

УДК 550.93:234.853

ИСТОЧНИКИ ЦИРКОНОВ В ОБЛОМОЧНЫХ ПОРОДАХ РИФЕЙСКИХ ТОЛЩ УРАЛА

А. А. Краснобаев¹, член-корреспондент РАН В. Н. Пучков^{1,*},
Н. Д. Сергеева², С. В. Бушарина¹

Поступило 30.06.2018 г.

Новые возрастные определения обломочных цирконов в песчаниках расширили возможность интерпретации источников сноса. Эта интерпретация зачастую ограничивается формальным сопоставлением вещественно-возрастных характеристик обломочных кристаллов с любыми весьма удалёнными модельными объектами. Иная ситуация возникает, когда на роль источника детрита претендуют местные объекты. Анализ изотопно-геохронологических датировок (SHRIMP и TIMS), содержания U и Th и сравнение возрастных гистограмм первичных цирконов из вулканитов рифея и пород Тараташского комплекса (Южный Урал) и детритовых цирконов из песчаников венда (ашинская серия) и нижнего рифея (айская свита) показал, что возрастные вариации цирконов и источников, и кластики во многом сопоставимы. Отсюда следует, что возрастные характеристики первичных цирконов из вулканитов рифея и архейских пород Тараташского комплекса как источников обломочных цирконов для вендских и рифейских песчаников на Южном Урале регулируются процессами переотложения, хотя влияние удалённых источников не исключается.

Ключевые слова: циркон, рифей, венд, серия, свита, ашинская, айская, машакская, Южный Урал.

DOI: <https://doi.org/10.31857/S0869-56524884413-419>

Анализ изотопно-геохронологических датировок (SHRIMP и TIMS) и сравнение возрастных гистограмм первичных цирконов из вулканитов рифея и пород Тараташского комплекса и детритовых цирконов из песчаников венда (ашинская серия) и нижнего рифея (айская свита) на Урале показал, что возрастные вариации первичных цирконов источников и цирконовой кластики вполне сопоставимы. Отсюда следует вывод: накопление цирконовой кластики в рифейских песчаниках регулируется процессами переотложения цирконов из местных, расположенных поблизости, объектов.

Интерес к обломочным цирконам в рифейских толщах Урала вызван их новыми возрастными определениями, согласно которым в песчаниках ашинской серии венда они охватывают интервал 755–3187 млн лет [1], а в песчаниках айской свиты нижнего рифея 1891–3625 млн лет [2, 3]. Особое внимание при этом привлекают оригинальные выводы авторов об источниках этой цирконовой кластики. Для ашинской свиты на роль таковых предлагаются Уральский край Балтики и Квинслендский край Австралии, для айской – Волго-Уральская

часть Прото-Балтики. Какой-либо векторной палеогеографии или мобилизующих палеотектонических событий, обеспечивших целенаправленную транспортировку обломочных цирконов на тысячи километров из отмеченных регионов до места их аккумуляции (сбора) не предлагается, но тогда любая точка, расположенная на площадях упомянутых источников, может рассматриваться как равнозначная выбранной.

Мы предлагаем иной вариант решения проблемы источников. Прежде всего, это касается цирконов Тараташского комплекса, роль которого в формировании кластики в [1–3] недооценена.

Об их древнем, в том числе архейском возрасте (до 3420 млн лет) известно с 1965 года [4]. Он подтвердился последующими, дополненными минералогическим описанием шести типов цирконов, исследованиями термоизохронного Pb^{207}/Pb^{206} [5] и классического U–Pb-методов [6], а с применением методики SHRIMP были установлены кристаллы с возрастом до 3500 млн лет [7, 8].

Как вероятные источники цирконов мы рассмотрели и сами рифейские вулканиты, ранее исследованные для установления возрастных границ стратонов рифея [4–7]. В этих работах неоднократно отмечались и более древние (даже архейские) кристаллы, но детально они не исследовались.

В новых пробах айских (K9 (П-9)–N55°29'18,02" с.ш. 59°39'31,87" в.д., K10 (П-10)–55°29'18,02" с.ш.

