



УДК (550.834:551.72)(571.51)

СЕЙСМОГЕОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СТРОЕНИЯ ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ РИФЕЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ЮЖНОГО СКЛОНА БАЙКИТСКОЙ АНТЕКЛИЗЫ

Е. Г. Келлер, Г. Д. Ухлова, А. А. Гусеница, А. И. Келлер, В. Н. Беспечный

На территории исследования подтверждено повсеместное распространение рифейских отложений; прослежен отражающий горизонт R_0 , характеризующий эрозионную поверхность рифея, а также отражающие горизонты R_1 , R_2 , R_3 и R_4 , которые по данным сейсмостратиграфической привязки соответствуют подошвам ирэмэкенской, токурской, копчерской и юрубченской (шиктинской) свит. В юго-восточной части установлено погружение отражающих горизонтов R_1 , R_2 , R_3 и R_4 в глубокий грабен-рифт, в котором над ними появляется еще группа рифейских отражающих горизонтов – R_1^1 и R_1^2 , которые сопоставлены с подошвами нижнеангарской и дашкинской свит верхнего рифея. Рассмотрены сейсмогеологические особенности строения рифейского комплекса; выполнен сейсмофациальный анализ верхней части рифейских отложений. В волновом поле сейсмических разрезов в интервале, соответствующем рифейским отложениям, выявлены два типа сейсмофаций; закартирован перспективный тип сейсмофаций, которому соответствуют массивные карбонатные породы. По разрезам фокусирующих преобразований определены зоны повышенной трещиноватости пород. Наиболее перспективные зоны рифейского комплекса прогнозируются в областях пересечений зон преимущественно массивных отложений с предполагаемыми зонами повышенной трещиноватости.

Ключевые слова: рифейские отложения, Байkitская антеклиза, отражающий горизонт, сейсмофация.

A SEISMIC-GEOLOGICAL MODEL OF THE UPPER PART OF THE RIPHEAN INTERVAL AT THE SOUTHERN SLOPE OF THE BAIKIT ANTECLISE

E. G. Keller, G. D. Ukhlova, A. A. Gusenitsa, A. I. Keller, V. N. Bespechny

The Riphean deposits have been proved to be distributed throughout the study area. The reflecting horizon R_0 was traced in seismic sections, marking the Riphean erosion surface, as well as the reflecting horizons R_1 , R_2 , R_3 , and R_4 , which in seismostratigraphic correlation correspond to bases of the Iremeken, Tokur, Kopchera, and Yurubchen (Shikta) formations. In the southeastern part of the area the reflecting horizons R_1 , R_2 , R_3 , and R_4 were found to be dipping into the deep graben-rift, where there is a group of the Riphean reflecting horizons above them – R_1^1 and R_1^2 . They were tied to bases of the Upper Riphean Lower Angara and Dashkino formations. The authors examined seismogeological features of the Riphean complex and made a seismostratigraphic analysis of the upper part of the Riphean deposits. Two types of seismic facies were revealed in the seismic wavefield in the interval corresponding to the Riphean deposits. The authors mapped a promising type of seismic facies tied to massive carbonaceous rocks. The zones of increased rock fracturing were revealed in the focusing transformation sections. The most promising Riphean zones are expected in the crossing areas of mainly massive deposits and zones of predicted increased fracturing.

Keywords: Riphean deposits, Baikit anteclise, reflecting horizon, seismic facies.

Территория исследования расположена в междуречье Подкаменной Тунгуски и Ангары, в пределах Богучанского муниципального района Красноярского края. Несмотря на большой объем работ МОВ, МПВ и МОГТ, выполненных в разные годы на южном склоне Байkitской антеклизы, изученность ее сейсмическими методами остается крайне низкой и неравномерной. Лучше всего исследованы юго-восточные и южные районы участка (плотность до 0,7–0,8 км/км²), затем – северные районы в бассейнах рр. Кумонда, Тайга и Тайгикун (плотность около 0,5 км/км²). Наиболее слабо изучены центральные и юго-западные районы: плотность сейсморазведочных профилей не превышает 0,3 км/км². Участок слабо изучен глубоким бурением: всего две глубоких скважины – Нижнемадашенская 138 (забой 3002 м, вскрыты отложения рифея) и Верхнетайгинская 2 (забой 2504 м, вскрыты отложения собинской свиты).

В геологическом строении района работ участвуют два структурных этажа: архейско-протерозойские породы кристаллического фундамента и вулканогенно-осадочный чехол, выполненный отложениями рифея, венда и фанерозоя. Согласно тектоническому районированию, участок исследования расположен на юго-западе Сибирской платформы, охватывает южный борт Байkitской антеклизы (рис. 1), северная часть – южный борт Камовского свода, южная – Байkitскую антеклизу и окончание Среднеиркинеевского структурного мыса на юге антеклизы.

