УДК 551.72+553.9 (234.853) DOI: http://doi.org/10.31084/2619-0087/2018-2-6

СТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ КОРРЕЛЯЦИЯ ОТЛОЖЕНИЙ РИФЕЯ ВОЛГО-УРАЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ И ЮЖНОГО УРАЛА И ИХ ПРОСТРАНСТВЕННОЕ ВЗАИМООТНОШЕНИЕ В ЗОНЕ СОПРЯЖЕНИЯ ПЛАТФОРМЕННЫХ И СКЛАДЧАТЫХ СТРУКТУР ПО СЕЙСМИЧЕСКИМ МАТЕРИАЛАМ

© 2018 г. Н. Д. Сергеева, В. Н. Пучков, А. А. Ратов, О. В. Козлова

Реферат. Корреляция отложений рифея Волго-Уральской области и Южного Урала предпринята в связи с получением новых данных изотопно-геохронологических и стратиграфических исследований геологических разрезов обнажений и глубоких параметрических скважин в рассматриваемых регионах. Сходные черты состава и строения осадочных последовательностей складчатой области (Южный Урал) и авлакогенов (Волго-Уральская область) свидетельствуют о близких условиях формирования рассматриваемых образований и тесной связи осадочных бассейнов рифейского времени, что хорошо увязывается с материалами глубинного строения рассматриваемых регионов, полученными в результате анализа данных сейсморазведочных работ, проведенных трестом «Башнефтегеофизика» с целью изучения Предуральского краевого прогиба и западной части Уральской складчатой области.
Ключевые слова: рифей, венд, свита, стратиграфия, авлакоген, корреляция, Южный Урал, Волго-Уральская область

CORRELATION OF DEPOSITS OF THE RIPHEAN OF THE VOLGO-URALIAN AREA AND THE SOUTHERN URALS AND THEIR RELATIONSHIPS IN THE ZONE OF CONJUNCTION OF THE PLATFORM AND FOLDBELT STRUCTURES AFTER SEISMIC DATA

N. D. Sergeeva, V. N. Puchkov, A. A. Ratov, O. V. Kozlova

Abstract. The correlation of Upper Precambrian deposits in aulacogens of the Volgo-Uralian area and pericratonic basins of the Southern Urals is based on materials received in result of study of deep parametric boreholes in the regions under study. The comparable features of composition and structure of sedimentary successions of pericratonic basins (the Southern Urals) and aulacogens (Volgo-Uralian area) indicate at comparable conditions of formation of the sediments under discussion and a close connection of sedimentary basins of the Riphean time. It is well coordinated with the materials of deep structure of the regions under the study obtained by seismic works, fulfilled by the "Bashneftegeofizika" Trust with the aim of study of the Preuralian foredeep and the western part of the Uralian foldbelt.
Keywords: Riphean, Vendian, Formation, stratigraphy, correlation, Southern Urals, Volga-Ural area

Для цитирования: Сергеева Н.Д., Пучков В.Н., Ратов А.А., Козлова О.В. Стратиграфическая корреляция отложений рифея Волго-Уральской области и Южного Урала и их пространственное взаимоотношение в зоне сопряжения платформенных и складчатых структур по сейсмическим материалам // Геологический вестник. 2018. №2. С. 79–95. DOI: http://doi.org/10.31084/2619-0087/2018-2-6.

For citation: Sergeeva N.D., Puchkov V.N., Ratov A.A., Kozlova O.V. Correlation of deposits of the Riphean of the Volgo-Uralian area and the Southern Urals and their relationships in the zone of conjunction of the platform and foldbelt structures after seismic data // Geologicheskii vestnik. 2018. No. 2. P. 79–95. DOI: http://doi.org/10.31084/2619-0087/2018-2-6.

Введение

Изучение мощного осадочного комплекса отложений верхнего докембрия (рифея и венда) Волго-Уральской области (ВУО) и Южного Урала (рис. 1) имеет важное значение для познания закономерностей формирования крупных осадочных бассейнов в пределах авлакогенов и складчатых областей и оценки перспектив на поиски полезных ископаемых в отложениях этих структур. Успешному решению проблем формирования осадочных комплексов авлакогенов и складчатых областей способствует правильное понимание их стратиграфии.

Особая роль при межрегиональной стратиграфической корреляции рассматриваемых отложений принадлежит Региональным стратиграфическим схемам, которые в связи с получением новых геологических и, прежде всего, изотопно-геохронологических данных значительно усовершенствованы [Козлов, Пучков, 2006; Пучков и др., 2016, 2017; Сергеева, Пучков, 2016]. Выделенные по литолого-стратиграфическим, минералогическим, хемостратиграфическим, геохронологическим и др. признакам маркирующие горизонты (стратоны региональных схем) позволяют не только скоррелировать геологические разрезы рифейских отложений авлакогенов и складчатых областей, но и отразить особенности формирования осадков в зоне сопряжения структур (Русской плиты и Уральской складчатой области).

Региональные маркирующие горизонты

Согласно сводным литолого-стратиграфическим разрезам Южного Урала [Пучков и др., 2016, 2017] и ВУО [Сергеева, Пучков, 2016] в нижнем рифее выделены бурзянская и кырпинская серии соответственно (рис. 2).

Бурзянская серия в страторегионе Тараташского антиклинория включает айскую, саткинскую и бакальскую свиты, общая мощность отложений которых превышает 6 км [Козлов и др., 1989]. В Ямантауском антиклинории возрастные аналоги айской, саткинской и бакальской свит имеют некоторые отличительные особенности состава, строения и биостратиграфической характеристики и обособлены здесь в большеинзерскую, суранскую и юшинскую свиты (см. рис. 2Б). В бурзянской серии в качестве основного маркирующего горизонта выделена саткинская свита. Она сложена преимущественно доломитами и известняками, содержащими строматолиты и микрофитолиты I (нижнерифейского) комплекса, с прослоями и пачками глинистых и углеродисто-глинистых сланцев, часто известковистых, местами с микрофоссилиями нижнего рифея [Келлер и др., 1983; Козлов и др., 1989; Сергеев и др., 2010]. По изотопным данным верхний возрастной предел саткинской свиты контролирует среднерифейский интрузивный магматизм. Для габбродолеритов, прорывающих доломиты саткинской свиты на окраине г. Куса, получена ^{40}Ar-^{39}Ar датировка 1360±9 млн лет [Ernst et al., 2006]. Внедрение габбро Бердяушского массива в нижнерифейские осадочные толщи саткинской свиты произошло в период от 1410 до 1390 млн лет, согласно изотопным данным, полученным U-Pb методом (SHRIMP-II) по циркону и Sm-Nd — по валовым пробам, циркону и др. минералам [Краснобаев и др., 2011]. Для перекрывающих саткинскую свиту известняков бакальской свиты получен Pb-Pb возраст 1430±30 млн лет [Кузнецов и др., 2003], а для Главной бакальской дайки, прорывающей отложения бакальской сви-

→

Условные обозначения к рис. 1: 1 — границы структур первого порядка: I — восточная окраина Восточно-Европейской платформы (Волго-Уральская область, авлакогены: Б — Камско-Бельский, Г — Серноводско-Абдулинский), II — Предуральский краевой прогиб, III — Уральская складчатая система; 2 — границы структур второго порядка; 3 — основные тектонические разломы (цифры в треугольниках): 1 — Зильмердакский, 2 — Зюраткульский, 3 — Главный Уральский; 4 — региональные сейсмические профили; 5 — выступы пород кристаллического фундамента, своды: А — Красноуфимский, В — Татарский, Д — Оренбургский; 6 — местоположение скважины, ее номер и название разведочной площади; 7 — города. **Названия разведочных площадей:** АП — Азино-Пальниковская, Ар — Арланская, Ахм — Ахмеровская, Б — Бедряжская, ВА — Восточно-Аскинская, Кб — Кабаковская, Кпч — Кипчакская, Клг — Кулгунинская, Лз — Леузинская, МА — Мензелино-Актанышская, Ндж — Надеждинская, Шх — Шиханская, Шкп — Шкаповская.

Legend to fig. 1: 1 — boundaries of the first order structures: I — the eastern margin of the East European platform (Volgo-Uralian area, aulacogens: Б — Kama-Belsk, Г — Sernovodsk-Abdulino), II — Preuralian foredeep, III — Uralian foldbelt; 2 — boundaries of second order structures; 3 — main tectonic faults (numbers in triangles): 1 — Zilmerdak, 2 — Zuratkul, 3 — Main Uralian; 4 — regional seismic profiles; 5 — uplifts of the crystalline basement, arcs: А — Krasnoufimsk, В — Tatarian, Д — Orenburg; 6 — location of a borehole, its number, and name of the prospecting area; 7 — towns. **The names of prospecting areas:** АП — Azino-Palnikovsk, Ар — Arlan, Ахм — Akhmerovo, Б — Bedryazh, ВА — Vostochno-Askino, Кб — Kabakovo, Кпч — Kipchak, Клг — Kulgunino, Лз — Leuza, МА — Menzelino-Aktanysh, Ндж — Nadezhdino, Шх — Shikhan, Шкп — Shkapovo.