¹ Институт геологии и геохимии им. А.Н. Заварицкого
Уральского отделения Российской Академии наук,
Екатеринбург

² Институт геологии Уфимского федерального
исследовательского центра Российской
Академии наук

* E-mail: puchkv@ufaras.ru

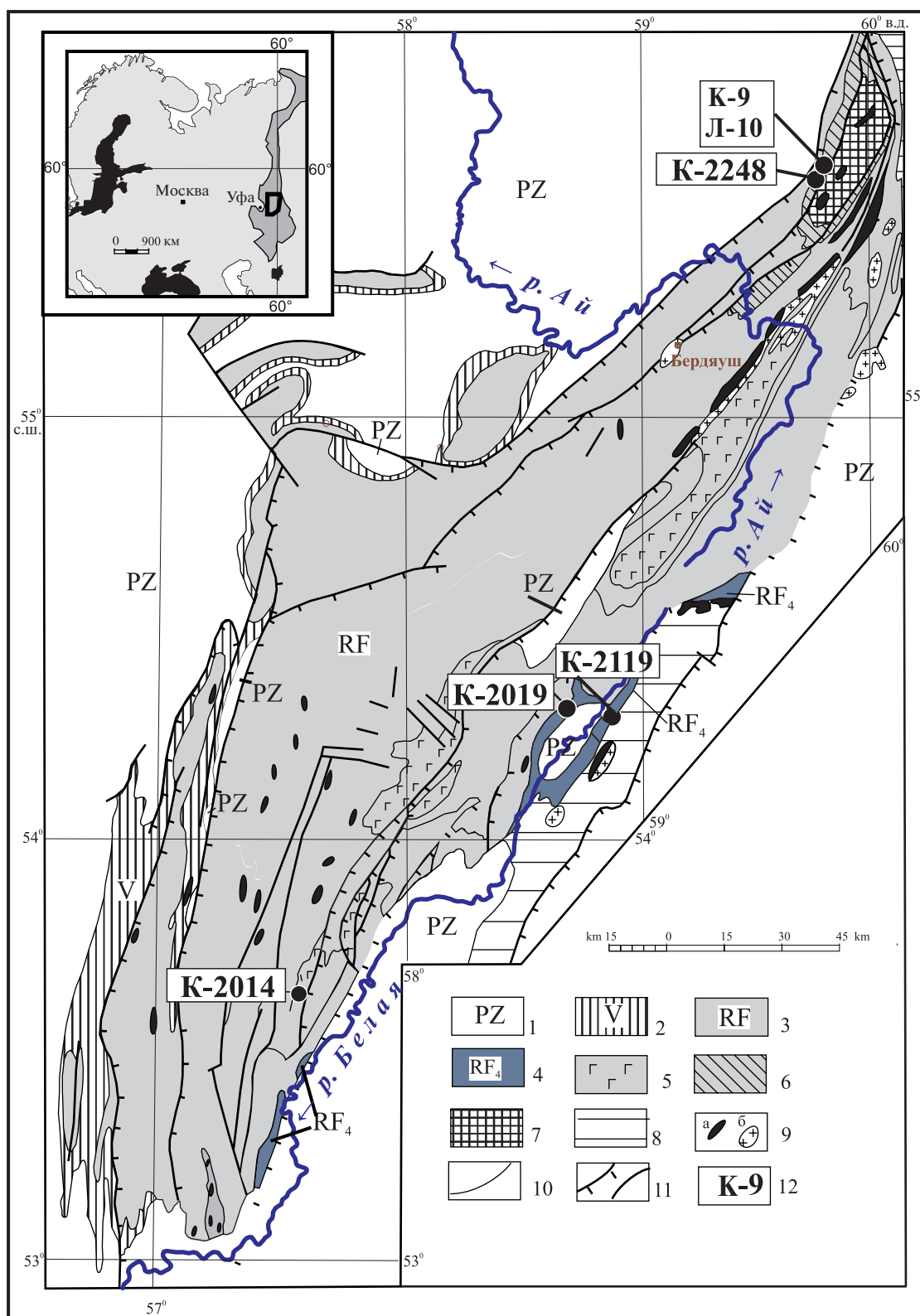


Рис. 1. Геологическая карта с расположением проб исследованных цирконов по [5]. 1–4 – нерасчленённые отложения: 1 – палеозой (PZ), 2 – венда (V), 3 – нижнего–верхнего (RF) и 4 – завершающего (RF₄) рифея; 5, 6 – свиты: 5 – машакская среднего рифея, 6 – айская нижнего рифея; 7 – Тараташский комплекс; 8 – Уралтауский и Уфалейский метаморфические комплексы; 9 – магматические образования: габбро (а) и граниты (б); 10 – геологические границы; 11 – основные тектонические нарушения; 12 – местоположение проб и их номера.