В нефтегазоносном отношении территория исследования охватывает южную часть Байkitской НГО. Основные предполагаемые перспективы нефти и газа связаны с рифейским (трещинно-кавернозные карбонатные породы) и вендским (песчаники ванаварской, оскобинской свит) резервуарами. Менее перспективны карбонатные породы

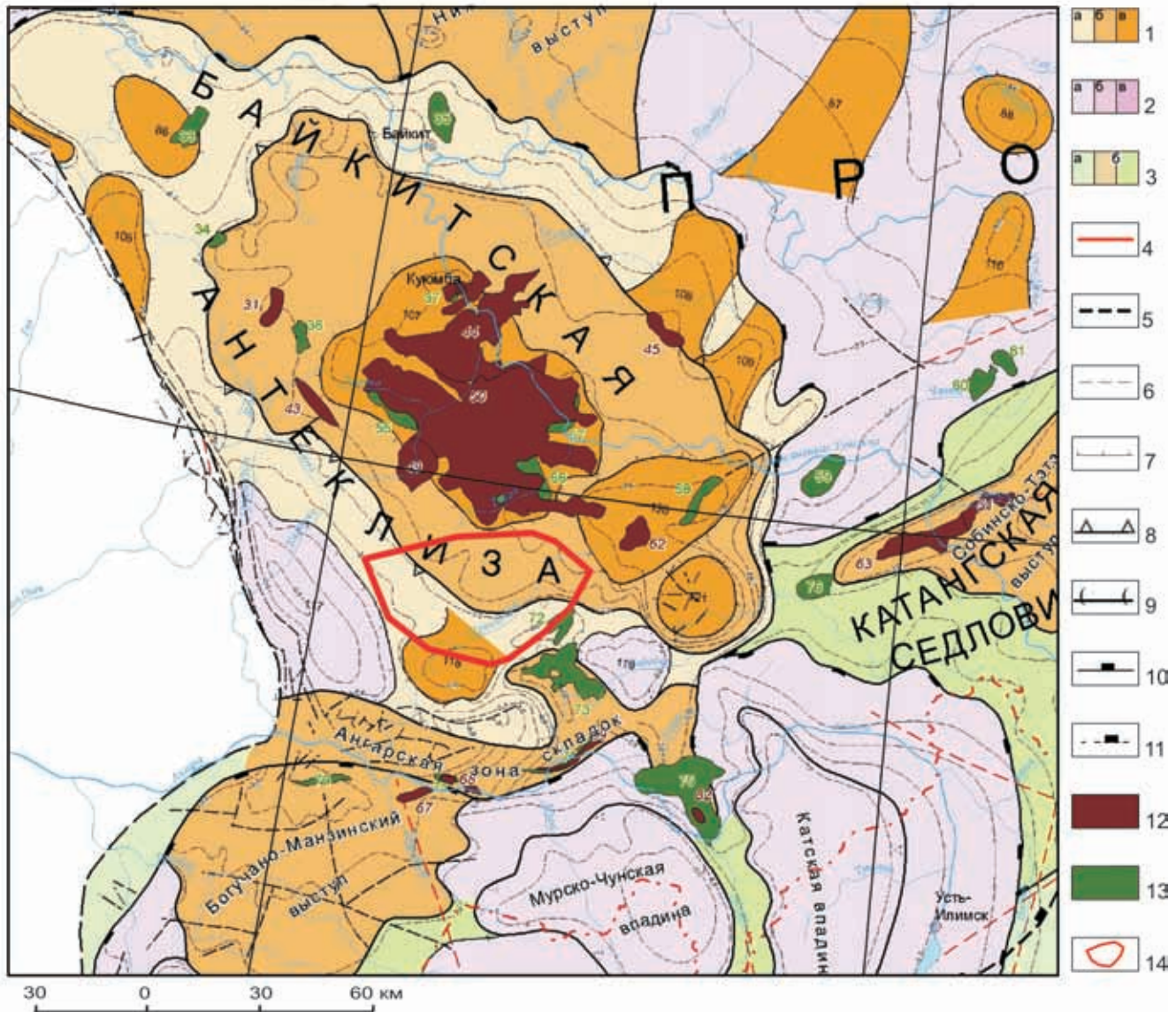


Рис. 1. Выкопировка из тектонической карты нефтегазоносных провинций Сибирской платформы