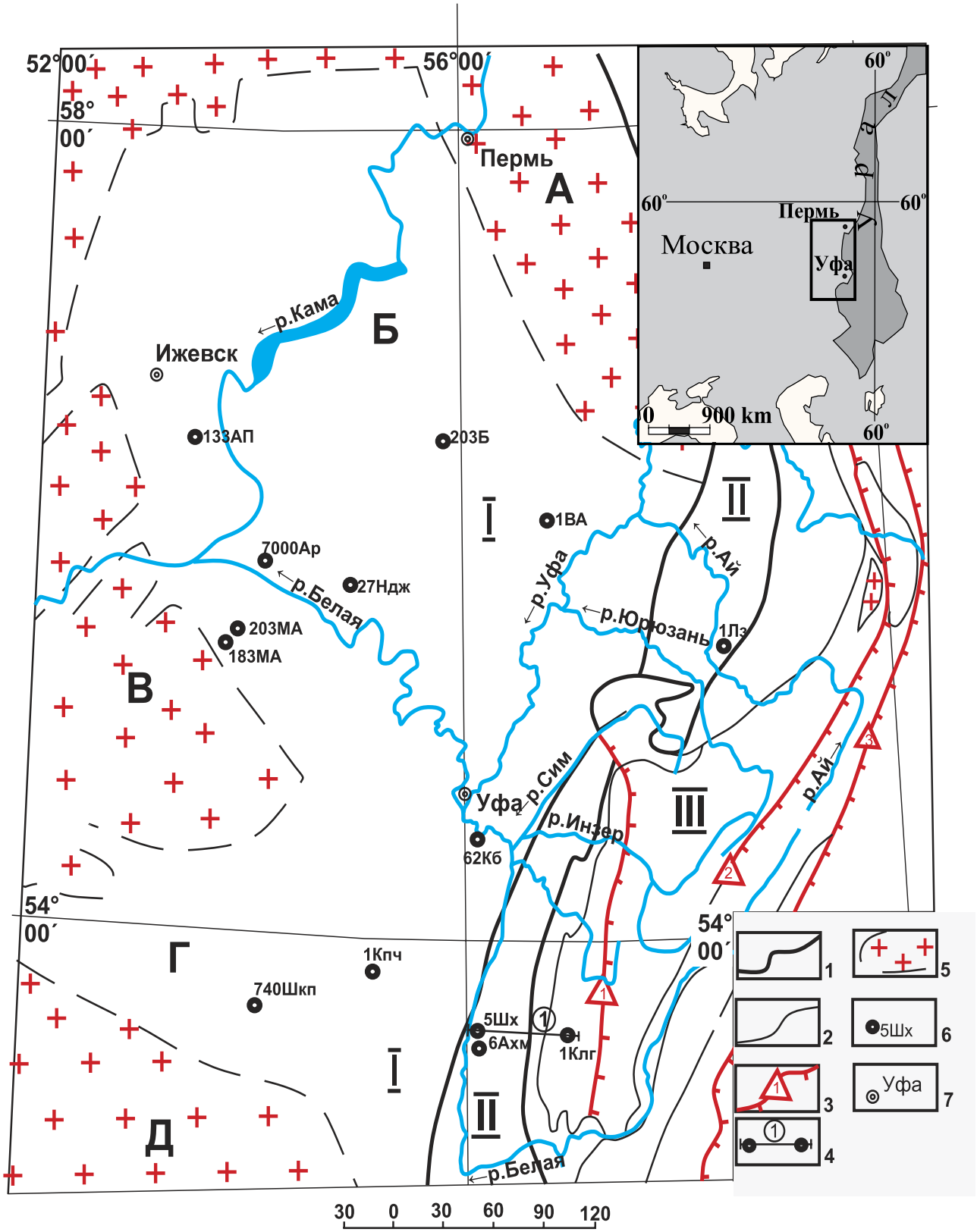
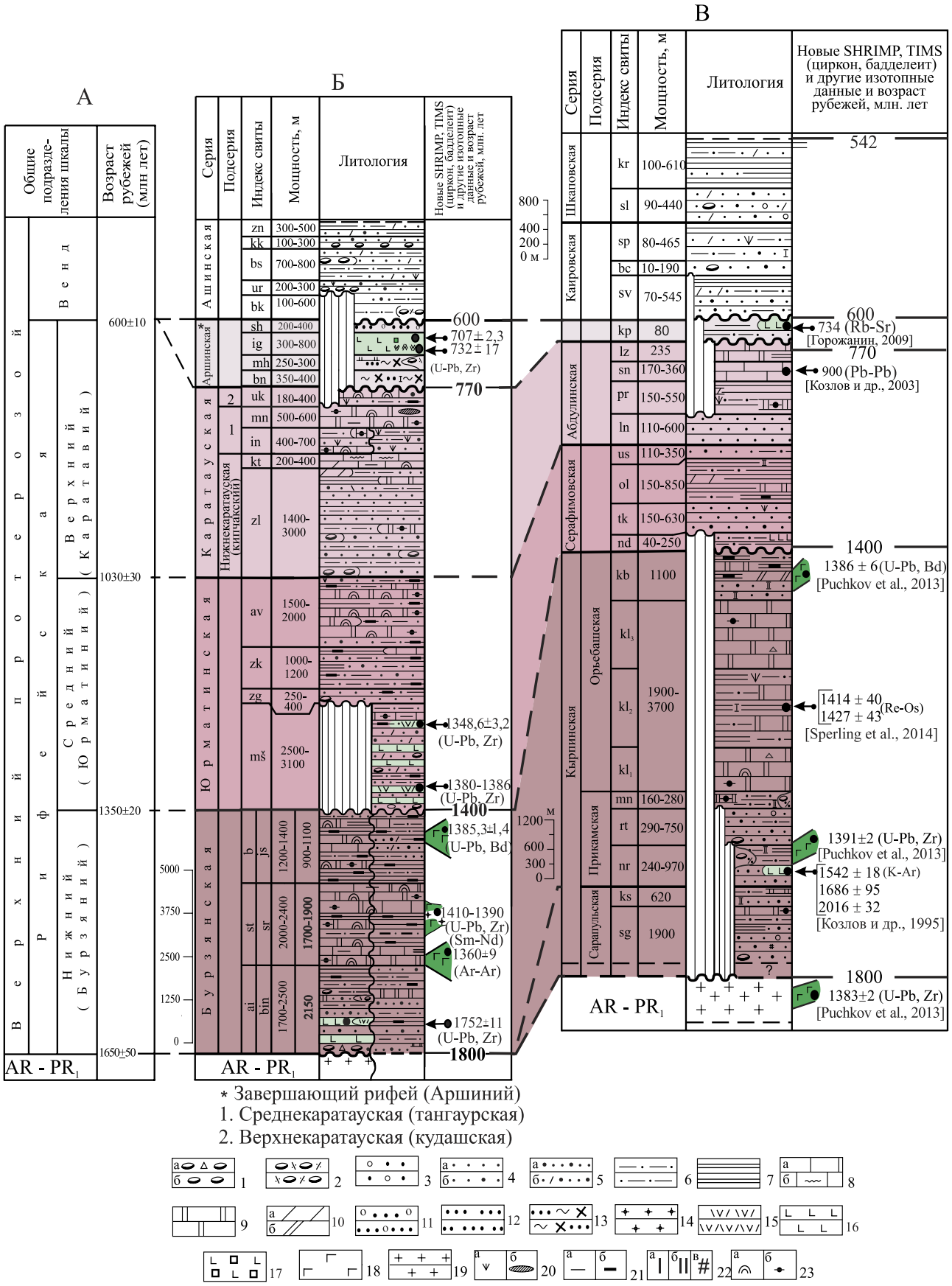


Рис. 1. Карта-схема основных структур Волго-Уральской области и Южного Урала и расположение скважин

Fig. 1. The schematic map of the main structures of the Volgo-Uralian area and Southern Urals, with location of boreholes


А
Б
В
Общие подразделения шкалы
Возраст рубежей (млн лет)
Серия
Подсерия
Индекс свиты
Мощность, м
Литология
Новые SHRIMP, TIMS (циркон, баддеелит) и другие изотопные данные и возраст рубежей, млн. лет
Венд
Верхний (Каратавский)
Средний (Юрматинский)
Нижний (Бурзянский)
Верхнерифейская
Верхнепротерозойская
Ашинская
Аршинская
Каратауская
Нижнекаратауская (кипчакский)
Юрматинская
Бурзянская
Шкаповская
Каировская
Абдулинская
Серафимовская
Кыршинская
Оръебашская
Прикамская
Сарапульская
600±10
1030±30
1350±20
1650±50
AR - PR1
600
770
1400
1800
707±2,3
732±17
(U-Pb, Zr)
1348,6±3,2
(U-Pb, Zr)
1380-1386
(U-Pb, Zr)
1385,3±1,4
(U-Pb, Bd)
1410-1390
(U-Pb, Zr)
(Sm-Nd)
1360±9
(Ar-Ar)
1752±11
(U-Pb, Zr)
542
734 (Rb-Sr)
[Горожанин, 2009]
900 (Pb-Pb)
[Козлов и др., 2003]
1386 ± 6(U-Pb, Bd)
[Puchkov et al., 2013]
1414 ± 40
1427 ± 43 (Re-Os)
[Sperling et al., 2014]
1391±2 (U-Pb, Zr)
[Puchkov et al., 2013]
1542 ± 18 (K-Ar)
1686 ± 95
2016 ± 32
[Козлов и др., 1995]
1383±2 (U-Pb, Zr)
[Puchkov et al., 2013]
* Завершающий рифей (Аршиний)
1. Среднекаратауская (тангаурская)
2. Верхнекаратауская (кудашская)

ты, был определен возраст (1385±1.4 млн лет) по бадделеиту [Ernst et al., 2006]. Изотопные датировки габбродолеритов, интрудирующих отложения саткинской и перекрывающей ее бакальской свит, а также Pb-Pb возраст известняков бакальской свиты надежно определяют возраст и стратиграфическую позицию саткинской и бакальской свит в составе бурзянской серии нижнего рифея.

Кырпинская серия, включающая сигаевскую, костинскую, норкинскую, ротковскую, минаевскую, калтасинскую и кабаковскую свиты, выделяется как основной этап развития Волго-Уральской области, в течение которого шло накопление терригенно-карбонатных осадков общей мощностью более 9 км (см. рис. 2).

Основной маркирующей толщей в осадочных комплексах верхнего докембрия Волго-Уральской области является калтасинская свита. Она сложена доломитами, меньше известняками, отмечаются редкие прослои аргиллитов, а в средней части разреза свиты (арланская подсвита) развиты полевошпат-кварцевые алевролиты и песчаники. Карбонатные породы содержат строматолиты и микрофитолиты I (нижнерифейского) комплекса, а аргиллиты — микрофоссилии нижнего рифея, аналогичные таковым из саткинской и бакальской свит стратотипических разрезов рифея Южного Урала. Кровля и подошва калтасинской свиты являются прекрасными отражающими горизонтами (ОГ) при проведении геофизических работ МОГТ (соответственно III и IV ОГ), дополнительными ОГ являются кровля и подошва средней (арланской) подсвиты (соответственно IV_a и IV_c ОГ). По составу, структурно-текстурным особенностям и характерному внешнему облику карбонатные породы калтасинской свиты образуют единое сложно построенное геологическое тело, прослеживаемое в Камско-Бельском и Серноводско-Абдулинском авлакогенах ВУО. Для аргиллитов арланской подсвиты калтасинской свиты в скважине 203 Бедряжская (Камско-Бельский авлакоген) были получены Re-Os изотопные датировки (1414±40 млн лет и 1427±43 млн лет [Sperling et al., 2014]), подтверждающие раннерифейский возраст калтасинской свиты. C- и Sr- хемостратиграфические исследования карбонатных пород калтасинской свиты по скважинам 133 Азино-Пальниковская и 203 Бедряжская показали, что хемостратиграфические профили калтасинской свиты резко отличаются от таковых для верхов среднерифейских и для верхнерифейских отложений Южного Урала, но близки к значениям, зарегистрированным в отложениях более древних, чем 1300 млн лет [Кей и др., 2007], что согласуется с Re-Os изотопными датировками аргиллитов калтасинской свиты [Sperling et al., 2014].

Таким образом, калтасинская свита — основной маркирующий горизонт кырпинской серии, по стратиграфическому положению, составу, биостратиграфической характеристике и имеющимся изотопным датировкам уверенно сопоставляется с саткинской и ее возрастным аналогом — суранской свитой нижнего рифея стратотипических разрезов Башкирского мегантиклинория на Южном Урале.