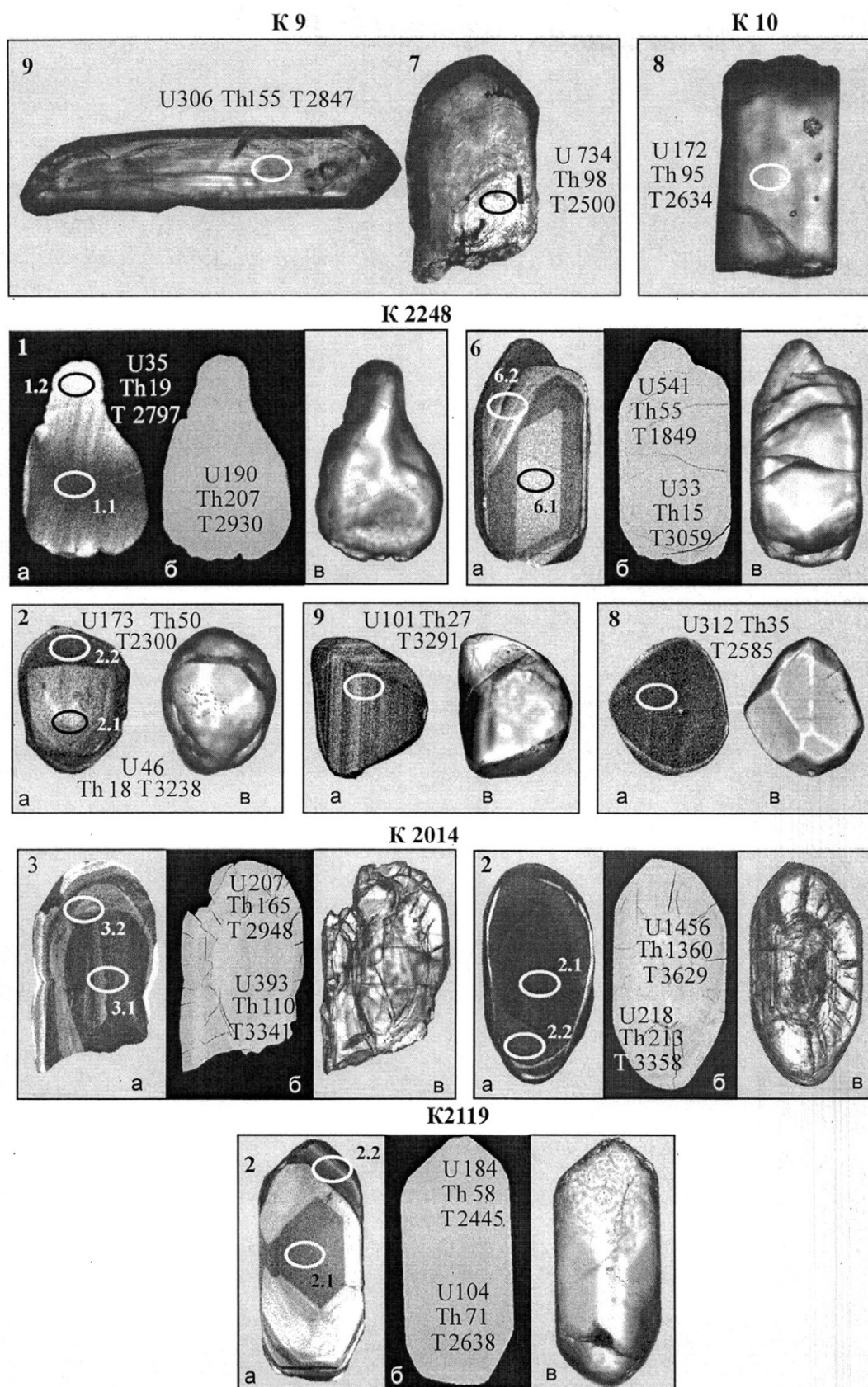


Рис. 2. Минералого-геохимические и возрастные особенности цирконов из рифейских толщ Урала. К9, К10, К2248 – айская и К2014 – машакская свиты, К2119 – аршинская серия. Цифры – номера кристаллов, содержания U, Th (г/г), T – возраст, млн лет (по $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$) (табл. 1), а, б, в – снимки CL, BSE, оптические (проходящий свет).

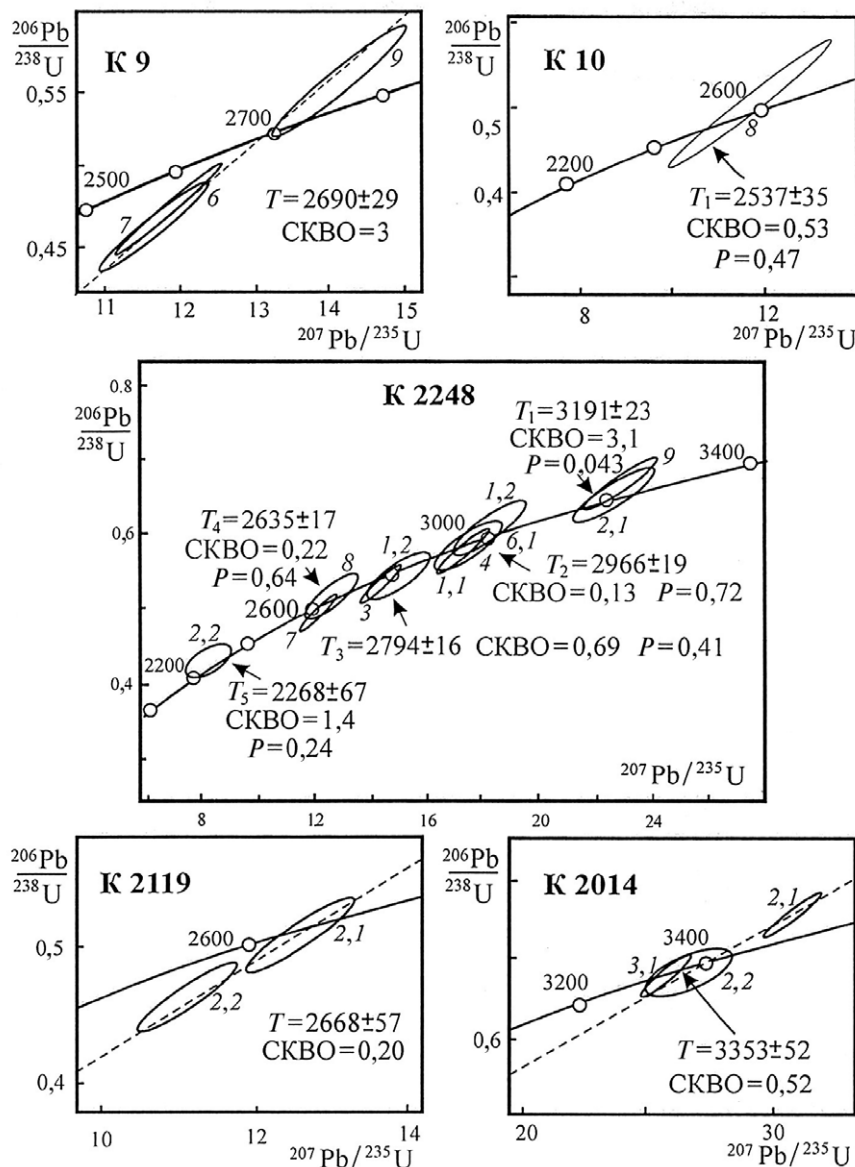


Рис. 3. U–Pb-возраст рифейских цирконов K9, K10, K2248 – айская, K2014 – машакская свиты, K2119 – аршинская серия.