Пликативные структуры чехла (палеозой) (а – крупнейшие (надпорядковые), б – крупные (первого порядка), в – второго порядка): 1 – положительные, 2 – отрицательные, 3 – промежуточные; 4 – региональные глубинные разломы; 5 – разрывы; 6 – стратоизогипсы; контуры структур: 7 – второго порядка, 8 – первого порядка, 9 – суперпорядковых, 10 – надпорядковых, 11 – наложенных отрицательных; 12 – месторождения; *структуры второго порядка*: 86 – Енгидинское к. п., 87 – Юнаринский с. м., 88 – Кербовское к. п., 106 – Оленчиминский с. м., 107 – Куюмбинское к. п., 108 – Янгодо-Таиндский с. м., 109 – Муторайский с. м., 110 – Чуньский с. м., 117 – Верхнетэринская котловина, 118 – Среднеиркинеевский с. м., 119 – Яркинская котловина, 120 – Тайгинское к. п., 121 – Чадобецкое к. п.; *месторождения*: 31 – Борщевское, 43 – Оморинское, 44 – Куюмбинское, 45 – Шушукское, 49 – Камовское, 50 – Юрубчено-Тухомское, 51 – Пайгинское, 62 – Исчужское, 63 – Собинское, 67 – Абаканское, 68 – Имбинское, 69 – Агалеевское, 82 – Беряmbинское; *подготовленные объекты (структуры и месторождения)*: 33 – Туколано-Светланинская, 34 – Мукуйская, 35 – Верхнеюктаконская, 36 – Чандашеминская, 37 – Куюмбинское, 55 – Юрубчено-Тухомское (Центральный блок), 56 – Терско-Камовский блок (Южный), 57 – Терско-Камовский блок (Северный), 58 – Бедошемская, 59 – Петимовская, 60 – Верхнечамбинская, 61 – Дулюшминская, 70 – Сользаводская, 71 – Имбинская, 72 – Колымовская, 73 – Ильбокичская, 74 – Агалеевская, 75 – Беряmbинская, 76 – Мундукшинская УВ; 13 – подготовленные объекты; 14 – граница участка исследований

венда и нижнего кембрия. Поскольку отложения рифея на южном склоне Байкитской антеклизы изучены слабо, но обладают достаточно высокими перспективами нефтегазоносности, цель данной работы – изучение строения отложений рифейского уровня.

Промышленная нефтегазоносность рифейских отложений вблизи изучаемого района доказана на Куюмбинском и Юрубченском месторождениях Камовского свода. На месторождениях Юрубчено-Тухомской зоны (ЮТЗ) промышленные притоки УВ приурочены к карбонатным породам. Наиболее



хорошие резервуары здесь связаны с парагенезом тектонических трещин и «нанизанных» на них карверн выщелачивания [3]. Территория исследования в соответствии с фаціальным районированием рифейских отложений [4] расположена в Тайгинской зоне Байкитского района Енисейского региона. Севернее в непосредственной близости проходят границы с Юрубчено-Тохомской и Чадобецкой зонами. В Тайгинской зоне тип разреза рифейских отложений иной по сравнению с ЮТЗ. Здесь практически во всех скважинах, вскрывших рифейские отложения, состав последних оказался относительно сходным: главным образом глинистым и карбонатно-глинистым при полном отсутствии фитогенных доломитов, в основном составляющих разрез ЮТЗ.

Другая особенность этих осадков заключается в преобладании среди них темно-серой и черной окраски пород. В разрезе ЮТЗ указанные признаки характерны для нижнего литокомплекса – вздрэшевского. Однако предположение о том, что на эрозионную поверхность рифея на столь значительной территории (около 900 км²) выходит одна и та же толща сравнительно небольшой мощности (200–300 м), не может быть принято, так как в этой ситуации она должна залегать горизонтально. Но по данным сейсморазведки МОГТ установлено значительное погружение рифейских ОГ в южном и юго-западном направлении.

В связи с крайней ограниченностью фактических данных стратификация отложений Тайгинской зоны не разработана. Согласно районированию Б. Г. Краевского [1], западная часть участка расположена в Тохомской фаціальной площади, а восточная – в Мадринско-Подпорожной, которая отличается более полным разрезом рифея. Нижнерифейские отложения в ней представлены конгломератами учурского горизонта, средне-рифейские – терригенно-карбонатными породами тайгинской серии (аимчаний), мадринской и шиктинской свитами керпылинского горизонта, верхнерифейские – терригенно-карбонатными породами долгоктинской, куюмбинской, копчерской, юктенской, рассолкинской, вингольдинской, токурской и ирэмэкенской свит (лахандинский горизонт).

На территории исследования и в непосредственной близости к ней рифейские отложения вскрыты в скважинах Нижнемадашенской 138, Колымовской 139, Верхнетайгинской 1, Платоновской 1, Беляжской 1. В Колымовской скв. 139 рифейские отложения представлены темно-серыми и зелеными неслоистыми аргиллитами с единичными прослоями (до 10 см) темно-серых плотных доломитов. Вскрытая мощность пород 124 м. В Нижнемадашенской скв. 138 отложения рифея находятся в инт. 2958–3014 м и состоят из черных, прослоями буровато-зеленых и лилово-зеленых аргиллитов мощностью до 56 м с редкими горизонтами темно-серых до черных карбонатных образований.

