

УДК 550.93:549.514.81(234.851)

ВОЗРАСТ НИЖНЕПАЛЕОЗОЙСКИХ ПОРОД ОСТАНЦОВ ВЫВЕТРИВАНИЯ хр. МАНЬПУПУНЕР (СЕВЕРНЫЙ УРАЛ)

А.А. Соболева¹, В.А. Салдин¹, П.П. Юхтанов¹, Дж.К. Хоуриган²

¹ Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар

² Калифорнийский университет, Санта-Крус, США

Поступила в редакцию 28.02.17

В статье приведены первые изотопные данные о возрасте пород, слагающих живописные останцы выветривания на хр. Маньпупунер Северного Урала. На основании анализа U-Pb возраста детритовых цирконов слюдястые кварциты хр. Маньпупунер отнесены к тельпосской свите нижнего ордовика. Высказано предположение об источниках сноса обломочного материала.

Ключевые слова: детритовые цирконы, ордовик, тельпосская свита, памятник природы, река Печора, Северный Урал.

Soboleva A.A., Saldin V.A., Yukhtanov P.P., Hourigan J.K. Age of lower Paleozoic rocks composing erosional outliers on Manpupuner Ridge (Northern Urals). Bulletin of Moscow Society of Naturalists. Geological Series. 2017. Volume 92, part 2. P. 3–20.

The article presents the first U-Pb data on the age of the rocks composing scenic erosional outliers located on the Manpupuner Ridge in the Northern Urals. Based on the analysis of the ages of detrital zircons micaceous quartzites exposed on the Manpupuner Ridge are thought to belong to Lower Ordovician Telpos Formation. Sources of clastic material are supposed.

Key words: detrital zircons, Ordovician, Telpos Formation, natural monument, Pechora River, Northern Urals.

Геологическая позиция останцов выветривания и состав слагающих их пород

Хребет Маньпупунер находится на западном склоне Северного Урала в пределах Печоро-Ильчского биосферного заповедника. На этом хребте расположены живописные и легендарные останцы выветривания «Болваны», вошедшие в 2007 г. в список «Семь чудес России». Впервые эти останцы были обнаружены и зарисованы А.А. Кейзерлингом (Keuserling, 1846, с. 366) в первой половине XIX в. Известная исследовательница природы и геологии Урала В.А. Варсанюфьева (1959; Варсанюфьева, Геккер, 1951) первая предложила считать их «памятником природы». Одной из самых ранних публикаций, посвященных останцам выветривания как туристическому объекту международного значения, была статья Ф.Ф. Шиллингера (1930).

Останцы выветривания, расположенные на хр. Маньпупунер в южной части Ляпинского антиклинория, посещали многие геологи, но специально они никем не изучались, даже относительно их возраста и состава нет единой точки зрения. Г.А. Чернов, посетивший хр. Маньпупунер в 1936 г., считал эти породы древними метаморфическими сланцами (Чернов, 1974). Этой же точки зрения придерживалась В.А. Варсанюфьева, определившая породы останцов как серицит-кварцитовые и кварцитовые сланцы и предположившая их докембрий-

ский возраст. Она выявила в горной полосе Северного Урала две системы трещин, одна из которых параллельна простиранию пород, а вторая является секущей. По ее представлениям, породы на вершинах гор разрушаются по этим трещинам и впоследствии в результате выветривания образуются причудливые столбы и башни (Варсанюфьева, 1940).

По полевым данным Е.П. Калинина (2008), семь наиболее известных останцов выветривания сложены кварц-серицитовыми сланцами, иногда с прослоями метаконгломератов, а отдельные останцы сложены кварцитопесчаниками и конгломератами. Эти породы он условно относил к ордовикской системе.

Согласно геологической карте 1966 г. масштаба 1:200 000 (составители К.А. Львов и С.Н. Волков), останцы попадают в поле развития тельпосской свиты нижнего ордовика (http://geokarta.ru/list_200.php?idlist=P-40-XVIII). В контурах более поздней, но обзорной геологической карты масштаба 1:500 000 (рис. 1) они расположены на границе нижнеордовикской тельпосской и верхнерифейской хобеинской свит (Сабуров, Плякин, 1984 г.). Отсутствие органических остатков, каких-либо маркеров в породах, слагающих останцы выветривания, и расположение «Болванов» на границе между сходными по составу нижнепалеозойскими и докембрийскими породами затрудняют их однозначную стратиграфическую идентификацию.

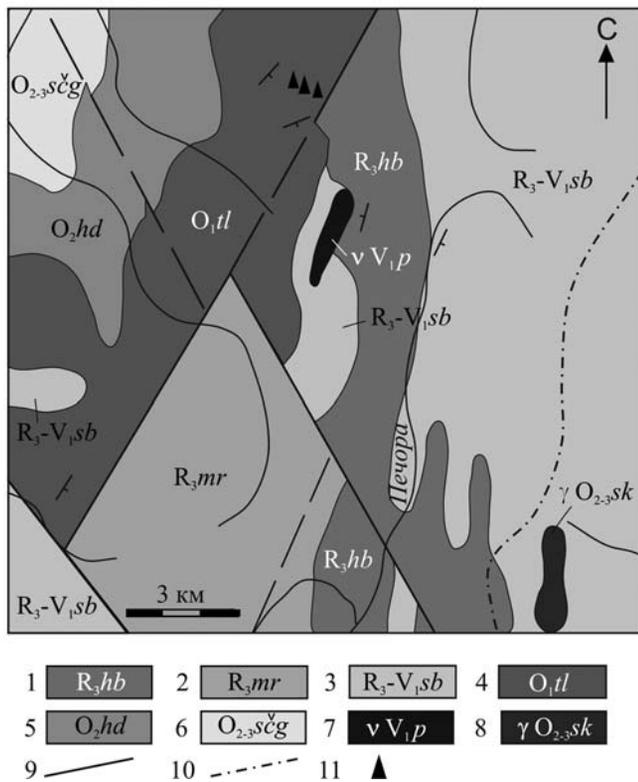


Рис. 1. Фрагмент геологической карты Северного Урала (Сабуров, Плякин, 1984 г., с изменениями): 1 — хобеинская свита верхнего рифея (R₃hb); 2 — мороинская свита верхнего рифея (R₃mr); 3 — саблегорская свита верхнего рифея — нижнего венда (R₃-V₁sb); 4 — тельпосская свита нижнего ордовика (O₁tl); 5 — хьдейская свита среднего ордовика (O₂hd); 6 — шугорская свита среднего и верхнего ордовика (O_{2,3}schg); 7 — габброиды парнукского комплекса (vV₁p); 8 — гранитоиды саклаимсорского комплекса (γ O_{2,3}sk); 9 — разломы; 10 — границы Европы и Азии; 11 — останцы выветривания

В последние годы благодаря содействию Русского географического общества нам удалось провести исследования вещественного состава пород хр. Маньпупунер.

