

КАРБОНАТНЫЕ УРОВНИ ВЕРХНЕГО РИФЕЯ ВОЛГО-УРАЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ (ШИХАНСКАЯ И ЛЕУЗИНСКАЯ СВИТЫ) И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ

С. А. Солодова

*Институт геологии Уфимского федерального исследовательского центра РАН,
450077, г. Уфа, ул. К. Маркса, 16/2, E-mail: Solodova.IG@yandex.ru*

Наличие углеводородов в древних докембрийских толщах впервые было установлено в пределах Сибирской платформы. Значительный объем бурения глубоких параметрических скважин и детальное изучение геолого-геофизических материалов позволили не только установить нефте-, газопроявления, но и привели к открытию месторождений на всех древних платформах.

После открытия ряда больших нефтяных месторождений в палеозойских отложениях Восточно-Европейской платформы особое внимание исследователей было направлено на изучение рифейских авлакогенов, как перспективных поисковых объектов на углеводородное сырье. В связи с необходимостью пополнения минерально-сырьевой базы исследователями решаются вопросы поиска углеводородов в допалеозойских карбонатных отложениях. Как показали исследования, трещиноватые и кавернозные карбонатные породы обладают хорошими коллекторскими свойствами. В статье рассмотрены карбонатные толщи шиханской и леузинской свит абдулинской серии верхнего рифея, вскрытые глубокими скважинами в Предуральском краевом прогибе на восточной окраине Русской плиты.

Ключевые слова: шиханская, леузинская, свиты, рифей, нефтегазоносность, Предуральский прогиб, Русская плита, Волго-Уральская область

CARBONATE LEVELS OF THE UPPER RIPHEAN OF THE VOLGA-URALIAN AREA (SHIKHAN AND LEUZA FORMATIONS) AND THEIR OIL AND GAS POTENTIAL

S.A. Solodova

*Institute of Geology, Ufa Federal Research Center of RAS,
16/2, K. Marx St., Ufa, 450077, Russia, E-mail: Solodova.IG@yandex.ru*

The presence of hydrocarbons in the ancient Precambrian Strata was first established within the Siberian Platform. A significant amount of drilling of deep parametric wells and a detailed study of geological and geophysical materials of deep wells made it possible not only to establish oil and gas shows, but also led to the discovery of fields. The article presents the history of the search and study of Precambrian oil on all ancient platforms.

After the discovery of a number of large oil fields in the Paleozoic sediments of the East-European Platform, special attention of researchers was directed to the study of the Riphean aulacogens as promising prospecting objects for hydrocarbons. In connection with the need to replenish the mineral resource base, researchers are solving the issues of searching for hydrocarbons in carbonate sediments. Studies have shown that it is carbonate rocks that have good reservoir properties. The article examines the carbonate strata of the Shikhan and Leuza Formations of the Abdulinskaya Series of the Upper Riphean, penetrated by deep wells in the Preuralian Foredeep on the eastern edge of the Russian Plate.

Keywords: Shikhan, Leuza, Formations, Riphean, oil and gas potential, Pre-Ural marginal depression, Russian Plate, Volga-Uralian area

Для цитирования: Солодова С.А. Карбонатные уровни верхнего рифея Волго-Уральской области (шиханская и леузинская свиты) и перспективы их нефтегазоносности // Геологический вестник. 2021. № 2. С. 17–30. DOI: 10.31084/2619-0087/2021-2-2.

For citation: Solodova S.A. (2021) Carbonate levels of the Upper Riphean of the Volga-Uralian area (Shikhan and Leuza Formations) and their oil and gas potential. *Geologicheskii vestnik*. No.2. P. 17–30. DOI: 10.31084/2619-0087/2021-2-2.

© С.А. Солодова, 2021

Введение

Решение вопросов перспективности допалеозойских образований на поиски углеводородного сырья привлекает внимание исследователей десятки лет. В связи с необходимостью пополнения минерально-сырьевой базы нефтегазовой отрасли ведется активная работа по поиску новых решений и объектов.

Опыт и результаты геологоразведочных работ в большинстве нефтегазоносных провинций мира показывают, что дальнейшие перспективы добычи нефти и газа связаны с глубоко залегающими комплексами отложений и одно из перспективных направлений — разработка карбонатных коллекторов. Например, в карбонатных коллекторах заключено 43% (577 млн т) извлекаемых компанией «Газпром нефть» запасов нефти, а добыто только 3% (18 млн т). Несомненно, что роль карбонатных коллекторов будет только расти для поддержания объемов добычи компании [Алексеев, 2017].

Обобщив актуальные направления поиска, следует обратить внимание на мощные карбонатные горизонты в разрезе верхнего докембрия Волго-Уральской области (ВУО), представленные калтасинской (нижний рифей), шиханской и леузинской (верхний рифей) свитами. В качестве нефтегазоматеринской толщи большинством исследователей признана калтасинская свита [Егорова, 1986; Лагутенкова, Чепикова, 1982]. Отложения шиханской и леузинской свит верхнего рифея к настоящему времени вскрыты небольшим числом скважин, преимущественно в пределах Предуральяского прогиба, и менее изучены.

В статье рассмотрены литологические, структурно-текстурные особенности, коллекторские свойства, содержание и степень преобразования органического вещества в породах шиханской и леузинской свит. Объектами исследования служат стратотипические разрезы рассматриваемых отложений, вскрытые глубокими скважинами в пределах двух разобщенных структур Предуральяского краевого прогиба: скв. 6 Ахмеровская, расположенная в Бельской впадине, в 125 км юго-восточнее от г. Уфы, и скв. 1 Леузинская, находящаяся в Юрюзано-Сылвенской впадине, в 195 км северо-восточнее г. Уфы.

Краткая история исследования карбонатных комплексов докембрия

Первые упоминания о наличии углеводородов (УВ) в карбонатных комплексах докембрия относят к концу 20-ых годов прошлого столетия. А.Д. Ар-

хангельский [1929] обратил внимание на многочисленные нефте- и битумопроявления в карбонатных комплексах Анабарской и Алданской антеклиз Сибирской платформы, согласно прежнему расчленению их относили к кембрию, а теперь — к венду.

В 1933 г. во время маршрута в районе бассейна р. Толба Василий Сеньюков, студент Московского нефтяного института, обнаружил неокатанные обломки битуминозных доломитов и гальку асфальтита, а уже в 1935–1936 гг. на Толбинских скважинах получили первые тонны «кембрийской» нефти. Но, согласно современным стратиграфическим представлениям, эти карбонатные комплексы имеют вендский возраст. Открытие толбинской нефти поспособствовало созданию Восточно-Сибирского геологоразведочного треста (15 июля 1939 г., г. Иркутск). Развернутые по всей стране В.М. Сеньюковым работы по опорному бурению вскоре принесли результаты. В 1962 г. из опорной скважины № 1 Марково начал бить первый нефтяной фонтан в Иркутской области, новое месторождение связано с отложениями вендского и кембрийского возраста.

Перспективы нефтегазоносности докембрийских толщ все больше притягивали исследователей. А.А. Трофимук на этот счет сказал: «...на Сибирской платформе представляется возможным впервые на Земле обнаружить древнейшие залежи нефти в допалеозойских осадочных толщах...».

После открытия первой «кембрийской» нефти долгие годы исследователи ограничивали поиски терригенными и карбонатными коллекторами венда, но в 70-х годах впервые в качестве самостоятельного объекта для оценки нефтегазоносности выделили отложения рифея. Дальнейшее изучение привело к открытию в 1982 г. месторождений Юрубчено-Тохомской зоны в пределах Байкитской нефтегазоносной области в составе Лено-Тунгусской нефтегазоносной провинции. В тектоническом отношении месторождение приурочено к центральной части Камовского свода Байкитской антеклизы. Коллектора представлены карбонатными и терригенными (песчаники) отложениями вендского и рифейского возраста. Пористость доломитов каверновотрещинного карбонатного коллектора составляет 0.35–2.40%, трещинно-каверновая емкость — до 6.5%, проницаемость по трещинам $0-5.0 \times 10^{-3}$ мкм². Флюидопорами являются терригенно-карбонатные породы катангской свиты венда и галогенно-карбонатные породы усольской свиты кембрия [Кутукова, 2020].

В верхнем рифее Предьенсейского прогиба развиты кремнистые доломиты с большим содержа-

нием органического углерода, которые рассматривают в качестве главного источника нефти и газа для отложений верхнего рифея Сибирской платформы [Конторович и др., 1996]. Юрубчено-Тохомское месторождение стало эталоном для создания концепции поиска нефти и газа в протерозое.

Открытия ученых в Сибири повлекли за собой целенаправленные поиски докембрийских нефтяных и газовых месторождений на всех древних платформах. Особое внимание исследователей было направлено на изучение рифейских авлакогенов Восточно-Европейской платформы (ВЕП). Ключевую роль в истории изучения ВЕП играют исследования ВУО, потому как в довоенное время здесь был открыт ряд нефтяных месторождений в палеозое, за что регион назвали «вторым Баку». В тектоническом плане ВУО включает в себя восточную часть Русской плиты и Предуральский краевой прогиб.