Подстилающие калтасинскую свиту отложения прикамской подсерии (разнозернистые полевошпат-кварцевые, субаркозовые и аркозовые

←

Рис. 2. Общие подразделения Стратиграфической шкалы верхнего докембрия России [Семихатов и др., 1991, Стратиграфический кодекс..., 2006] (А) и Сводные литолого-стратиграфические колонки верхнедокембрийских образований Южного Урала (Б) и Волго-Уральской области (В) [Пучков и др., 2016, 2017; Сергеева, Пучков, 2016]

Условные обозначения: 1 — конгломерато-брекчии (а), конгломераты (б); 2 — тиллиты и тиллоиды; 3 — гравелиты; 4–5 — песчаники: 4 — кварцевые (а) и полевошпат-кварцевые (б), 5 — аркозовые (а) и полимиктовые (б); 6 — алевролиты; 7 — аргиллиты; 8 — известняки (а) и струйчатые известняки (б); 9 — доломиты; 10 — мергели: известковистые (а) и доломитовые (б); 11 — гравийные кварцито-песчаники; 12 — кварцито-песчаники и кварциты; 13 — слюдисто-хлорито-кварцевые сланцы; 14 — граниты; 15 — риолиты и риодациты; 16 — метабазальты; 17 — метабазальтовые порфириты; 18 — габбродолериты; 19 — породы кристаллического фундамента; 20–22 — характеристика породы: 20 — глауконит (а) и кремни (б), 21 — глинистость (а) и углеродистость (б), 22 — кальцитизация (а), доломитизация (б) и ангидритизация (в); 23 — палеонтологические остатки: строматолиты (а) и микрофитолиты (б).

Fig. 2. The main subdivisions of the Stratigraphic Scale of Precambrian of Russia [Semikhatov et al., 1991; Stratigraphic Code..., 2006] (A), and Generalized lithologic-stratigraphic columns of the Upper Precambrian deposits of the Southern Urals (Б) and Volgo-Uralian area (B) [Puchkov et al., 2016, 2017; Sergeeva, Puchkov, 2016]

Legend: 1 — conglomerate-breccias (a) and feldspar-quartz (б); 2 — tillites and tilloids; 3 — gravelstones; 4 — quartz (a) and feldspar-quartz (б); 5 — arkozic (a) and polymictic (б); 6 — siltstones; 7 — shales; 8 — limestones (a) and laminar limestones (б); 9 — dolomites; 10 — marls: calcareous (a) and dolomitic (б); 11 — gravel quartz sandstones; 12 — quartzite-sandstones and quartzites; 13 — mica-chlorite-quartz schists; 14 — granites; 15 — rhyolites and rhyodacites; 16 — metabasalts; 17 — metabasalt porphyrites; 18 — gabbrodolerites; 19 — rocks of the crystalline basement; 20–22 — rock characteristics: 20 — glauconite (a), and cherts (б), 21 — argillaceous (a) and carbonaceous (б), 22 — calcitization (a), dolomitization (б) and anhydritization (в); 23 — paleontological remains stromatolites (a) and microphytolites (б).

песчаники и алевролиты с подчиненными прослоями аргиллитов, доломитов и мергелей) в объеме норкинской, ротковской и минаевской свит сочтены нами аналогами айской свиты (см. рис. 2). Правомерность отнесения докалтасинской части разреза к нижнему рифею в Камско-Бельском авлакогене подтверждено изотопной датировкой 1391±2 млн лет (U-Pb метод, SHRIMP-II) по циркону [Puchkov et al., 2013] из габбродолеритовой дайки, прорывающей отложения норкинской свиты в скважине 183 Мензелино-Актанышская (интервал глубин 2222.2–2230.4 м). Для базальтов, вскрытых на забое в скважине 203 Мензелино-Актанышская, были получены K-Ar датировки (1542±18 млн лет по породе, 2016±32 млн лет по фракциям альбита и олигоклаза и 1686±95 млн лет по плагиоклазу [Козлов и др., 1995]). Две датировки оказались значительно древнее нижней границы рифея, принятой в Общей шкале докембрия России в 1650±50 млн лет [Стратиграфический кодекс..., 2006], поэтому базальты на забое в скв. 203 Мензелино-Актанышская первоначально были отнесены к нижнему протерозою [Козлов и др., 1995]. Однако SHRIMP-датировка 1752±11 млн лет по циркону из базальтов айской свиты стратотипа рифея [Краснобаев и др., 2013а] привела к удревнению (1800 млн лет [Пучков и др., 2013]) нижней возрастной границы айской свиты и всего рифея Южного Урала. Новая датировка позволяет базальтоидный вулканизм в условном временном интервале 1542–1686 млн лет в Камско-Бельском авлакогене сопоставить с вулканизмом айского времени, а базальты, вскрытые на забое в скв. 203 Мензелино-Актнышская, отнести к норкинской свите нижнего рифея. Следует признать, что K-Ar датировки базальтов, вскрытых скв. 203 Мензелино-Актанышская, нуждаются в уточнении современными изотопно-геохронологическими методами.

Кабаковская свита, завершающая разрез кырпинской серии, распространена в восточной части Камско-Бельского авлакогена, где она вскрыта в скважинах 1 Кипчакская, 62 Кабаковская и 1 Восточно-Аскинская. Наиболее представительный разрез кабаковской свиты, предложенный [Козлов и др., 2007] в качестве гипостратотипического, получен в скважине 1 Восточно-Аскинская, где она сложена неравномерным чередованием аргиллитов, песчаников и алевролитов полевошпат-кварцевых, аркозовых и кварцевых, доломитовых мергелей и доломитов; в основании отмечаются кварц-доломитовые песчаники. Кабаковская свита с подстилающей калтасинской свитой связана постепенным переходом [Козлов и др., 2007]. U-Pb датировка 1386±6 млн лет бадделеита из долеритов, рвущих отложения кабаковской свиты в скважине 1 Восточно-Аскинская [Puchkov et al., 2013], определяет ее верхний возрастной предел и положение в разрезе нижнего рифея ВУО, что позволяет сопоставить кабаковскую с бакальской свитой нижнего рифея уральского стратотипа.

Сходные черты состава и строения осадочных последовательностей складчатой области (бурзянская серия) и авлакогена (кырпинская серия) свидетельствуют о близких условиях формирования отложений и тесной связи бассейнов осадконакопления в раннерифейское время в указанных регионах.

Отложения юрматинской (Южный Урал) и серафимовской (ВУО) серий среднего рифея имеют значительные различия в составе и мощности слагающих пород (см. рис. 2).

В юрматинской серии выделены машакская, зигальгинская, зигазино-комаровская и авзянская свиты, общая мощность отложений которых более 6.5 км. Основным маркирующим горизонтом является зигальгинская свита, сложенная преимущественно кварцевыми песчаниками, часто кварцитовидными, кварцитами, подчинены прослои и пачки алевролитов и глинистых сланцев нередко углеродистых, присутствуют линзы конгломератов. С подстилающей машакской свитой зигальгинская связана постепенным переходом, а при отсутствии образований машакской свиты зигальгинская является базальной для юрматинской серии. Датировки 1380–1386 млн лет по циркону (U-Pb метод: SHRIMP-II и CA-ID-TIMS) из вулканитов машакской свиты [Пучков и др., 2009; Краснобаев и др., 2013б; Puchkov et al., 2013] определяют нижний возрастной предел зигальгинской свиты и ее стратиграфическое положение в разрезе рифея Южного Урала. Имеются данные изотопной хемостратиграфии по авзянской свите, полученные американскими исследователями при нашем содействии [Bartley et al., 2007]. По поведению изотопов углерода сделан вывод, что характер изотопной кривой наиболее схож с группой Дизмал Лейкс Арктической Канады; это указывает на то, что авзянская свита формировалась во время мезопротерозойского изотопного изменения и может иметь возраст около 1270 млн лет. Данные по изотопам стронция 0.70587 также не противоречат отнесению авзянской свиты к относительно поздней эпохе мезопротерозоя (верхней половине среднего рифея).

Для серафимовской серии, включающей преимущественно терригенные образования надеждинской, тукаевской, ольховской и усинской свит общей мощностью около 2 км, маркирующей является тукаевская свита, представленная песчаниками кварцевыми, редко полевошпат-кварцевыми и аркозовыми, с редкими прослоями алевролитов и аргиллитов. В большей части разрезов скважин тукаевская свита залегает на размытой поверхности подстилающих нижнерифейских образований. По стратиграфическому положению и особенностям состава тукаевская свита сопоставляется с зигальгинской свитой стратотипа рифея. Корреляция зигальгинской и тукаевской свит и перекрывающих их отложений проводится с учетом положения этих свит в разрезе. Для обоснования возраста серафимовской серии среднего рифея ВУО имеются K-Ar датировки по аутигенному глаукониту (1257 и 1297 млн лет) и серициту (1232 и 1252 млн лет) из основания тукаевской свиты [Келлер и др., 1983]. Верхний возрастной предел образований серафимовской серии контролируется данными (1051, 1148 млн лет и др. [Келлер и др., 1983]) возраста даек габброидов, прорывающих отложения тукаевской, ольховской и усинской свит, что позволяет отнести серию к среднему рифею. Других изотопно-геохронологических данных для отложений серафимовской серии пока нет из-за отсутствия надежных объектов для датирования современными методами.

В верхнем рифее каратауская (Южный Урал) и абдулинская (ВУО) серии, аналогично подстилающим образованиям, имеют достаточно резкие отличия в мощности (более 5 км в уральском разрезе и менее 2 км в ВУО) и составе отложений. В каратауской серии выделены (снизу): зильмердакская, катавская, инзерская, миньярская и укская свиты. В качестве маркеров рассматриваются терригенные отложения зильмердакской (особенно кварцевые песчаники лемезинской подсвиты), известняки катавской и доломиты миньярской свит.

Одним из лучших маркирующих горизонтов верхнего рифея Южного Урала является катавская свита. Особенности состава ее: преобладание пестроцветных известняков и их глинистых разностей, характерная тонкая ленточная слоистость, присутствие строматолитов и микрофитолитов III (верхнерифейского) комплекса, наличие «струйчатых» (струйчатость обусловлена неравномерным распределением глинистого материала в виде струй, ориентированных параллельно слоистости) известняков и др., позволяют достаточно уверенно выделять возрастные аналоги катавской свиты в разобщенных геологических разрезах. Для катавских известняков известна K-Ar датировка по глаукониту 938 млн лет [Келлер и др., 1983].

В составе абдулинской серии выделены (снизу): леонидовская, приютовская, шиханская и леузинская свиты. Основными маркирующими горизонтами при межрегиональной корреляции допалеозойских осадочных комплексов служат кварцевые песчаники леонидовской свиты и известняки шиханской свиты. По составу, структурно-текстурным особенностям, внешнему облику (наличию «струйчатости») известняки шиханской свиты совершенно аналогичны известнякам катавской свиты стратотипических разрезов верхнего рифея Южного Урала. Данные хемостратиграфических реконструкций (изохроны сравнения в координатах $^{207}Pb/^{204}Pb$, $^{206}Pb/^{204}Pb$ для известняков шиханской и катавской свит) и геохронологического датирования (приблизительная оценка Pb-Pb возраста равна 900 млн лет, близка к K-Ar датировке глауконита из катавской свиты [Козлов и др., 2003]) позволяют считать шиханскую и катавскую свиты одновозрастными.

Резкое сокращение мощности отложений серафимовской и абдулинской серий и подчиненное количество в составе осадков карбонатных пород свидетельствуют о значительном сокращении площади осадочных бассейнов в авлакогенах ВУО в среднем и верхнем рифее в сравнении с отложениями это возраста на Южном Урале.