Элементы залегания сланцеватости, развитой согласно первичной слоистости, довольно изменчивы, с преобладанием азимутов падения на юго-восток под углами 20–80°, а в останцах выветривания угол падения составляет 50–60°. Вторая широко развитая система трещин, вероятно, являющихся трещинами кливажа, направлена поперек сланцеватости с падением на северо-запад под углом 20–43° (Салдин, Юхтанов, 2015).

Самые живописные останцы хр. Маньпупунер образуют группу из семи отдельных скал (столбов) высотой от 24 до 43 м, отстоящих друг от друга на расстояние 15–260 м. Эта группа останцов вытянута в северо-западном направлении по азимуту около 320° (вкрест простирания сланцеватости), образуя цепочку длиной около 540 м.

Для определения возраста пород, слагающих останцы, и установления источников обломочного материала нами было проведено датирование детритовых цирконов из двух проб-протолок слюдяных кварцитов. Первая проба (1-2А) отобрана

из останца № 5 (координаты 62°15'32,34" с.ш., 59°17'42,46" в.д.), а вторая (2А) представляет собой сборную пробу из останцов № 2–4, 6 (рис. 2, А).

Изученные останцы сложены слюдяными кварцитами с сохранившимися участками кварцитопесчаников. Для пород характерны плейчатая полосчатая и линзовидно-полосчатая (рис. 2, Б, В) текстуры. Породы сложены кварцем (83–92 об.%), мусковитом (5–8 об.%) и гематитом (до 5%). Кварц обычно перекристаллизован, с образованием гранобластовой структуры, реже можно видеть реликты его обломков, определяющих бластопсаммитовую структуру породы (рис. 2, Г, Д). Полосчатая текстура слюдяных кварцитов обусловлена чередованием белых и темных полос, отличающихся составом и структурой. Белые полосы шириной 2–20 мм сложены зернами кварца размером 0,1–0,8 мм и мелкими отдельными чешуйками мусковита. Темные полосы шириной от долей миллиметра до 2 мм состоят преимущественно из мелких (0,2–1,0 мм) чешуек мусковита, зерен кварца (0,03–0,10 мм) и заметного количества выделений гематита (до 0,35 мм). Чешуйки мусковита обычно бесцветные, реже имеют зеленоватый оттенок. К этим темным слюдяным полосам приурочены акцессорные минералы — циркон, турмалин, хлоритоид, хлорит, апатит, рутил, флюорит, фуксит и лейкоксеновый агрегат. По химическому составу слюдяные кварциты и кварцитопесчаники сопоставимы с кварцитопесчаниками нижнеордовикской тельпосской свиты Приполярного Урала (Салдин, Юхтанов, 2015).

Методика датирования цирконов

Цирконы были выделены с использованием стандартных методов, включающих дробление породы, отмучивание в воде, разделение в бромформе, магнитную и электромагнитную сепарацию, а также удаление под микроскопом вручную всех зерен из тяжелой немагнитной фракции, за исключением цирконов. Все выделенные цирконы (около 200 зерен из пробы 1-2А и около 150 зерен из пробы 2А) были помещены в оксидные шашки, сошлифованы до середины зерен и отполированы. Для определения областей зерен, пригодных для датирования (без трещин и не содержащих включений), были использованы их изображения, сделанные с помощью оптического микроскопа в проходящем и отраженном свете при увеличении 20^x. Для получения катодоллюминесцентных (CL) изображений, на которых можно видеть детальное строение цирконов и их зональность, использовался встроенный CL детектор, установленный на сканирующем электронном микроскопе JEOL JSM 5600.

U-Pb датирование цирконовых зерен выполнено в изотопном центре Marine Analytical Laboratories Калифорнийского университета (г. Санта-Крус, США) методом лазерной абляции с ионизацией в индуктивно связанной плазме (LA-ICP-MS) на одноколлекторном масс-спектрометре Element XR