59°39'31,87" в.д.), машакских (K2014–55°43'28,86" с.ш. 59°50'1,86" в.д.) и аршинских (K2119–54°18'06,99" с.ш. 58°47'18,6" в.д.) вулканитов (рис. 1) подробно рассматриваются лишь наиболее древние кристаллы (табл. 1; рис. 2, 3), а свойства остальных, подобных описанным в [9–12], совместно учитываются лишь при построении гистограмм.

Цирконы. Каждая из исследованных проб (рис. 2, 3; табл. 1) представляет совокупность кристаллов различного облика, состава и возраста. Одни зёрна демонстрируют сочетания ранних–поздних генераций, другие – классическую пару ядро–оболочка. На рис. 2 представлены особенности строения лишь наиболее древних кристаллов.

Архейские цирконы айских базальтов (7, 9 – K9; 8 – K10) испытали дробление, и растворение, а их округлость не связана с абразией. Большая часть кристаллов в этих пробах относится к интервалу 1297–2053 млн лет, учитывающему датировки и изменённых зёрен [11].

Проба K2248 кварцита (исследована дополнительно) содержит цирконы, имеющие общую историю существования с цирконами базальтов, что позволяет решить некоторые общие для них вопросы геологического прошлого. В пробе присутствуют зёрна с чётким идиоморфизмом (кр. 8), с реликтами первичной огранки и вторичной округлостью (кр. 6), испытавшие перекристаллизацию обломки (кр. 2, 9). Примером совмещения следов растворения, заме-