К кровле рифейских отложений (подошве венда) приурочен отражающий горизонт R_0 . Стратификация внутририфейских отложений в пределах региона неоднозначна. Имеющийся фактический материал не позволяет выполнить привязку отражающих горизонтов рифейского сейсмокомплекса, поэтому нами использовались литературные данные. Но и у многочисленных исследователей рифейских отложений нет общепринятой точки зрения на индексацию и стратиграфическую привязку внутририфейских отражающих горизонтов. Наиболее полная и разрешенная волновая картина рифейского сейсмокомплекса наблюдается на южном склоне Байкитской антеклизы [2].

На существующих стратиграфических схемах самыми молодыми рифейскими отложениями являются породы ирэмэкенской свиты, к подошве которой приурочен отражающий горизонт (ОГ) R_1 . Но в юго-восточной части он резко погружается вниз, и разрез наращивается более молодыми отложениями, в которых хорошо прослеживаются еще два отражающих горизонта. Предыдущие исследователи называют эти толщи нижнеангарской и дашкинской свитами. Эти толщи, выделенные на Енисейском кряже, являются стратиграфическими аналогами ирэмэкенской свиты [4].

На сейсмических разрезах по результатам проведенных нами работ и пересмотра материалов прошлых лет [2] были выделены и прослежены следующие шесть ОГ, приуроченные к рифейским отложениям:

- R_1^1 – подошва дашкинской (?) свиты верхнего рифея;
- R_1^2 – подошва нижнеангарской(?) свиты верхнего рифея;
- R_1 – подошва ирэмэкенской толщи верхнего рифея;
- R_2 – подошва токурской толщи верхнего рифея;
- R_3 – подошва копчерской толщи верхнего рифея;
- R_4 – подошва юрубченской толщи среднего рифея.

В юго-восточной части площади горизонты R_1 , R_2 , R_3 и R_4 погружаются в глубокий грабен-рифт, в котором над ними появляется еще группа рифейских отражений. Из этой группы прослежены два горизонта – R_1^1 и R_1^2 . По мнению Ю. А. Филиппова, при приближении к оси Чуньско-Котуйского регионального прогиба в рифее прослеживаются отражения, сформированные в более молодых отложениях, чем те, которые вскрыты скважинами в Байкитской антеклизе (моложе ирэмэкенской свиты). Однако стратиграфическая привязка горизонтов R_1^1 и R_1^2 на данном этапе исследований весьма затруднена. Согласно прогнозной геологической карте довендской (рифейской) эрозионной поверхности юго-западной части Сибирской платформы Е. П. Кошука и др. (1996 г.), юго-восточная часть территории ис-

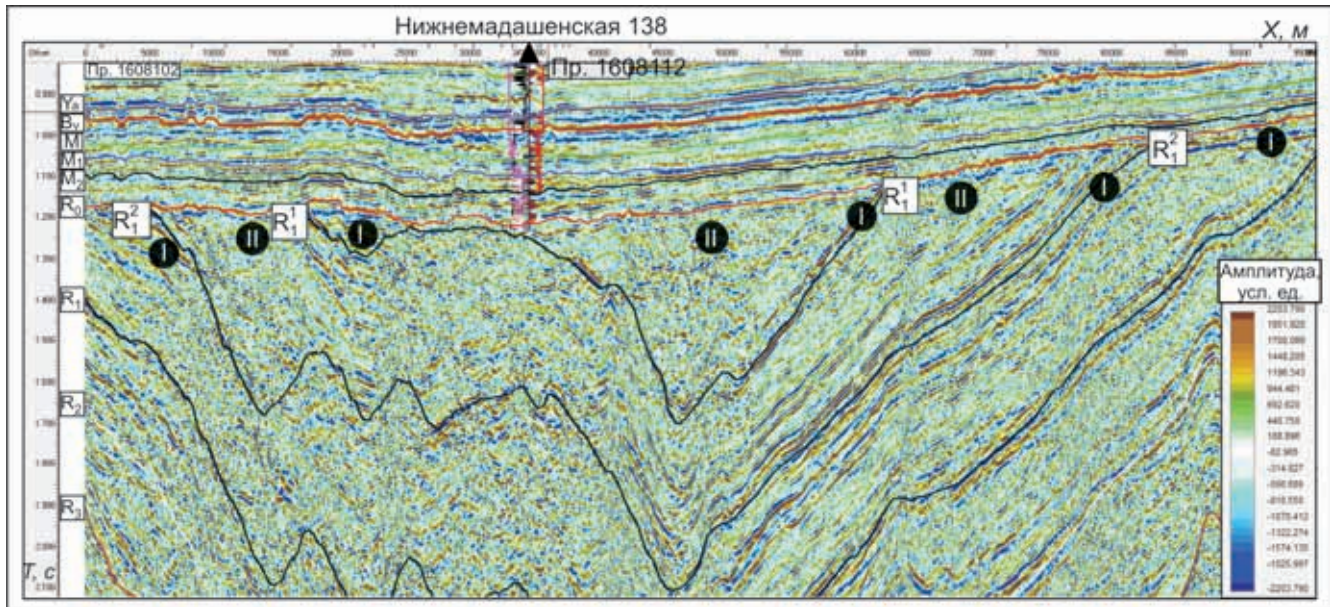


Рис. 2. Типы сейсмофаций (I–III) на композитном разрезе южного склона Байкитской антеклизы