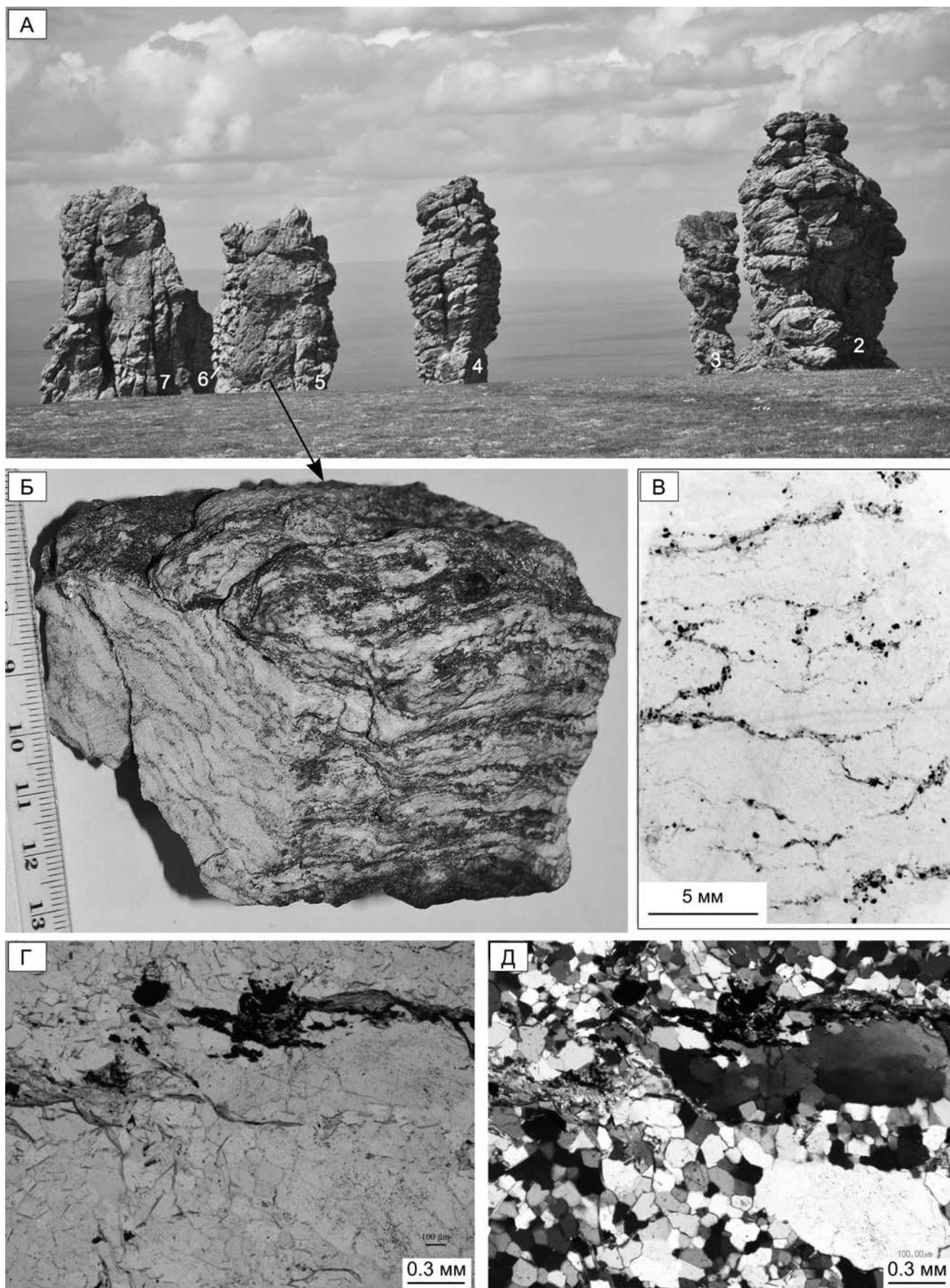


Рис. 2. Останцы выветривания на хр. Маньупунер (А); слоистые кварциты, слагающие останец № 5 с линзовидно-полосчатой и полосчато-плочатой текстурами (Б, В); лепидогранобластовой и бластосаммитовой структурами (Г, Д). Б – образец; В – отсканированный шлиф; Г, Д – микрофотографии шлифа, без анализатора и с анализатором соответственно

с высоким разрешением магнитного сектора и на установке лазерной абляции Photon Machines Analyte.N с эксимерным лазером с длиной волны 193 нм и камерой Helex-2. Измерения и обработка данных производились по стандартной методике (Sharman et al., 2013). В качестве первичного стандарта использовали циркон R33 (419 млн лет; Black et al., 2004), а в качестве вторичного – циркон Plesovice (337 млн лет; Slama et al., 2008). Для оценки примерного содержания U и величины Th/U анализировался стандартный циркон Madder (U = 3435 мкг/г), который сопоставим по составу с эталонным зеленым цирконом MAD (Barth, Wooden, 2010).

Низкое содержание ^{207}Pb в молодых (< 1 млрд лет) зернах приводит к большой погрешности в определении отношения $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$, поэтому для возрастов менее 1 млрд лет для интерпретации использован скорректированный на ^{207}Pb возраст $^{206}\text{Pb}^*/^{238}\text{U}$. Коррекция на ^{207}Pb произведена по модели Стейси и Крамерса (Stacey, Kraters, 1975). Для древних зерен (> 1 млрд лет) принят $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ возраст. Для цирконов из обеих исследованных проб характерны низкие содержания обыкновенного свинца ($^{204}\text{Pb}_m/^{206}\text{Pb}^* \leq 0,001$), поэтому корректировка $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ возраста на ^{204}Pb не производилась. Для интерпретации использовались только данные с низкой дискордантностью $|D| \leq 10\%$. Погрешности индивидуальных определений $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$, $^{206}\text{Pb}^*/^{238}\text{U}$ и $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ возрастов не превышают 2% (1 σ).

Результаты датирования цирконов

Цирконы в обеих пробах достаточно разнообразны и в целом весьма похожи, они представлены идиоморфными кристаллами, обломками кристаллов, полуокатанными и окатанными зернами. Наиболее крупные зерна представлены идиоморфными кристаллами, подавляющее большинство мелких зерен хорошо окатано. Идиоморфные кристаллы имеют столбчатый или короткостолбчатый облик и бипирамидально-призматический габитус. Кристаллы образованы гранями тетрагональных призм (001) и (110) и тетрагональной бипирамиды (111). Цвет большинства зерен циркона розовый, единичные зерна имеют оранжевую окраску, 60–70% прозрачны или полупрозрачны, оранжевые разности – непрозрачны.

Из каждой пробы было проанализировано по 100 зерен, выбранных случайным образом. В пробе 1-2А цирконы представлены зернами размером 50–300 мкм. Идиоморфные бипирамидально-призматические кристаллы с коэффициентом удлинения (К удл.) 1,5–3,0 и их обломки составляют примерно 25%, остальные зерна окатанные или полуокатанные. Во многих цирконах на катодолюминесцентных изображениях проявлена осцилляционная зональность роста, в некоторых видны унаследованные ядра. В пробе 2А зерна циркона имеют

размер 50–200 мкм. Ограниченные бипирамидально-призматические кристаллы (К удл. 1,5–2) и их обломки составляют около 20%, остальные зерна в той или иной степени окатаны или представляют собой остроугольные обломки. Во многих цирконах на катодолюминесцентных изображениях видна осцилляционная зональность.

Результаты датирования цирконов представлены в табл. 1 и 2. В пробе 1-2А были отбракованы с использованием принятых фильтров 4 зерна, а в пробе 2А – 13 зерен.

Минимальный возраст цирконов из пробы 1-2А составляет 534 ± 10 млн лет, максимальный – 2730 ± 11 млн лет (все приводимые погрешности соответствуют 1 σ). Цирконы с позднерифейско-кембрийскими возрастными составляющими составляют 34%, среди них преобладают зерна с возрастными 550–600 млн лет, максимум плотности вероятности (МПВ) приходится на ~568 млн лет. Наибольшее количество зерен (42%) имеет ранне-среднерифейский возраст с МПВ ~1225, 1360 и 1520 млн лет. Раннепротерозойские цирконы также встречаются достаточно часто, составляя 22% от всей выборки, МПВ ~1790 млн лет. Единичные зерна (2%) имеют позднеархейский возраст (табл. 1, рис. 3).

Цирконы пробы 2А характеризуются более широким диапазоном возрастов от 485 ± 9 млн лет до 3373 ± 11 млн лет. Среди отобранных для интерпретации 87 цирконов раннеордовикский возраст имеет только одно зерно. Цирконы с позднерифейско-кембрийскими возрастными составляющими составляют 31%. Наибольшее количество зерен относится к интервалу 500–550 млн лет, МПВ ~526 млн лет. В этой пробе, также как и в пробе 1-2А, преобладают ранне-среднерифейские цирконы, составляющие 46%, для них характерны МПВ ~1190 и 1530 млн лет. Цирконы с раннепротерозойскими возрастными составляющими составляют 15% (МПВ ~1980 млн лет), с позднеархейскими – 6% (МПВ ~2710 млн лет). Одно зерно имеет раннеархейский возраст (табл. 2, рис. 3).

