертный С.Ф. Особенности строения Анабаро-Синской рифогенной системы в пределах Средне-Мархинского алмазонасного района по данным среднемасштабной сейсморазведки // Геология алмазов – настоящее и будущее: сб. ст. Воронеж: Изд-во ВГУ, 2005. С. 241–246.
3. Обстановки осадконакопления и их эволюция: сб. ст. / отв. ред. Ю.П. Казанский. М.: Наука, 1984. 253 с.
4. Писарчик Я.К., Минаева М.А., Русецкая Г.А. Палеогеографическая характеристика Сибирской платформы в кембрийское время // Геологическое строение и нефтегазоносность восточной части Сибирской платформы и прилегающих районов: материалы Всесоюз. совещ. по оценке нефтегазоносности территории Якутии. М.: Недра, 1968. С. 81–90.
5. Геология и перспективы нефтегазоносности рифовых систем кембрия Сибирской платформы / ред. В.А. Асташкин. М.: Недра, 1984. 185 с.
6. Грачевский М.М., Берлин Ю.М., Дубовской И.Т., Ульмишек Г.Ф. Корреляция разнофациальных толщ при поисках нефти и газа. М.: Недра, 1969. 296 с.
7. Ситников В.С., Алексеев Н.Н., Павлова К.А., Погодаев А.В., Слепцова М.И. Новейший прогноз и актуализация освоения нефтегазовых объектов Вилюйской синеклизы // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2017. Т. 12. № 1. С. 1–20. https://doi.org/10.17353/2070-5379/9_2017
8. Ситников В.С., Кушмар И.А., Прищеп О.М., Погодаев А.В. О возможном открытии на юге Вилюйской синеклизы нового нефтеносного района (Сибирская платформа) // Геология нефти и газа. 2013. № 4. С. 2–12.
9. Тучков И.И., Андрианов В.Н., Горнштейн Д.К., Киселев А.Е., Семенов Г.Т., Ушаков А.И. [и др.]. История развития и палеогеографические условия накопления нефтегазоносных отложений на территории Якутии // Геологическое строение и нефтегазоносность восточной части Сибирской платформы и прилегающих районов: материалы Всесоюз. совещ. по оценке нефтегазоносности территории Якутии. М.: Недра, 1968. С. 25–41.
10. Мельников Н.В. Венд-кембрийский соленосный бассейн Сибирской платформы (стратиграфия, история развития). Новосибирск: Изд-во СНИИГГиМС, 2018. 177 с.
11. Сухов С.С., Фомин А.М., Моисеев С.А. Палеогеография как инструмент реконструкции кембрийского рифообразования на востоке Северо-Тунгусской нефтегазоносной области: от истории исследований к перспективам // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2018. Т. 13. № 3. С. 1–26. https://doi.org/10.17353/2070-5379/28_2018
12. Филипцов Ю.А., Мельников Н.В., Ефимов А.С., Вальчак В.И., Горюнов Н.А., Евграфов А.А. [и др.]. Нижне-среднекембрийский рифогенный барьер на севере Сибирской платформы – объект первоочередных нефтегазопроисловых работ // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. 2014. № 2. С. 25–35.
13. Аксенов А.А., Новиков А.А. Прогноз, поиски и разведка погребенных нефтегазоносных структур. М.: Недра, 1983. 161 с.
14. Мамаева А.В., Махнач Е.Н. Разработка геоэлектрической модели рифовых комплексов в пределах восточного борта Курейской синеклизы по данным магнитотеллурических зондирований // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. 2016. Т. 2. № 2. С. 73–77.
15. Unsworth M. New developments in conventional hydrocarbon exploration with electromagnetic methods // CSEG Recorder. 2005. Vol. 30. Iss. 4. P. 34–38.
16. Pegel T.V. Evolution of trilobite biofacies in Cambrian basins of the Siberian Platform // Journal of Paleontology. 2000. Vol. 74. Iss. 6. P. 1000–1019.
17. Ситников В.С., Жерновский В.П. О вероятном наличии потенциальных зон нефтегазонакопления на востоке Алданской антеклизы // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. 2011. № 3. С. 11–18.
18. Старосельцев В.С., Шишкин Б.Б. Обстановки накопления углеродистых пород кембрия Сибирской платформы // Геология и геофизика. 2014. Т. 55. № 5-6. С. 787–796.
19. Хант Дж. Геохимия и геология нефти / пер. с англ. М.: Мир, 1982. 692 с.