следования располагается в зоне выхода на предвандскую эрозионную поверхность нижнеангарской и дашкинской свит. Таким образом, отложения рифея моложе ирэмэкенской свиты сопоставляются с породами нижнеангарской и дашкинской свит Енисейского кряжа. Нами горизонты R_1^1 и R_1^2 с определенной долей условности также сопоставлены с подошвами указанных свит.

В волновом поле сейсмических разрезов в интервале, соответствующем рифейским отложениям, можно выделить два типа сейсмофаций (рис. 2).

Для *первого типа сейсмофаций* типично наличие динамически выраженных (высокоамплитудных, высокоэнергетических) протяженных отражений с устойчивыми, большей частью наклонными осями синфазности. Такие отчетливые отражения свойственны терригенному типу разреза или могут формироваться при переслаивании глинистых и карбонатных пачек.

Второй тип сейсмофаций характеризуется отражениями различной интенсивности с хаотичным расположением непротяженных осей синфазности. Энергетическая составляющая такого рисунка волнового поля наиболее низкая. Подобный тип сейсмофаций обычно типичен для массивных пород, в которых отсутствует слоистость. В нашем случае это, скорее всего, массивные карбонатные отложения.

При анализе волнового поля видно, что первый тип сейсмофаций по латерали может переходить во второй и наоборот. Это может быть связано либо с фациальной изменчивостью отложений, либо с различной степенью их метаморфизма. Как известно, у сильнометаморфизованных пород также отсутствует четкая слоистая текстура, что отражается и в волновом поле сейсмических разрезов, т. е. если у пород нет слоистой текстуры, в волновом поле она также будет отсутствовать.

При наличии глинистых пачек и прослоев в карбонатных, преимущественно доломитовых толщах рифея формируются отчетливые отражения R_4 , R_3 , R_2 . При фациальном замещении карбонатов глинистыми отложениями такие границы исчезают. Когда мощные карбонатные толщи (юрубченская, куюмбинская и т. д.) замещаются переслаивающимися глинисто-карбонатными и глинистыми пачками, на разрезах появляются многочисленные резкие отражения, среди которых опорные границы R_4 , R_3 , R_2 теряются.

В данном случае нас интересует состав пород, выходящих под предвандскую эрозионную поверхность, так как с этими отложениями обычно связаны залежи газа и газоконденсата. По расчетам построена карта средних значений сейсмической энергии в окне на 20 мс до ОГ R_0 и на 100 мс после него, отображающая строение рассматриваемых отложений (рис. 3). На карте четко проявляется северо-восточная зональность, которая хорошо согласуется с зональностью выхода под предвандскую эрозионную поверхность различных свит верхнего рифея. Предполагается, что областям с пониженными значениями энергии будут соответствовать выходы карбонатных пород. Нижнемадашенская скв. 138 попадает в область с низкими значениями сейсмической энергии. Эта скважина вскрыла (на 56 м) рифейские отложения, представленные черными аргиллитами и карбонатами. И на сейсмическом разрезе под ОГ R_0 наблюдается еще один отражающий горизонт, который, по-видимому, и отображает строение этой слоистой толщи, а ниже по разрезу начинается второй тип сейсмической записи (хаотичный). Кроме того, в районе Нижнемадашенской скв. 138 ОГ R_1^1 проходит в непосредственной близости от ОГ R_0 , практически параллельно ему и начинает резко погружаться в северо-восточном направлении. Разрезы

