

К сейсмогеологической модели строения Анабаро-Оленекской зоны

И.А. Губин*, В.А. Конторович

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука, Новосибирск, Россия

Изучены скоростные характеристики верхнепротерозой-фанерозойского осадочного чехла Анабаро-Оленекской зоны, в частности, установлен бимодальный характер распределения интервальных скоростей продольных волн. С учетом современных представлений о хроностратиграфии отложений, вскрытых скважинами Чарчыкская-1, Бурская-3410 и Хастахская-930, проведена стратификация отражающих горизонтов и переинтерпретированы временные разрезы прошлых лет. С позиции сейсмостратиграфического и сейсмофациального анализа детально рассмотрены кембрийский, вендский и рифейский интервалы разреза. По результатам проведенных исследований предложены коррективы в существующее стратиграфическое расчленение скважин Бурская-3410 и Чарчыкская-1. Показано многократное увеличение толщины лапарской свиты, подвергшейся предпермской эрозии, в восточном направлении; оконтурены области распространения туюссалинской свиты, ниже-среднекембрийского клиноформного комплекса, а также зоны выходов верхнерифейских свит на предвендскую поверхность размыва. Установлено внутририфейское тектоническое несогласие между куладинской свитой и более древними отложениями.

Ключевые слова: Лено-Анабарская моноклиза, пермь, кембрий, рифей, клиноформы, временной разрез, скорость продольной волны, отражающий горизонт, сейсмогеологический комплекс, сейсмостратиграфия, сейсмофация

Для цитирования: Губин И.А., Конторович В.А. (2021). К сейсмогеологической модели строения Анабаро-Оленекской зоны. *Георесурсы*, 23(1), с. 70–77. DOI: <https://doi.org/10.18599/grs.2021.1.7>

Введение

Исследуемая территория расположена в северных районах Анабаро-Оленекского междуречья и находится в пределах Лено-Анабарской нефтегазоносной области (НГО). Согласно современному тектоническому районированию (Конторович и др., 2013) по палеозойскому структурному ярусу она относится к Лено-Анабарской моноклизе, по рифейскому структурному ярусу – к Буолкалах-Оленекской синеклизе, осложнённой в западной части Хастахской мегавпадиной. С запада к ней примыкает Анабарская мегаантеклиза, с юго-востока – Оленекский свод (рис. 1).

В этом регионе основной объем сейсморазведочных работ МОГТ с 12-ти кратным перекрытием был выполнен в 1980-е и начале 1990-ых гг. Оленекской геофизической партией (ПГО «Ленанефтегазгеология»). По результатам выполненных работ в тот же период были пробурены скважины Чарчыкская-1, Хастахская-930, Усть-Оленекская-2370 и Бурская-3410. Испытывались отложения рифея, венда, кембрия и перми. Результаты испытаний показали наличие хороших коллекторов в доломитовой толще (C_{1-2}) и лапарской свите (C_3), сложенных рифогенными доломитами. Притоки пластовой воды здесь составили до 660 м³/сут. Прямые признаки нефтегазоносности зафиксированы в джаргалахской свите (P_1), откуда был поднят керн песчаника, пропитанного нефтью. Затвердевшие битумы, выполняющие каверны в доломите, и битуминозные известняки обнаружены в нижней части венда (туркутская свита, глинисто-доломитовая толща).

Запах конденсата проявлялся в керне из таймыльерской свиты верхнего рифея.

Стратиграфическое расчленение скважин неоднократно пересматривалось и уточнялось (Граусман, 1995; Граусман и др., 1996; Шишкин, Исаев, 1999; Государственная геологическая карта..., 2001; Мельников и др., 2005; Сухов и др., 2016 и др.). В последние годы в Институте нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН были получены палеонтологические, геохронологические и изотопно-геохимические данные, позволившие разработать уточненный вариант стратиграфической схемы докембрия Лено-Анабарской и Анабаро-Хатангской НГО (Nagovitsin et al., 2015). Региональная сейсмогеологическая модель региона наиболее полно отражена в работах Конторовича В.А. с соавторами (Конторович и др., 2013, 2014, 2019).

Цель настоящей работы состоит в дальнейшем усовершенствовании этой модели, выяснении особенностей геологического строения Лено-Анабарской НГО на основе детальной интерпретации сейсмических данных с учетом современных представлений о стратиграфии отложений осадочного чехла. Следует отметить, что несмотря на относительно благоприятные сейсмогеологические условия и высокое соотношение «сигнал/помеха», интерпретацию сейсмических данных существенно затрудняет низкочастотный характер сейсмозаписи; преобладающая частота волнового поля на суммарных временных разрезах составляет в среднем 20 Гц.

Скоростная модель и реперные отражения

Изучение скоростных характеристик осадочного чехла проводилось с использованием данных акустического