Корреляция отложений среднего и верхнего рифея рассматриваемых регионов в основном базируется на литолого-стратиграфических признаках. И только в завершающую стадию рифея на Южном Урале и в ВУО выявлен событийно-стратиграфический уровень, связанный с проявлением базальтоидного вулканизма: базальты с возрастом 707–732 млн лет [Козлов и др., 2011] игонинской и 734 млн лет [Горожанин, 2009] кипчакской свит. Это геологическое событие служит в качестве опорного хронологического репера для временной корреляции стратонов завершающего рифея Южного Урала и Волго-Уральской области.

Несмотря на особенности в составе, строении и мощности отложений авлакогенов и складчатой области допалеозойские осадочные комплексы Волго-Уральской области обнаруживают стратиграфическое подобие с типовыми разрезами верхнего докембрия Башкирского мегантиклинория (Южный Урал). Рассматриваемые отложения обладают сходной последовательностью основных маркиру-

ющих толщ: доломитов калтасинской и саткинской свит, карбонатно-терригенных отложений кабаковской и бакальской свит в нижнем рифее, песчаников тукаевской и зигальгинской свит среднего рифея. По составу, структурно-текстурным и хемостратиграфическим особенностям известняки шиханской свиты ВУО совершенно аналогичны известнякам катавской свиты верхнего рифея Южного Урала [Козлов и др., 2003]. Новый событийно-стратиграфический уровень, связанный с проявлением базальтоидного вулканизма в завершающую стадию рифея, позволил уточнить стратиграфическое положение осадочно-вулканогенных образований кипчакской свиты в разрезе рифея Волго-Уральской области.

Такая корреляция основных маркирующих толщ верхнего докембрия Волго-Уральской области и Южного Урала подтверждается результатами определений изотопного возраста циркона и бадделеита из вулканогенных и интрузивных магматических образований, глауконита и иллита осадочных отложений, материалами хемостратиграфических исследований карбонатных пород и другими данными. Однако вопросы о характере взаимоотношения комплексов в зоне сочленения авлакогенов и складчатой области остаются не решенными.

Зона сопряжения авлакогенов ВУО и складчатой зоны Южного Урала

Существенные дополнения и изменения в представления о геологическом строении зоны сочленения востока Русской плиты и западного склона Уральской складчатой области в верхнем докембрии внесли материалы, полученные по результатам бурения глубоких параметрических скважин 1 Кулгунинская и 1 Восточно-Аскинская и сейсморазведочных работ, выполненных в разные годы трестом «Башнефтегеофизика» (ныне ОАО «Башнефтегеофизика»).

Параметрическая скважина 1 Кулгунинская была заложена в 1976 г. на северной окраине села Кулгунино в Кулгунинской синклинали на западном крыле Алатауского антиклинория (Башкирский мегантиклинорий, Южный Урал). В задачи бурения скважины входило изучение тектонического строения района, получение литолого-фациальной и геолого-геофизической характеристики разреза и нефтегазоносности отложений. Проектная глубина скважины — 7000 м, а на глубине 5000–5500 м предполагалось под карбонатными породами нижнего рифея вскрыть поднадвиговые палеозойские толщи. Бурение было прекращено в 1983 г. на глубине 5154 м из-за несоответствия вскрываемого разреза геологическим условиям, заложенным в проекте. Впервые литолого-стратиграфическое расчленение и корреляция отложений разреза скважины 1 Кулгунинская с аналогичными образованиями, вскрытыми в Камско-Бельском авлакогене скважиной 62 Кабаковская, было проведено коллективом авторов: Ю.В. Андреев, Т.В. Иванова, Б.М. Келлер, Н.Н. Лисовский, С.Г. Морозов, И.А. Тагиров, Т.В. Янкаускас [Андреев и др., 1981]. В скважине 1 Кулгунинская были выделены отложения старосаитовской (интервал глубин 4696–5154 м) и юшинской (интервал глубин 3140–4696 м) свит нижнего рифея, зигальгинской (интервал глубин 2707–3140 м), зигазино-комаровской (интервал глубин 2473–2707 м) и кулгунинской (интервал глубин 1243–2473 м) свиты среднего рифея, зильмердакской (интервал глубин 620–1243 м) и катавской (от устья скважины до 620 м) свит верхнего рифея (рис. 3). При стратиграфическом расчленении отложений цитируемыми авторами была использована Уральская схема стратиграфии, но при этом были выделены новые старосаитовская (доюшинская) и кулгунинская (дозильмердакская) свиты [Андреев и др., 1981], состав которых резко отличался от одновозрастных отложений стратотипических разрезов Южного Урала в пересечении к востоку от Кулгунинской скважины.

В параметрической скважине 1 Восточно-Аскинская, пробуренной в 2003 г. на северо-восточном борту Камско-Бельского авлакогена, в интервале глубин 1893–5000 м (забой) выделены отложения (снизу): калтасинской и кабаковской

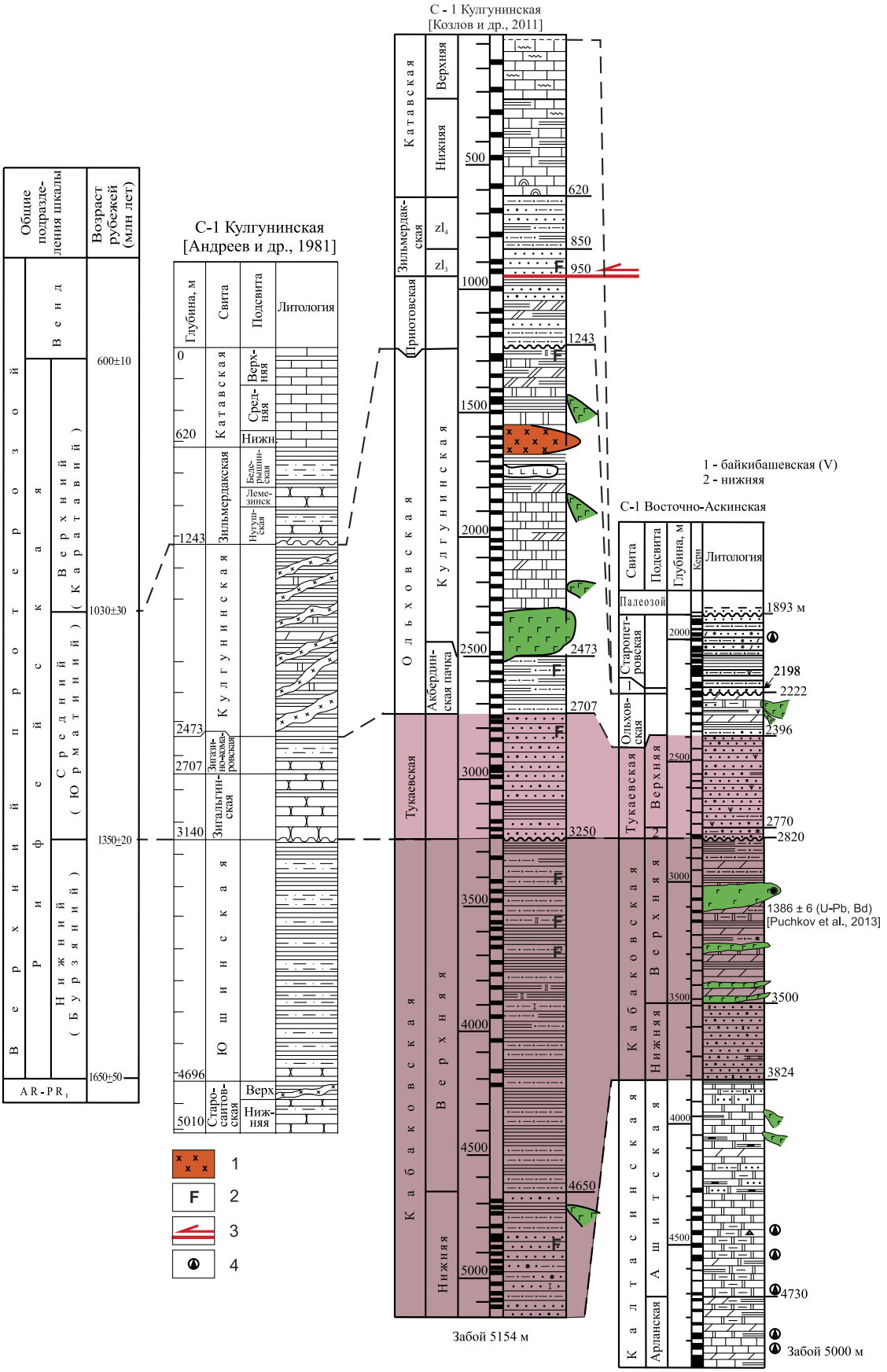
→

Рис. 3. Сопоставление разрезов верхнедокембрийских отложений, вскрытых скважинами 1 Кулгунинская и 1 Восточно-Аскинская

Условные обозначения: 1— габбро-сиениты и сиениты, 2 — сидериты, 3 — тектонический контакт, 4 — проявления битума. Остальные условные обозначения см. рис. 2.

Fig. 3. Correlation of the Upper Precambrian sections, penetrated by 1 Kulgunino and 1 Vostochno-Askino boreholes

Legend: 1 — gabbro-syenites and syenites, 2 — siderites, 3 — tectonic contact, 4 — bitumen shows. The rest of the symbols see in the fig. 2.


Общие подразделения шкалы
Возраст рубежей (млн лет)
Верхний протерозой
Венд
Рифей
Верхний (Каратавий)
Средний (Юрматиний)
Нижний (Бурзяний)
AR-PR1
600±10
1030±30
1350±20
1650±50
С-1 Кулгунинская [Андреев и др., 1981]
Глубина, м
Свита
Подсвита
Литология
Катавская
Верхняя
Средняя
Нижн.
Зильмердакская
Бедерышинская
Лемезинск
Нугушская
Кулгунинская
Зигазино-комаровская
Зигальгинская
Юшинская
Старосаитовская
Верх.
Нижняя
1
2
3
4
С - 1 Кулгунинская [Козлов и др., 2011]
Катавская
Верхняя
Нижняя
Зильмердакская
zl4
zl3
Приютовская
Ольховская
Кулгунинская
Акбердинская пачка
Тукаевская
Кабаковская
Верхняя
Нижняя
Забой 5154 м
1 - байкибашевская (V)
2 - нижняя
С-1 Восточно-Аскинская
Свита
Подсвита
Глубина, м
Керн
Литология
Палеозой
Старопетровская
Ольховская
Тукаевская
Верхняя
Кабаковская
Верхняя
Нижняя
Калтасинская
Ашитская
Арланская
1893 м
2198
2222
2396
2770
2820
1386 ± 6 (U-Pb, Bd) [Puchkov et al., 2013]
3500
3824
4730
Забой 5000 м

(нижний рифей), тукаевской и ольховской (средний рифей), байкибашевской и старопетровской (венд) свит (см. рис. 3). В этой скважине впервые получен наиболее полный и мощный (более 1000 м) разрез кабаковской свиты, описан постепенный переход с подстилающей калтасинской свитой.

Полученная датировка по бадделеиту из долеритов, рвущих отложения кабаковской свиты (см. выше описание маркирующих горизонтов), позволила уточнить возраст и стратиграфическое положение кабаковской свиты в разрезе рифея ВУО, что имеет важное значение для корреляции разрезов скважин Кулгунинской (Южный Урал) и Восточно-Аскинской (Камско-Бельский авлакоген).