Обсуждение результатов

Распределение возрастов цирконов в обоих исследованных образцах в целом сходное (рис. 3, А, Б). Наличие большого количества вендских и кембрийских цирконов исключает возможность позднерифейского возраста кварцитопесчаников и, следовательно, их отнесения к хобеинской свите. Раннекембрийский и раннеордовикский возраст самых молодых зерен в пробе 1-2А и 2А соответственно, а также большое количество цирконов с венд-кембрийскими датировками в обеих пробах свидетельствуют о раннепалеозойском возрасте кварцитопесчаников. Несмотря на сходство распределений возрастов цирконов в целом, полученные данные не исключают некоторой разновозрастности изученных пород, поскольку в пробе 1-2А не было встречено зерен моложе 534 ± 10 млн лет, тогда как в пробе 2А были обнаружены одно зерно раннеордовикского

Таблица 1

Результаты U-Pb датирования детритовых цирконов из слюдяного кварцита, обр. 1-2А

Образец, точка	U (г/г)	Th/U	Нескорректированные изотопные отношения					Rho	Расчитанные возрасты, млн лет							D (%)					
			$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}_{\text{рад}}}$	$\pm 1\sigma$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	$\pm 1\sigma$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$		$\pm 1\sigma$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	$\pm 1\sigma$	$\frac{^{206}\text{Pb}^*}{^{238}\text{U}}$	$\pm 1\sigma$	Возраст для интерпретации	$\pm 1\sigma$						
<i>Возраст зерен < 1 млрд лет</i>																					
1-2А-48	4213	4,24	0,0046	0,1309	0,0015	0,8747	0,0180	0,0480	0,0010	0,66	302	638	10	2106	19	273	5	273	5	111	†
1-2А-82	916	0,30	0,0004	0,0632	0,0007	0,7546	0,0004	0,0868	0,0017	0,61	537	571	9	721	17	534	10	534	10	6	6
1-2А-9	199	0,61	0,0006	0,0593	0,0008	0,7400	0,0004	0,0891	0,0017	0,35	550	563	9	579	16	550	10	550	10	2	2
1-2А-84	560	1,02	0,0003	0,0604	0,0007	0,7473	0,0003	0,0895	0,0017	0,52	553	567	9	618	15	551	10	551	10	3	3
1-2А-1	281	0,83	0,0009	0,0592	0,0007	0,7268	0,0004	0,0895	0,0017	0,26	553	555	9	588	13	552	10	552	10	0	0
1-2А-12	351	0,86	0,0004	0,0591	0,0007	0,7538	0,0004	0,0909	0,0017	0,38	561	570	9	570	15	561	10	561	10	2	2
1-2А-7	227	0,72	0,0007	0,0589	0,0007	0,7520	0,0004	0,0910	0,0017	0,29	561	569	10	562	14	561	10	561	10	1	1
1-2А-10	375	0,89	0,0002	0,0588	0,0007	0,7560	0,0004	0,0913	0,0017	0,49	563	571	9	565	15	563	10	563	10	1	1
1-2А-39	1368	1,04	0,0001	0,0593	0,0006	0,7492	0,0003	0,0915	0,0017	0,58	564	568	9	578	13	564	10	564	10	1	1
1-2А-47	389	1,22	0,0002	0,0594	0,0008	0,7540	0,0004	0,0915	0,0018	0,29	565	572	10	575	16	564	11	564	11	1	1
1-2А-62	278	1,25	0,0005	0,0591	0,0007	0,7420	0,0004	0,0920	0,0017	0,36	567	563	9	565	16	567	10	567	10	-1	-1
1-2А-89	359	0,58	0,0004	0,0594	0,0007	0,7585	0,0004	0,0922	0,0017	0,33	568	573	9	583	16	568	10	568	10	1	1
1-2А-30	149	0,63	0,0008	0,0582	0,0008	0,7340	0,0004	0,0922	0,0018	0,41	569	558	10	538	17	569	11	569	11	-2	-2
1-2А-87	393	0,57	0,0004	0,0594	0,0007	0,7638	0,0004	0,0923	0,0017	0,32	569	576	10	580	14	569	10	569	10	1	1
1-2А-93	312	1,22	0,0002	0,0588	0,0007	0,7543	0,0003	0,0924	0,0018	0,46	570	571	10	561	17	570	11	570	11	0	0
1-2А-16	438	1,20	0,0004	0,0607	0,0007	0,7832	0,0004	0,0929	0,0017	0,36	572	588	10	634	15	571	10	571	10	3	3
1-2А-46	528	0,44	0,0002	0,0591	0,0007	0,7677	0,0003	0,0933	0,0018	0,38	575	578	9	580	14	575	11	575	11	1	1
1-2А-100	232	0,68	0,0003	0,0601	0,0008	0,7740	0,0004	0,0934	0,0018	0,41	576	581	10	590	15	575	11	575	11	1	1
1-2А-52	596	0,65	0,0001	0,0588	0,0007	0,7562	0,0003	0,0940	0,0018	0,43	579	571	9	559	14	579	11	579	11	-1	-1
1-2А-49	158	0,55	0,0007	0,0593	0,0009	0,7770	0,0004	0,0941	0,0018	0,19	580	585	10	600	17	580	11	580	11	1	1
1-2А-74	273	1,31	0,0007	0,0608	0,0008	0,7910	0,0004	0,0942	0,0018	0,29	580	592	10	625	17	579	11	579	11	2	2