Древние отложения ВУО имеют удачное расположение для изучения, находясь между двух стратотипических местностей: стратотип рифея на востоке (Южный Урал) и венд на западе (Московская синеклиза). ВУО является единственной структурой, в которой сохранились рифейские отложения в полном объеме, они близки по объему, строению и составу к развитым в стратотипическом разрезе рифея Южного Урала и достигают мощности более 13 км.

В 1944–1945 гг. скважинами на Бавлинской разведочной площади впервые вскрыли 250 м додевонских отложений, которые А.Я. Виссарионова и М.Ф. Микрюков выделили в бавлинскую свиту. Затем длительное время учеными приводятся различные варианты расчленения додевонских отложений [Тимергазин, 1959]. В 1954 г. Е.В. Чибриковой впервые описан комплекс примитивных спор в нижне- и верхнебавлинских отложениях Западной Башкирии, что позволило предположить их раннекембрийский или более древний возраст. В 1956 г. на Совещании по унификации стратиграфических схем Урала и соотношению древних свит Урала и Русской платформы (г. Свердловск, 13–18 февраля 1956 г.) К.Р. Тимергазиным, Е.В. Чибриковой и А.И. Олли представлен доклад на тему: «Сопоставление доживетских отложений восточной части Русской платформы с древними свитами западного склона Южного Урала».

Важным событием в истории изучения докембрия ВУО за последние 20 лет является Всероссийское совещание «Стратиграфия, палеонтология и перспективы нефтегазоносности рифея и венда

восточной части Восточно-Европейской платформы», проведенное в г. Уфа в 1999 г., на котором была принята Стратиграфическая схема рифейских и вендских отложений ВУО.

Изучением Волго-Уральской области занималось большое количество ученых. Общие проблемы геологии докембрия освещены в работах Н.С. Шатского, В.В. Меннера, Б.М. Келлера, Б.С. Соколова, В.Е. Хаина, А.А. Богданова, М.Е. Раабен, М.А. Семихатова, И.Е. Постниковой и др.

Литолого-стратиграфические исследования рифейских и вендских отложений ВУО выполнены К.Р. Тимергазиным, А.И. Олли, Д.В. Наливкиным, С.Г. Морозовым, З.П. Ивановой, А.А. Клевцовой, С.Г. Саркисяном, Л.Ф. Солонцовым, Н.С. Лагутенковой, Е.М. Аксеновым, Ю.Р. Беккером, Л.Д. Ожигановой, Т.В. Ивановой, В.И. Козловым, Н.Д. Сергеевой, Р.Х. Масагутовым, В.В. Барановым и др. Основным результатом исследований можно назвать составление Стратиграфической схемы рифея и венда ВУО, принятой в 2000 г., которой пользуются до сегодняшнего дня [Стратиграфическая схема..., 2000]. Существенным дополнением к этим результатам была монография [Сергеева, Пучков, Карасева, 2021], в которой обобщены материалы новых, пробуренных за последние два десятилетия глубоких параметрических скважин, результаты хеомстратиграфического изучения и изотопного датирования рифейских осадочных и магматических пород ВУО.

Микрофоссилии, микрофитоциты и строматолиты из отложений верхнего докембрия ВУО и западного склона Южного Урала описаны в работах С.Н. Наумовой, Е.В. Чибриковой, Е.Д. Шепелевой, И.К. Чепиковой, Н.Г. Пыховой, И.Н. Голуб, З.А. Журавлевой, В.М. Маслова, И.Н. Крылова, В.А. Комара, В.Н. Сергеева, Т.В. Янкаускаса и др. В результате были выделены комплексы строматолитов и биоты микрофоссилий: бавлинская (венд), кабаковская (нижний рифей) и эдиакарская фауна. Выделенные [Янкаускас, 1982] комплексы позволили уточнить корреляционные связи между разрозненными отложениями пробуренных скважин.

Обоснование возраста изотопными методами дано в работах М.А. Гаррис, Г.А. Казакова, А.А. Краснобаева, А.Б. Кузнецова. Одной из важных проблем этого направления являлось определение возраста калтасинской свиты — нефтематеринской толщи рифея ВУО. С помощью С-Sr изотопных хеомстратиграфических исследований карбонатных пород [Кей и др., 2007] из скважин 133 Азино-Пальниковская (Удмуртская республика) и 203

Бедряжская (Пермский край) был получен возраст древнее, чем 1300 млн лет, соответствующий раннему рифею.

По последним данным Sr и C хемотратиграфических и U-Pb (Pb-Pb) геохронологических исследований карбонатных пород, вскрытых скважиной 1 Леузинская в интервале глубин 3601.5–4095 м, установлено, что изохроны сравнения в координатах $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ для известняков шиханской и катавской (возрастной аналог уральского стратотипа) свит дают основание считать их разновозрастными. Оценка Pb-Pb возраста шиханских известняков, равная 900 млн лет, близка к K-Ar возрасту аутигенного глауконита из катавской свиты — 938 млн лет, что свидетельствует о позднерифейском возрасте шиханской свиты [Козлов и др., 2003].

Вопросы тектоники и истории геологического развития верхнедокембрийских отложений Волго-Уральской области рассмотрены Н.С. Шатским, Э.Э. Фотиади, Ю.Н. Годиным, А.С. Новиковой, В.Д. Наливкиным, Л.Н. Розановым, Б.М. Келлером, А.Я. Ярошем, К.Э. Якобсоном, Н.К. Грязновым, Н.В. Неволиным, Е.П. Брунс, А.В. Масловым, С.Г. Морозовым, А.А. Клевцовой, Р.Н. Валеевым, М.М. Грачевским, В.Н. Пучковым.

Современные геотектонические взгляды сводятся к тому, что существовал единый и обширный седиментационный бассейн, фациальные границы которого не постоянны для отложений Камско-Бельского авлакогена и Башкирского мегантиклинория, поэтому нет четкого раздела между уральскими и платформенными разрезами. Существенные доказательства в эти представления внесли работы треста «Башнефтегеофизика» (ныне ОАО «Башнефтегеофизика»). Анализ данных сейсмических профилей и геологических материалов в районе скважины 1 Кулгунинская показал, что отражающие площадки в отложениях рифея и венда Камско-Бельского авлакогена прослеживаются через параметрические скважины 5 Шиханская и 1 Кулгунинская [Козлов и др., 2011; Сергеева и др., 2021].

Геохимические исследования верхнедокембрийских отложений, изучение коллекторских свойств и решение вопросов, связанных с перспективами нефтегазоносности, проводились К.Р. Тимергазиным, М.А. Гаррис, Н.А. Зуфаровой, Н.П. Егоровой, Н.Б. Вассоевичем, С.Г. Морозовым, Т.В. Карасевой (Белоконь), М.М. Балашовой, А.А. Клевцовой, А.В. Кутуковым, С.К. Нечитайло, Л.В. Шароновым, И.Е. Постниковой, К.Ф. Родионовой. Комплексный анализ общих и специфических критериев генерации, миграции, аккумуляции и сохранности УВ

позволил выделить в пределах рифейских отложений ВУО ряд перспективных зон. Наиболее перспективные на нефть, газ и газоконденсат отложения располагаются в центральной части Камско-Бельского авлакогена, соответствующей Орьебаш-Чернушинской приподнятой зоне по поверхности фундамента и северной части Бельской впадины. Для данной территории характерно региональное развитие основной нефтегазоматеринской калтасинской и кабаковской свит нижнего рифея. Предварительная оценка показала, что теоретически возможный выход УВ из пород калтасинской свиты составляет до 7.5 млрд т [Белоконь и др., 2001].

Следующая перспективная структура Восточно-Европейской платформы — Московская синеклиза, расположенная между Балтийским и Сарматским щитами [Гаврилов и др., 2000]. В ее центральной части выявлены скопления легкой нефти (Даниловская площадь, Ярославская область). Непромышленные притоки и признаки нефти из отложений венда выявлены на разведочных площадях: Шарья, Горьковская, Маряинская, Балахнинская, Любимская, Мосоловская, Морсовская, Бутовская [Белякова, Охотникова, 1999]. По мнению [Гаврилов и др., 2000], в пределах Московской структуры главными нефтегазоносными комплексами являются рифейские и венд-кембрийско-ордовикские образования.

Мезенская синеклиза в качестве самостоятельной структуры выделена в работах Северного геологического управления [Зеккель, 1939]. В 1958 г. Э.Э. Фотиади обосновал строение впадины с помощью региональных гравиметрических и аэромагнитных исследований. Первые сведения о наличии запасов нефти и газа здесь известны еще с довоенного времени; в Притиманье (Кельтменский район) были найдены прослой пермских известняков, пропитанных нефтью. В 50-х годах XX в., как говорилось выше, сетью опорных скважин постепенно покрываются многие малоизученные районы страны. Были получены первые данные по вещественному составу, литологии и стратиграфии. В конце 60-ых годов пройден ряд параметрических и опорных скважин, вскрывших отложения рифея и венда. Очаги генерации углеводородов выделены в погруженных участках Тиманского, Котласского, Лешуконского и Сафоновского рифтов, где пласты-коллекторы представляют собой песчаные и песчано-алевролитовые толщи с невысокими фильтрационно-емкостными свойствами, покрышками для которых служат перекрывающие их аргиллитовые пласты.