Результаты минералогических исследований отложений докембрия Южного Урала и Волго-Уральской области [Сергеева, 1988; Козлов и др., 1995] показали, что рифей-вендские осадки авлакогенов Волго-Уральской области формируются за счет обломочного материала пород кристаллического фундамента, образующих борта Камско-Бельского и Серноводско-Абдулинского авлакогенов, и самих рифейских толщ, слагающих конседиментационные поднятия в авлакогенах. Здесь образуются свои минералогические комплексы, акцессорно-минеральные ассоциации, руководящие минералы и их типоморфные признаки [Козлов и др., 1995].

Рифей-вендские толщи складчатой области на Южном Урале, в отличие от авлакогенных комплексов Волго-Уральской области, характеризуются контрастными акцессорно-минеральными ассоциациями и разнообразием типоморфных признаков руководящих минералов. Например, темноокрашенные цирконы (темно-розовые и малиново-красные), типоморфные для отложений нижнего рифея, широко распространенные в среднем и присутствующие породах верхнего рифея и венда Башкирского мегантиклинория, практически отсутствуют в рифейских и вендских осадках, вскрытых скважинами в Камско-Бельском авлакогене. К настоящему времени общий источник обломочного материала по комплексу минералов и типоморфизму циркона для отложений Камско-Бельского авлакогена (нижняя подсвита кабаковской свиты) и западного склона Южного Урала (бакальская и ее аналог юшинская свиты) отмечен в разрезе скважины 1 Восточно-Аскинская [Козлов и др., 2007]. Этот факт предполагает существование в раннерифейское время достаточно обширного и единого седиментационного бассейна для отложений Камско-Бельского авлакогена и Башкирского мегантиклинория, фациальные границы в котором не были постоянны. Четкого раздела между уральскими и платформенными разрезами не существовало, поскольку не существовало и Урала [Козлов и др., 2011]. Это предположение хорошо увязывается с материалами глубинного строения рассматриваемых регионов и соотношения слагающих их отложений, полученными в результате анализа данных сейсморазведки. Сейсморазведочные работы на трех региональных профилях методом общей глубинной точки (МОГТ) были проведены трестом «Башнефтегеофизика» в 1984 г. с целью изучения тектонического строения Предуральского краевого прогиба и западной части Уральской складчатой области. В задачу одного из них (068406) входило соединить сейсмическим профилем МОГТ скважины 5 Шиханская и 1 Кулгунинская (рис. 4). Сейсмический профиль через параметрическую скважину 1 Кулгунинская был отработан на восток до хр. Баштин.

Согласно интерпретации регионального сейсмического профиля 068406 по [Ардашева, Ракитина, 1985 г.] наиболее выдержанным на профиле является отражающий горизонт II, отождествляемый с подошвой вендских (каировская и шкаповская серии) отложений (см. рис. 4). Ниже подошвы венда (горизонт II) от скважины 5 Шиханская на восток в район скважины 1 Кулгунинская прослеживаются еще несколько отражающих горизонтов: кровля и подошва среднего (серафимовская серия) рифея, кровля (горизонт IVa) и подошва (горизонт IVc) арланской подсвиты калтасинской свиты кырпинской серии нижнего рифея и достаточно фрагментарный V горизонт, отождествляемый с поверхностью кристаллического фундамента.

Сейсмический материал временного разреза района от хр. Алатау до хр. Калу и восточнее, соответствующий складчатым рифейским толщам Урала, а также образованиям кристаллического фундамента, подстилающим рифейские осадочные толщи, по всему профилю 068406 остался без интерпретации. Это могло быть связано как со сложным структурно-геологическим строением указанных комплексов, так и с техническим и методическим несовершенством сейсмических работ времени отработки профиля.

Вопросы структурного соотношения рифейских отложений, вскрытых скважиной 1 Кулгунинская, выделение разрывных нарушений и характеристика разреза по материалам сейсморазведки МОГТ рассматривались В.А. Романовым [Романов, Ишерская, 1994]. Стратиграфическое расчленение

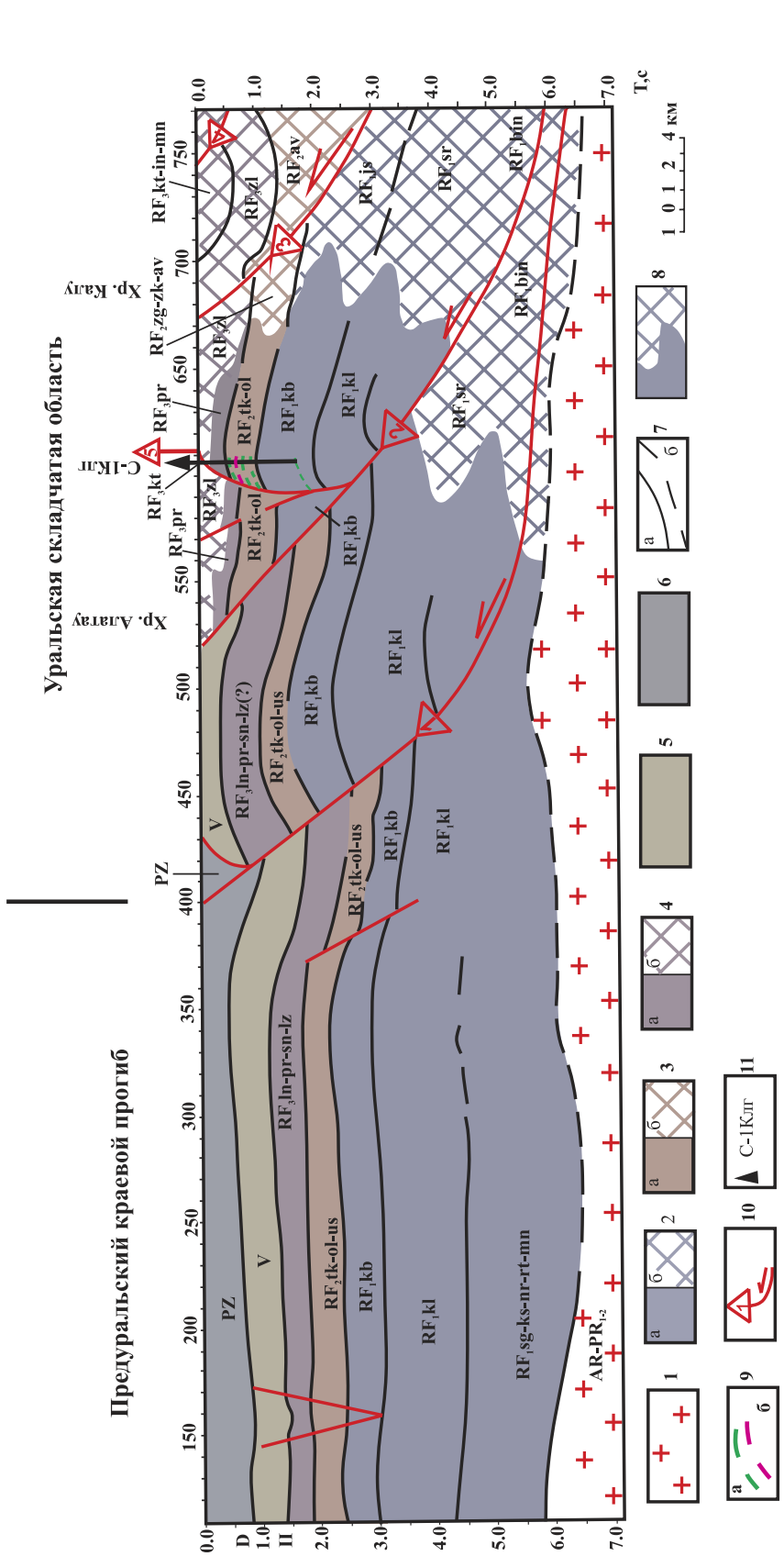


Рис. 4. Геологическая интерпретация на основе временного разреза по профилю 068406 в районе скважины 1 Кулгунинская. Составили В.Н. Пучков и Н.Д. Сергеева [Козлов и др., 2011]

Условные обозначения: 1 — архей-раннепротерозойские образования кристаллического фундамента (AR–PR$_{1-2}$); 2–4 — рифей: 2 — нижний (RF$_1$), свиты: а) sg — сигаевская, ks — костинская, nr — норкинская, rt — ротковская, mn — минаевская, kl — калтасинская, kb — кабаковская Камско-Бельского авлакогена (КБА) и б) bin — большеинзерская, sr — суранская, js — юшинская Башкирского метантиклинория (БМА); 3 — средний (RF$_2$), свиты: а) tk — тукаевская, ol — ольховская, us — усинская (КБА) и б) zg — зигальгинская, zk — зигазино-комаровская, av — авзянская (БМА); 4 — верхний (RF$_3$), свиты: а) ln — леонидовская, pr — приютовская, sn — шиханская, lz — леузинская (КБА) и б) zl — зильмердакская, kt — катавская, in — инзерская, mn — миньярская (БМА); 5 — венд (V); 6 — палеозой (PZ); 7 — стратиграфические границы: установленные (а), предполагаемые (б); 8 — предполагаемая зона фациального перехода свит; 9 — магматические породы: габбродолериты (а), габбро-сиениты (б); 10 — разломы и направление движений. Цифрами в треугольниках обозначены надвиги: 1 — Ташлинский, 2 — Алатауский, 3 — Калуский, 4 — Зильмердакский. Цифра над вертикальной линией: 5 — Кулгунинский разлом; 11 — скв. 1 Кулгунинская.

Fig. 4. Geological interpretation of a seismic profile 068406 near 1 Kulgunino borehole. After V.N. Puchkov and N.D. Sergeeva [Kozlov et al., 2011]

Legend: 1 — Archean-Early Proterozoic complexes of the crystalline basement(AR–PR$_{1-2}$); 2–4 — Riphean: 2 — the Lower Riphean (RF$_1$), Formations: a) sg — Sigaevo, ks — Kostino, nr — Norkino, rt — Rotkovo, mn — Minaevo, kl — Kaltasy, kb — Kabakovo of the Kama-Belsk aulacogen (KБA) and б) bin — Bolsheinzer, sr — Suran, js — Yusha of the Bashkirian meganticlinorium (БMA); 3 — Middle (RF$_2$), Formations: a) tk — Tukaevo, ol — Olkhovsk, us — Usa (KБA) and б) zg — Zigalga, zk — Zigazino-Komarovsk, av — Avzyan (БMA); 4 — Upper (RF$_3$), Formations: a) ln — Leonidovo, pr — Priyunovo, sn — Schikhan, lz — Leuza (KБA) and б) zl — Zilmerdak, kt — Katav, in — Inzer, mn — Minyar (БMA); 5 — Vendian (V); 6 — Paleozoic (PZ); 7 — stratigraphic boundaries: established (a), suggested (б); 8 — suggested zone of a facial transition between Formations; 9 — magmatic rocks: gabbrodolerites (a), gabbro-syenites (б); 10 — faults and a direction of movements. Numbers in triangles signify thrusts: 1 — Tashly, 2 — Alatau, 3 — Kalu, 4 — Zilmerdak. The number above the vertical line: 5 — Kulgunino fault; 11 — 1 Kulgunino borehole.