Продолжение табл. 1

Образец, точка	U (г/т)	Th/U	Нескорректированные изотопные отношения						Rho	Расчитанные возрасты, млн лет								D (%)			
			$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}_{\text{рад}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	$\pm 1\sigma$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	$\pm 1\sigma$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$		$\pm 1\sigma$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	$\pm 1\sigma$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	$\pm 1\sigma$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	$\pm 1\sigma$	$\frac{^{206}\text{Pb}^*}{^{238}\text{U}}$		$\pm 1\sigma$	Возраст для интерпретации	
1-2A-45	686	0,65	0,0002	0,0592	0,0007	0,7815	0,0003	0,0943	0,0018	0,52	581	11	586	9	574	14	581	11	581	11	1
1-2A-98	474	0,82	0,0001	0,0592	0,0007	0,7790	0,0004	0,0950	0,0018	0,51	585	11	585	10	588	14	585	11	585	11	0
1-2A-97	494	1,16	0,0002	0,0599	0,0007	0,7943	0,0003	0,0955	0,0018	0,51	588	11	593	10	606	17	588	11	588	11	1
1-2A-55	567	1,25	0,0002	0,0590	0,0007	0,7686	0,0003	0,0960	0,0018	0,56	591	11	579	9	567	13	591	11	591	11	-2
1-2A-68	443	1,88	0,0003	0,0601	0,0007	0,8030	0,0004	0,0967	0,0018	0,59	595	11	599	10	613	15	594	11	594	11	1
1-2A-91	135	0,76	0,0003	0,0578	0,0008	0,7780	0,0004	0,0976	0,0019	0,45	601	11	585	10	522	16	602	11	602	11	-3
1-2A-34	213	0,94	0,0006	0,0594	0,0008	0,7990	0,0004	0,0978	0,0019	0,36	602	11	597	10	586	15	602	11	602	11	-1
1-2A-81	352	1,23	0,0004	0,0620	0,0008	0,8420	0,0004	0,0981	0,0019	0,64	603	11	621	11	682	18	602	11	602	11	3
1-2A-20	192	0,81	0,0007	0,0601	0,0008	0,8150	0,0004	0,0988	0,0019	0,24	607	11	604	10	594	17	607	11	607	11	-1
1-2A-44	119	0,64	0,0008	0,0605	0,0009	0,8380	0,0005	0,0994	0,0020	0,61	610	12	617	11	641	22	611	12	611	12	1
1-2A-56	179	0,80	0,0007	0,0587	0,0008	0,7840	0,0004	0,0995	0,0019	0,41	611	11	587	10	551	18	612	11	612	11	-4
1-2A-2	7	0,14	0,0653	0,2520	0,0065	3,6600	0,0033	0,1059	0,0027	0,31	648	16	1559	24	3233	25	501	13	501	13	141
1-2A-64	538	0,78	0,0008	0,1065	0,0012	2,3790	0,0006	0,1627	0,0032	0,84	971	18	1236	16	1737	13	932	17	932	17	27
Возраст зерен > 1 млрд лет																					
1-2A-25	265	2,03	0,0003	0,0728	0,0008	1,7060	0,0004	0,1715	0,0032	0,41	1020	18	1010	13	1018	13	1021	18	1018	13	-1
1-2A-13	86	0,30	0,0010	0,0733	0,0009	1,8280	0,0005	0,1788	0,0034	0,29	1060	19	1056	14	1029	16	1062	19	1029	16	0
1-2A-54	143	0,62	0,0004	0,0780	0,0009	2,1610	0,0004	0,2034	0,0038	0,40	1194	21	1168	15	1142	12	1196	22	1142	12	-2
1-2A-50	69	0,45	0,0010	0,0782	0,0011	2,1620	0,0005	0,1978	0,0038	0,42	1163	21	1167	16	1154	14	1164	22	1154	14	0
1-2A-53	206	0,31	0,0002	0,0781	0,0009	2,2050	0,0004	0,2068	0,0039	0,44	1212	21	1183	15	1155	14	1215	22	1155	14	-2
1-2A-4	193	0,34	0,0004	0,0790	0,0009	2,1420	0,0005	0,1968	0,0037	0,46	1158	20	1162	15	1173	13	1157	21	1173	13	0
1-2A-27	332	0,27	0,0001	0,0789	0,0009	2,2330	0,0004	0,2077	0,0039	0,51	1216	21	1194	14	1173	14	1219	22	1173	14	-2
1-2A-5	266	0,51	0,0003	0,0793	0,0009	2,2590	0,0004	0,2057	0,0039	0,52	1206	21	1202	15	1183	11	1207	22	1183	11	0
1-2A-76	267	0,55	0,0001	0,0801	0,0009	2,4040	0,0004	0,2192	0,0041	0,50	1278	22	1243	15	1196	12	1282	23	1196	12	-3

Продолжение табл. 1

Образец, точка	U (г/г)	Th/U	Нескорректированные изотопные отношения						Rho	Рассчитанные возрасты, млн. лет								D (%)			
			$\frac{^{204}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}_{\text{пол}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	$\pm 1\sigma$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	$\pm 1\sigma$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$		$\pm 1\sigma$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	$\pm 1\sigma$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	$\pm 1\sigma$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	$\pm 1\sigma$	Возраст для интерпретации		$\pm 1\sigma$		
1-2A-99	201	0,39	0,0001	0,0807	0,0010	2,7100	0,0005	0,2438	0,0047	0,60	1407	24	1330	16	1211	15	1420	26	1211	15	-5
1-2A-72	202	0,41	0,0003	0,0809	0,0009	2,3830	0,0005	0,2137	0,0040	0,52	1248	21	1239	15	1217	15	1250	23	1217	15	-1
1-2A-18	178	0,56	0,0002	0,0811	0,0009	2,4770	0,0005	0,2217	0,0042	0,49	1291	22	1265	15	1228	12	1295	23	1228	12	-2
1-2A-29	452	0,30	0,0001	0,0813	0,0009	2,3680	0,0004	0,2132	0,0040	0,61	1246	21	1232	15	1229	12	1247	22	1229	12	-1
1-2A-65	78	0,46	0,0001	0,0814	0,0010	2,3900	0,0005	0,2135	0,0041	0,54	1248	22	1239	16	1235	14	1248	23	1235	14	-1
1-2A-95	161	0,24	0,0002	0,0817	0,0010	2,6180	0,0005	0,2319	0,0046	0,70	1344	24	1303	16	1247	16	1351	26	1247	16	-3
1-2A-33	434	0,52	0,0002	0,0822	0,0009	2,4510	0,0004	0,2150	0,0041	0,82	1256	22	1257	15	1253	13	1256	23	1253	13	0
1-2A-88	158	0,33	0,0002	0,0819	0,0009	2,5180	0,0005	0,2219	0,0042	0,48	1291	22	1276	15	1254	12	1295	23	1254	12	-1
1-2A-38	275	0,33	0,0002	0,0827	0,0009	2,4880	0,0004	0,2169	0,0041	0,56	1266	21	1268	15	1263	13	1266	23	1263	13	0
1-2A-83	99	0,39	0,0004	0,0851	0,0010	2,7310	0,0005	0,2355	0,0044	0,43	1363	23	1337	16	1315	14	1366	25	1315	14	-2
1-2A-75	220	0,38	0,0002	0,0866	0,0010	2,8960	0,0005	0,2427	0,0045	0,50	1401	24	1382	16	1356	13	1404	25	1356	13	-1
1-2A-90	134	0,38	0,0001	0,0867	0,0010	2,9520	0,0005	0,2458	0,0047	0,52	1416	24	1395	16	1357	12	1421	26	1357	12	-1
1-2A-24	450	0,74	0,0001	0,0868	0,0009	2,3600	0,0005	0,1997	0,0038	0,65	1174	20	1230	15	1360	12	1163	21	1360	12	5
1-2A-73	458	1,00	0,0002	0,0875	0,0009	2,7500	0,0005	0,2283	0,0044	0,84	1326	23	1342	16	1368	13	1323	25	1368	13	1
1-2A-43	1303	0,79	0,0000	0,0874	0,0009	2,7880	0,0005	0,2289	0,0043	0,78	1329	22	1352	15	1371	12	1326	24	1371	12	2
1-2A-59	163	6,74	0,0010	0,0879	0,0011	2,1010	0,0005	0,1772	0,0035	0,71	1051	19	1147	15	1375	15	1035	19	1375	15	9
1-2A-78	77	0,79	0,0005	0,0916	0,0011	3,0790	0,0006	0,2469	0,0048	0,73	1423	25	1431	17	1462	13	1420	26	1462	13	1
1-2A-37	577	0,55	0,0002	0,0923	0,0010	3,0310	0,0005	0,2373	0,0044	0,71	1373	23	1416	16	1472	12	1365	24	1472	12	3
1-2A-42	89	0,39	0,0003	0,0923	0,0011	3,2040	0,0006	0,2503	0,0047	0,35	1439	24	1457	17	1472	13	1437	26	1472	13	1
1-2A-15	184	0,19	0,0002	0,0924	0,0010	3,4000	0,0005	0,2625	0,0049	0,72	1502	25	1504	17	1483	12	1505	27	1483	12	0
1-2A-28	822	0,36	0,0001	0,0939	0,0010	3,2560	0,0005	0,2539	0,0047	0,73	1458	24	1470	16	1503	11	1455	26	1503	11	1
1-2A-26	83	0,51	0,0006	0,0942	0,0012	3,7390	0,0006	0,2902	0,0055	0,46	1643	28	1581	17	1510	14	1655	31	1510	14	-4
1-2A-77	107	0,84	0,0004	0,0945	0,0011	3,6890	0,0005	0,2835	0,0055	0,65	1609	27	1567	17	1524	12	1617	31	1524	12	-3