* Ответственный автор: Игорь Алексеевич Губин
e-mail: gubinia@ipgg.sbras.ru

© 2021 Коллектив авторов

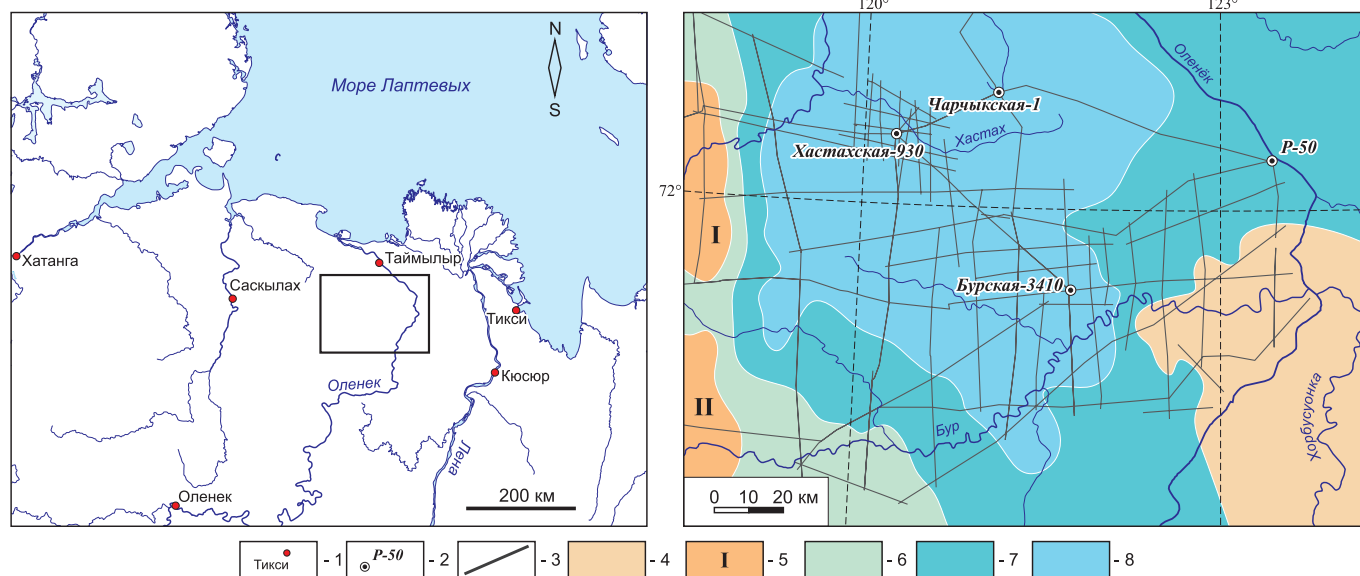


Рис. 1. Обзорная карта района исследований с элементами тектонического районирования. 1 – населенные пункты; 2 – местоположение глубоких скважин и их название; 3 – сейсмические профили МОГТ; 4–8 – тектонические элементы рифейского структурного яруса: 4 – Оленекский свод, 5 – мезовалы (I – Кучугейский, II – Верхнебурский), 6 – Лено-Анабарская моноклиза, 7 – Буолкалах-Оленекская синеклиза, 8 – Хастахская мегавпадина.

(АК) и сейсмического каротажей скважин Хастахская-930, Чарыкская-1, Бурская-3410 (в последней сейсмокаротаж не проводился). Данные АК предварительно усреднялись с шагом 1 м, при необходимости сшивались и редактировались напротив каверн, производилась их нормировка на годограф «время-глубина» и пересчет в интервальные скорости. По полученным выборкам для каждой скважины строились гистограммы плотности распределения интервальных скоростей (рис. 2).

Анализ полученных материалов показал, что в рассматриваемых скважинах наблюдается четкое разделение скоростей на две группы. В первую попадают отложения с характерными значениями 3500–4500 м/с, во вторую – 6000–7000 м/с. Бимодальный характер распределения обусловлен строением осадочного чехла Анабаро-Оленекской зоны, верхняя часть которого сложена низкоскоростными терригенными отложениями с возрастом от перми до мела, а нижняя – высокоскоростными рифейско-кембрийскими карбонатами. Скважина Бурская-3410 несколько отличается от остальных в силу того, что акустическим каротажом в ней изучены породы нижней части осадочного чехла: кембрий, венд и значительная часть рифея. В этой части

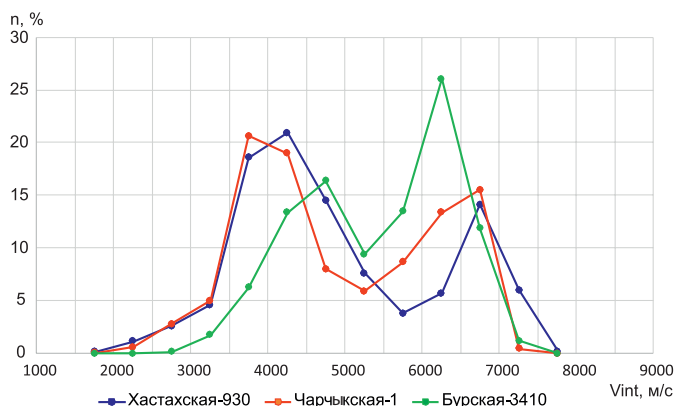


Рис. 2. Распределение скоростей продольных волн в осадочном чехле по данным АК

разреза преобладают карбонатные разности, имеющие скорости продольных волн в диапазоне 6000–6500 м/с, которые составляют более 25%. Группу низкоскоростных пород, вскрытых скважиной Бурская-3410, образуют терригенные отложения маттайской (V_1 - C_1), маастахской (V_2), хастахской (R_2) и нижних частей куладинской (R_3) и тукуланской (R_3) свит, скорости в которых в среднем на 750 м/с выше, чем в пермско-мезозойской части разреза. Таким образом, осадочный чехол Анабаро-Оленекской зоны хорошо дифференцирован по значениям скоростей распространения продольных сейсмических волн.

Скоростная дифференциация осадочного чехла выражается также в виде изломов на годографах «время-глубина». Так, в результате проведенных сейсмокаротажных исследований скоростные модели среды аппроксимируются 7-ю пластами в скв. Чарыкская-1 и 8–9-ю пластами в скв. Хастахская-930. На временных разрезах можно выделить серию опорных отражающих горизонтов, согласно выполненной стратификации приуроченных к подошвам мела, юры, триаса, перми и венда. Из реперных сейсмических уровней следует отметить границу «юра-триас» (ЮТ), подошву перми (P_0) и подошву венда (R_0) (рис. 3). Нижнетриасовая толща, будучи относительно выдержанной по толщине (около 215 м или 100 мс), является одним из самых насыщенных высокоамплитудными отражающими горизонтами интервалом разреза. Наиболее выражена в волновом поле подошва перми, представленная трехфазным колебанием, формирующимся на поверхности регионального несогласия с коэффициентом отражения, достигающим 0.16.

Зональным маркирующим горизонтом Кт является также отражение, связанное с тюессалинской свитой среднего кембрия, мощность которой составляет порядка 90 м. Согласно описанию керна, свита сложена переслаивающимися глинистыми известняками, пиритизированными доломитами, мергелями и известковыми песчаниками.