рифейских отложений в скважине было принято В.А. Романовым [Романов, Ишерская, 1994] по Б.М. Келлеру [Андреев и др., 1981], за исключением старосаитовской свиты, которая отнесена В.А. Романовым к багарыштинской подсвите юшинской свиты, а структуры толковались как крупные тектонические дислокации: Алатауский шарьяж, выполненный отложениями верхнего рифея, и тектонические пластины параавтохтона, сложенные нижне- и среднерифейскими отложениями.

Сопоставление рифейских отложений, вскрытых скважиной 1 Кулгунинская, с Уральским стратотипом и образованиями сопредельной части Русской плиты позволило предложить иную геологическую интерпретацию разреза скважины [Козлов и др., 2011]. В скважине 1 Кулгунинская последовательно (снизу) вскрыты отложения кабаковской (кырпинская серия нижнего рифея), тукаевской, ольховской (серафимовская серия среднего рифея) и приютовской (абдулинская серия верхнего рифея) свит Камско-Бельского авлакогена, которые перекрыты осадками зильмердакской и катавской свит каратауской серии верхнего рифея Уральского стратотипа (см. рис. 3).

Анализ данных сейсмических профилей и геологических материалов в районе скважины показал, что отражающие площадки в отложениях рифея и венда Камско-Бельского авлакогена прослеживаются через параметрические скважины 5 Шиханская и 1 Кулгунинская на восток до Калуского надвига Башкирского мегантиклинория (см. рис. 4). При этом на профилях (068406 и Урсейс 95) выделяется три блока, разделенных глубокими разломами (надвигами) листрической морфологии.

1. Район Предуральского краевого прогиба (пикеты 100–400) со спокойным горизонтальным залеганием отражающих горизонтов в отложениях палеозоя, венда и рифея.

2. Зона передовых складок Урала (пикеты 400–520), представляющая собою приподнятый антиклинальный блок, ограниченный Ташлинским с запада и Алатауским с востока надвигами и сложенный с поверхности отложениями басинской, куккараукской и зиганской свит опорного разреза венда Южного Урала. По кровле рифейских образований четко прослеживается II отражающий горизонт (подошва венда Камско-Бельского авлакогена).

3. Зона между Алатауским надвигом на западе и надвигом Калу на востоке (пикеты 520–670) включает Алатаускую антиклиналь и Кулгунинскую синклиналь Алатауского антиклинория, а в центре зоны находится параметрическая скважина 1 Кулгунинская. Структуры этой зоны сложены выходящими на дневную поверхность отложениями зильмердакской, катавской и инзерской свит каратауской серии верхнего рифея Уральского стратотипа, которые перекрывают осадочные толщи приютовской свиты абдулинской серии верхнего рифея Камско-Бельского авлакогена. Граница отложений приютовской свиты и кварцевых песчаников лемезинской подсвиты зильмердакской свиты в скважине 1 Кулгунинская проходит по тектоническому разлому, который назван нами Кулгунинским (см. рис. 4). В доприютовской части разреза скважиной вскрыты отложения среднего (ольховская и тукаевская свиты) и нижнего (кабаковская свита) рифея.

Ташлинский и Алатауский надвиги, откартированные при геологической съемке [Синицын, Синицына, 1965], на сейсмическом профиле выделяются как крупные высокоамплитудные нарушения с восточным падением, по своему стилю отвечающие «толстокожей тектонике» [Пучков, 2010]. Предполагается [Пучков и др., 1998; Giese et al., 1999], что на глубине эти надвиги выполаживаются и образуют единую пологую поверхность срыва (детачмента) вблизи кристаллического фундамента. Тектонические нарушения изменили первоначальное соотношение толщ и привели к срезанию маркирующего горизонта (аркозовые песчаники бирьянской подсвиты зильмердакской свиты), вскрытого скважиной разреза, и к кажущемуся сокращению мощности зильмердакской свиты. Каждый из перечисленных разломов имеет многочисленные оперяющие сколы, с которыми связано смятие (скучивание) толщ и, как следствие, увеличение мощности отложений, но заметного нарушения отражающих горизонтов не произошло, поэтому эти небольшие нарушения не отображены нами на структурно-геологическом профиле (см. рис. 4). При этом зона разломов, западную ветвь которой образует Кулгунинский, срезающий часть разреза зильмердакской свиты, имеет веерообразную «цветковую» морфологию и может являться правосторонним сдвигом, который выглядит на разрезе как система сбросов.

Заключение

Данные последних лет по геологии рифейских и вендских образований Южного Урала и Волго-Уральской области и созданные на их основе обновленные Стратиграфические схемы указанных

регионов [Пучков и др., 2016, 2017; Сергеева, Пучков, 2016] позволяют проводить более надежную межрегиональную корреляцию рассматриваемых отложений.

Сопоставление рифейских отложений, вскрытых скважиной 1 Кулгунинская, с Уральским стратотипом и образованиями сопредельной части Русской плиты, а также анализ сейсмических данных (временной разрез по профилю 068406 и Урсейс 95) показали, что отражающие площадки в отложениях рифея и венда Камско-Бельского авлакогена прослеживаются через параметрические скважины 5 Шиханская, 6 Ахмеровская и 1 Кулгунинская на восток до Калуского надвига Башкирского мегантиклинория (см. рис. 4). При этом на профилях выделяется три блока, разделенных глубокими разломами (надвигами) листрической морфологии.

Самый восточный блок (см. рис. 4), в котором находится скважина 1 Кулгунинская, представляет собой зону сопряжения Камско-Бельского авлакогена и складчатой области Южного Урала. Эта зона, согласно геологической интерпретации скважины 1 Кулгунинская, сложена осадками нижнего (кабаковская свита), среднего (ольховская и тукаевская свиты) и верхнего (приютовская свита) рифея Камско-Бельского авлакогена с четкими отражающими горизонтами. К востоку от скважины (примерно в 8 км) все осадочные толщи переходят в сейсмически не интерпретируемые возрастные аналоги рифея Урала: ольховская свита — в авзянскую и зигазино-комаровскую свиты, тукаевская — в зигальгинскую, кабаковская — в юшинскую (аналог бакальской) и калтасинская — в суранскую (аналог саткинской) свиты (см. рис. 4). Платформенные осадки приютовской свиты выше по разрезу сменяются отложениями зильмердакской и катавской свит, принадлежащих уральскому типу (интервалы глубин соответственно 620–1243 м и 0–620 м, см. рис. 3). К сожалению, особенности перехода образований авлакогенов и складчатой области в разрезе Кулгунинской скважины не наблюдаются из-за тектонических процессов, которые привели к нарушению первоначального соотношения толщ.

Согласно минералогическим исследованиям терригенных отложений рифея и венда осадки авлакогенов Волго-Уральской области формировались за счет обломочного материала пород кристаллического фундамента, образующих борта Камско-Бельского и Серноводско-Абдулинского авлакогенов, и самих рифейских толщ, слагающих конседиментационные поднятия в авлакогенах. Рифей-вендские образования на Южном Урале, в отличие от авлакогенных комплексов Волго-Уральской области, характеризуются контрастными акцессорно-минеральными ассоциациями и разнообразием типоморфных признаков руководящих минералов, что свидетельствует о более разнообразном составе пород в области сноса. К настоящему времени общий источник обломочного материала по комплексу минералов и типоморфизму циркона для отложений Камско-Бельского авлакогена (нижняя подсвита кабаковской свиты) и западного склона Южного Урала (бакальская и ее аналог юшинская свиты) отмечен в разрезе скважины 1 Восточно-Аскинская.

Сходные черты состава и строения осадочных последовательностей Южного Урала (бурзянская серия) и авлакогенов ВУО (кырпинская серия) свидетельствуют о близких условиях формирования отложений и тесной связи бассейнов осадконакопления в раннерифейское время в указанных регионах, хотя фациальные границы в них не были постоянны. Единый осадочный бассейн Волго-Уральской области и Южного Урала существует до верхнего рифея и венда, но происходит его значительное сокращение, что четко фиксируется сокращением площади распространения и мощности осадков среднего и верхнего рифея в авлакогенах ВУО. При этом, когда мы говорим о сопоставлении или соотношении осадочных комплексов авлакогенов и складчатой области, мы не должны забывать, что складчатые дислокации накладывались на восточные части вышеуказанного единого бассейна в пост-рифейское время, причем складчатость формировалась в два этапа, соответствующие тиманской и уральской орогениям.

Работа выполнена в соответствии с планами научно-исследовательских работ ИГ УФИЦ РАН (тема гос. задания № 0252-2014-0002).

Список литературы:

Андреев Ю.В., Иванова Т.В., Келлер Б.М., Лисовский Н.Н., Морозов С.Г., Тагиров И.А., Янкаускас Т.В. Стратиграфия верхнего протерозоя востока Русской плиты и западного склона Южного Урала // Изв. АН СССР. Сер. геол. – 1981. – № 10. – С. 57–67.

Горожанин В.М. Rb-Sr датирование неопротерозойских вулканитов по поствулканическому селадониту: скв. Кипчак 1, Серноводско-Абдулинский авлакоген // Мат-лы IV Российской конференции по изотопной геохронологии «Изотопные системы и время геологических процессов». Тезисы докл. – Санкт-Петербург, 2–4 июня 2009 г. – СПб, 2009. – С. 145–147.

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

Келлер Б.М., Козлов В.И., Раабен М.Е., Аксенов Е.М., Морозов С.Г., Солонцев Л.Ф., Казак А.П., Младших С.В., Гаррис М.А. Стратотип рифея. Стратиграфия. Геохронология. – М.: Наука, 1983. – 183 с. – (Тр. ГИН АН СССР; Вып. 377).

Козлов В.И., Краснобаев А.А., Ларионов Н.Н., Маслов А.В., Сергеева Н.Д., Бибикова Е.В., Генина Л.А., Ронкин Ю.Л. Нижний рифей Южного Урала. – М.: Наука, 1989. – 240 с.

Козлов В.И., Муслимов Р.Х., Гатиятуллин Н.С., Генина Л.А., Сергеева Н.Д., Ларионов Н.Н., Михайлов П.Н., Баранов В.В. Верхний докембрий восточных районов Татарстана и перспективы его нефтегазоносности. – Уфа: ИГ УНЦ РАН, 1995. – 218 с.

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., Пучков В.Н. Авлакогенные комплексы Волго-Уральской провинции // Геологический сборник № 5 / ИГ УНЦ РАН. – Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2006. – С. 3–9.

Козлов В.И., Пучков В.Н., Масагутов Р.Х., Иванова Т.В., Сергеева Н.Д., Горожанин В.М. Рифей-вендские отложения Камско-Бельского авлакогена, вскрытые скважиной 1 Восточно-Аскинская. – СПб.: Недра, 2007. – 136 с.

Козлов В.И., Пучков В.Н., Нехорошева А.Г., Краснобаев А.А., Бушарина С.В. Аршиний — новый стратон рифея в стратотипических разрезах Южного Урала // Геологический сборник № 9 / ИГ УНЦ РАН. – Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2011. – С. 52–56.