Продолжение табл. 1

Образец, точка	U (г/г)	Th/U	Нескорректированные изотопные отношения						Rho	Расчитанные возрасты, млн лет								D (%)			
			$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}_{\text{пол}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	$\pm 1\sigma$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	$\pm 1\sigma$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$		$\pm 1\sigma$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	$\pm 1\sigma$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	$\pm 1\sigma$	$\frac{^{206}\text{Pb}^*}{^{238}\text{U}}$	$\pm 1\sigma$	Возраст для интерпретации		$\pm 1\sigma$		
1-2A-66	1220	0,21	0,0001	0,0947	0,0010	3,7030	0,0005	0,2827	0,0055	0,93	1604	27	1573	17	1525	15	1613	30	1525	15	-2
1-2A-19	147	0,40	0,0004	0,0945	0,0010	3,6320	0,0005	0,2798	0,0050	0,49	1590	27	1558	16	1526	12	1597	28	1526	12	-2
1-2A-63	125	0,32	0,0003	0,0952	0,0011	3,6810	0,0005	0,2824	0,0050	0,58	1604	27	1567	17	1535	13	1610	28	1535	13	-2
1-2A-41	138	0,78	0,0004	0,0956	0,0011	3,5710	0,0005	0,2675	0,0050	0,45	1528	26	1541	17	1538	14	1527	28	1538	14	1
1-2A-96	443	0,55	0,0001	0,0961	0,0010	3,2690	0,0005	0,2456	0,0046	0,79	1416	24	1474	16	1549	13	1405	25	1549	13	4
1-2A-8	365	0,72	0,0002	0,0961	0,0010	3,5130	0,0005	0,2608	0,0049	0,67	1494	25	1530	16	1552	12	1489	27	1552	12	2
1-2A-3	549	0,77	0,0001	0,0966	0,0010	3,7320	0,0005	0,2805	0,0050	0,72	1594	26	1579	16	1562	12	1597	28	1562	12	-1
1-2A-35	597	0,92	0,0001	0,0970	0,0010	3,4030	0,0005	0,2546	0,0048	0,80	1462	25	1505	16	1568	12	1454	26	1568	12	3
1-2A-57	46	0,99	0,0007	0,0974	0,0013	4,1790	0,0006	0,3160	0,0060	0,50	1770	30	1667	18	1573	14	1792	33	1573	14	-6
1-2A-17	123	0,89	0,0006	0,1011	0,0011	3,7720	0,0006	0,2699	0,0050	0,46	1540	26	1586	17	1639	11	1531	28	1639	11	3
1-2A-14	1094	0,77	0,0002	0,1037	0,0011	2,9180	0,0006	0,2014	0,0039	0,93	1183	21	1388	16	1696	11	1150	21	1696	11	17 †
1-2A-11	120	1,11	0,0011	0,1045	0,0012	3,8860	0,0006	0,2667	0,0050	0,65	1524	26	1611	18	1701	13	1507	27	1701	13	6
1-2A-94	285	1,47	0,0002	0,1066	0,0011	4,3080	0,0006	0,2913	0,0055	0,71	1647	27	1694	17	1738	12	1638	30	1738	12	3
1-2A-22	184	0,54	0,0002	0,1072	0,0012	4,4230	0,0006	0,3013	0,0060	0,93	1696	30	1710	20	1750	16	1692	33	1750	16	1
1-2A-32	148	0,44	0,0002	0,1071	0,0011	4,7950	0,0006	0,3254	0,0060	0,59	1816	30	1783	17	1753	12	1824	33	1753	12	-2
1-2A-40	58	0,51	0,0004	0,1070	0,0013	4,5960	0,0006	0,3076	0,0060	0,68	1729	30	1747	18	1754	13	1727	33	1754	13	1
1-2A-51	266	0,95	0,0001	0,1086	0,0012	4,8980	0,0006	0,3273	0,0060	0,64	1825	30	1801	18	1776	11	1831	33	1776	11	-1
1-2A-6	117	1,20	0,0002	0,1091	0,0012	5,1040	0,0006	0,3371	0,0065	0,55	1873	31	1836	18	1779	12	1884	36	1779	12	-2
1-2A-85	220	0,26	0,0001	0,1090	0,0012	5,2180	0,0006	0,3461	0,0065	0,65	1916	31	1856	18	1786	12	1934	36	1786	12	-3
1-2A-69	219	0,56	0,0002	0,1098	0,0012	5,0730	0,0006	0,3318	0,0060	0,73	1848	30	1832	18	1796	12	1854	33	1796	12	-1
1-2A-60	412	0,38	0,0001	0,1097	0,0011	5,0630	0,0006	0,3408	0,0065	0,70	1890	31	1829	18	1796	12	1903	36	1796	12	-3
1-2A-86	106	0,36	0,0002	0,1108	0,0012	5,1050	0,0006	0,3338	0,0065	0,62	1858	30	1837	18	1810	12	1863	36	1810	12	-1
1-2A-71	444	0,39	0,0001	0,1105	0,0012	4,8870	0,0006	0,3184	0,0060	0,79	1783	30	1800	18	1811	12	1779	33	1811	12	1