Залежи нефти в древних отложениях известны и в других странах мира. Один из самых древних неметаморфизованных бассейнов расположен на севере Австралии. Бассейн Мак-Артур занимает площадь свыше 200 тыс. км², он выполнен среднепротерозойскими, кембрийскими и кайнозойскими отложениями. Осадочные терригенные и карбонатные толщи, накопившиеся в континентальных, дельтовых, прибрежно-, мелководно- и глубоководно-морских обстановках, характеризуются изменчивой мощностью (до 3000 м) и сложной литолого-фациальной структурой. Приток нефти был получен в 1990 г. в скв. Джемисон-1. Коллектором служат песчаники Джемисон, перекрытые мощной толщей аргиллитов. Возраст песчаников оценивается около 1400 млн лет. Вероятно, это древнейшая из выявленных к настоящему времени нефть на Земле [Конторович и др., 1996 и ссылки там же].

В Китае в 1975 г. во впадине Хуабэй было открыто нефтяное месторождение Женчию, связанное с погребенным выступом карбонатных пород синийского возраста (возрастной аналог венда). Толщина нефтеносных пластов 500–800 м. Коллекторами являются трещиноватые известняки и доломиты с пористостью 3–5%. Максимальные суточные дебиты скважин достигают 5–6 тыс. т [Ли Го Юй, 1992].

На территории Аравийско-Нубийской платформы широко распространены отложения верхнего протерозоя. В Южном Омани разрез верхнего протерозоя сложен песчано-алевролитоглинистыми породами, доломитами и строматолитовыми доломитами, ангидритами и каменной солью (галит). Аргиллиты обогащены органическим веществом и являются нефтепроизводящими. Эти отложения обособляются в свиту Абу Махара, которая согласно перекрывается строматолитовыми доломитами свиты Куфай. Выше залегают свиты Шурам (кремнистые сланцы) и Буах (строматолитовые доломиты). Разрез инфракембрия на всей рассматриваемой территории завершают доломито-ангидрито-соленосные (галит) отложения свиты Ара. Весь комплекс протерозойских отложений объединяется в группу Хакф. Впервые нефтеносность отложений формации Ара (венд) была установлена в 1956 г. в скв. 1 на месторождении Мармул. Нефть была получена из межсолевых доломитов. В последующем была установлена промышленная нефтеносность месторождений Бирба, Амал, Дахан, Атзел и Мазрад [Конторович и др., 1996].

Несомненно, потенциал древних докембрийских осадочных толщ весьма высок, что подтвер-

ждается наличием таких значительных месторождений во всем мире.

Карбонатные уровни верхнего рифея Волго-Уральской области: шиханская и леузинская свиты и перспективы их нефтегазоносности

В тектоническом отношении Волго-Уральская область представляет собой восточную часть Русской плиты и Предуральский краевой прогиб. На севере ее ограничивают складчатые образования Тимана, на востоке — горный Урал, на юге и западе она граничит с Прикаспийской синеклизой, Сырьевым и Токмовским сводами. В административно-территориальном плане включает республику Удмуртию, платформенные районы Пермского края и республики Башкортостан, а также примыкающие к ним с запада и юга части республики Татарстан, Самарской, Кировской и Оренбургской областей.

Наибольшая концентрация прямых признаков нефтегазоносности приурочена к северным и северо-западным бортам Камско-Бельского авлакогена (КБА) и Орьбаш-Чернушинской приподнятой зоне. Углеводородные проявления рифей-вендской формации тяготеют к бортовым зонам авлакогенов и к участкам поднятий, осложняющих их центральные части. В обоих случаях проявления связаны с зонами систем крупных разломов, осложняющих ложе авлакогенов. Эпигенетические процессы, в результате которых произошла перестройка порового пространства, сопровождалась активной перекристаллизацией коллекторов, а в ряде случаев — их вторичным выщелачиванием. Это привело к тому, что морфологически потенциальные резервуары рифей-вендской формации являются крайне сложными и характеризуются высокой степенью анизотропии [Гатиятуллин, 1994].

Основными нефтегазоматеринскими толщами рифейского комплекса исследователями признаны калтасинская и кабаковская свиты нижнего рифея в северной части КБА, где нефтегазопроявления в карбонатах калтасинского уровня отмечены в скважинах на территории Пермского края (203 Бедряжская, 41 Черновская, 14 Очерская), республики Башкортостан (1 Восточно-Аскинская) и республики Удмуртия (608 Титпинская, скважины Шарканской площади). В среднем рифее к таким толщам отнесены ольховская и тукаевская свиты в центральных и южных частях КБА, а верхнем рифее — леонидовская свита в южной части КБА [Егорова, 1986].

В качестве перспективных нефтегазоносных толщ в верхнем рифее предлагается рассматривать карбонатные отложения шиханской и леузинской свит, вскрытые единичными скважинами в пределах Юрюзано-Сылвенской и Бельской впадин Предуральяского краевого прогиба (рис. 1). Находясь в непосредственной близости к уральскому стратотипу, отложения шиханской и леузинской свит имеют близкий литологический состав, структурно-текстурные особенности с аналогичными отложениями уральского разреза, где проявления УВ были обнаружены в доломитах миньярской свиты верхнего рифея [Горожанин и др., 2014], что значительно расширяет площадь объекта исследований для поисковых работ в восточном направлении.

Шиханская свита впервые была выделена Л.Ф. Солонцовым в 1963 г. со стратотипом в скважине 5 Шиханская, расположенной в Бельской впадине Предуральяского прогиба. Шиханская свита (интервал глубин 3070–3438 м) представлена пестроцветными и темно-серыми известняками и доломитами с прослоями аргиллитов и алевролитов. В 1989 г. в нескольких км южнее скв. 5 Шиханская была пробурена скв. 6 Ахмеровская, где вскрытый в интервале глубин 3190–3430 м разрез шиханской свиты (см. рис. 1) представлен известняками глинистыми с тонкими слоями мергелей и прослоями (толщина 1–5 см) кварцевых и полевошпат-кварцевых алевролитов с глауконитом. Известняки в нижней части темно-серые, почти черные, а в верхней — пестроцветные (зеленовато-серые, вишнево-красные, коричневые, желтовато-коричневые). Отмечаются брекчированные разности известняков. Мощность составляет 240 м. Карбонаты шиханской свиты с глубоким размытием перекрываются тер-

ригенными отложениями байкибашевской свиты венда [Сергеева и др., 2021].

В скважине 1 Леузинская, расположенной в башкирской части Юрюзано-Сылвенской впадины в пределах Леузинской структуры, выявленной в 1977 г. сейсмическим методом МОГТ, шиханская свита вскрыта в интервале глубин 3950–4130 м. Здесь отложения представлены известняками тонко- и мелкозернистыми, пестроокрашенными (темно- и розовато-коричневые, коричневатокрасные и серые часто с голубоватым и зеленоватым оттенками), слабо доломитизированными, отдельными участками перекристаллизованными. Для них характерна субпараллельная неравномерная, тонкая, часто ленточная, волнистая и линзовидная слоистость, обусловленная послонным изменением интенсивности окраски и содержанием глинистого материала. Известняки часто разбиты трещинками (1–2 мм), выполненными светлым доломитом, иногда с зеркалами скольжения. Отмечаются доломиты мелко- и среднекристаллические, коричневатосерые, битуминозно-глинистые. Мощность свиты составляет 180 м. Перекрывается шиханская свита карбонатными отложениями леузинской свиты.

Шиханская свита является основной маркирующей толщей абдулинской серии ВУО и по вещественному составу, структурно-текстурным особенностям, наличию микрофитоцитов верхнерифейского облика практически не отличается от своего уральского возрастного аналога — катавской свиты.

