———— ГЕОЛОГИЯ ——

УДК 55(234.852) 551.82

ВОЗРАСТ И СТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ ПОЗИЦИЯ ОСАДОЧНЫХ ТОЛЩ БАГРУШИНСКИХ ГОР, ЮЖНЫЙ УРАЛ: ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ U-Pb-ДАТИРОВАНИЯ (LA-ICP-MS) ДЕТРИТОВОГО ЦИРКОНА

© 2020 г. Т. В. Романюк¹, Н. Б. Кузнецов^{2,3,6,*}, Член-корреспондент РАН В. Н. Пучков⁴, Н. Д. Сергеева⁵, В. И. Паверман^{1,6}, В. М. Горожанин⁵, Е. Н. Горожанина⁵

Поступило 13.03.2019 г. После доработки 19.05.2020 г. Принято к публикации 21.05.2020 г.

Приведены результаты U—Pb-датирования детритового циркона из стратифицированных образований терригенно-карбонатного состава, обнажающихся в Багрушинских горах Башкирского поднятия. Сопоставление результатов с аналогичными данными по 5 стратиграфическим уровням рифея Башкирского поднятия показало, что наиболее вероятно изученная толща должна быть сопоставлена с верхними уровнями нижнего рифея или нижними уровнями среднего рифея.

Ключевые слова: Южный Урал, Багрушинские горы, рифей, детритовые цирконы, U—Pb-датирование **DOI:** 10.31857/S2686739720080186

На западе южной части эпипалеозойского Уральского покровно-складчатого пояса расположен обширный выход докембрия — Башкирский мегаантиклинорий (БМА) [8, 15]. В его западной части (далее мы будем именовать эту часть БМА — Башкирское поднятие (БП)) распространены толщи верхнего докембрия, сводные разрезы которых приняты за стратотипическую последовательность рифея (рис. 1): бурзянская, юрматинская и каратауская серии, отвечающие раннему, среднему и верхнему рифею [7, 14, 15].

На севере БП, в западных окрестностях г. Кусы — в Багрушинских горах, в междуречье Большой и Малый Багруш и далее на юго-запад по хр. Калган-Салган, распространены верхнедо-

кембрийские терригенные и карбонатные породы (рис. 2). Стратиграфическая позиция этой толщи — предмет дискуссии. На среднемасштабных геологических картах, составленных М.И. Гаранем в конце 50-х и начале 60-х годов ХХ в., слоистые толщи этого района отнесены к авзянской свите верхов юрматинской серии. На современных среднемасштабных геологических картах [1, 6] эти породы отнесены к саткинской свите средней части бурзянской серии. На современной карте миллионного масштаба [2] эти образования входят в зильмердакскую свиту низов каратауской серии.

В северной части Багрушинских гор эти стратифицированные образования прорваны жило- и дайкообразными телами калиевых риодацитов багрушинского комплекса (БК). Ранее на основе К/Аг-датировок эти риодациты считали позднекембрийско-раннеордовикскими [5], что не противоречило отнесению вмещающих их толщ к разным уровням рифея. Изотопный возраст акцессорного циркона (U-Pb, SHRIMP) из риодацитов БК составил 1349 ± 3 млн лет [9] и ограничил верхнюю возрастную границу рассматриваемых терригенно-карбонатных образований началом среднего рифея. При этом в работе [9] не исключается возможность того, что эти терригенно-карбонатные образования могут быть отнесены к бакальской свите верхов бурзянской серии; отнесение же их к саткинской свите маловероятно, так как эта свита сложена почти исключительно карбонатными породами. Для того, чтобы ре-

¹ Институт Физики Земли им. О.Ю. Шмидта Российской академии наук, Москва, Россия

² Геологический институт Российской академии наук, Москва, Россия

³ Российский Национальный Университет Нефти и Газа имени И.М. Губкина, Москва, Россия

⁴ Институт Геологии и геохимии Уральского отделения Российской академии наук им. А.Н. Заварицкого, Екатеринбург, Россия

⁵ Институт геологии Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, Уфа, Россия

⁶ Институт Земной Коры Сибирского отделения Российской академии наук, Иркутск, Россия

^{*}E-mail: kouznikbor@mail.ru



Рис. 1. Стратиграфическая схема докембрия Башкирского поднятия. На обрезе справа звезды маркируют стратиграфические уровни, для проб из стратотипических разрезов которых ранее выполнено U—Pb-датирование детритовых зерен циркона и результаты опубликованы: K12-057 в [13], K13-019 в [1], K13-119 в [11], K13-206 в [10], M06-16-1 в [4].