Окончание табл. 1

Образец, точка	U (г/т)	Th/U	Нескорректированные изотопные отношения						Rho	Расчитанные возрасты, млн. лет							D (%)				
			$\frac{^{204}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}_{\text{пол}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	$\pm 1\sigma$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	$\pm 1\sigma$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$		$\pm 1\sigma$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	$\pm 1\sigma$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	$\pm 1\sigma$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	$\pm 1\sigma$		$\frac{^{206}\text{Pb}^*}{^{238}\text{U}}$	$\pm 1\sigma$	Возраст для интерпретации	$\pm 1\sigma$
1-2A-36	263	0,95	0,0008	0,1115	0,0012	4,4950	0,0006	0,2926	0,0055	0,79	1654	27	1730	18	1818	15	1636	30	1818	15	5
1-2A-58	62	0,43	0,0001	0,1110	0,0014	5,2530	0,0007	0,3480	0,0065	0,48	1924	32	1859	19	1833	10	1940	36	1833	10	-3
1-2A-70	260	0,58	0,0002	0,1128	0,0012	5,1370	0,0006	0,3287	0,0060	0,72	1831	30	1841	18	1844	11	1831	33	1844	11	1
1-2A-31	233	0,40	0,0002	0,1154	0,0012	5,1560	0,0006	0,3258	0,0060	0,69	1818	30	1845	18	1886	12	1809	33	1886	12	1
1-2A-80	161	0,52	0,0001	0,1206	0,0013	6,2880	0,0006	0,3781	0,0070	0,66	2067	33	2016	18	1969	11	2084	39	1969	11	-2
1-2A-21	282	0,38	0,0001	0,1219	0,0013	6,3890	0,0006	0,3838	0,0075	0,86	2093	35	2029	19	1990	11	2113	42	1990	11	-3
1-2A-23	237	0,26	0,0003	0,1228	0,0013	5,5100	0,0007	0,3271	0,0060	0,86	1823	30	1901	19	1997	12	1801	32	1997	12	4
1-2A-67	216	0,54	0,0001	0,1280	0,0013	7,1640	0,0007	0,4031	0,0075	0,75	2185	34	2133	18	2069	11	2205	42	2069	11	-2
1-2A-79	321	0,69	0,0001	0,1652	0,0017	10,9660	0,0009	0,4824	0,0090	0,89	2537	39	2519	19	2511	13	2546	52	2511	13	-1
1-2A-61	172	0,22	0,0002	0,1708	0,0018	10,3200	0,0009	0,4435	0,0085	0,68	2368	37	2464	19	2564	11	2314	46	2564	11	4
1-2A-92	94	1,62	0,0000	0,1885	0,0020	14,4400	0,0010	0,5512	0,0105	0,76	2830	43	2778	20	2730	11	2876	67	2730	11	-2

Примечание. * — возраст исправлен на ^{207}Pb . Знаком † отмечены анализы с высокой степенью дискордантности, исключенные из рассмотрения. Дискордантность $D = 100 \times (\text{Возраст } (^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}) / \text{Возраст } (^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}) - 1)$.

Таблица 2

Результаты U-Pb датирования детритовых цирконов из слюдяных кварцитов (сборная проба), обр. 2А

Образец, точка	U (г/г)	Th/U	Нескорректированные изотопные отношения					Rho					Рассчитанные возрасты, млн лет							D (%)		
			$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	$\pm 1\sigma$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	$\pm 1\sigma$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	$\pm 1\sigma$	Rho	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	$\pm 1\sigma$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	$\pm 1\sigma$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	$\pm 1\sigma$	$\frac{^{206}\text{Pb}^*}{^{238}\text{U}}$	$\pm 1\sigma$	Возраст для интерпретации	$\pm 1\sigma$			
2А-25	1933	6,88	0,0082	0,1583	0,0025	1,4700	0,0013	0,0616	0,0026	0,98	382	16	843	29	2442	27	337	14	337	14	121	†
2А-84	538	2,89	0,0010	0,0699	0,0009	0,7110	0,0004	0,0759	0,0015	0,70	472	9	546	10	921	21	464	9	464	9	16	†
2А-23	542	0,83	0,0004	0,0614	0,0007	0,6599	0,0004	0,0786	0,0015	0,38	488	9	514	9	663	16	485	9	485	9	5	
2А-92	291	3,38	0,0013	0,0741	0,0010	0,8280	0,0005	0,0793	0,0015	0,24	492	9	612	11	1048	17	482	9	482	9	24	†
2А-52	282	1,36	0,0007	0,0639	0,0008	0,7330	0,0004	0,0822	0,0016	0,41	509	9	558	10	742	17	505	9	505	9	10	
2А-4	719	1,00	0,0003	0,0607	0,0007	0,6898	0,0003	0,0826	0,0016	0,57	511	9	533	9	626	16	509	9	509	9	4	
2А-34	1242	1,17	0,0001	0,0604	0,0007	0,6892	0,0003	0,0835	0,0016	0,56	517	9	532	9	616	14	515	9	515	9	3	
2А-9	329	0,98	0,0003	0,0592	0,0007	0,6880	0,0004	0,0837	0,0016	0,46	518	10	532	9	574	17	517	9	517	9	3	
2А-8	201	0,65	0,0004	0,0582	0,0007	0,6780	0,0004	0,0839	0,0016	0,27	519	10	526	9	549	16	519	9	519	9	1	
2А-15	636	0,83	0,0001	0,0604	0,0008	0,6930	0,0004	0,0840	0,0016	0,32	520	10	535	9	625	16	518	10	518	10	3	
2А-20	663	0,69	0,0008	0,0659	0,0008	0,7560	0,0004	0,0842	0,0016	0,60	521	10	571	10	792	21	516	9	516	9	10	
2А-2	374	1,87	0,0010	0,0676	0,0008	0,7813	0,0004	0,0842	0,0016	0,37	521	10	587	10	854	17	515	9	515	9	13	†
2А-40	465	0,98	0,0002	0,0584	0,0007	0,6845	0,0004	0,0847	0,0016	0,38	524	10	529	9	556	16	524	10	524	10	1	
2А-53	237	0,55	0,0005	0,0586	0,0007	0,6983	0,0004	0,0849	0,0016	0,21	525	10	538	9	549	13	525	10	525	10	2	
2А-44	1626	0,75	0,0001	0,0592	0,0006	0,6966	0,0003	0,0851	0,0016	0,72	527	10	537	9	566	13	525	10	525	10	2	
2А-50	552	1,16	0,0005	0,0609	0,0007	0,7267	0,0004	0,0853	0,0016	0,36	528	10	555	9	638	15	526	10	526	10	5	
2А-61	571	0,74	0,0002	0,0593	0,0007	0,6948	0,0003	0,0854	0,0016	0,41	528	10	536	9	571	13	528	10	528	10	1	
2А-41	1077	1,23	0,0000	0,0585	0,0006	0,6892	0,0003	0,0855	0,0016	0,58	529	10	532	9	553	13	529	10	529	10	1	
2А-30	309	0,78	0,0001	0,0591	0,0007	0,6919	0,0004	0,0857	0,0016	0,24	530	10	534	9	565	16	529	10	529	10	1	
2А-1	479	0,83	0,0003	0,0586	0,0007	0,6948	0,0003	0,0860	0,0016	0,40	532	10	536	9	557	16	532	10	532	10	1	
2А-21	532	0,82	0,0000	0,0590	0,0007	0,6940	0,0003	0,0861	0,0016	0,37	532	10	535	9	574	15	532	10	532	10	1	