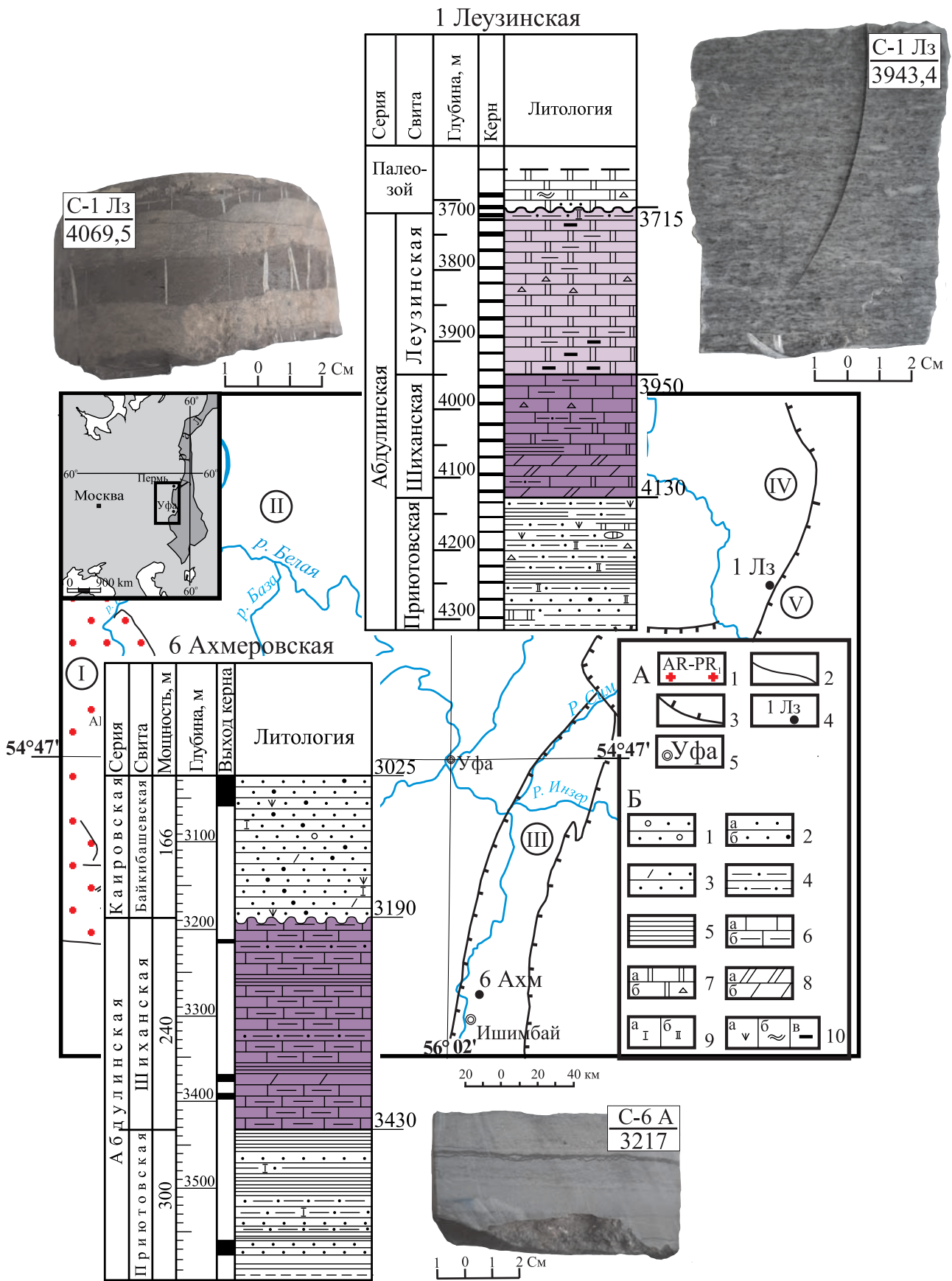
Леузинская свита впервые была выделена В.И. Козловым [Козлов и др., 1999] со стратотипом в скважине 1 Леузинская в интервале глубин 3715–3950 м, где сложена доломитами с тонкими темно-серыми углеродисто-глинистыми слоями с подчиненными прослоями известняков в основании.

Рис. 1. Обзорная карта восточной части Русской плиты ВЕП с расположением скважин и стратиграфическими колонками. По [Сергеева и др., 2021]

I — выступ кристаллического фундамента (Татарский свод); II — восточная часть Русской плиты Восточно-Европейской платформы; III–IV — Предуральский краевой прогиб: Бельская (III) и Юрюзано-Сылвенская (IV) впадины; V — Уральская складчатая система. *Условные обозначения к карте (А):* 1 — кристаллический выступ фундамента; 2 — граница выступа; 3 — границы основных структур; 4 — местоположение скважины; 5 — города. *Условные обозначения к колонкам (Б):* 1 — гравелиты; 2 — песчаники кварцевые (а) и полевошпат-кварцевые (б); 3 — полимиктовые песчаники; 4 — алевролиты; 5 — аргиллиты; 6 — известняки массивные (а) и глинистые (б); 7 — доломиты (а) и брекчированные доломиты (б); 8 — мергель доломитовый (а) и известковистый (б); 9–10 — характеристика породы: 9 — кальцитизация (а) и доломитизация (б); 10 — глауконит (а), растительный детрит (б), углеродистость (в).

Fig. 1. Overview map of the eastern part of the Russian plate of the EEP with the location of wells and stratigraphic columns. According to [Sergeeva et al., 2021]

I — uplift of the crystalline basement (Tatar arch); II — the eastern part of the Russian plate of the East European platform; III–IV — Pre-Uralian foredeep: Belskaya (III) and Yuryuzan-Sylvenskaya (IV) depressions; V — Ural fold system. *Legend to the map (A):* 1 — uplift of the crystalline basement; 2 — boundaries of the uplift; 3 — boundaries of the main structures; 4 — location of the well; 5 — cities. *Legend for columns (B):* 1 — gravelstones; 2 — quartz sandstones (a) and feldspar-quartz sandstones (b); 3 — polyimictic sandstones; 4 — siltstones; 5 — shales; 6 — limestones massive (a) and clayey (b); 7 — dolomites (a) and brecciated dolomites (b); 8 — dolomitic marl (a) and calcareous marl (b); 9–10 — rock characteristics: 9 — calcification (a) and dolomitization (b); 10 — glauconite (a), plant detritus (b), carbon content (v).



Доломиты серые, темно- и светло-серые, иногда со слабым коричневатым оттенком, мелко- и тонкозернистые, прослоями средне- и крупнозернистые. Зерна доломита (размерностью от 0.05 до 0.1 мм, отдельными прослойками до 0.25–0.5 мм) преимущественно ромбоэдрического, угловатого и угловато-ромбоэдрического облика. Слоистость в доломитах неравномерная, слабоволнистая, иногда линзовидная, часто присутствуют глинистые прослойки, местами замутненные гидроокислами железа или пропитанные органическим веществом и почти всегда содержащие рассеянные включения мелких зерен пирита.

В интервале 3896–3944 м в доломите отмечаются тонкие глинистые прослойки, извилистые, часто оборванные, изогнутые, их фрагменты выполняют поровые пространства в доломитовом агрегате. Вдоль глинистых прослоев развивается крупнозернистый водяно-прозрачный доломит. В интервале глубин 3726.0–3753 м доломиты неравномерно брекчированы, с глинистыми прослойками с вкрапленностью пирита в слойках, толщиной около 2–4 мм. Иногда зоны дробления (интервал глубин 3842–3842.7 м) имеют мощность 0.3 м и представлены тектонической брекчией, состоящей из обломков известняка и кристаллического доломита, сцементированных доломитистым глинисто-слюдястым материалом, часто ожелезненным. По разноориентированным трещинкам доломиты милонитизированы. В породах спорадически присутствуют единичные гравийные зерна кварца и отмечаются редкие кальцитовые прожилки. Нижняя граница свиты в керне не наблюдалась и определена по данным коротажа.

По данным [Козлов и др., 1999, 2003], леузинская свита надстраивает разрез верхнего рифея КБА и по стратиграфическому положению является возрастным аналогом подинзерских слоев инзерской свиты стратотипического разреза рифея Южного Урала.

Карбонатные коллектора и перспективы их нефтеносности

Качество коллектора определяют по его фильтрационно-емкостным свойствам, которые, прежде всего, характеризуются пористостью и проницаемостью.

Горные породы, руды, каменные угли, минералы, слагающие земную кору, не являются сплошными телами. Они содержат пустоты, которые в соответствующих условиях заполнены пластовой

водой, различного рода газами, нефтью или смесью флюидов. По происхождению пустоты делятся на первичные, которые сформировались в момент образования горной породы, и вторичные, возникшие уже после образования породы, в процессе ее литогенеза.

Первичные — это различного вида пустоты между обломками (зернами) породы, объем этих пустот будет определяться размером зерен, их однородностью и видом упаковки. Вторичные — трещины и каверны.

Трещиноватость характерна для плотных, низкопористых горных пород. Происхождение трещин чаще всего тектоническое, хотя в природе можно встретить трещины диагенеза (доломитизация карбонатов). Поэтому при изучении карбонатных коллекторов необходимо обращать внимание именно на наличие трещин и каверн.

Изучаемые карбонатные толщи верхнего рифея характеризуются значительной трещиноватостью. В известняках шиханской свиты (скв. 1 Леузинская) трещины имеют разнообразные направления. Их длина по керну изменяется от 1–2 до 10–15 см, а ширина — от мм до 5–10 мм (рис. 2Б).

Мощная толща органогенных (строматолиты) и органогенно-обломочных известняков леузинской свиты (рис. 2А) была вскрыта скважиной на Красноусольской разведочной площади [Сергеева и др., 2020].

На предмет наличия трещин и пор также были изучены петрографические шлифы. Отмечены как открытые полости (рис. 3), так и залеченные различными вторичными минералами — кальцитом, доломитом, кварцем (рис. 4).