шить эту проблему, было проведено U—Pb-изотопное датирование детритового циркона (dZr) из песчаников, участвующих в строении разреза толщи, вмещающей магматические породы БК. Сопоставление вновь полученных датировок dZr с датировками dZr из обломочных пород изученных ранее типовых разрезов рифея дало возможность провести корреляцию стратифицированных образований Багрушинских гор.

Проба D-128 отобрана на правом берегу р. Малый Багруш, юго-западнее г. Куса (в окрестностях точки с координатами 55°19'48" с.ш., 59°21'43" в.д.). Здесь фрагментарно обнажены серые мелкозернистые кварцитовидные песчаники с плитчатой отдельностью (толщина плиток от 1—5 до 8—10 см). Выделение dZr проведено в ИГ УФИЦ, а их датирование — в НОЦ геохронологии

КФУ. Технические детали пробоподготовки, аналитического процесса и аппаратуры изложены в [12], а первичной обработки аналитических данных в [10].

Выполнено 107 анализов (рис. 3а). Однако 61% из них сильно дискордантные и/или с большой аналитической ошибкой. Только 39 из них можно считать "кондиционными" (т.е. -5% < D < 10% и 1σ определения 207 Pb/ 206 Pb-возраста точнее 50 млн лет). Это означает, что породы, из которых отобрана проба D-128, почти наверняка подвергались термальному и/или метаморфическому воздействию. Минимальный возраст dZr из пробы D-128 - 1881 \pm 21 млн лет (D = -4%), максимальный - 2735 \pm 38 млн лет (D = 3%). Содержание U в dZr варьирует от 81 до 476 г/т, и только для N268 получено повышенное содержание U = 818 г/т

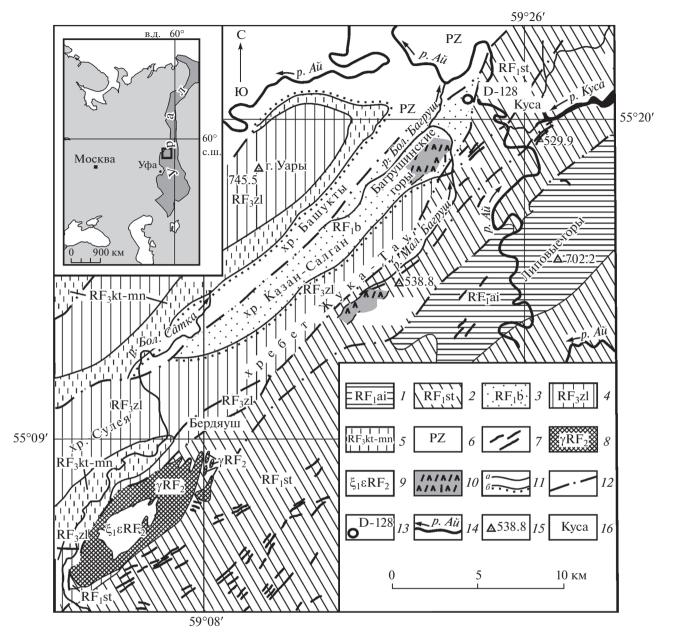


Рис. 2. Геологическая карта северо-западной части Башкирского мегантиклинория, по [9]. 1-3 — нижний рифей (RF₁), свиты: 1 — айская (RF₁ai), 2 — саткинская (RF₁st), 3 — бакальская (RF₁b); 4, 5 — верхний рифей (RF₃): 4 — зильмердакская (RF₃zl) свита, 5 — нерасчлененные отложения катавской, инзерской и миньярской (RF₃kt-mn) свит; 6 — палеозойские отложения (Pz); 7 — дайки и силлы габбродолеритов; 8, 9 — Бердяушский массив гранитов (8) рапакиви (9RF₂) и сиенитов (9) щелочных и нефелиновых (8RF₂); 10 — риодацитовые порфиры; 11, 12 — границы: стратиграфические согласные (11a), несогласные (11b) и тектонические (12); 13 — местоположение пробы D-128 на детритовые цирконы; 14 — реки, 15 — высоты с тригопунктами; 16 — населенные пункты.