Краснобаев А.А., Попов В.С., Беляцкий Б.В. Хронологические и генетические соотношения интрузивных пород Бердяушского плутона (Южный Урал) в свете новых U-Pb и Sm-Nd изотопных данных // Записки РМО. – 2011. – Ч. 80, № 2. – С. 59–73.

Краснобаев А.А., Пучков В.Н., Козлов В.И., Сергеева Н.Д., Бушарина С.В., Лепехина Е.Н. Цирконология навышских вулканитов айской свиты и проблема возраста нижней границы рифея на Южном Урале // Доклады РАН. – 2013а. – Т. 448, № 4. – С. 437–442. – https://doi.org/10.7868/S086956521304021X.

Краснобаев А.А., Козлов В.И., Пучков В.Н., Бушарина С.В., Сергеева Н.Д., Падерин И.П. Цирконовая геохронология машакских вулканитов и проблема возраста границы нижний – средний рифей (Южный Урал) // Стратиграфия. Геологическая корреляция. – 2013б. – Т. 21, № 5. – С. 3–20. – https://doi.org/10.7868/S0869592X13050050.

Кузнецов А.Б., Овчинникова Г.В., Горохов И.М., Каурова О.К., Крупенин М.Т., Маслов А.В. Sr-изтопная характеристика и Pb-Pb-возраст известняков бакальской свиты (типовой разрез нижнего рифея, Южный Урал) // Доклады РАН. – 2003. – Т. 391, № 6. – С. 794–798.

Пучков В.Н. Геология Урала и Приуралья (актуальные вопросы стратиграфии, тектоники, геодинамики и металлогении). – Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2010. – 280 с.

Пучков В.Н., Перес-Эстаун А., Браун Д., Альварес-Маррон Х. Краевой складчато-надвиговый пояс орогена: структура и происхождение на примере Башкирского Урала // Вестник ОГГГГН РАН [Электрон. научн. журнал]. – 1998. – № 13. – С. 70–99.

Пучков В.Н., Краснобаев А.А., Шмитц М., Козлов В.И., Давыдов В.И., Лепехина Е.Н., Нехорошева А.Г. Новые U-Pb датировки машакской свиты Южного Урала и их сравнительная оценка // Геологический сборник № 8 / ИГ УНЦ РАН. – Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2009. – С. 3–14.

Пучков В.Н., Краснобаев А.А., Сергеева Н.Д. Новое в стратиграфии стратотипического разреза рифея // Общая стратиграфическая шкала России: состояние и перспективы ее обустройства: Матер. Всерос. конф. – М.: ГИН РАН, 2013. – С. 70–72.

Пучков В.Н., Краснобаев А.А., Сергеева Н.Д. Обновленная схема расчленения стратотипического разреза рифея // Общая стратиграфическая шкала и методические проблемы разработки региональных стратиграфических шкал России / *Отв. ред. Т.Ю. Толмачева*: Матер. Межвед. рабочего совещ. Санкт-Петербург, 17–20 окт. 2016 г. – СПБ: Изд-во ВСЕГЕИ, 2016. – С. 137–139.

Пучков В.Н., Сергеева Н.Д., Краснобаев А.А. Стратиграфическая схема стратотипа рифея Южного Урала // Геология. Известия Отделения наук о Земле и природных ресурсов. АН РБ и ИГ УНЦ РАН. – 2017. – Вып. 23. – С. 3–19.

Романов В.А., Ишерская М.В. Рифей Кулгунинской скважины и корреляция его с одновозрастными отложениями смежных районов Башкирии: Препринт / Уфимский науч. Центр. РАН, Ин-т геологии. – Уфа, 1994. – 20 с.

Семихатов М.А., Шуркин К.А., Аксенов Е.М., Беккер Ю.Р., Бибикова Е.В., Дук В.Л., Есипчук К.Е., Карсаков Л.П., Киселев В.В., Козлов В.И., Лобач-Жученко С.Б., Негруца В.З., Робонен В.И., Сезько А.И., Филатова Л.И., Хоментовский В.В., Шемякин В.М., Шульдинер В.И. Новая стратиграфическая шкала докембрия СССР // Изв. АН СССР. Сер. геол. – 1991. – № 4. – С. 3–13.

Сергеев В.Н., Семихатов М.А., Федонкин М.А., Воробьева Н.Г. Основные этапы развития докембрийского органического мира. Сообщение 2: Поздний протерозой // Стратиграфия. Геологическая корреляция. – 2010. – Т. 18. – № 6. – С. 3–34.

Сергеева Н.Д. Акцессорные минералы терригенных пород стратотипических разрезов рифея на Южном Урале // Верхний докембрий Южного Урала и востока Русской плиты. – Уфа: БНЦ УрО АН СССР, 1988. – С. 46–53.

Сергеева Н.Д., Пучков В.Н. Стратиграфия рифея и венда Волго-Уральской области (изменения и дополнения) // Общая стратиграфическая шкала и методические про-

блемы разработки региональных стратиграфических шкал России / *Отв. ред. Т.Ю. Толмачева*: Матер. Межвед. рабочего совещ. Санкт-Петербург 17–20 окт. 2016 г. – СПБ: Изд-во ВСЕГЕИ, 2016. – С. 157–159.

Синицын И.И., Синицына З.А. Объяснительная записка к геологической карте СССР. М 1:200 000. Серия Южно-Уральская. N-40-XXI. – М.: Госгеолком СССР, 1965. – 70 с.

Стратиграфический кодекс России. 3-е изд. – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2006. – 96 с.

Bartley J.K., Kah L.C., McWilliams J.L., Stagner A.F. Carbon isotope chemostratigraphy of the Middle Riphean type section (Avzyan Formation, Southern Urals, Russia): Signal recovery in a fold-and-thrust belt // Chemical Geology. – 2007. – V. 237. – P. 211–232. – https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2006.06.018.

Ernst R.E., Pease V., Puchkov V.N., Kozlov V.I., Sergeeva N.D., Yamilton V. Geochemical Characterization of Precambrian magmaticsuites of the southeastern margin of the East European Craton, Southern Urals, Russia // Геологический сборник № 5 / ИГ УНЦ РАН. – Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2006. – С. 119–161.

Giese U., Glasmacher U., Kozlov V.I., Matenaar I., Puchkov V.N., Stroink L., Bauer W., Ladage S., Walter R. Structural framework of the Bashkirian anticlinorium, SW Urals // Geol. Rdsch. – 1999. – V. 87. – P. 526–544. – https://doi.org/10.1007/s005310050229.

Puchkov V.N., Bogdanova S.V., Ernst R.E., Kozlov V.I., Krasnobaev A.A., Söderlund U., Wingate M.T.D., Postnikov A.V., Sergeeva N.D. The ca. 1380 Ma Mashak igneous event of the Southern Urals // Lithos. – 2013. – V. 174. – P. 109–124. – https://doi.org/10.1016/j.lithos.2012.08.021.

Sperling E.A., Rooney A.D., Hays L., Sergeev V.N., Vorob'eva N.G., Sergeeva N.D., Selby D., Johnston D.T., Knoll A.H. Redox heterogeneity of subsurface waters in the Mesoproterozoic ocean // Geobiology. – 2014. – V. 12. – P. 373–386. – https://doi.org/10.1111/gbi.12091.

References:

Andreev Yu.V., Ivanova T.V., Keller B.M., Lisovskiy N.N., Morozov S.G., Tagirov I.A., Yankauskas T.V. Stratigrafiya verkhnego proterozoya vostoka Russkoi plity i zapadnogo sklona Yuzhnogo Urala [The stratigraphy of the Upper Proterozoic of the eastern part of the Russian plate and the western limb of the Southern Urals] // Izv. AN SSSR. Ser. geol. 1981. No. 10. P. 57–67 (in Russian).

Bartley J.K., Kah L.C., McWilliams J.L., Stagner A.F. Carbon isotope chemostratigraphy of the Middle Riphean type section (Avzyan Formation, Southern Urals, Russia): Signal recovery in a fold-and-thrust belt // Chemical Geology. – 2007. – V. 237. – P. 211–232. – https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2006.06.018.

Ernst R.E., Pease V., Puchkov V.N., Kozlov V.I., Sergeeva N.D., Yamilton V. Geochemical Characterization of Precambrian magmaticsuites of the southeastern margin of the East European Craton, Southern Urals, Russia // Geologicheskiy sbornik No. 5 / IG UNTS RAS. Ufa: DizaynPoligrafServis, 2006. – P. 119–161.

Giese U., Glasmacher U., Kozlov V.I., Matenaar I., Puchkov V.N., Stroink L., Bauer W., Ladage S., Walter R. Structural framework of the Bashkirian anticlinorium, SW Urals // Geol. Rdsch. – 1999. – V. 87. – P. 526–544. – https://doi.org/10.1007/s005310050229.

Gorozhanin V.M. Rb-Sr datirovanie neoproterozoiskikh vulkanitov po postvulkanicheskomu seladonitu: skv Kipchak 1, Sernovodsko-Abdulinskii avlakogen [Rb-Sr dating of the Neoproterozoic volcanics after a postvolcanic seladonite: Kipchak 1 borehole, Sernovodsk-Abdulino aulacogen] // Mat-ly IV Rossiiskoi konferentsii po izotopnoi geokhronologii «Izotopnye sistemy i vremya geologicheskikh protsessov». Tezisy dokl. Cankt-Peterburg, 2–4 iyunya 2009. Saint-Peterburg, 2009. P. 145–147 (in Russian).

Kah L.C., Crawford D.C., Bartley J.K., Kozlov V.I., Sergeeva N.D., Puchkov V.N. C- and Sr-isotope chemostratigraphy as a tool for verifying age of Riphean deposits in the Kama-Belaya aulacogen, the east European platform // Stratigraphy and Geological Correlation. 2007. V. 15, No. 1. P. 12–29. https://doi.org/10.1134/s0869593807010029.

Keller B.M., Kozlov V.I., Raaben M.Ye., Aksenov Ye.M., Morozov S.G., Solontsev L.F., Kazak A.P., Mladshikh S.V., Garris M.A. Stratotip rifeya. Stratigrafiya. Geokhronologiya [Stratotype of the Riphean. Stratigraphy. Geochronology]. M.: Nauka, 1983. 183 p. (Tr. GIN AN SSSR; Is. 377) (in Russian).

Kozlov V.I., Krasnobayev A.A., Larionov N.N., Maslov A.V., Sergeeva N.D., Bibikova Ye.V., Genina L.A,. Ronkin Yu.L. Nizhnii rifei Yuzhnogo Urala [The Lower Riphean of the Southern Urals]. M.: Nauka, 1989. 240 p. (in Russian).

Kozlov V.I., Muslimov R.H., Gatiytullin N.S., Genina L.A., Sergeeva N.D., Larionov N.N., Mikhaylov P.N., Baranov V.V. Verkhnii dokembrii vostochnykh raionov Tatarstana i perspektivy ego neftegazonosnosti [Upper Precambrian of the Eastern areas Tatarstan and their prospects for oil]. Ufa: IG UNTs RAN, 1995. 218 p. (in Russian).