По сравнению с вмещающими отложениями, представленными рифогенными доломитами лапарской свиты

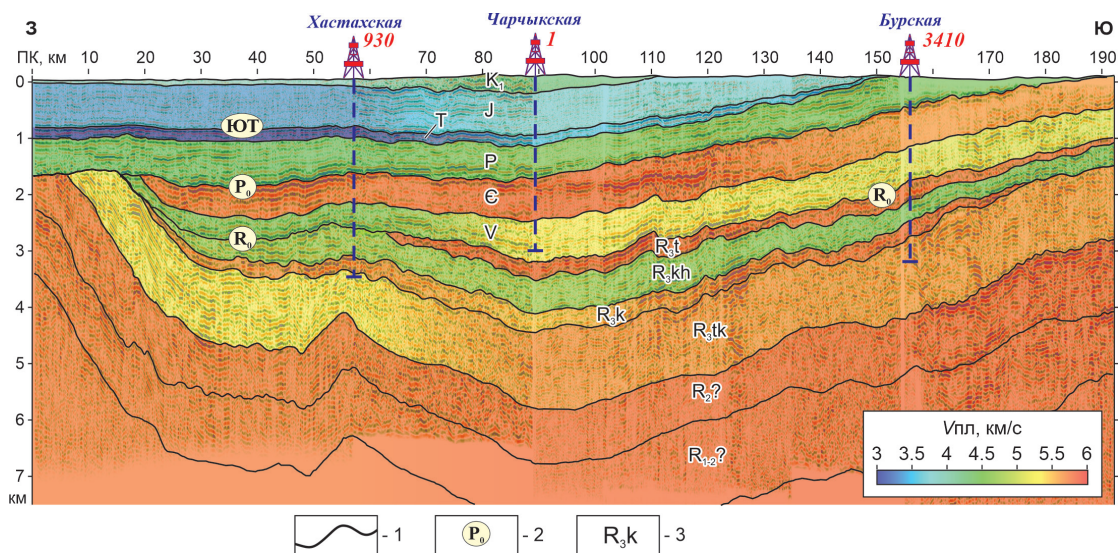


Рис. 3. Глубинно-скоростная модель разреза Анабаро-Оленекской зоны. 1 – отражающие горизонты; 2 – индексы реперных отражающих горизонтов: ЮТ – граница «юра-триас», P₀ – подошва перми, R₀ – подошва венда; 3 – индексы сейсмогеологических комплексов: K₁ – нижнемелового, J – юрского, Т – триасового, Р – пермского, Е – кембрийского, V – вендского, R_{3t} – таймыльской свиты, R_{3kh} – хастахской свиты, R_{3k} – куладинской свиты, R_{3fk} – тукуланской и более древних свит, R_{2?} – среднерифейского, R_{1-2?} – нижне-среднерифейского.

верхнего кембрия и доломитовой толщей нижнего-среднего кембрия (5870–6650 м/с), тюессалинская свита характеризуется аномально низкими скоростями распространения продольных сейсмических волн (3930–4250 м/с). Контрастные акустические свойства тюессалинской свиты позволяют уверенно проследивать формирующиеся на ней отражения даже на низкочастотных временных разрезах (рис. 4).

Уточнение строения кембрия по сейсмическим данным

В Анабаро-Оленекской зоне кембрийские отложения представлены (снизу вверх) еркекетской свитой, доломитовой толщей, тюессалинской и лапарской свитами.

В Хастахской скважине тюессалинская свита, литологический состав которой приведен выше, вскрыта в

интервале 1687–1775 м и перекрыта лапарской свитой верхнего кембрия мощностью 62 м. Лапарская свита представлена массивными тонкокристаллическими доломитами, в которых часто наблюдаются каверны до 3 мм в диаметре, выполненные твердым черным битумом или крупнокристаллическим доломитом (Геологическая карта СССР, 1971). Эти отложения формировались в мелководных условиях карбонатного шельфа и характеризуются резкой фациальной изменчивостью как по латерали, так и по вертикали (Сухов и др., 2016). Отличительной особенностью лапарской свиты, вскрытой скв. Хастахская-930, является наличие в верхней части пропластка песчаников и аргиллитов, подтвержденного ядерным материалом, который формирует низкоскоростной интервал на графике скоростей, полученных по данным АК.

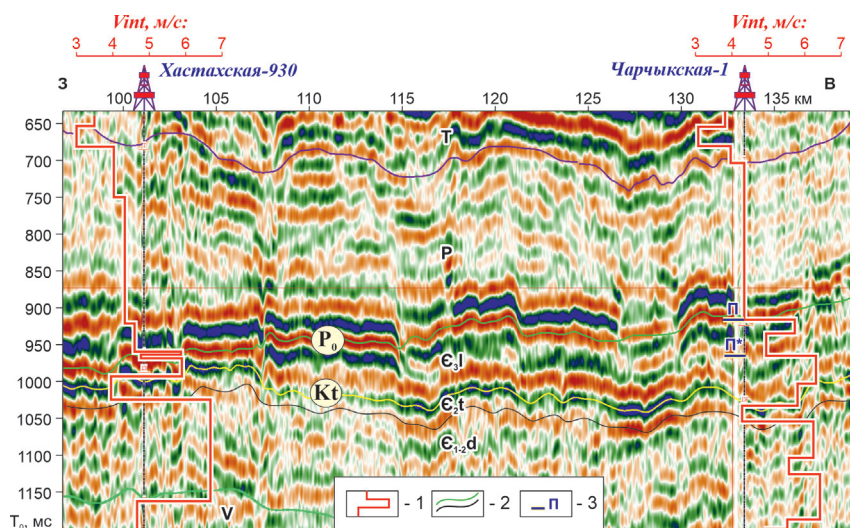


Рис. 4. Фрагмент временного композитного сейсмического разреза по линии скважин Хастахская-930 – Чарчыкская-1. 1 – пластовые скоростные модели по скважинам; 2 – отражающие горизонты, ограничивающие сейсмогеологические комплексы: Т – триасовый, Р – пермский, Е_{3l} – лапарской свиты, Е_{2t} – тюессалинской свиты, Е_{1-2d} – доломитовой толщи (включая чукунскую свиту), Е_{1e} – еркекетской свиты, V – вендский (включая маттайскую свиту), индексы отражающих горизонтов в кружках: P₀ – подошва перми, Kt – кровля тюессалинской свиты; 3 – отметка подошвы перми: П* – прежнее положение, П – прогнозируемая по сейсмическим данным.

В восточном направлении мощность лапарской свиты увеличивается до 181 м в скв. Чарчкская-1. Однако по сейсмическим данным на основании положения реперных отражающих горизонтов, приуроченных к подошве перми (P_0) и кровле тюессалинской свиты (Kt), корреляция которых от скв. Хастакская-930 к скв. Чарчкская-1 не вызывает сомнений (рис. 4), предполагается более существенное увеличение мощности этой свиты – до 306 м и, соответственно, сдвиг подошвы перми с 1838 м (отмечено на рис. 4 как Π^*) до 1713 м. Такое положение границы «пермь-кембрий» (Π) полностью согласуется с распределением интервальных скоростей. Подтвердить это предположение палеонтологическими данными не представляется возможным, поскольку определений фауны в пермской системе в скв. Чарчкская-1 нет.