и, соответственно, низкое значение Th/U = 0.07, что является признаком возможного метаморфического происхождения или переработки этого dZr. В dZr № 52 зафиксировано несколько повышенное значение Th/U = 1.29, что может свидетельствовать о том, что это зерно извлечено из мафических магматических пород. Остальные dZr показали отношение Th/U в "нормальном" интервале (0.1—1) (рис. 3б) и согласно критерию

Тh/U наиболее вероятно — магматогенные. Для построения кривой плотности вероятности (КПВ) и гистограммы (рис. 3в) использованы только "кондиционные" анализы. На КПВ получены три пика, поддержанные не менее чем 3 датировками. Пики 1969, 2051 млн лет доминирующие, а пик 2737 млн лет — второстепенный.

K настоящему времени представительные спектры возрастов dZr получены уже для песча-

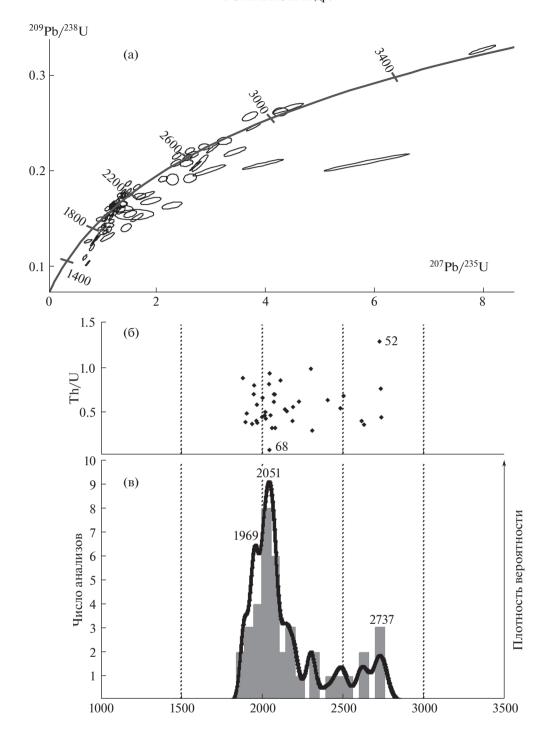


Рис. 3. Результаты U—Pb-изотопного изучения детритовых зерен циркона из пробы D-128: диаграмма с конкордией (а), Th/U-отношения (б) и гистограмма и КПВ (в) для "кондиционных" анализов.

ников из 5 стратиграфических уровней рифея БП (рис. 1). Сопоставление результатов изучения dZr из пробы D-128 с этими данными визуально (рис. 4), а также с помощью теста Колмогорова—Смирнова (табл. 1), показало следующее.

1. Спектр датировок dZr из пробы D-128 визуально существенно отличается от спектра возрас-

тов dZг из лемезинских песчаников (проба K12-057 [13]) зильмердакской свиты каратауской серии и подтверждается фактически нулевым значением их парного p-коэффициента (табл. 1). В лемезинских песчаниках доминируют архейские dZr (сигнал локального источника), в то время как в пробе D-128 архейские dZr образуют второсте-