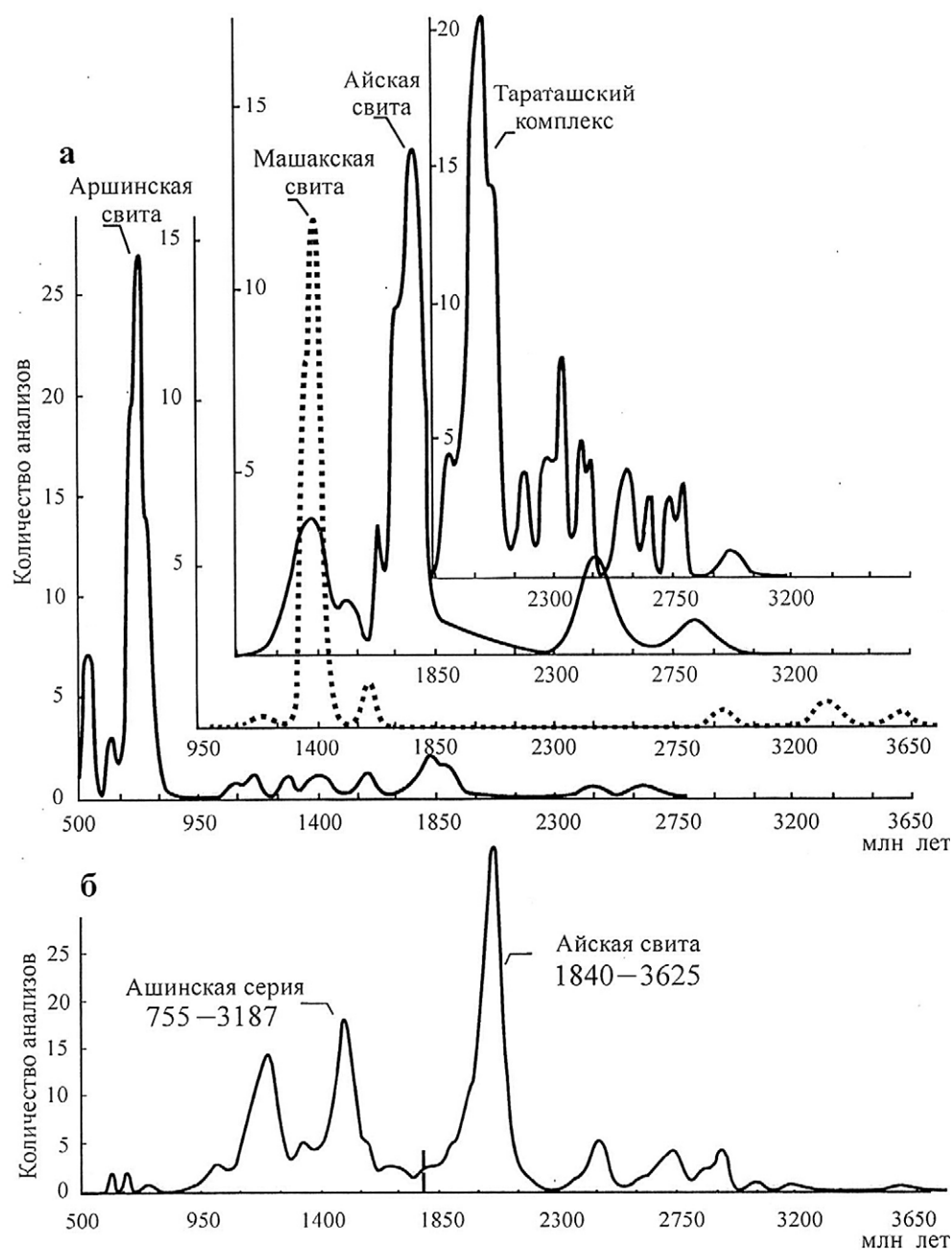


Рис. 4. Гистограммы распределения U–Pb-возрастов цирконов коренных пород рифейских вулканитов и Тараташского комплекса (а) и детритовых цирконов айских–ашинских песчаников (б) [2].

щения и изменения состава с омоложением является кристалл 1. В совокупности они подтверждают вывод о формировании их облика без участия абразии, т.е. цирконы K2248 и обломочные в [1, 2] в этом плане не эквивалентны.

Уникальными особенностями обладают кристаллы 2 и 3 пробы K2014 машакских базальтов (рис. 2). На снимках BSE видно, что у них проявились радиальные трещины в периферических зонах, не затрагивающие центральные. Подобная ситуация возникает за счёт более интенсивного увеличения

параметров элементарной ячейки у последних в связи с повышенной дозой поглощённого α -излучения, что и приводит к “взрыву” оболочки. Между кристаллами 2 и 3 существуют и заметные различия первичного строения: у первого трещиноватость приурочена к поздней генерации, у второго — к новообразованной оболочке. Возраст цирконов этой пробы достигает 3629 ± 44 млн лет.

В аршинском базальте (K2119) лишь кристалл 2 относится к архейским — 2668 ± 57 млн лет. Сочетание тёмной–светлой по CL зон отражает его магматиче-

Таблица 1. U–Pb-возраст (SHRIMP) цирконов рифейских вулканитов Урала (K9, K10, K2248 – айская, K2014 – машакская свиты, K2119 – аршинская серия)