Мощность лапарской свиты продолжает увеличиваться далее на восток, где ее верхняя часть вскрыта на Тюмятинской площади в интервале 890–1050 м скважиной Р-50, пробуренной на левобережье р. Оленек в устье р. Табын. Доломиты, отнесенные к лапарской свите, обнажаются в 50 км к югу в долине р. Оленек (Геологическая карта СССР, 1971). На композитном сейсмическом профиле по линии скважин Чарчкская-1 – Тюмятинская-50 (рис. 5), показано, как на фоне общего воздымания осадочных комплексов увеличивается временная толщина интервала, отвечающего лапарской свите (ϵ_3 l). Неяснослоистый, «прозрачный» рисунок сейсмозаписи и низкоэнергетическая динамика волнового поля в этом сейсмокомплексе характерны для сейсмofации массивных рифогенных доломитов. Если принять для них среднюю пластовую скорость продольных волн 5200 м/с, то в районе Тюмятинской площади мощность лапарской свиты должна составлять порядка 1060 м.

Следует отметить еще одно обстоятельство в пользу нового положения границы «пермь-кембрий» в скв. Чарчкская-1. Анализ изменения толщин лапарской свиты показывает, что в направлении от скв. Хастакская-930 до скв. Тюмятинская-50 их градиент составляет 9.1 м/км. Данную величину в первом приближении можно рассматривать как региональный тренд увеличения эрозионного среза кембрия в западном направлении к Анабарской антеклизе. По линии скважин Хастакская-930 – Чарчкская-1

градиент изменения толщин составляет при прежнем положении подошвы перми 3.7 м/км, а при новом (уточненном) – 7.6 м/км, что гораздо ближе к значению регионального тренда.

В южном направлении отражающий горизонт Kt, отвечающий тюессалинской свите, прекращает прослеживаться (рис. 6). По современным представлениям в скважине Бурская-3410 эта свита не выделяется, и здесь лапарская свита мощностью 166 м залегает непосредственно на доломитовой толще. В интервале 561–569 м лапарская свита содержит микрофитолиты *Nubecularites catagraphus*.

Керн, поднятый из нижележащих интервалов нижне-го-среднего кембрия, вплоть до низов еркекетской свиты фауной не охарактеризован и представлен доломитами, отнесенными сначала Граусман В.В. к ноуйской, юнкуюбит-юряхской и тюессалинской свитам (Граусман, 1994), позже объединенных в немую толщу рифогенных доломитов, сохранившую реликтовую микробалятовую структуру (Сухов и др., 2016).

По данным ГИС доломитовая толща и лапарская свита характеризуются монотонным строением, средние значения ГК составляют 1.5 мкР/ч, интервальные скорости близки к 6000 м/с. За счет сходного литологического состава и физических свойств оба этих стратона не разделяются на временных разрезах.

Нижележащая еркекетская свита (ϵ_1) мощностью 231 м в нижней части весьма хорошо охарактеризована фаунистически (Сухов и др., 2016), сложена известняками и мергелями, которые обладают пониженными скоростями продольных волн, однако также неразличима на временных разрезах.

На палеоразрезах, выровненных по кровле венда, отмечается резкая смена волновой картины, которая, по-видимому, обусловлена фаціальным изменением кембрийских отложений с севера на юг (рис. 6). Одновременно с исчезновением тюессалинской свиты, на которой формировался высокоамплитудный волновой пакет, в кембрийском интервале разреза на уровне доломитовой толщи проявляется клиноформный характер волнового поля, который далее на юг замещается сейсмически «прозрачным» хаотичным рисунком сейсмозаписи, свойственный массивным доломитам и известнякам.

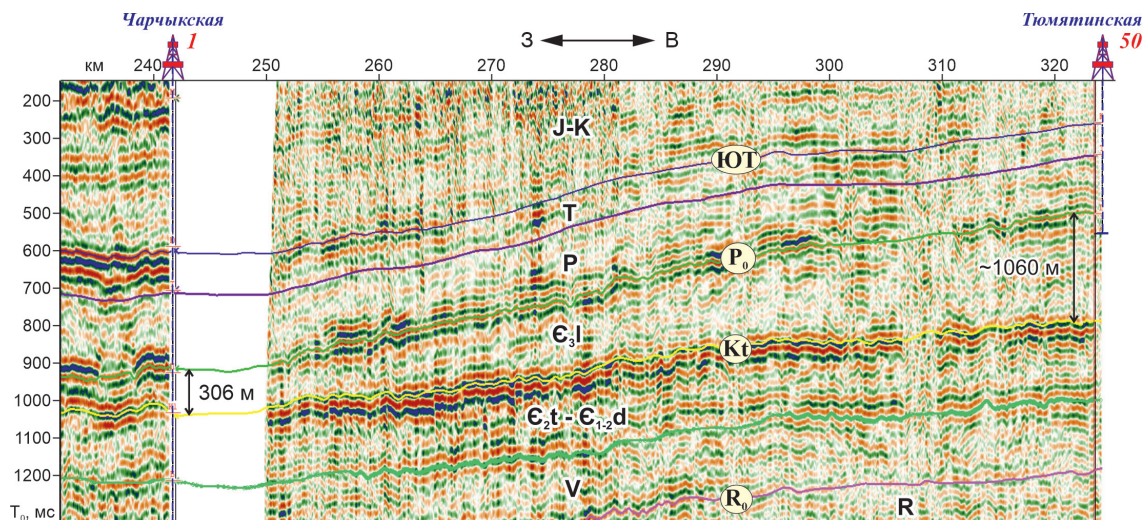


Рис. 5. Фрагмент временного композитного сейсмического разреза по линии скважин Чарчкская-1 – Тюмятинская-50. Условные обозначения: см. рис. 3, 4.