Для оценки генерационного потенциала нефтематеринских пород и установления степени катагенетической зрелости органического вещества в нефтяной геологии используется геохимический метод — пиролиз. С его помощью определяется эффективно трансформированная в углеводороды доля исходного генетического потенциала (S_1), остаточный нереализованный потенциал пород (S_2), температура, соответствующая максимуму генерации УВ (T_{max}), и весовое количество органического углерода ($C_{орг}$).

При соотношении вышеуказанных показателей становится возможной оценка степени превращения органического вещества (ОВ) конкретной толщи в нефть или газ. Индекс продуктивности PI, отражает степень фактической реализации генетического потенциала. Значения PI менее 0.15 ограничивают зону незрелого ОВ. Водородный

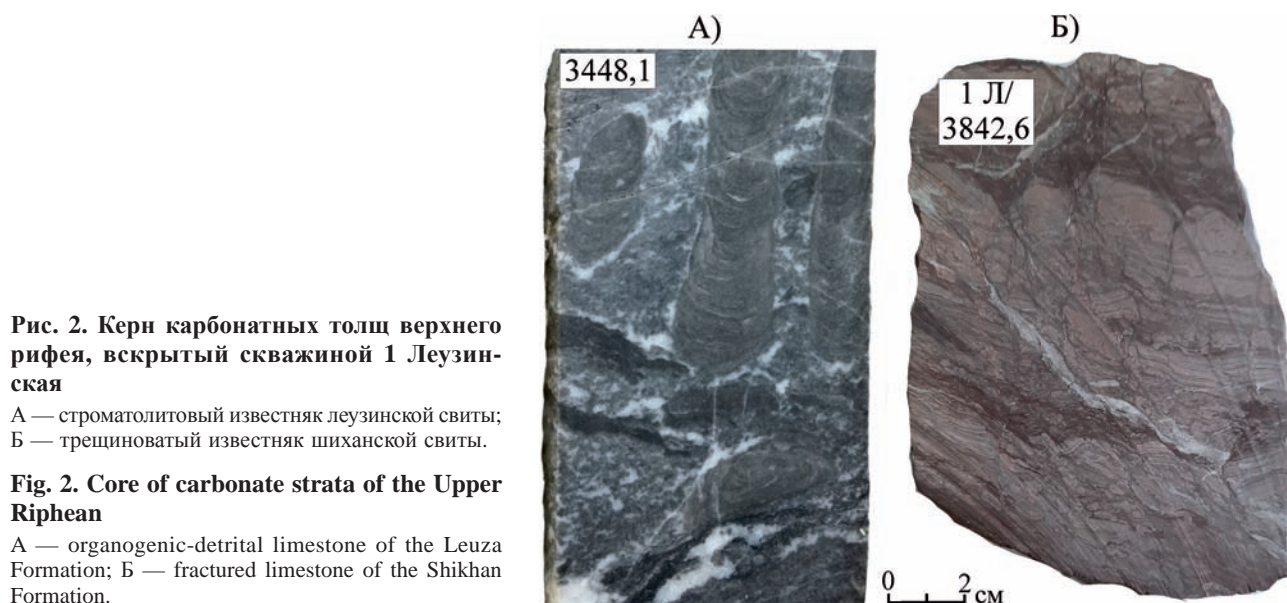


Рис. 2. Керн карбонатных толщ верхнего рифея, вскрытый скважиной 1 Леузинская

А — строматолитовый известняк леузинской свиты; Б — трещиноватый известняк шиханской свиты.

Fig. 2. Core of carbonate strata of the Upper Riphean

А — organogenic-detrital limestone of the Leuza Formation; Б — fractured limestone of the Shikhan Formation.

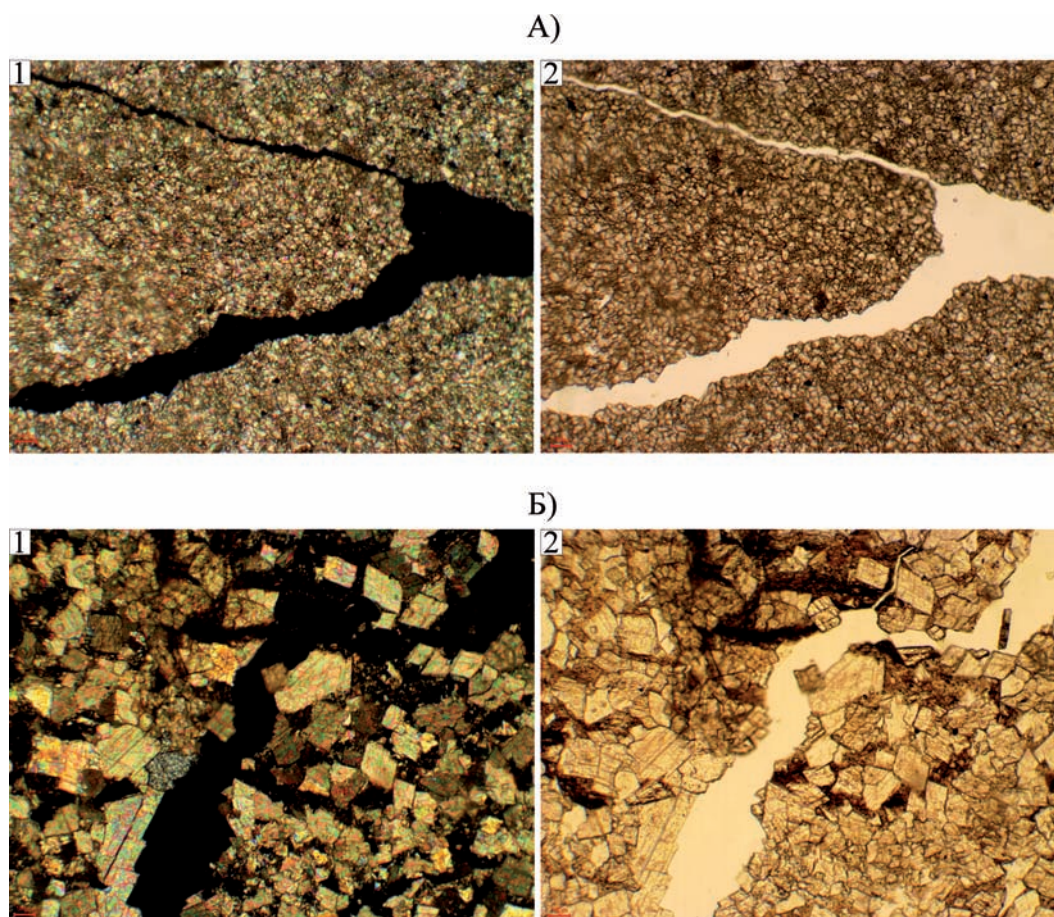


Рис. 3. Микрофотографии трещиноватых карбонатов с открытыми полостями

Условные обозначения: 1 — с анализатором, 2 — без анализатора. А — мелкозернистый известняк шиханской свиты (скв. 6 Ахмеровская, гл. 3372); Б — доломит мелко- и среднезернистый леузинской свиты (скв. 1 Леузинская, гл. 3920).

Fig. 3. Micrographs of fractured carbonates with open cavities

Legend: 1 — with analyzer, 2 — without analyzer. А — ne-grained limestone of the Shikhan Formation (well 6 Akhmerovo, depth 3372); Б — ne and medium-grained dolomite of the Leuza Formation (well 1 Leuza, depth 3920).