Анализ, кратер	²⁰⁶ Pb _c , %	Содержание ppm			²³² Th/ ²³⁸ U ±%	Возраст, млн лет ²⁰⁶ Pb*/ ²³⁸ U ±%	D, %	Изотопные отношения					
		U	Th	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U				²⁰⁷ Pb*/ ²⁰⁶ Pb* ±%	²⁰⁷ Pb*/ ²³⁵ U ±%	²⁰⁶ Pb*/ ²³⁸ U ±%			
K9													
6	0,59	611	276	245	0,47	2454±51	9	0,1823	0,66	11,64	2,6	0,463	2,5
7	0,03	734	98	299	0,14	2500±51	7	0,18145	0,4	11,85	2,5	0,474	2,5
9	0,15	306	155	146	0/52	2847±57	−5	0,1855	0,69	14/2	21/6	0,555	2,5
K10													
8	0,18	172	95	74,6	0,57	2634±130	−4	0,1678	1	11,68	6,2	0,505	6,1
K2248													
2,2	2,22	173	50	65,6	0,30	2300±42	−4	0,1391	3,2	8,22	3,9	0,4286	2,2
7,1	0,26	40	71	17,9	1,83	2678±54	−2	0,1773	1,6	12,59	2,9	0,515	2,5
8,1	0,10	312	35	132	0,12	2585±43	2	0,17813	0,5	12,12	2,1	0,4934	2
3,1	0,13	401	175	183	0,45	2746±45	2	0,19601	0,44	14,35	2,1	0,531	2
1,2	1,36	35	19	16,6	0,57	2797±54	1	0,2001	1,9	14,99	3	0,543	2,4
1,1	0,10	190	207	94	1,12	2930±49	1	0,2176	0,62	17,27	2,2	0,575	2,1
4,1	0,62	58	12	29,2	0,22	2966±56	0	0,2173	1,6	17,51	2,9	0,584	2,3
6,1	0,38	33	15	17,5	0,47	3059±61	−3	0,2177	1,4	18,23	2,9	0,607	2,5
9,1	0,23	101	27	58	0,28	3291±55	−3	0,249	0,84	22,87	2,3	0,666	2,1
2,1	0,45	46	18	25,9	0,40	3238±58	−1	0,2515	1,2	22,63	2,6	0,653	2,3
K2014													
2,1	0,04	1456	1360	946	0,97	3629±44	−5	0,2969	0,32	30,94	1,6	0,756	1,6
2,2	0,25	218	213	129	1,01	3358±47	1	0,2833	2	26,7	2,7	0,684	1,8
3,1	0,06	393	110	230	0,29	3341±43	0	0,2764	0,45	25,88	1,7	0,679	1,6
K2119													
2,1	0,07	104	71	45,3	0,70	2638±47	1	0,181	0,95	12,62	2,4	0,506	2,2
2,2	0,09	184	58	73,2	0,32	2445±44	7	0,1751	0,79	11,14	2,3	0,461	2,2

Примечание. Pb_c и Pb^* – общий и радиогенный свинец. (1) – коррекция по ^{204}Pb . Погрешность калибровки стандартов 0,74% для K9, K10; 0,60% для K2014 и 0,59% для K2119. D – дискордантность.

скую природу, а появление поздней оболочки (2.2) обязано метаморфизму с возрастом 2445 ± 44 млн лет.

Возраст. Прежде чем приступить к анализу рассмотренных данных, необходимо уточнить наши представления о природе цирконовой кластики (детрите), о её взаимоотношениях с первичными цирконами источников. Основное положение при этом – возраст детрита не может превышать возраста цирконов источников. Среди процессов, сопровождающих преобразование кластики, следует учитывать два основных. Первый контролирует очистку (рафинирование) сложных, часто гетерогенных первичных кристаллов от дефектных зёрен в основном под влиянием механической абразии. Согласно второму, детритовые кристаллы, попадая в новую геохимическую среду осадка, преобразуясь затем в породу, подвергался влиянию, связанному с процессами диагенеза и метаморфизма, что стирает первичную информацию, содержащуюся

в кристаллах. Однако нередко случаи, когда этот процесс останавливается на “промежуточном” этапе, и реликты первичных структур сохраняются.

Из рассмотренных данных видно, что на роль источника детрита в рифейских толщах Урала могут претендовать местные объекты. Показательным примером в этом плане служит обнаружение тараташских цирконов в айских и даже в зильмердакских песчаниках [4, 13], что уже конкретно свидетельствует о переотложении их (!) на месте.

При обобщении всех рассмотренных возрастных данных учтены как вновь полученные (табл. 1; рис. 2, 3), так и более ранние анализы цирконов (с дискордантностью не хуже 10) рифейских вулканитов [9, 12] и Тараташского комплекса [5–13].