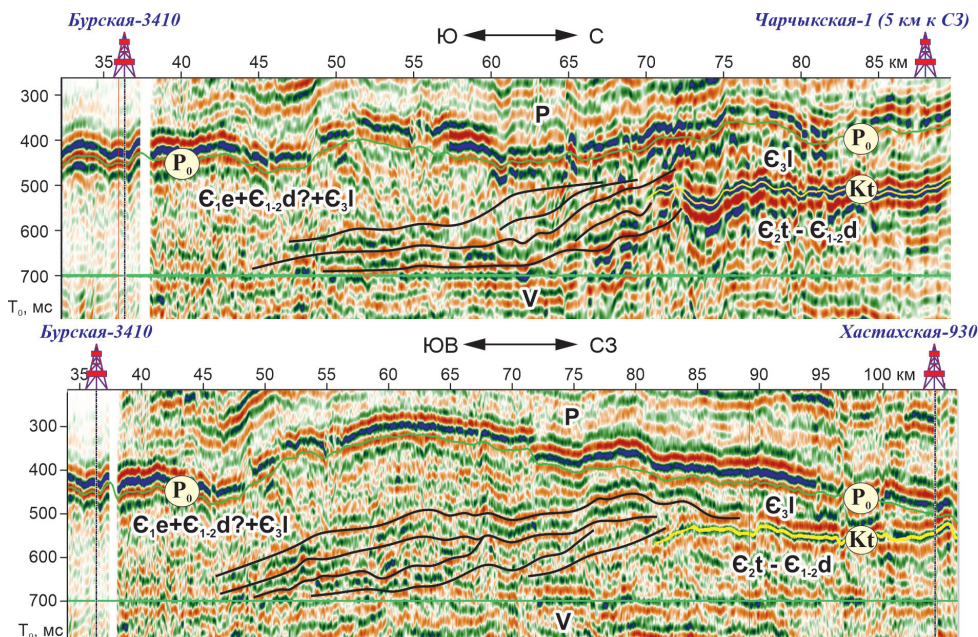


Рис. 6. Фрагменты временных палеоразрезов, выровненных на кровлю венда по линии скважин Бурская-3410 – Чарчыкская-1 и Бурская-3410 – Хастахская-930. Условные обозначения: см. рис. 4.

Выявленные сейсмогеологические признаки позволили районировать исследуемую территорию по волновой картине в интервале развития кембрийских отложений и наметить полосу развития нижне-среднекембрийских клиноформ с преимущественным падением в южном направлении (рис. 7). Представленная картина согласуется с фациально-палеогеографическими реконструкциями, на которых Анабаро-Ленская карбонатная платформа, существовавшая с томмотского по аюсокканский век, была отделена от Юдомо-Оленекского бассейна системой барьерных рифов (Сухов и др., 2016). Ширина полосы развития клиноформ составляет 25–30 км, скважинами

она пока не вскрыта и может рассматриваться в качестве объекта с улучшенными коллекторскими свойствами. Подобные клиноформы, связанные с Западно-Якутской барьерно-рифовой системой, изучались на северном склоне Алданской антеклизы, в юго-восточном Прианабарье, на востоке Северо-Тунгусской НГО (Филипцов и др., 2014; Умперович и др., 1989; Губин, Таратенко, 2019 и др.).

Фациальная изменчивость кембрийских отложений, находящая отражение в волновых сейсмических полях, сходство литологического состава и физических свойств пород позволяет предполагать, что выделенная в скважине Бурская-3410 доломитовая толща является продолжением лапарской свиты.

Сейсмогеологическая характеристика венда и рифея

В пределах Анабаро-Оленекской зоны кембрий подстилается относительно низкоскоростными вендскими толщами (рис. 3). Временная мощность венда по площади не претерпевает существенных изменений, однако по стратиграфическому содержанию он неоднороден (Nagovitsin et al., 2015). Опорные отражения в вендской части разреза отсутствуют. Несмотря на акустически резкий контакт еркекетской свиты и доломитовой толщи с терригенными отложениями маттайской свиты, отражающий горизонт, формирующийся в кровле венда, на большинстве временных разрезов динамически не выражен, и его корреляция без опоры на скважины затруднена. На западе исследуемой территории венд выклинивается на склонах рифейских мезовалов – Кучугуйского и Верхнебурского.

Рифейские толщи весьма неоднородны как по составу, так и по акустическим свойствам (рис. 3). Ранее предполагалось, что скв. Бурская-3410, которая прошла по рифею 1410 м, вскрывает все три его отдела (Мельников и др., 2005). В результате пересмотра хроно- и биостратиграфии региона весь вскрытый этой скважиной разрез рифея был отнесен к каратавию с разделением на тукуланскую, куладинскую, хастахскую и таймыльскую свиты (Nagovitsin et al., 2015).

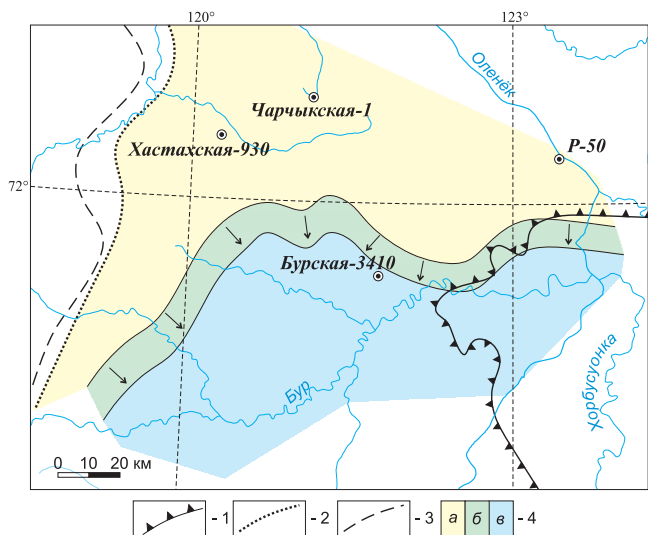


Рис. 7. Схема строения кембрия по данным сейсмофациального анализа. 1 – граница Оленекского свода; 2 – выходы туюссалинской свиты на предпермскую поверхность регионального размыва; 3 – линия эрозийного среза кембрия; 4 – зоны прослеживания на временных разрезах в интервале кембрия: а – отражающего горизонта, связанного с туюссалинской свитой, б – клиноформного рисунка сейсмозаписи (стрелками показано направление падения клиноформ), в – отсутствия устойчивых отражений.

Характеризуя разрез сверху вниз можно отметить следующие особенности. Таймыльская свита мощностью 375 м сложена в основном доломитами, обладающими высокими скоростями продольных волн – более 6000 м/с. Она подстилается терригенной хастахской свитой (алевролиты, аргиллиты, песчаники, мергели) со скоростями 4650–5170 м/с. Ниже залегают аномально высокоскоростные доломиты верхней части куладинской свиты ($V_{int} = 6600–6960$ м/с), подстилаемые песчаниками и аргиллитами ($V_{int} = 3900–4900$ м/с), слагающими ее нижнюю часть. Такое строение обуславливает формирование высокоамплитудного волнового цуга в интервале развития куладинской свиты (рис. 8), что позволяет уверенно ее идентифицировать на временных разрезах, удаленных от скважин. Самая нижняя свита рифея, вскрытая скважинами, – тукуланская – имеет аналогичное строение, однако интенсивных отражений не генерирует.