20. Баженова Т.К. Учение о нефтегазоматеринских свитах как основа теории нефтегазообразования (онтологический, филогенетический

и онтогенетический аспекты) // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2017. Т. 12. №. 1. С. 1–20. https://doi.org/10.17353/2070-5379/10_2017

References

1. Archegov VB. Domanikoid formations of Siberian platform – kuonamskaya bituminous carbonate-shaleformation. *Zapiski Gornogo instituta* = Journal of Mining Institute. 2011;194:53–59. (In Russ.)
2. Bessmertnyi SF. Structural features of the Anabar-Sinsky reef building system within the Sredne-Markhinsky diamondiferous region according to medium-scale seismic exploration. In: *Geologiya almazov – nastoyashchee i budushchee* = Diamond geology: present and future. Voronezh: Voronezh State University; 2005. p.241–246. (In Russ.)
3. Kazanskii YuP. Sedimentation Environment and its Evolution. Moscow: Nauka; 1984. 253 p. (In Russ.)
4. Pisarchik YaK, Minaeva MA, Rusetskaya GA. Paleogeographic characteristics of the Siberian platform in the Cambrian period. In: *Geologicheskoe stroenie i neftegazonosnost' vostochnoi chasti Sibirskoi platformy i prilegayushchikh raionov: materialy Vsesoyuznogo soveshchaniya po otsenke neftegazonosnosti territorii Yakutii* = Geological structure and oil-and-gas potential of the eastern part of the Siberian platform and adjacent areas: Proceedings of the All-Russian Meeting on Oil-and-gas assessment for Yakutia territory. Moscow: Nedra; 1968. p.81–90. (In Russ.)
5. Astashkin VA. *Geology and Oil-and-gas potential of the Cambrian Reef Systems of the Siberian Platform*. Moscow: Nedra; 1984. 185 p. (In Russ.)
6. Grachevskii MM, Berlin YuM, Dubovskoi IT, Ul'mishek GF. *Correlation of different facies series in exploration for oil and gas*. Moscow: Nedra; 1969. 296 p. (In Russ.)
7. Sitnikov VS, Alekseev NN, Pavlova KA, Pogodaev AV, Sleptsova MI. Newest forecast and data updating of Vilyuy syncline (Eastern Siberia) petroleum objects. *Petroleum Geology – Theoretical and Applied Studies*. 2017;12(1):1–20. (In Russ.) https://doi.org/10.17353/2070-5379/9_2017
8. Sitnikov VS, Kushmar IA., Prishchepa OM, Pogodaev AV. On the possible discovery of new oil-bearing region in the south of Vilyuy syncline (Siberian Platform). *Geologiya nefiti i gaza* = Russian Oil and Gas Geology. 2013;4:2–12. (In Russ.)
9. Tuchkov II, Andrianov VN, Gornshtein DK, Kiselev AE, Semenov GT, Ushakov AI, et al. Development history and paleogeographic conditions for the accumulation of oil and gas deposits on the territory of Yakutia. In: *Geologicheskoe stroenie i neftegazonosnost' vostochnoi chasti Sibirskoi platformy i prilegayushchikh raionov: materialy Vsesoyuznogo soveshchaniya po otsenke neftegazonosnosti territorii Yakutii* = Geological structure and oil-and-gas potential of the Siberian platform east and adjacent areas: Proceedings of the All-Union Meeting on the Assessment of Oil-and-gas Potential of Yakutia. Moscow: Nedra; 1968. p.25–41. (In Russ.)
10. Mel'nikov NV. *Vendian-Cambrian saliferous basin of the Siberian platform (stratigraphy, development history)*. Novosibirsk: Siberian Research Institute of Geology, Geophysics, and Mineral Resources; 2018. 177 p. (In Russ.)
11. Sukhov SS, Fomin AM, Moiseev SA. Paleogeography as investigation tool of Cambrian reefs in the eastern part of the North-Tungusk petroleum area. *Petroleum Geology – Theoretical and Applied Studies*. 2018;13(3):1–26. https://doi.org/10.17353/2070-5379/28_2018
12. Filiptsov YuA, Melnikov NV, Efimov AS, Valchak VI, Goryunov NA, Evgrafov AA, et al. Lower-middle Cambrian reef barrier in the northern Siberian Platform as a target of primary exploration for oil and gas. *Geologiya i mineral'no-syr'evye resursy Sibiri* = Geology and mineral resources of Siberia. 2014;2:25–35. (In Russ.)
13. Aksenov AA, Novikov AA. *Prediction, exploration and survey of buried oil-and-gas structures*. Moscow: Nedra; 1983. 161 p. (In Russ.)
14. Mamaeva AV, Makhnach EN. Processing and interpretation technique of magnetotelluric sounding during the study of reefogenic buildup within the eastern limit of Kurei sineclise. *Interexpo GEO-Sibir'* = Interexpo GEO-Siberia. 2016;2(2):73–77. (In Russ.)
15. Unsworth M. New developments in conventional hydrocarbon exploration with electromagnetic methods. *CSEG Recorder*. 2005;30(4):34–38.
16. Pegel TV. Evolution of trilobite biofacies in Cambrian basins of the Siberian Platform. *Journal of Paleontology*. 2000;74(6):1000–1019.
17. Sitnikov VS, Zhernovskiy VP. On the possible occurrence of oil-and-gas accumulation potential zones in the eastern Aldan antecline. *Geologiya i mineral'no-syr'evye resursy Sibiri* = Geology and mineral resources of Siberia. 2011;3:11–18. (In Russ.)
18. Starosel'tsev VS, Shishkin BB. Environmental conditions of accumulation of Cambrian carbonaceous rocks in the Siberian Platform. *Geologiya i geofizika*. 2014;55(5-6):787–796. (In Russ.)
19. Hunt MJ. Petroleum geochemistry and geology; 1982. 629 p. (Russ. ed.: *Geokhimiya i geologiya nefiti*. Moscow: Mir; 1982. 692 p.)
20. Bazhenova TK. Study of petroleum source formations as a basis of oil and gas formation concept: ontological, philogenetical and ontogenetical aspects. *Petroleum Geology – Theoretical and Applied Studies*. 2017;12(1):1–20. (In Russ.) https://doi.org/10.17353/2070-5379/10_2017