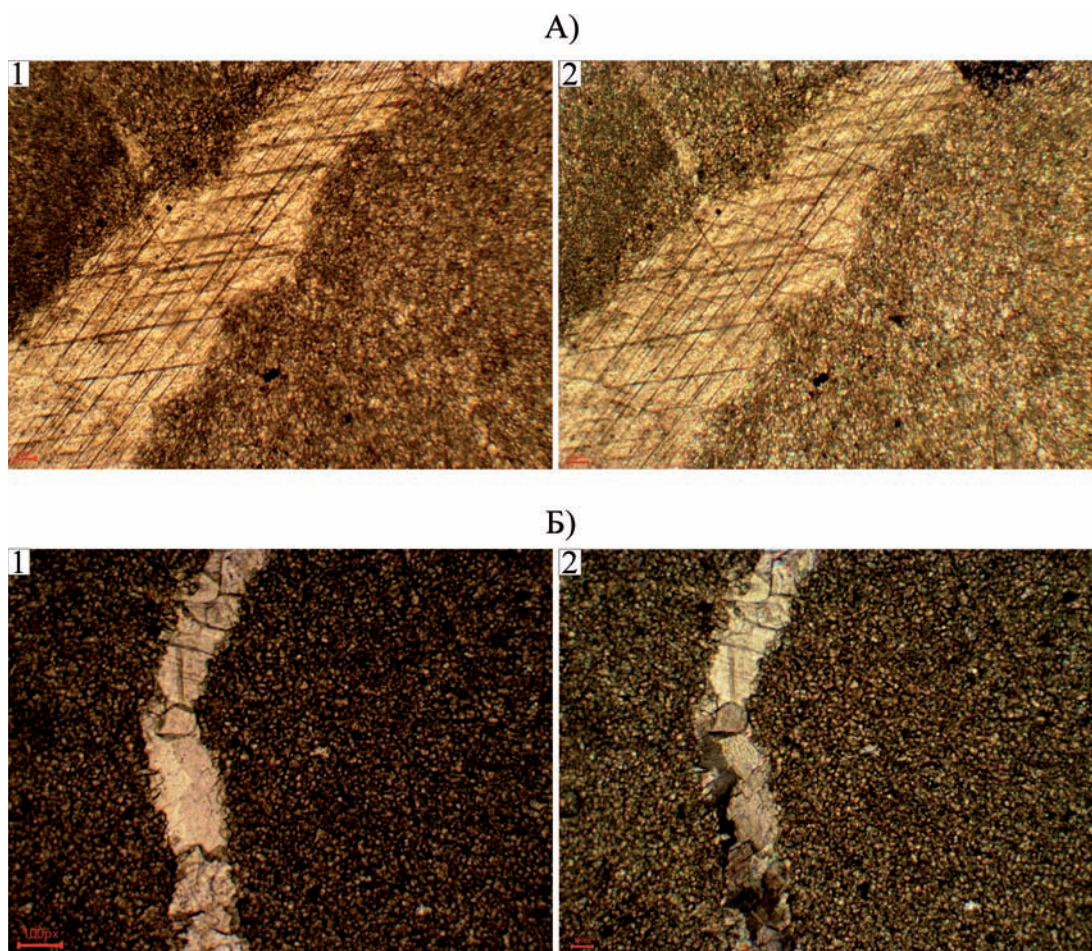


Рис. 4. Микрофотографии известняков с залеченными трещинами

Условные обозначения: 1 — с анализатором, 2 — без анализатора. Трещины заполнены: А — кальцитом (леузинская свита, скв. 1 Леузинская, гл. 3842.6 м) и Б — кварцем (шиханская свита, скв. 6 Ахмеровская, гл. 3375 м).

Fig. 4. Micrographs of healed cracks

Legend: 1 — with analyzer, 2 — without analyzer. A — Tectonic breccia of fine-grained dolomitic limestone. The crack is filled with calcite (Leuza Formation, well 1 Leuza, depth 3842.6); Б — fine-grained limestone. The crack is filled with quartz (Shikhan Formation, well 6 Akhmerovo, depth 3375).

индекс HI отражает нефтидогенерационный потенциал и тип материнского ОВ. В зависимости от его значения нефтегазоматеринские отложения подразделяются на следующие типы [Лопатин, Емец, 1987]: 1) превосходный >600 ; 2) богатый $600-400$; 3) средний $400-200$; 4) умеренный $200-150$; 5) бедный <150 .

По материалам [Козлов и др., 2009], с помощью метода пиролиза исследованы породы, вскрытые скважиной 1 Леузинская. Из отложений шиханской свиты проанализированы 9 образцов (известняка — 3, доломита — 2, мергеля — 3 и аргиллита — 1) из интервала глубин 3820–4118 м. В результате получен вывод, что значение S_2 количественно превосходит S_1 . PI варьирует в пределах 0.30–0.44.

Образцы с низкими значениями PI (0.30–0.34) имеют невысокую T_{max} ($351-357^{\circ}C$), а наибольшие значения T_{max} ($438-450^{\circ}C$), установлены в образцах с самыми большими PI (0.40–0.44). По показателям HI среди НГМ пород свиты наибольшим развитием пользуются бедные (80–181), реже встречаются средние (200–323) и в единичных случаях — богатые (642) типы.

Также изучены доломиты и известняки (по одному образцу) леузинской свиты. Углеводороды обнаружены в количестве десятых долей мг/г породы: $S_1=0.14-0.22$ мг/г и $S_2=0.28-0.42$ мг/г. S_2 преобладает над S_1 . Значения PI невысокие и составляют 0.34–0.35. T_{max} — $356-432^{\circ}C$. Из изложенного сделан вывод о недостаточной степени

зрелости керогена в породах леузинской свиты и начальной стадии процесса превращения его в подвижную микроневфть. По показателям НН (150–170) породы бедные.

Содержание $C_{орг}$, определяющее весовое количество органического углерода, в образцах *шиханской свиты* имеет значительный разброс по концентрации: от 0.02 до 0.85%. Максимальное средневзвешенное содержание $C_{орг}$ выявлено в аргиллитах — 0.36% (при размахе 0.04–0.71%), затем идут мергели — 0.32% (0.05–0.85%), доломиты в различной степени глинистые — 0.27% (0.02–0.60%) и известняки — 0.20% (0.03–0.34%).

Из пород *леузинской свиты* проанализировано 9 образцов, из них доломита — 6 и известняка — 3. Содержание $C_{орг}$ в известняках выявлено в количестве сотых долей процента и в среднем составляет 0.06%. В доломитах выявлено более высокое содержание $C_{орг}$, составляющее в среднем 0.22% при размахе его значений 0.08–0.30%. Авторами [Козлов и др., 2003] высокое содержание $C_{орг}$ в доломитах, в сравнении с известняками, объясняется большим количеством терригенной примеси.

Нами были проанализированы 4 образца карбонатных пород из шиханской и леузинской свит в Центре исследования пород и флюидов (Лаборатория геохимии) АО «КамНИИКИГС». Полученные результаты приведены в таблице, из которой следует, что по содержанию $C_{орг}$ карбонатные породы и шиханской, и леузинской свит имеют значения 0.06–0.08%, что не противоречит данным [Козлов и др., 2003]. Показатель S_1 в известняках шиханской свиты имеет значения 0.02 и 0.03, а S_2 для всех пород имеет нулевое значение. Доля исходного генетического потенциала (S_1) единичных проб имеет низкие значения, а именно 0.02 и 0.03. Доля остаточного потенциала (S_2) имеет нулевые значения. Дальнейшее проведение анализа для большего количества проб из карбонатных пород шиханской и леузинской свит в разрезах скважин позволит оценить потенциал отложений на нефть.

Заключение

Изучение глубокозалегающих отложений докембрия, учитывая наличие крупных месторождений на всех древних платформах в докембрийских толщах наряду со снижением ресурсной базы углеводородов и падающей добычей УВ в отложениях палеозоя Волго-Уральской нефтегазоносной провинции, становится актуальной задачей.

В качестве перспективных нефтегазоносных толщ в верхнем рифее Волго-Уральской области, кроме песчаников леонидовской свиты, предлагается рассматривать карбонатные отложения шиханской и леузинской свит, вскрытые небольшим числом скважин в пределах Юрюзано-Сылвенской и Бельской впадин Предуралья Краевого прогиба.

Положительным критерием выделения объектов на поиски УВ в отложениях верхнего рифея ВУО, прежде всего, является наличие коллекторов, представленных трещиноватыми и кавернозными известняками и доломитами. Трещины имеют разнообразное направление и размеры (длина по керну изменяется от 1–2 до 10–15 см, а ширина — от мм до 5–10 мм). В петрографических шлифах (см. рис. 3 и 4) и образцах керна (см. рис. 2) отмечаются полости, как открытые, так и заполненные кальцитом, доломитом и кварцем. В стратотипе леузинской свиты отмечены зоны дробления, представленные тектонической брекчией, состоящей из обломков известняка и кристаллического доломита, сцементированных доломитистым глинисто-слюдистым материалом, часто ожеженным.

Среди опубликованных данных крайне мало результатов изучения пористости и проницаемости карбонатных пород. Единичные определения пористости доломитов калтасинской свиты нижнего рифея составляют от 0.2 до 3.1%, проницаемость может быть самой разной (от 1 до 100 ф/м) [Проворов и др., 2007]. Данные по изучению шиханской и леузинской свит отсутствуют, поэтому дальнейшее

Таблица (Table)

Свита	Порода	НО	$C_{орг}$, %	S_1 , мг/г	S_2 , мг/г	T_{max} , °C
RF ₃ lz	Известняк	11.49	0.08	0.00	0.00	—
RF ₃ lz	Доломит серый	11.76	0.07	0.00	0.00	—
RF ₃ sh	Известняк серый	19.13	0.08	0.03	0.00	—
RF ₃ sh	Известняк темно-серый	26.80	0.06	0.02	0.00	—

Примечание: T_{max} некондиционный в связи с низкими значениями S_2 .

Notes: T_{max} is substandard due to low values S_2 .

изучение карбонатных коллекторов верхнего рифея Волго-Уральской области необходимо.

Использование геохимического метода (пиролиз) для оценки генерационного потенциала нефтематеринских пород позволило определить степень превращения ОВ конкретных уровней в нефть или газ. В результате сделан вывод о недостаточной степени зрелости керогена в породах леузинской свиты и начальной стадии процесса превращения его в подвижную микронепфть [Козлов и др., 2003]. Ввиду наличия анализов только по скважине 1 Леузинская, нами запланировано дальнейшее изучение большего количества проб из карбонатных пород шиханской и леузинской свит в разрезах других скважин, вскрывших эти отложения, для оценки потенциала отложений на нефть.