По результатам корреляции отражающих горизонтов, стратифицированных в скважинах Бурская-3410 и Хастахская-930, была составлена геологическая схема со снятыми венд-фанерозойскими толщами, дающая представление о строении верхнерифейского осадочного бассейна (рис. 8). Границы выклинивания свит субпараллельны контурам Лено-Анабарской моноклизы. Полоса выходов хастахской свиты под предвендскую эрозионную поверхность расширяется в северо-западном направлении с 5 км до 35 км. Полоса выходов куладинской свиты остается относительно выдержанной по ширине и составляет в среднем 5–10 км.

Внутририфейские отражающие горизонты, зарегистрированные ниже тукуланской свиты, ведут себя дискордантно по отношению к вышележащим горизонтам. На сейсмических разрезах это проявляется в виде образования более контрастных структур, как, например, в районе Хастахской площади на глубинах ниже 4 км (рис. 3), либо в виде хорошо выраженных «подклинок» отдельных фаз под отражающий горизонт, приуроченный к кровле тукуланской свиты на северо-западном склоне Оленекского свода (рис. 8), что является свидетельством крупной прекуладинской тектонической перестройки и перерыва в осадконакоплении. Масштабы размыва оценить сложно ввиду недостаточной геолого-геофизической изученности. По сети редких сейсмических профилей можно наметить западную границу распространения тукуланской свиты, выклинивающуюся вблизи контуров Оленекского свода

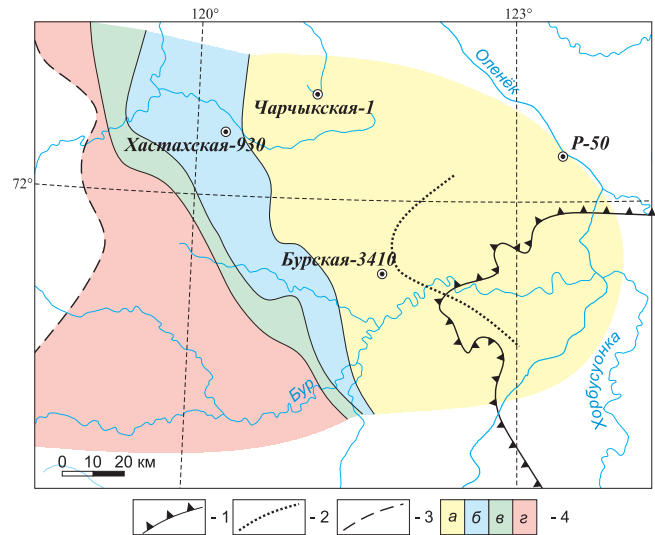


Рис. 9. Схема строения рифея по данным сейсморазведки и глубокого бурения. 1 – граница Оленекского свода; 2 – предполагаемая линия выклинивания тукуланской свиты; 3 – граница выхода рифейских отложений под предвендскую эрозионную поверхность; 4 – выходы на предвендскую эрозионную поверхность: а – таймыльской свиты, б – хастахской свиты, в – куладинской свиты, г – тукуланской свиты и более древних рифейских отложений.

(рис. 9). Строение тукуланской свиты и более древних отложений требует дополнительного изучения.

Заключение

В соответствии с современными представлениями о хроностратиграфическом расчленении скважин Анабаро-Оленекской зоны: Чарчыкской-1, Бурской-3410 и Хастахской-930 выполнена стратификация отражающих горизонтов; с привлечением данных сейсмокаротажа и ГИС переинтерпретированы сейсмические материалы прошлых лет.

Проведенный анализ позволил обосновать следующие выводы и результаты.

Установлен бимодальный характер распределения интервальных скоростей продольных волн рифейско-фанерозойского осадочного чехла с максимумами, приходящимися на интервалы 3500–4500 м/с и 6000–7000 м/с. Построена детальная глубинно-скоростная модель разреза.

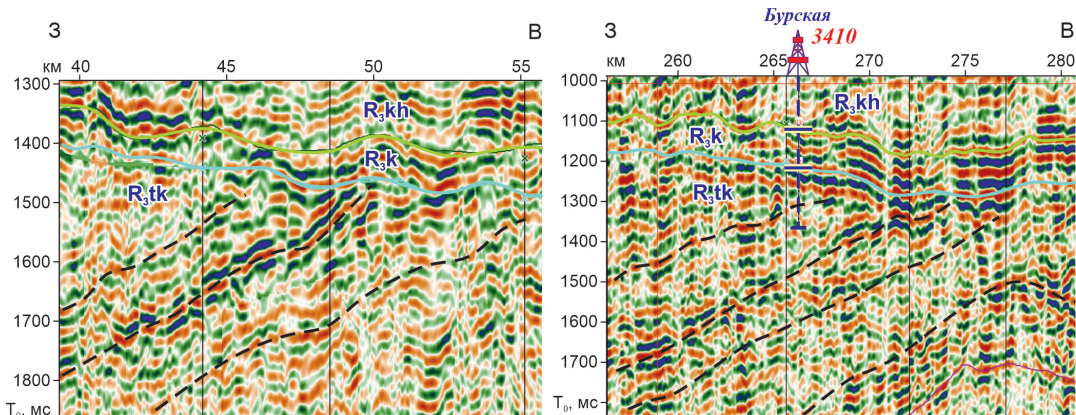


Рис. 8. Фрагменты временных разрезов, демонстрирующие выклинивание докуладинских рифейских отложений. Индексация свит: см. рис. 3.

Уточнено строение кембрийских отложений. В скважине Чарчкская-1 предлагается выделить границу перми и кембрия на относительной отметке 1713 м; с учетом инклинометрии и альтитуды – на абсолютной глубине 1619.4 м.

В восточном направлении происходит увеличение толщин лапарской свиты верхнего кембрия от 62 м до >1000 м, связанное с уменьшением уровня эрозионного среза, региональный градиент которого составляет 9.1 м/км.

Сейсмофациальный анализ показал, что строение нижне-среднекембрийских отложений изменяется в южном направлении: доломитовая толща и тюессалинская свита замещаются на клиноформно-построенную толщу, в плане образующую полосу шириной 25–30 км с преимущественным падением клиноформ на юг, которая представляет интерес в отношении нефтегазоносности. Немая доломитовая толща, выделенная в скв. Бурская-3410, вероятно, является продолжением лапарской свиты.