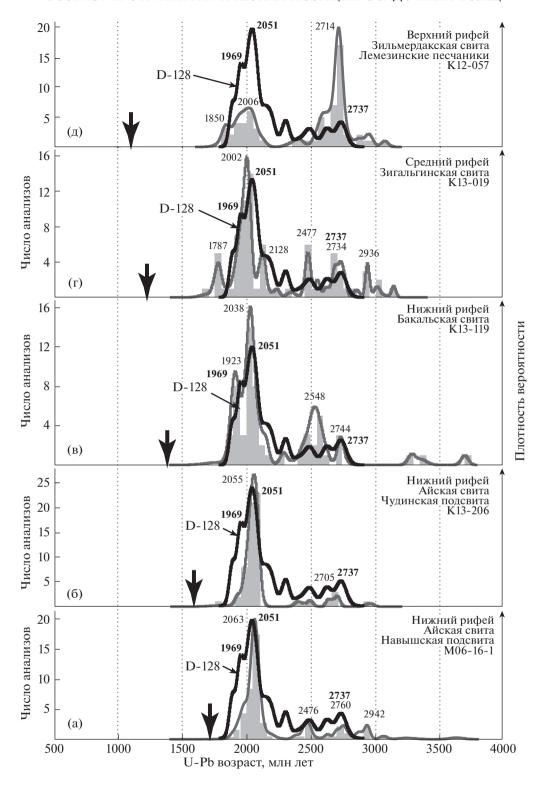


Рис. 4. Сопоставление КПВ для возрастов детритового циркона из пробы D-128 с гистограммами и КПВ, характеризующими распределения возрастов dZr в рифейских толщах БП: навышской (а) и чудинской (б) подсвит айской свиты, бакальской (в), зигальгинской (г) и зильмердакской (д) свит. Стрелки показывают приблизительный стратиграфический возраст изученных проб.

пенную популяцию при доминировании палеопротерозойских $d\mathbf{Z}$ г. Возможность отнесения рассматриваемой толщи к зильмердакской свите

ограничена возрастом прорывающих их магматических пород БК - 1349 \pm 3 млн лет [9], соответствующим началу среднего рифея. По этой же

Таблица 1. Значения взаимных *p*-коэффициентов для наборов возрастов детритовых зерен циркона из песчаников пробы D-128 и песчаников разных стратиграфических уровней типового разреза рифея в Башкирском поднятии (пробы M06-16-1, K13-206, K13-119, K13-019 и K12-057, см. рис. 1), полученных с помощью теста Колмогорова—Смирнова

Номера проб	M06-16-1	K13-206	K13-119	K13-019	K12-057
D-128	0.868	0.063	0.877	0.436	0.000
M06-16-1		0.048	0.349	0.002	0.000
K13-206			0.023	0.010	0.000
K13-119				0.503	0.000
K13-019					0.000

Примечание. Значения p-коэффициента, по величине превосходящие пороговое значение 0.05, указывают на то, что с вероятностью более 95% сравниваемые наборы подчиняются одному закону распределения.

причине рассматриваемые стратифицированные образования нельзя сопоставлять с авзянской свитой верхов юрматинской серии.

- 2. Спектр возрастов dZr из пробы D-128 в целом похож на спектры возраста $d\mathbf{Z}\mathbf{r}$ из зигальгинской свиты (проба К13-019 [1]) основания разреза юрматинской серии, а также айской (пробы К13-206 [10] и М06-16-1 [4]) и бакальской (проба К13-119 [1]) свит, слагающих, соответственно, основание и самый верх сводного разреза бурзянской серии: доминируют палеопротерозойские $d\mathbf{Z}\mathbf{r}$, при минимальных количествах архейских $d\mathbf{Z}\mathbf{r}$, все парные р-коэффициенты означенных проб превосходят пороговое значение 0.05 (табл. 1). Однако набор палеопротерозойских $d\mathbf{Z}\mathbf{r}$ в песчаниках айской свиты (основание бурзянской серии) существенно отличается от набора палеопротерозойских $d\mathbf{Z}\mathbf{r}$ в песчаниках зигальгинской свиты и бакальской свиты: в песчаниках айской свиты обнаружены лишь единичные dZr с возрастами моложе 2 млрд лет, в то время как в песчаниках зигальгинской и бакальской свит dZr с возрастами 1.85-2.0 млрд лет представлены статистически значимо и проявлены на КПВ второстепенными пиками. По этому критерию проба D-128 отличается от проб К13-206 и М06-16-1.
- 3. Нет статистически значимых особенностей, которые бы позволили выявить большую схожесть пробы D-128 с пробой K13-019 или K13-119. Следовательно, наиболее вероятно, что стратифицированные образования Баргушинских гор, вмещающие магматические породы БК, отложились в конце раннего рифея или в самом начале среднего рифея. Эту толщу следует сопоставлять либо с бакальской свитой верхов бурзянской серии — эталона нижнего рифея, либо с зигальгинской свитой низов юрматинской серии — эталона среднего рифея. Первый вариант предпочтительнее, так как он согласуется с геологическими данными. Отнесение пород, вмещающих риодациты БК с возрастом 1349 ± 3 млн лет [9], к зильмердакской свите оставило бы довольно маленький временной интервал для машакского времени (не-