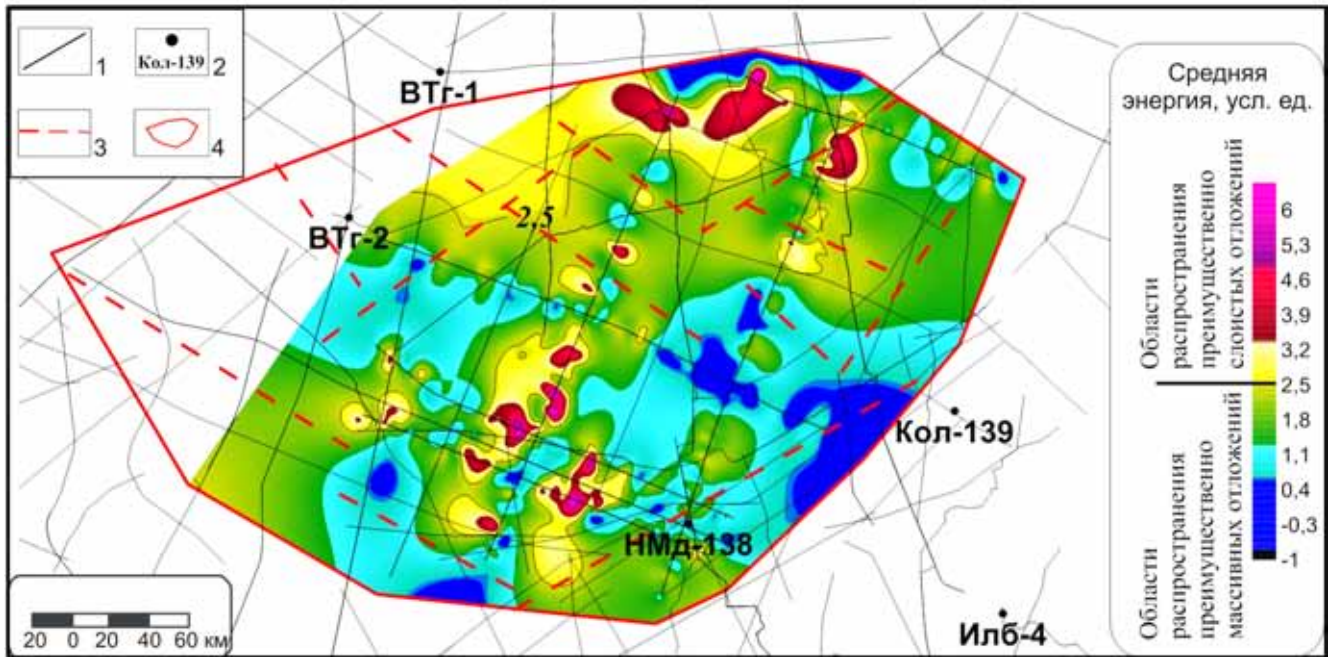


Рис. 3. Распределение значений средних энергий в интервале, соответствующем верхней части рифейских образований

1 – профили МОГТ 2D; 2 – глубокие скважины; 3 – разрывные нарушения, картируемые по данным сейсморазведки; 4 – граница территории исследования

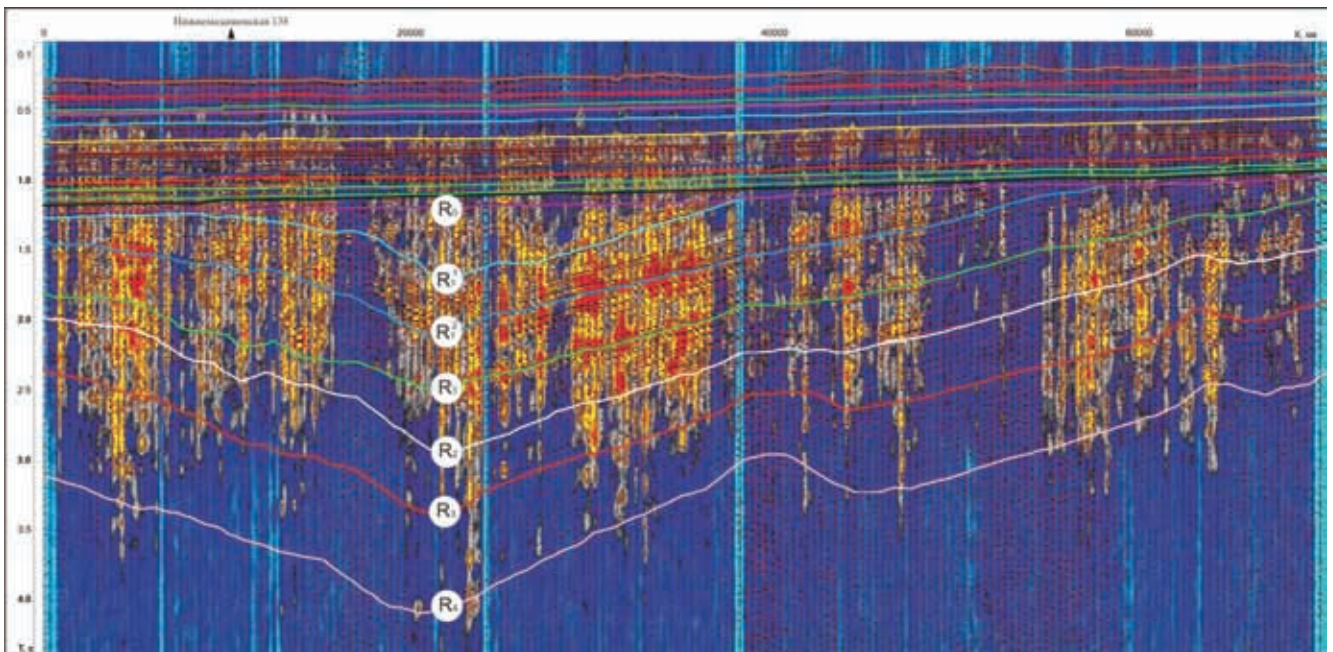


Рис. 4. Разрез энергий фокусирующих преобразований, совмещенный с разрезом амплитуд