Выявлен крупный внутририфейский перерыв в осадконакоплении, который выражается на временных разрезах в виде появления более контрастных структур глубже куладинской свиты и кровельном прилегании докуладинских комплексов вблизи Оленекского свода. Составлена схема распространения верхнерифейских свит, выходящих на предвендскую эрозионную поверхность, в пределах Лено-Оленекской зоны.

Финансирование

Работа выполнена в рамках базового проекта научно-исследовательских работ № АААА-А19-119111490040-5 «Построение моделей геологического строения и оценка перспектив нефтегазоносности фанерозойских и неопротероидных осадочных комплексов Лено-Тунгусской НГП для формирования программы геолого-разведочных работ и лицензирования недр» и при поддержке гранта РФФИ «Ресурсы Арктики» по проектам № 18-05-70110 и № 18-05-70105.

Литература

- Геологическая карта СССР. (1971). Масштаб 1: 200 000. Серия Оленекская. Листы S-51-XXXIII, XXXIV. Объяснительная записка. Москва: НИИГА, 72 с.
- Государственная геологическая карта Российской Федерации. (2001). Масштаб 1:1 000 000 (новая серия). Лист S-50-52 – Быковский. Объяснительная записка. Санкт-Петербург: ВСЕГЕИ, 189 с.
- Граусман В.В. (1994). Стратиграфия верхнего докембрия и фанерозойских перспективных на нефть и газ территорий Западной Якутии. *Автореф. дис. канд. геол.-мин. наук*. Новосибирск, 41 с.
- Граусман В.В. (1995). Отложения верхнего докембрия Оленекского поднятия по материалам глубокого бурения. *Тихоокеанская геология*, 14(4), с. 133–136.
- Граусман В.В., Рудаевская В.А., Васильева Н.И. (1996). Стратиграфия верхнего докембрия и нижнего кембрия Оленекского поднятия. *Отечественная геология*, 8, с. 30–35.

Губин И.А., Таратенко А.В. (2018). Структурная характеристика венд-кембрийских отложений восточной части Северо-Тунгусской НГО по данным сейсмозаписки 2D в связи с нефтегазоносностью. *Геофизические технологии*, 3, с. 14–29. <https://doi.org/10.18303/2619-1563-2018-3-2>

Конторович В.А., Калинин А.Ю., Калинин Л.М., Соловьев М.В. (2019). Сейсмогеологические модели и нефтегазоносность осадочных комплексов в арктических регионах Лено-Тунгусской нефтегазоносной провинции. *Геология нефти и газа*, 5, с. 15–26. DOI: 10.31087/0016-7894-2019-5-15-26

Конторович В.А., Конторович А.Э., Губин И.А., Зотеев А.М., Лапковский В.В., Малышев Н.А., Соловьев М.В., Фрадкин Г.С. (2013). Структурно-тектоническая характеристика и модель геологического строения неопротероидско-фанерозойских отложений Анабаро-Ленской зоны. *Геология и геофизика*, 54(8), с. 1253–1274. <https://doi.org/10.1016/j.rgg.2013.07.014>

Конторович В.А., Конторович А.Э., Моисеев С.А., Соловьев М.В. (2014). Структурно-тектоническая характеристика Лено-Анабарского региона. *Геология нефти и газа*, 1, с. 74–82.

Мельников Н.В., Якшин М.С., Шишкин Б.Б. и др. (2005). Стратиграфия нефтегазоносных бассейнов Сибири. Рифей и венд Сибирской платформы и её складчатого обрамления. Новосибирск: Гео, 428 с.

Сухов С.С., Шабанов Ю.А., Пегель Т.В. и др. (2016). Стратиграфия нефтегазоносных бассейнов Сибири. Кембрий Сибирской платформы. Новосибирск: ИНГ СО РАН, 497 с.

Умперович Н.В., Еханин А.Е., Асташкин В.А., Роменко В.И., Шишкин Б.Б. (1989). Сейсмогеологическая модель кембрийских рифовых комплексов Якутии и возможности их изучения методом сейсмозаписки. *Геология и геофизика*, 5, с. 85–93.

Филиппов Ю.А., Мельников Н.В., Ефимов А.С., Вальчак В.И., Горюнов Н.А., Евграфов А.А., Смирнов Е.В., Щербаков В.А., Култышев В.Ю. (2014). Нижне-среднекембрийский рифогенный барьер на север Сибирской платформы – объект первоочередных нефтегазопонсковых работ. *Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири*, 2(18), с. 25–35.

Шишкин Б.Б., Исаев А.В. (1999). Особенности строения докембрийских и кембрийских отложений северо-востока Сибирской платформы. *Геология и геофизика*, 40(12), с. 1795–1807.

Nagovitsin K.E., Rogov V.I., Marusin V.V., Karlova G.A., Kolesnikov A.V., Bykova N.V., Grazhdankin D.V. (2015). Revised Neoproterozoic and Terreneuvian stratigraphy of the Lena-Anabar Basin and north-western slope of the Olenek Uplift, Siberian Platform. *Precambrian Research*, 270, pp. 226–245. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2015.09.012>

Сведения об авторах

Игорь Алексеевич Губин – кандидат геол.-мин. наук, заведующий лабораторией, старший научный сотрудник Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН

Россия, 630090, Новосибирск, пр. ак. Коптюга, д. 3
e-mail: GubinIA@ipgg.sbras.ru

Владимир Алексеевич Конторович – доктор геол.-мин. наук, чл.-корр. РАН, заведующий лабораторией, главный научный сотрудник Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН

Россия, 630090, Новосибирск, пр. ак. Коптюга, д. 3

Статья поступила в редакцию 02.07.2020;

Принята к публикации 26.10.2020;

Опубликована 30.03.2021

IN ENGLISH

Seismogeological structure model of the Anabar-Olenek region

I.A. Gubin*, V.A. Kontorovich

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russian Federation

*Corresponding author: Igor A. Gubin, e-mail: gubinia@ipgg.sbras.ru

Abstract. The velocity characteristics of the Upper Proterozoic-Phanerozoic sedimentary cover of the Anabar-Olenek region were studied, in particular, the bimodal character of the distribution interval P-wave velocities was established. Taking into account modern ideas about the chronostratigraphy of sediments encountered by the Charchykskaya-1, Burskaya-3410 and Khastakhskaya-930 deep boreholes, stratification of reflecting horizons was carried out and time sections from previous years were reinterpreted. From the perspective of seismic stratigraphic and seismic facies analysis, the Cambrian, Vendian, and Riphean intervals of the section were examined in detail. In the course of the analysis, adjustments to the stratigraphic breakdown of the Burskaya-3410 and Charchykskaya-1 boreholes are proposed. The study shows that the Lapar Formation, which underwent Prepermian erosion, increase in the thickness multiple in an eastward direction. The distribution areas of the Tuessal Formation, the Lower and Middle Cambrian clinofold complex, as well as the areas of the Upper Riphean Formations reaching the Prevendian erosion surface are contoured. An Intrariphean tectonic disagreement between the Kulady Formation and older deposits was established.