многим более 30 млн лет для толщи мощностью до 3 км), которому в изученном районе отвечает перерыв в осадконакоплении. Кроме того, нигде в сохранившихся разрезах машакской свиты восточных районов БМА кислые вулканиты не обнаружены выше нижнемашакской подсвиты.

Таким образом, результаты U—Pb-изотопного датирования dZr показали, что стратифицированные образования Баргушинских гор отложились в конце раннего рифея или в самом начале среднего рифея. Это сужает представления об их возрасте и стратиграфической позиции.

ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ

Исследования соответствуют темам госзаданий ИФЗ РАН, ГИН РАН, ИГГ УрО РАН (АААА-А18-118052590032-6) и ИГ УФИЦ РАН (0252-2014-0002). Работа выполнена при поддержке гранта Правительства РФ № 075-15-2019-1883.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Аулов Б.Н., Владимирцева Ю.А., Гвоздик Н.И., Королькова З.Г., Левин Ф.Д., Липаева А.В., Поташова М.Н., Самозванцев В.А. Государственная геологическая карта РФ. М-б 1: 200000. Издание второе. Серия Южно-Уральская. Лист N-40-XII (Златоуст). М.: МФ ВСЕГЕИ. 2015.
- 2. Князев Ю.Г., Князева О.Ю., Сначев В.И., Жданов А.В. Государственная геологическая карта РФ. М-б 1:1000000 (третье поколение). Серия Уральская. Лист N-40 (Уфа). СПб.: ВСЕГЕИ, 2013.
- 3. Кузнецов Н.Б., Белоусова Е.А., Романюк Т.В., Дегтярев К.Е., Маслов А.В., Горожанин В.М., Горожанина Е.Н., Пыжова Е.С. Первые результаты U/Pb датирования детритовых цирконов из песчаников зигальгинской свиты (средний рифей, Южный Урал) // ДАН. 2017. Т. 475. № 6. С. 659—664.
- 4. Кузнецов Н.Б., Маслов А.В., Белоусова Е.А., Романюк Т.В., Крупенин М.Т., Горожанин В.М., Горожанина Е.Н., Серегина Е.С., Цельмович В.А. Первые результаты U—Рb LA—ICP—МЅ изотопного датирования обломочных цирконов из базальных уров-

- ней стратотипа рифея // ДАН. 2013. Т. 451. № 3. С. 308—313.
- 5. Лучинин И.Л. Магматизм и эндогенная металлогения западного склона Южного Урала. Вопросы геологии восточной окраины Русской платформы и Южного Урала. Уфа: ИГ БФАН СССР. 1973. Вып. 21. С. 76—81.
- 6. Мосейчук В.М., Тевелев Ал.В., Тевелев Арк.В., Кошелева И.А., Прудников И.А., Хотылев А.О. Государственная геологическая карта листа N-40-VI (Куса). СПб.: ВСЕГЕИ. 2014.
- 7. Общая стратиграфическая шкала. Постановление МСК и его постоянных комиссий. Вып. 33 / Отв. ред. Соколов Б.С., Жамойда А.И. СПб.: ВСЕГЕИ, 2002. 51 с.
- 8. *Пучков В.Н.* Геология Урала и Приуралья. Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2010. 280 с.
- 9. Пучков В.Н., Краснобаев А.А., Сергеева Н.Д., Бушарина С.В., Шокальский С.П. Цирконы, возраст и геологическое положение риодацитовых порфиров багрушинского комплекса (Южный Урал) // ДАН. 2017. Т. 477. № 1. С. 75—80.
- 10. Романюк Т.В., Кузнецов Н.Б., Белоусова Е.А., Горожанин В.М., Горожанина Е.Н. Палеотектонические и палеогеографические обстановки накопления нижнерифейской айской свиты Башкирского поднятия (Южный Урал) на основе изучения детритовых цирконов методом "TerraneChrone®" // Геодинамика и тектонофизика. 2018. № 1. С. 1—37. https://doi.org/10.5800/GT-2018-9-1-0335
- 11. Романюк Т.В., Кузнецов Н.Б., Белоусова Е.А., Маслов А.В., Горожанин В.М., Горожанина Е.Н. Огра-