Все они относятся к U–Pb-датировкам (рис. 4) первичных цирконов из магматических пород, и для сравнения приведена суммарная гистограмма [2] для

детритовых цирконов из песчаников ашинской серии и айской свиты. Нетрудно заметить, что возрастные вариации цирконов и источников, и кластики во многом и сопоставимы, и “с избытком” перекрываются. Отсюда следует и очевидный вывод, согласно которому накопление цирконовой кластики в рифейских песчаниках регулируются процессами переотложения цирконов из местных объектов, расположенных поблизости. Влияние удалённых источников не исключается, но их участие в данном случае не проявилось.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузнецов Н.Б., Романюк Т.В., Шаццло А.В., Орлов С.Ю., Голованова И.В., Данукалова К.Н., Ипатьева И.С. и др. // ДАН. 2012. Т. 447. № 1. С. 73–79.
2. Кузнецов Н.Б., Маслов А.В., Белоусова Е.А., Романюк Т.В., Крупенин М.Т., Горожанин В.М., Горожанин Е.Н., Серегина Е.С., Цельмович В.А. // ДАН. 2013. Т. 451. № 3. С. 308–313.
3. Романюк Т.В., Кузнецов Н.Б., Белоусова Е.А., Горожанин В.М., Горожанин Е.Н. // *Geodynamics & Tectonophysics*. 2018. 9(1). Р. 1–37.
4. Краснобаев А.А., Свяжин Н.В., Траянова М.В. Методические вопросы изотопной геологии. М.: Наука, 1965. С. 84–94.
5. Краснобаев А.А., Сумин Л.В. // *Геохимия*. 1983. № 4. С. 599–602.
6. Краснобаев А.А., Чередниченко Н.В. // ДАН. 2005. Т. 400. № 4. С. 510–519.
7. Краснобаев А.А., Козлов В.И., Пучков В.Н., Бушарина С.В., Бережная Н.Г., Нехорошева А.Г. // ДАН. 2011. Т. 437. № 6. С. 803–807.
8. Ронкин Ю.Л., Синдерн С., Лепихина О.П. // *Литосфера*. 2012. № 5. С. 50–76.
9. Краснобаев А.А., Козлов В.И., Пучков В.Н., Сергеева Н.Д., Бушарина С.В. // *Литосфера*. 2012. № 4. С. 127–139.
10. Краснобаев А.А., Козлов В.И., Пучков В.Н., Бушарина С.В., Сергеева Н.Д., Падерин И.П. // *Стратиграфия. Геол. корреляция*. 2013. Т. 21. № 5. С. 1–18.
11. Краснобаев А.А., Пучков В.Н., Козлов В.И., Сергеева Н.Д., Бушарина С.В., Лепихина Е.Н. // ДАН. 2013. Т. 448. № 4. С. 437–442.
12. Краснобаев А.А., Пучков В.Н., Сергеева Н.Д. // ДАН. 2018. Т. 478. № 4. С. 74–80.
13. Краснобаев А.А. Минералы изверженных горных пород и руд Урала. Ленинград: Наука, 1967. С. 3–7.

THE SOURCES OF ZIRCONS IN CLASTIC ROCKS OF THE RIPHEAN DEPOSITS OF THE URALS

A. A. Krasnobaev¹, Corresponding Member of the RAS V. N. Puchkov¹,
N. D. Sergeeva², S. V. Busharina¹

¹Zavaritskiy Institute of Geology and Geochemistry, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russian Federation

²Institute of Geology – Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russian Federation

Received June 30, 2018

New age determinations of detrital zircons of sandstones augmented the possibilities of interpretation of their provenance. This interpretation is often restricted by a formal comparison of age-and-composition characteristics of detrital crystals with any very distant model objects. A different situation arises when the role of a source of a detritus is claimed by local objects. The analysis of SHRIMP and TIMS - dates of zircons and U and Th concentrations in them, and also a comparison of histograms of primary zircons from Riphean volcanics and rocks of the Taratash complex on one hand and the detrital zircons from the sandstones of Vendian (Asha series) and Lower Riphean (Ai Formation) on the other, have shown that the age variations of sources and clastics are comparable in many aspects. It means that the age characteristics of primary zircons from the Riphean volcanics and rocks of the Taratash complex as sources of zircon clastics for the Riphean and Vendian sandstones in the Southern Urals are regulated by processes of resedimentation, though the influence of distant sources is not excluded.

Keywords: zircons, Riphean, Vendian, series, Formation, Asha, Ai, Mashak, Southern Urals.