Keywords: Leno-Anabar monocline, Permian, Cambrian, Riphean, clinofolds, time section, P-wave velocity, reflector, seismogeological sequence, seismic stratigraphy, seismic facies.

Recommended citation: Gubin I.A., Kontorovich V.A. (2021). Seismogeological structure model of the Anabar-Olenek region. *Georesursy = Georesources*, 23(1), pp. 70–77. DOI: <https://doi.org/10.18599/grs.2021.1.7>

Acknowledgements

The work was carried out within the framework of the basic research project No. AAAA-A19-119111490040-5 «Construction of models of the geological structure and assessment of the oil and gas potential of the Phanerozoic and Neoproterozoic sedimentary complexes of the Lena-Tunguska oil and gas province for making prospecting and licensing of mineral resources» and supported by RFBR grant «Arctic Resources», projects No. 18-05-70110 and No. 18-05-70105.

References

- Filipov Yu.A., Melnikov N.V., Efimov A.S., Valchak V.I., Goryunov N.A., Evgrafov A.A., Smirnov E.V., Scherbakov V.A., Kultyshev V.Yu. (2014). 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*, 2(18), pp. 25–35. (In Russ.)
- Geologic map of the USSR (1971). Scale 1: 200 000. Olenek series. Sheets S-51-XXXIII, XXXIV. Moscow: SRIAG, 72 p. (In Russ.)
- Grausman V.V. (1994). Stratigraphy of the upper Precambrian and Phanerozoic territories of Western Yakutia that are of interest in relation to the petroleum potential. *Dr. geol. and min. sci. diss.* Novosibirsk, 41 p. (In Russ.)
- Grausman V.V. (1995). The late Precambrian deposits of the Olenek Uplift from deep drilling data. *Tikhookeanskaya geologiya = Russian Journal of Pacific Geology*, 14(4), pp. 133–136. (In Russ.)

Grausman V.V., Rudavskaya V.A., Vasilieva N.I. (1996). Upper Precambrian and Lower Cambrian stratigraphy of the Olenek Uplift. *Sovetskaya geologiya = Soviet geology*, 8, pp. 30–35. (In Russ.)

Gubin I.A., Taratenko A.V. (2018). Structural characteristics of Vendian-Cambrian sediments within the North Tunguska OGR using seismic 2D data in connection with petroleum potential. *Geofizicheskie tekhnologii = Russian Journal of geophysical technologies*, 3, pp. 14–29. <https://doi.org/10.18303/2619-1563-2018-3-2> (In Russ.)

Kontorovich V.A., Kalinin A.Yu., Kalinina L.M., Solovov M.V. (2019). Seismogeological models and petroleum potential of sedimentary sequences in the Arctic regions of Lena-Tunguska petroleum province (Anabar-Khatanga, Lena-Anabar petroleum areas). *Geologiya nefi i gaza = Russian Oil and Gas Geology*, 5, pp. 15–26. DOI: 10.31087/0016-7894-2019-5-15-26 (In Russ.)

Kontorovich V.A., Kontorovich A.E., Gubin I.A., Zoteev A.M., Lapkovsky V.V., Malyshev N.A., Soloviev M.V., Fradkin G.S. (2013). The Neoproterozoic-Phanerozoic section of the Anabar-Lena Province: structural framework, geological model, and petroleum potential. *Russian Geology and Geophysics*, 54(8), pp. 980–996. <https://doi.org/10.1016/j.rgg.2013.07.014>

Kontorovich V.A., Kontorovich A.E., Moiseev S.A., Soloviev M.V. (2014). Structure-Tectonic characteristic of Leno-Anabar region. *Geologiya nefi i gaza = Russian Oil and Gas Geology*, 1, pp. 74–82. (In Russ.)

Melnikov N.V., Yakshin M.S., Shishkin B.B. et al. (2005). Stratigraphy of oil and gas basins of Siberia. Riphean and Vendian of Siberian Platform and its plaited border. Novosibirsk: Geo, 428 p. (In Russ.)

Nagovitsin K.E., Rogov V.I., Marusin V.V., Karlova G.A., Kolesnikov A.V., Bykova N.V., Grazhdankin D.V. (2015). Revised Neoproterozoic and Terreneuvian stratigraphy of the Lena-Anabar Basin and north-western slope of the Olenek Uplift, Siberian Platform. *Precambrian Research*, 270, pp. 226–245. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2015.09.012>

Shishkin B.B. and Isaev A.V. (1999). Structure of the Precambrian and Cambrian deposits in the Northeast of the Siberian platform. *Geologiya i geofizika = Russian Geology and Geophysics*, 40(12), pp. 1795–1807. (In Russ.)

State geological map of the Russian Federation (2001). Scale 1: 1 000 000 (new series). Sheet S-50–52 – Bykov locality. Saint Petersburg: VSEGEI, 189 p. (In Russ.)

Sukhov S.S., Shabanov Yu.Ya., Pegel T.V. et al. (2016). Stratigraphy of oil and gas basins of Siberia. Cambrian of Siberian Platform. Novosibirsk: IPGG SB RAS, 497 p. (In Russ.)

Umperovitch N.V., Ekhanin A.E., Astashkin V.A., Romenko V.I., Shishkin B.B. (1989). Seismogeological model of Cambrian reef complexes of Yakutia and possibilities of their study by seismic prospecting method. *Geologiya i geofizika = Russian Geology and Geophysics*, 5, pp. 85–93. (In Russ.)

About the Authors

Igor A. Gubin – Cand. Sci. (Geology and Mineralogy), Head of Laboratory, Senior Researcher, Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences

3, Ak. Koptyug ave., Novosibirsk, 630090, Russian Federation

e-mail: GubinIA@ipgg.sbras.ru

Vladimir A. Kontorovich – Dr. Sci. (Geology and Mineralogy), Head of Laboratory, Chief Researcher, Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences

3, Ak. Koptyug ave., Novosibirsk, 630090, Russian Federation

Manuscript received 2 July 2020;

Accepted 26 October 2020; Published 30 March 2021