- ничения на положение крупной магматической провинции в Колумбии по результатам U/Pb датирования детритовых цирконов из нижнерифейской бакальской и среднерифейской зигальгинской свит (Башкирское поднятие, Южный Урал) // Проблемы тектоники континентов и океанов (материалы 51-го тектонического совещания). М.: ГЕОС. 2019. Т. 2. С. 194—199.
- 12. Романюк Т.В., Кузнецов Н.Б., Пучков В.Н., Сергеева Н.Д., Паверман В.И., Горожанин В.М., Горожанина Е.Н. Локальный источник обломочного материала для пород айской свиты (основание разреза стратотипа нижнего рифея, Башкирское поднятие, Южный Урал) по результатам U/Pb-датирования (LA—ICP—MS) детритовых цирконов // ДАН. 2019. Т. 484. № 1. С. 75—79.
- 13. Романюк Т.В., Маслов А.В., Кузнецов Н.Б., Белоусова Е.А., Ронкин Ю.Л., Крупенин М.Т., Горожанин В.М., Горожанина Е.Н., Серегина Е.С. Первые результаты U/Pb LA—ICP—MS датирования детритных цирконов из верхнерифейских песчаников Башкирского антиклинория (Южный Урал) // ДАН. 2013. Т. 452. № 6. С. 642—645.
- Стратотип рифея. Стратиграфия. Геохронология / Отв. ред. Келлер Б.М., Чумаков Н.М. М.: Наука, 1983.
- Maslov A.V. Riphean and Vendian Sedimentary Sequences of the Timanides and Uralides, the Eastern Periphery of the East European Craton // The Neoproterozoic Timanide Orogen of Eastern Baltica / Gee D. G. and Pease V. (Eds.). Geological Soc., London. Mem. 30. 2004. P. 19–35.

CONSTRAINTS ON THE AGE AND STRATIGRAPHIC POSITION OF THE SEDIMENTARY FORMATIONS OF THE BAGRUSH MOUNTAINTS (SOUTHERN URALS) BASED ON THE RESULTS OF U-PB DATING (LA-ICP-MS) OF DETRITAL ZIRCONS

T. V. Romanyuk^a, N. B. Kuznetsov^{b,c,f,#}, Corresponding Member of RAS V. N. Puchkov^d, N. D. Sergeeva^e, V. I. Powerman^{a,f}, V. M. Gorozhanin^e, and E. N. Gorozhanina^e

^a Schmidt Institute of Physics of the Earth of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation ^b Geological Institute of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

 Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University), Moscow, Russian Federation
 Zavaritskii Institute of Geology and Geochemistry, Uralian branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russian Federation

^e Institute of Geology of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russian Federation f Institute of the Earth's Crust, Siberian branch of the Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Russian Federation #E-mail: kouznikbor@mail.ru

In order to determine the sources and to constrain age of the terrigenous-carbonate stratigraphic formations exposed in the Bagrush Mountains region, Bashkir Uplift (BU) U—Pb dating of detrital zircons from these formations has been carried out. Comparison of the results with similar data for 5 stratigraphic levels of the Riphean of BU showed that the most likely, studied formations should be correlated with the uppermost levels of the Lower Riphean or the lowest levels of the Middle Riphean.

Keywords: Southern Urals, Bagrush Mountains, Riphean, detrital zircons, U-Pb dating