Kozlov V.I., Ivanova T.V., Gorokhov I.M., Masagutov R.Kh., Sergeeva N.D., Ovchinnikova G.V., Kuznetsov A.B., Genina L.A., Mikhaylov P.N., Ilemenova O.D. Litologo-petrograficheskaya kharakteristika i perspektivy neftegazonosnosti doverkhnedevonskikh otlozhenii, vskrytykh skvazhinoi 1 Leuzinskaya (severo-vostok platformennogo Bashkortostana) [Litologo-petrographic characteristics of the prospects of oil-and-gas reserves of the pre-Upper Devonian deposits penetrated by the 1-Leuzinskaya borehole (N-E of the platform part of Bashkortostan)] / Preprint. UNTS RAN, OOO «IK BashNIPIneft'», IGGD RAN. Ufa, 2003. 40 p. (in Russian).

Kozlov V.I., Puchkov V.N. Avlakogennye kompleksy Volgo-Ural'skoi provintsii [Aulacogen complexes of the Volgo-Uralian province] // Geologicheskii sbornik № 5 / IG UNTS RAN. Ufa: DizainPoligrafServis, 2006. P. 3–9 (in Russian).

Kozlov V.I., Puchkov V.N. Masagutov R.Kh., Ivanova T.V., Sergeeva N.D., Gorozhanin V.M. Rifei-vendskie otlozheniya Kamsko-Bel'skogo avlakogena, vskrytye skvazhinoi 1 Vostochno-Askinskaya [The Riphean-Vendian sections of the Kama-Bel'sk aulacogen, penetrated by borehole 1 Vostochno-Askino]. SPb.: Nedra, 2007. 136 p. (in Russian).

Kozlov V.I., Puchkov V.N., Nekhorosheva A.G., Krasnobaev A.A., Busharina S.V. Arshiniy — novyi straton rifeya v strato-

tipicheskikh razrezakh Yuzhnogo Urala [Arshiniy — new straton of the Ripheanin in the stratotypic sections of the Southern Urals] // Geologicheskii sbornik № 9 / IG UNTS RAN. Ufa: DizainPoligrafServis, 2011. P. 52–56 (in Russian).

Krasnobayev A.A., Popov V.S., Belyatskiy B.V. Khronologicheskie i geneticheskie sootnosheniya intruzivnykh porod Berdyaushskogo plutona (Yuzhnyi Ural) v svete novykh U-Pb i Sm-Nd izotopnykh dannykh [Chronological and genetic relationships of the intrusive rocks of the Berdiaush pluton (Southern Urals)] // Zapiski RMO. 2011. Ch. 80, No. 2. P. 59–73 (in Russian).

Krasnobaev A.A., Busharina S.V., Puchkov V.N., Kozlov V.I., Sergeeva N.D., Lepekhina E.N. Zirconology of Navysh volcanic rocks of the Ai suite and the problem of the age of the lower riphean boundary in the Southern Urals // Doklady Earth Sciences. 2013a. V. 448, No. 2. P. 185–190. https://doi.org/10.1134/S1028334X13020050.

Krasnobaev A.A., Busharina S.V., Kozlov V.I., Puchkov V.N., Sergeeva N.D., Paderin I.P. Zircon geochronology of the Mashak volcanic rocks and the problem of the age of the Lower-Middle Riphean boundary (Southern Urals) // Stratigraphy. Geological Correlation. 2013б. V. 21, No. 5. P. 465–481. https://doi.org/10.1134/S0869593813050055.

Kuznetsov A.B., Ovchinnikova G.V., Gorokhov I.M., Kaurova O.K., Krupenin V.N., Maslov A.V. Sr-isotope signature and Pb-Pb age of the Bakal Formation limestones in the Lower Riphean type section, the Southern Urals // Doklady Earth Sciences. 2003. V. 391, No. 6. C. 819–822.

Puchkov V.N. Geologiya Urala i Priural'ya (aktual'nye voprosy stratigrafii, tektoniki, geodinamiki i metallogenii) [Geology of the Urals and Cis-Urals (actual problems of stratigraphy, tectonics, geodynamics and metallogeny)]. Ufa: DisignPoligraphService, 2010. 280 p. (in Russian).

Puchkov V.N., Peres-Estaun A., Braun D., Al'vares-Marron Kh. Kraevoi skladchato-nadvigovyi poyas orogena: struktura i proiskhozhdenie na primere Bashkirskogo Urala [Lateral fold-and-thrust belt of the orogen: structure and origin at the example of the Bashkirian Urals] // Vestnik OGGGGN RAN: [Elektron. nauchn. zhurnal]. 1998. No. 13. P. 70–99 (in Russian).

Puchkov V.N., Krasnobaev A.A., Shmitts M., Kozlov V.I., Davydov V.I., Lepekhina Ye.N., Nekhorosheva A.G. Novye U-Pb datirovki mashakskoi svity Yuzhnogo Urala i ikh sravnitel'naya otsenka [New U-Pb dates of the Mashak Formation of the Southern Urals and their comparative evaluation] // Geologicheskii sbornik No. 8 / IG UNTs RAN. Ufa: DizaynPoligrafServis, 2009. P. 3–14 (in Russian).

Puchkov V.N., Bogdanova S.V., Ernst R.E., Kozlov V.I., Krasnobaev A.A., Söderlund U., Wingate M.T.D., Postnikov A.V., Sergeeva N.D. The ca. 1380 Ma Mashak igneous event of the Southern Urals // Lithos. – 2013. – V. 174. – P. 109–124. – https://doi.org/10.1016/j.lithos.2012.08.021.

Puchkov V.N., Krasnobayev A.A., Sergeeva N.D. Novoe v stratigrafii stratotipicheskogo razreza rifeya [The new data on the stratigraphy of the standard section of the Riphean] // Obshchaya stratigraficheskaya shkala Rossii: sostoyanie i perspektivy ee obustroistva: Mater. Vseros. konf. M.: GIN RAN, 2013. P. 70–72 (in Russian).

Puchkov V.N., Krasnobaev A.A., Sergeeva N.D. Obnovlennaya skhema raschleneniya stratotipicheskogo razreza rifeya [Upgraded scheme of subdivision of the standard section of the Riphean] // Obshchaya stratigraficheskaya shkala i metodicheskie problemy razrabotki regional'nykh stratigraficheskikh shkal Rossii / *T.Yu. Tolmacheva (ed.).* / Materialy Mezhvedomstvennogo rabochego soveshchaniya. Sankt-Peterburg, 17–20 okt., 2016. SPB: Izd-vo VSEGEI, 2016. P. 137–139 (in Russian).

Puchkov V.N., Sergeeva N.D., Krasnobayev A.A. Stratigraficheskaya skhema stratotipa rifeya Yuzhnogo Urala [Stratigraphic scheme of the Riphean standard of the Southern Urals] // Geologiya. Izvestiya Otdeleniya nauk o Zemle i prirodnykh resursov. AN RB i IG UNTs RAN. 2017. Is. 23. P. 3–19 (in Russian).

Romanov V.A., Isherskaya M.V. Rifei Kulguninskoi skvazhiny i korrelyatsiya ego s odnovozrastnymi otlozheniyami smezhnykh raionov Bashkirii [The Riphean of the Kulgunino borehole and its correlation with the contemporaneous deposits of the adjacent areas of Bashkiria] // Preprint. Ufimskii nauch. Tsentr. RAN, In-t geologii. Ufa, 1994. 20 p. (in Russian).

Semikhatov M.A., Shurkin K.A., Aksenov Ye.M. Bekker Yu.R., Bibikova Ye.V., Duk V.L., Yesipchuk K.Ye., Karsakov L.P., Kiselev V.V., Kozlov V.I., Lobach-Zhuchenko S.B., Negrutsa V.Z., Robonen V.I., Sez'ko A.I., Filatova L.I., Khomentovskiy V.V., Shemyakin V.M., Shul'diner V.I. Novaya stratigraficheskaya shkala dokembriya SSSR [The new stratigraphic scale of the Precambrian of the USSR] // Izv. AN SSSR, Ser. geol. 1991. No 4. P. 3–13 (in Russian).

Sergeev V.N., Semikhatov M.A., Fedonkin M.A., Vorob'eva N.G. Principal stages in evolution of precambrian organic world: Communication 2. The Late proterozoic // Stratigraphy. Geological Correlation. 2010. V. 18, No. 6. P. 561–592. https://doi.org/10.1134/S0869593810060018.

Sergeeva N.D. Aktsessornye mineraly terrigennykh porod stratotipicheskikh razrezov rifeya na Yuzhnom Urale [Accessory minerals of terrigenous rocks of standard sections of the Riphean in the Southern Urals] // Verkhnii dokembrii Yuzhnogo Urala i vostoka Russkoi plity. Ufa: BNTS UrO AN SSSR, 1988. P. 46–53 (in Russian).

Sergeeva N.D., Puchkov V.N. Stratigrafiya rifeya i venda Volgo-Ural'skoy oblasti (izmeneniya i dopolneniya) [The stratigraphy of the Riphean and Vendian of the Volgo-Uralian area (changes and additions)] // Obshchaya stratigraficheskaya shkala i metodicheskie problemy razrabotki regional'nykh stratigraficheskikh shkal Rossii / *T.Yu. Tolmacheva (ed.)*/ Materialy Mezhvedomstvennogo rabochego soveshchaniya. Saint-Peterburg 17–20 okt., 2016. SPB: Izd-vo VSEGEI, 2016. P. 157–159 (in Russian).

Sinitsyn I.I., Sinitsyna Z.A. Explanatory note to the geological map of the USSR. M 1:200 000. Southern Ural series. Sheet N-40-XXI. M.: Gosgeolkom USSR, 1965. 70 p.

Sperling E.A., Rooney A.D., Hays L, Sergeev V.N., Vorob'eva N.G., Sergeeva N.D., Selby D., Johnston D.T., Knoll A.H. Redox heterogeneity of subsurface waters in the Mesoproterozoic ocean // Geobiology. 2014. V. 12. P. 373–386. https://doi.org/10.1111/gbi.12091.

Stratigraficheskii kodeks Rossii [Stratigraphic Code of Russia]. 3-e izd. SPb.: VSEGEI, 2006. 96 p. (in Russian).

Сведения об авторах:
Пучков Виктор Николаевич, член-корреспондент РАН, профессор, Институт геологии – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), г. Уфа. E-mail:puchkv@ufaras.ru
Сергеева Нина Дмитриевна, кандидат геол.-минер. наук, Институт геологии – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), г. Уфа. E-mail: riphey@ufaras.ru
Ратов Александр Александрович, Институт геологии – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), г. Уфа. E-mail: ratov1990@icloud.com
Козлова Ольга Вячеславовна, Институт геологии – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), г. Уфа. E-mail: riphey@ufaras.ru

About the autors:
Puchkov Viktor Nikolaevich, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Professor, Institute of Geology – Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Ufa. E-mail: puchkv@ufaras.ru
Sergeeva Nina Dmitrievna, candidate of geological and mineralogical sciences, Institute of Geology – Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Ufa. E-mail: riphey@ufaras.ru
Ratov Alexander Alexandrovich, Institute of Geology – Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Ufa. E-mail: ratov1990@icloud.com
Kozlova Olga Vjacheslavovna, Institute of Geology – Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Ufa. E-mail: riphey@ufaras.ru