Критерии авторства / Authorship criteria

Кравченко А.А., Пашевин А.М., Лаврентьева А.Е. написали статью, имеют равные авторские права и несут одинаковую ответственность за плагиат.

Anastasia A. Kravchenko, Alexander M. Pashevin, Alla E. Lavrenteva are the authors of the article, hold equal copyright and bear equal responsibility for plagiarism.

Конфликт интересов / Responsibility for plagiarism

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare that there is no conflict of interest regarding the publication of this article.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

All authors have read and approved the final version of this manuscript.

Сведения об авторах / Information about the authors



Кравченко Анастасия Анатольевна,

аспирант,

Иркутский национальный исследовательский технический университет,

664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Россия,

геофизик второй категории,

Обособленное подразделение АО «Росгеология»

«Иркутское геофизическое подразделение»,

664039, г. Иркутск, ул. Клары Цеткин, 9а, Россия,

✉ e-mail: KravchenkoAA@rusgeology.ru

Anastasia A. Kravchenko,

Postgraduate,

Irkutsk National Research Technical University,

83 Lermontov St., Irkutsk 664074, Russia,

Geophysicist, 2nd category,

“Irkutsk Geophysical Division”, JSC “Rosgeologia”,

9a Klary Tsetkin St., Irkutsk 664039, Russia,

✉ e-mail: KravchenkoAA@rusgeology.ru



Пашевин Александр Михайлович,

кандидат геолого-минералогических наук,

ведущий геофизик,

Обособленное подразделение АО «Росгеология»

«Иркутское геофизическое подразделение»,

664039, г. Иркутск, ул. Клары Цеткин, 9а, Россия,

e-mail: PashevinAM@rusgeology.ru

Alexander M. Pashevin,

Cand. Sci. (Geol. & Mineral.),

Leading Geophysicist,

“Irkutsk Geophysical Division”, JSC “Rosgeologia”,

9a Klary Tsetkin St., Irkutsk 664039, Russia,

e-mail: PashevinAM@rusgeology.ru



Лаврентьева Алла Ефимовна,

геофизик первой категории,

Обособленное подразделение АО «Росгеология»

«Иркутское геофизическое подразделение»,

664039, г. Иркутск, ул. Клары Цеткин, 9а, Россия,

e-mail: LavrentevaAE@rusgeology.ru

Alla E. Lavrenteva,

Geophysicist, 1st category,

“Irkutsk Geophysical Division”, JSC “Rosgeologia”,

9a, Klary Tsetkin St., Irkutsk, 664039, Russia,

e-mail: LavrentevaAE@rusgeology.ru