Положительным моментом поисковых работ на УВ в докембрийских толщах Волго-Уральской области служит доступность и экономическая освоенность территории. Хорошо развитая инфраструктура нефтегазовой отрасли на территории ВУО позволяет значительно сократить затраты при проведении геологоразведочных работ в регионе.

Исследования выполнены в соответствии с планами научно-исследовательских работ Института геологии Уфимского федерального исследовательского центра РАН (тема гос. задания № 0246-2019-0087).

Список литературы:

Алексеев А. Курс на карбонаты. Разработка карбонатных коллекторов в «Газпром нефти» // Сибирская нефть. 2017. № 1. С. 28–36.

Архангельский А.Д. Где и как искать нефтеносные области СССР // Нефтяное хозяйство. 1929. Т. 6, № 6. С. 791–796.

Белоконь Т.В., Горбачев В.И., Балашова М.М. Строение и нефтегазоносность рифейско-вендских отложений востока Русской платформы. Пермь: Звезда, 2001. 108 с.

Белякова Л.Т., Охотникова С.И. Верхний протерозой Тимана и Мезенской синеклизы // Бюл. МОИП. Отд. геол. 1999. № 3. С. 38–42.

Гаврилов В.П., Дворецкий П.И., Дунаев В.Ф., Пономарев В.А., Руднев А.Н. Геология и нефтегазоносность Московской и Мезенской синеклиз. М.: Недра, 2000. 144 с.

Гатиятуллин Н.С. Диагенетические резервуары УВ в отложениях верхнего докембрия востока Русской платформы // Проблемы развития нефтяной промышленности Татарстана на поздней стадии освоения запасов. Альметьевск, 1994. С. 66–67.

Горожанин В.М., Холлман К., Кузнецов Н.Б. Проявление УВ в верхнепротерозойских отложениях Южного Урала // Геология, полезные ископаемые и проблемы геоэкологии Башкортостана, Урала и сопредельных территорий: Матер.

и докл. 10-й Межрег. науч.-практ. конф., Уфа, 13–15 мая, 2014 г. Уфа: ДизайнПресс, 2014. С. 99–101.

Егорова Н.П. Геохимический критерий нефтегазоносности докембрия Башкирского Приуралья. М.: Недра, 1986. 168 с.

Зеккель Я.Д. Геологические исследования в районе Зимнего берега Белого моря, бассейна Кулоя и низовьев Мезени. М.: Госгеолиздат, 1939. 96 с. (Тр. Сев. геол. упр.; Вып. 3).

Кей Л.С., Крофорд Д.С., Бартли Д.К., Козлов В.И., Сергеева Н.Д., Пучков В.Н. С- и Sr-изотопная хемостратиграфия как инструмент для уточнения возраста рифейских отложений Камско-Бельского авлакогена Восточно-Европейской платформы // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2007. № 1. С. 15–34.

Козлов В.И., Иванова Т.В., Горохов И.М., Масагутов Р.Х., Сергеева Н.Д., Овчинникова Г.В., Кузнецов А.Б., Генина Л.А., Михайлов П.Н., Илеменова О.Д. Литолого-петрографическая характеристика и перспективы нефтегазоносности доверхнедевонских отложений, вскрытых скважиной 1 Леузинская (северо-восток платформенного Башкортостана): Препринт / УНЦ РАН, ООО «ИК БашНИПИнефть», ИГГД РАН. Уфа, 2003. 40 с.

Козлов В.И., Масагутов Р.Х., Ахметшин И.Н., Пучков В.Н., Иванова Т.В., Сергеева Н.Д. Верхний докембрий южного обрамления Красноуфимского выступа кристаллического фундамента. СПб.: Недра, 2009. 336 с.

Козлов В.И., Масагутов Р.Х., Лозин Е.В., Иванова Т.В., Сергеева Н.Д., Генина Л.А., Михайлов П.Н., Андреев Ю.В. Стратиграфия и нефтегазоносность верхнего докембрия Волго-Уральской области // Стратиграфия, палеонтология и перспективы нефтегазоносности рифея и венда восточной части Восточно-Европейской платформы: Матер. Всерос. совещ. Уфа: ИГ УНЦ РАН, 1999. Ч. 1. С. 40–48.

Козлов В.И., Пучков В.Н., Сергеева Н.Д. Новая схема расчленения разреза параметрической скважины 1 Кулгунинская (Южный Урал). Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2011. 60 с.

Конторович А.Э., Трофимук А.А., Башарин А.К., Беляев С.Ю., Фрадкин Г.С. Глобальные закономерности нефтегазоносности докембрия Земли // Геология и геофизика. 1996. Т. 37, № 8. С. 6–42.

Кутукова Н.М. Реконструкция геологического строения, условий формирования и прогноз углеводородных скоплений рифейских отложений Камовского свода Байкитской антеклизы Восточной Сибири (на примере Юрубчено-Тохомского месторождения): Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук / ИПНГ РАН. М., 2020. 27 с.

Лагутенкова Н.С., Чепикова И.К. Верхнедокембрийские отложения Волго-Уральской области и перспективы их нефтегазоносности. М.: Недра, 1982. 224 с.

Лопатин Н.В., Емец Т.П. Пиролиз в нефтегазовой геохимии. М.: Наука, 1987. 143 с.

Ли Го Юй. Геология нефти и газа Китая / Под ред. В.С. Вышемирского. Новосибирск: ОИГТМ СО РАН, 1992. 37 с.

Проворов В.М., Неганов В.М., Передереева Г.Л., Медведева Н.В., Ехлаков Ю.А., Соснин Н.Е., Мяжкова Л.В.,

Фрик М.Г., Серкин М.Ф. Перспективы нефтегазоносности рифей-вендских отложений Бедряжской площади и сопредельных районов Калтасинского авлакогена // Вестник Пермского университета. Геология. 2007. №4. С. 32–45.

Сергеева Н.Д., Дьяконова О.Б., Козлова О.В. Стратиграфическое расчленение допалеозойских отложений, вскрытых в Предуральском краевом прогибе скважиной 40 Красноустьевская // Геология, полезные ископаемые и проблемы геоэкологии Башкортостана, Урала и сопредельных территорий: Матер. и докл. 13-й Межрег. науч.-практ. конф., Уфа, 20–22 мая 2020 г. Уфа: Мир печати, 2020. С. 141–146.

Сергеева Н.Д., Пучков В.Н., Карасева Т.В. Верхний протерозой (рифей и венд) Волго-Уральской области в параметрических и глубоких скважинах. Уфа: Книга-Принт, 2021. 196 с.

Стратиграфическая схема рифейских и вендских отложений Волго-Уральской области: Объяснительная записка / Сост. Е.М. Аксенов, В.И. Козлов. Уфа, 2000. 81 с. + схема 2 л.

Тимергазин К.Р. Додевонские образования западной Башкирии и перспективы их нефтегазоносности. Уфа: БФАН СССР, 1959. 311 с.

Янкаускас Т.В. Растительные микрофоссилии верхнего докембрия и кембрия европейской части СССР и их стратиграфическое значение: Автореф. дис. ... д-ра геол.-мин. наук. М., 1982. 52 с.

References:

Alekseev A. (2017) Course towards carbonates. Development of carbonate reservoirs at Gazprom Neft. *Sibirskaya nefi' – Siberian oil*, (1), 28-36. (In Russian).

Arkhangel'skii A.D. (1929) Where and how to look for oil-bearing regions of the USSR. *Neftjanoe hozjajstvo – Oil industry*, 6(6), 791-796. (In Russian).

Belokon' T.V., Gorbachev V.I., Balashova M.M. (2001) *Stroenie i neftegazonosnost' rifejsko-vend'skikh otlozhenii vostochno-Russkoi platformy* [Structure and oil and gas content of the Riphean-Vendian deposits in the east of the Russian platform]. Perm', Zvezda Publ., 108 p. (In Russian).

Belyakova L.T., Okhotnikova S.I. (1999) Upper Proterozoic Timan and Mezen syncline. *Byul. MOIP. Otd. geol. – Bulletin of the Moscow society of the testers of nature. Division is geological*, (3), 38-42. (In Russian).

Egorova N.P. (1985) *Geokhimicheskii kriterii neftegazonosnosti dokembriya Bashkirskogo Priural'ya* [Geochemical criterion of oil and gas content of the Precambrian Bashkir Urals]. Moscow, Nedra Publ., 168 p. (In Russian).

Gatiyatullin N.S. (1994) Diagenetic reservoirs of hydrocarbons in the sediments of the Upper Precambrian of the east of the Russian platform. *Problemy razvitiya neftyanoi promyshlennosti Tatarstana na pozdnei stadii osvoeniya zapasov* [Problems of the development of the oil industry of Tatarstan at the late stage of reserves development]. Almet'yevsk, 66-67. (In Russian).