фокусирующих преобразований были рассчитаны для прогноза зон разуплотнения пород (рис. 4). По максимальным значениям энергии фокусирующих преобразований оконтурены области дезинтеграции пород (развитие повышенной трещиноватости, кавернообразования и т. п.) (рис. 5). Предполагается, что наиболее перспективны для поиска залежей УВ участки с пониженными значениями сейсмической записи (массивные карбонатные отложения) и с повышенными значениями энергии фокусирующих преобразований. На площади исследования

зоны повышенной трещиноватости располагаются в районе Нижнемадашенской скв. 138 и западнее, в центре рассматриваемой территории. В структурном плане области повышенной трещиноватости соответствуют поднятиям.

Выводы

1. В результате сейсмофациального анализа верхней части рифейских образований выделены два основных типа сейсмофаций и закартирован перспективный тип сейсмофаций, которому соот-

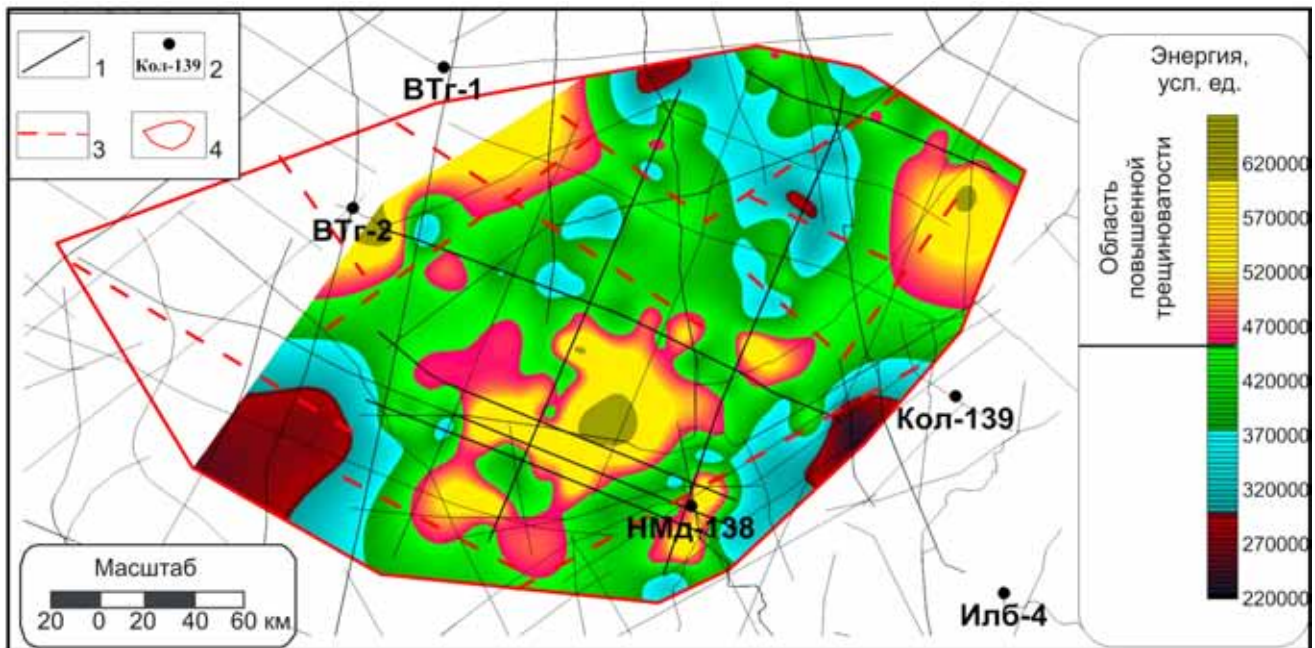


Рис. 5. Распределение средних значений энергии рассеянных волн в интервале, соответствующем верхней части рифейских образований

Усл. обозн. см. на рис. 3

ветствуют большей частью массивные карбонатные породы.

2. По разрезам фокусирующих преобразований выделены зоны повышенной дезинтеграции пород.

3. Построена сейсмогеологическая модель строения верхней части рифейских отложений.