Gavrilov V.P., Dvoreckii P.I., Dunaev V.F., Ponomarev V.A., Rudnev A.N. (2000) *Geologiya i neftegazonosnost' Moskovskoi*

i Mezenskoi sinekliz [Geology and oil and gas potential of the Moscow and Mezen synclines]. Moscow, Nedra Publ., 144 p. (In Russian).

Gorozhanin V.M., Kholman K., Kuznetsov N.B. (2014) Hydrocarbon manifestation in the Upper-Prterozoic sediments of the Southern Urals. *Geologiya, poleznye iskopaemye i problemy geoekologii Bashkortostana, Urala i sopredel'nykh territorii*. Mater. i dokl. 10-i Mezreg. nauch.-prakt. konf., Ufa, 13-15 maya, 2014 g. [Geology, minerals and problems of geoecology of Bashkortostan, the Urals and adjacent territories. Materials and reports. 10th Interregional scientific-practical conference. Ufa, May 13-15, 2014]. Ufa, DesignPress, 99-101. (In Russian).

Kei L.S., Krofod D.S., Bartli D.K., Kozlov V.I., Sergeeva N.D., Puchkov V.N. (2007) C- and Sr-isotope chemostratigraphy as a tool for specifying the age of the Riphean deposits of the Kama-Bel'sk aulacogen of the East European platform. *Stratigrafija. Geologicheskaja korreljacija – Stratigrafiya. Geological correlation*, (1), 15–34. (In Russian).

Kontorovich A.Je., Tro muk A.A., Basharin A.K., Belyaev S.Ju., Fradkin G.S. (1996) Global regularities of oil and gas content of the Precambrian of the Earth. *Geologiya i geofizika – Geology and Geophysics*, 37(8), 6-42. (In Russian).

Kozlov V.I., Ivanova T.V., Gorokhov I.M., Masagutov R.H., Sergeeva N.D., Ovchinnikova G.V., Kuznecov A.B., Genina L.A., Mikhajlov P.N., Ilemenova O.D. (2003) *Litologo-petrograficheskaya kharakteristika i perspektivy neftegazonosnosti doverhnedevonskikh otlozhenii, vskrytykh skvazhinoi 1 Leuzinskaya (severo-vostok platformennogo Bashkortostana)* [Lithological and petrographic characteristics and prospects of oil and gas content of the pre-Upper Devonian deposits, exposed by well 1 Leuzinskaya (north-east of platform Bashkortostan)]. Ufa, 40 p. (In Russian).

Kozlov V.I., Masagutov R.H., Akhmetshin I.N., Puchkov V.N., Ivanova T.V., Sergeeva N.D. (2009) *Verhni dokembrii yuzhnogo obramleniya Krasnoufimskogo vystupa kristallicheskogo fundamenta* [Upper Precambrian of the southern framing of the Krasnou mskii ledge of the crystalline basement]. St. Petersburg, Nedra Publ., 336 p. (In Russian).

Kozlov V.I., Masagutov R.H., Lozin E.V., Ivanova T.V., Sergeeva N.D., Genina L.A., Mikhajlov P.N., Andreev Ju.V. (1999) Stratigraphy and oil and gas potential of the Upper Precambrian of the Volga-Ural region. *Stratigrafiya, paleontologiya i perspektivy neftegazonosnosti rifeja i vosta vostochnoi chasti Vostochno-Evropejskoi platformy*. Materialy Vserossiiskogo soveshchaniya. Chast' 1 [Materials of the All-Russian meeting "Stratigraphy, paleontology and oil and gas potential of the Riphean and Vendian of the eastern part of the East European platform". Part 1]. Ufa, IG USC RAS, 40-48. (In Russian).

Kozlov V.I., Puchkov V.N., Sergeeva N.D. (2011) *Novaya skhema raschleneniya razreza parametriceskoi skvazhini 1 Kulguninskaya (Yuzhnyi Ural)* [A new scheme for dismembering the section of parametric well 1 Kulguninskaya (South Urals)]. Ufa, DesignPoligrafService Publ., 2011, 60 p.

Kutukova N.M. (2020) *Rekonstruktsiya geologicheskogo stroyeniya, usloviy formirovaniya i prognoz uglevodorodnykh skopleniy rifejskikh otlozheniy Kamovskogo svoda Baykit'skoy anteklizy Vostochnoy Sibiri (na primere Yurubcheno-Tokhomskoi)*

go mestorozhdeniya). Avtoref. diss. ... cand. geol.-min. nauk [Reconstruction of the geological structure, formation conditions and forecast of hydrocarbon accumulations of the Riphean deposits of the Kamovsky arch of the Baikit anteclise in Eastern Siberia (on the example of the Yurubcheno-Tokhomsky eld). Author's abstract. dis. ... Cand. geol.-min. Science]. Moscow, IOGP RAS, 27 p. (In Russian).

Lagutenkova N.S., Chepikova I.K. (1982) *Verhnedokembrijskie otlozheniya Volgo-Ural'skoj oblasti i perspektivy ih neftegazonosnosti* [Upper Precambrian deposits of the Volga-Uralian area and the prospects for their oil and gas potential]. Moscow, Nedra Publ., 224 p. (In Russian).

Li Guo Yu (1992) *Geologiya nefti i gaza Kitaya* [Geology of oil and gas of China]. V.S. Vyshemirsky (ed.). Novosibirsk, JIGGM SO RAN Publ., 37 p. (In Russian).

Lopatin N.V., Emec T.P. (1987) *Piroliz v neftegazovoi geohimii* [Pyrolysis in oil and gas geochemistry]. Moscow, Nauka Publ., 143 p. (In Russian).

Provorov V.M., Neganov V.M., Peredreeva G.L., Medvedeva N.V., Ekhlakov Ju.A., Sosnin N.E., Myagkova L.V., Frik M.G., Serkin M.F. (2007) Prospects for oil and gas potential of the Riphean-Vendian deposits of the Bedryazhskaya area and adjacent negative Kaltasa aulacogen. *Vestnik Permskogo universiteta. Geologiya – Bulletin of Perm University. Geology*, (4). 32-45. (In Russian).

Sergeeva N.D., Diakonova O.B., Kozlova O.V. (2020) Stratigraphic subdivision of pre-Paleozoic sediments uncovered in the Cis-Ural foredeep by well 40 Krasnousolskaya. *Geologiya, poleznye iskopaemye i problemy geoekologii Bashkortostana, Urala i sopredel'nyh territorii*. Mater. i dokl. 13-i Mezhhreg. nauch.-prakt. konf., Ufa, 20–22 maya 2020 g. [Geology, minerals and problems of geocology of Bashkortostan, the

Urals and adjacent territories. Mater. and reports. 13th Inter-regional scientific-practical Conf., Ufa, May 20-22, 2020]. Ufa, Mir pechati Publ., 141-146. (In Russian).

Sergeeva N. D., Puchkov V. N., Karaseva T. V. (2021) *Verhnii proterozoiy (rifei i vend) Volgo-Ural'skoj oblasti v parametricheskikh i glubokikh skvazhinakh* [Upper Proterozoic (Riphean and Vendian) of the Volga-Ural region in parametric and deep wells]. Ufa, Kniga-Print Publ., 196 p. (In Russian).

Stratigraficheskaya skhema rifeiskikh i vendskikh otlozhenii Volgo-Ural'skoj oblasti. Obyasnitel'naya zapiska [Stratigraphic diagram of the Riphean and Vendian deposits of the Volga-Ural region. Explanatory note] (2000) Compiled by E.M. Aksenov, V.I. Kozlov. Ufa, 81 p. + scheme 2 p. (In Russian).

Timergazin K.R. (1959) *Dodevonskie obrazovaniya zapadnoy Bashkirii i perspektivy ih neftegazonosnosti* [Pre-Devonian formations of western Bashkiria and the prospects for their oil and gas potential]. Ufa, Bashkir branch AS USSR Publ., 311 p. (In Russian).

Yankauskas T.V. (1982) *Rastitel'nye mikrofosilii verhnego dokembriya i kembriya evropejskoi chasti SSSR i ih stratigraficheskoe znachenie*. Avtoref. dis. ... d-ra geol.-min. nauk [Plant microfossils of the Upper Precambrian and Cambrian of the European part of the USSR and their stratigraphic significance. Extended abstr. ... Doctor of Sci. (Geology, Mineralogy) dissertation]. Moscow, 52 p. (In Russian).

Zekkel' Ja.D. (1939) *Geologicheskie issledovaniya v raione Zimnego berega Belogo morya, basseina Kuloya i nizov'ev Mezeni* [Geological investigations in the area of the Zimny coast of the White Sea, the Kuloi basin and the lower reaches of the Mezen]. Moscow, Gosgeolizdat Publ., 96 p. (In Russian).

Сведения об авторе:

Солодова Светлана Андреевна, Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), Россия, г. Уфа. E-mail: Solodova.IG@yandex.ru

About the autor:

Solodova Svetlana Andreevna, Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Russia, Ufa. E-mail: Solodova.IG@yandex.ru