4. В рифейском комплексе определены перспективные участки для поисков УВ. Учитывая, что для формирования эффективных резервуаров в рифейских отложениях необходимо благоприятное сочетание как минимум двух факторов (литологического состава и интенсивной трещиноватости), наиболее перспективные зоны рифейского комплекса прогнозируются в областях пересечений зон преимущественно массивных отложений с предполагаемыми зонами повышенной трещиноватости. Перспективные с точки зрения поисков УВ зоны группируются в две линейные, вытянутые в северо-восточном направлении области. Наибольшие по площади перспективные области расположены в восточной части участка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Краевский, Б. Г. Стратиграфия рифейских нефтегазоносных отложений юго-западной части Сибирской платформы: Байкитская антеклиза, Катангская седловина [Текст] / Б. Г. Краевский // Стратиграфия и ее роль в развитии нефтегазового комплекса России. – СПб. : ВНИГРИ, 2007. – С. 252–266.

2. Литолого-стратиграфическая, петрографо-минералогическая и изотопно-геохронологическая характеристика отложений, вскрытых параметрической скважиной Аргишская 273 (бассейн р. Подка-

менная Тунгуска) [Текст] / Ю. А. Филипцов, М. А. Мащак, А. И. Ларичев [и др.] // Региональная геология и металлогения. – 2011. – № 47. – С. 28–47.

3. Нефтегазоносные комплексы севера Лено-Тунгусского бассейна [Текст] / С. В. Фролов, Е. А. Бакай, Е. Е. Карнюшина [и др.] // Геология нефти и газа. – 2013. – № 3. – С. 63–75.

4. Стратиграфия нефтегазоносных бассейнов Сибири. Рифей и венд Сибирской платформы и ее складчатого обрамления [Текст] / Н. В. Мельников, М. С. Якшин, Б. Б. Шишкин [и др.]. – Новосибирск : Акад. изд-во «Гео», 2005. – 428 с.

REFERENCES

1. Kraevskiy B.G. [Stratigraphy of the Riphean petroleum deposits in the southwestern part of the Siberian Platform: Baikit antecline, Katanga saddle]. *Stratigrafiya i ee rol' v razvitiy neftegazovogo kompleksa Rossii* [Stratigraphy and its part in development of the Russian petroleum complex]. Saint Petersburg, VNIGRI Publ., 2007, pp. 252–266. (In Russ.)

2. Filiptsov Yu.A., Mashchak M.A., Larichev A.I., et al. [Lithostratigraphic, petrographic-mineralogical, and isotope-geochronological description of deposits penetrated by the Argishskaya 273 well (Podkamennaya Tunguska River)]. *Regional'naya geologiya i metallogeniya – Regional geology and metallogeny*. Saint Petersburg, VSEGEI Publ., 2011, no. 47, pp. 28–47. (In Russ.)

3. Frolov S.V., Bakay E.A., Karnyushina E.E., et al. [Petroleum plays in the north of the Lena-Tunguska basin]. *Geologiya nefti i gaza – Geology of oil and gas*, 2013, no. 3, pp. 63–75. (In Russ.)

4. Melnikov N.V., Yakshin M.S., Shishkin B.B., et al. *Stratigrafiya neftegazonosnykh basseynov*



Sibiri. Rifey i vend Sibirskoy platformy i ee skladchatogo obramleniya [Stratigraphy of petroleum plays of the Siberian basins. Riphean and Vendian

of the Siberian Platform and its folded framing]. Novosibirsk, Geo Academic Publ., 2005. 428 p. (In Russ.).

© Е. Г. Келлер, Г. Д. Уклова, А. А. Гусеница,
А. И. Келлер, В. Н. Беспечный, 2015

КЕЛЛЕР Елена Геннадьевна, Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья (СНИИГГиМС), Новосибирск, вед. геолог. *E-mail: kellerreg@sniiggims.ru*

УХЛОВА Галина Дадар-ооловна, Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья (СНИИГГиМС), Новосибирск, начальник центра, к. г.-м. н. *E-mail: ukhlova@sniiggims.ru*

ГУСЕНИЦА Андрей Александрович, Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья (СНИИГГиМС), Новосибирск, геофизик 1-й категории. *E-mail: agusenitsa75@gmail.com*

КЕЛЛЕР Артем Иосифович, Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья (СНИИГГиМС), Новосибирск, вед. геофизик. *E-mail: keller@sniiggims.ru*

БЕСПЕЧНЫЙ Владимир Николаевич, Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья (СНИИГГиМС), Новосибирск, зав. лабораторией. *E-mail: bespechnyy@sniiggims.ru*

KELLER Elena, Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources (SNIIGGiMS), Novosibirsk, Russia. *E-mail: kellerreg@sniiggims.ru*

UKHLOVA Galina, PhD, Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources (SNIIGGiMS), Novosibirsk, Russia.

E-mail: ukhlova@sniiggims.ru

GUSENITSA Andrei, Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources (SNIIGGiMS), Novosibirsk, Russia.

E-mail: agusenitsa75@gmail.com

KELLER Artyom, Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources (SNIIGGiMS), Novosibirsk, Russia. *E-mail: keller@sniiggims.ru*

BESPECHNY Vladimir, Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources (SNIIGGiMS), Novosibirsk, Russia.

E-mail: bespechnyy@sniiggims.ru