Возраст зерен < 1 млрд лет

Продолжение табл. 2

Образец, точка	U (г/г)	Th/U	$\frac{^{204}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}_{\text{пол.}}$	Нескорректированные изотопные отношения						Rho	Расчитанные возрасты, млн. лет								D (%)		
				$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	$\pm 1\sigma$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	$\pm 1\sigma$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	$\pm 1\sigma$		$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	$\pm 1\sigma$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	$\pm 1\sigma$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	$\pm 1\sigma$	Возраст для интерпретации	$\pm 1\sigma$			
2A-17	197	0,59	0,0003	0,0587	0,0008	0,6880	0,0004	0,0862	0,0016	0,23	533	10	532	9	570	17	533	10	533	10	0
2A-42	265	0,73	0,0001	0,0592	0,0007	0,7137	0,0004	0,0871	0,0017	0,35	538	10	547	9	571	16	538	10	538	10	2
2A-62	927	0,53	0,0009	0,0709	0,0008	0,8501	0,0004	0,0873	0,0016	0,53	540	10	624	10	952	18	532	10	532	10	16
2A-39	463	0,90	0,0002	0,0599	0,0007	0,7199	0,0003	0,0874	0,0016	0,43	540	10	551	9	598	13	539	10	539	10	2
2A-64	401	0,81	0,0005	0,0609	0,0008	0,7340	0,0004	0,0879	0,0017	0,42	543	10	561	10	637	20	542	10	542	10	3
2A-83	488	0,58	0,0002	0,0598	0,0007	0,7025	0,0003	0,0880	0,0017	0,50	543	10	541	9	591	13	543	10	543	10	-1
2A-100	126	0,89	0,0005	0,0579	0,0008	0,7170	0,0004	0,0883	0,0017	0,19	546	10	549	10	555	20	546	10	546	10	1
2A-96	359	5,20	0,0031	0,1026	0,0012	1,2970	0,0006	0,0903	0,0017	0,50	557	10	844	12	1673	14	528	10	528	10	51
2A-73	531	0,46	0,0000	0,0587	0,0007	0,7292	0,0003	0,0905	0,0017	0,45	559	10	556	9	565	14	559	10	559	10	-1
2A-80	348	1,44	0,0013	0,0740	0,0009	0,9250	0,0005	0,0929	0,0018	0,48	573	11	664	11	1037	15	563	10	563	10	16
2A-58	195	0,68	0,0004	0,0589	0,0008	0,7660	0,0004	0,0932	0,0018	0,39	574	11	578	10	575	17	575	11	575	11	1
2A-72	154	0,48	0,0002	0,0593	0,0008	0,8010	0,0004	0,1000	0,0019	0,27	614	11	598	10	591	16	615	11	615	11	-3
2A-48	493	1,49	0,0175	0,0960	0,0012	1,4890	0,0006	0,1102	0,0021	0,42	674	12	925	13	1571	19	647	12	647	12	37
2A-26	279	0,75	0,0014	0,0836	0,0010	1,5190	0,0005	0,1329	0,0026	0,66	804	15	939	14	1282	18	788	15	788	15	17
2A-47	1494	0,66	0,0007	0,0881	0,0010	1,9090	0,0005	0,1561	0,0036	0,97	935	20	1078	18	1385	19	916	20	916	20	15
2A-36	814	0,32	0,0000	0,0731	0,0008	1,5780	0,0004	0,1572	0,0029	0,60	941	16	962	13	1017	14	938	17	938	17	2
2A-16	1622	1,45	0,0003	0,0852	0,0009	1,8430	0,0005	0,1600	0,0030	0,75	956	17	1062	14	1321	13	941	17	941	17	11
2A-65	123	0,47	0,0003	0,0752	0,0010	1,6580	0,0005	0,1610	0,0031	0,40	962	17	990	14	1076	16	958	18	958	18	3
Возраст зерен > 1 млрд. лет																					
2A-29	871	0,44	0,0001	0,0763	0,0008	1,9080	0,0004	0,1825	0,0034	0,66	1081	19	1084	14	1104	14	1080	19	1104	14	0
2A-35	262	0,49	0,0002	0,0784	0,0009	2,0540	0,0004	0,1917	0,0036	0,50	1130	19	1134	14	1165	14	1129	20	1165	14	0
2A-74	94	0,52	0,0000	0,0798	0,0010	2,2820	0,0005	0,2106	0,0040	0,24	1233	21	1207	15	1178	15	1234	22	1178	15	-2
2A-75	241	0,76	0,0001	0,0799	0,0009	2,2100	0,0005	0,2044	0,0039	0,51	1200	21	1184	15	1188	12	1199	22	1188	12	-1

Продолжение табл. 2

Образец, точка	U (г/г)	Th/U	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}_{\text{пол.}}$	Нескорректированные изотопные отношения						Rho	Расчитанные возрасты, млн. лет								D (%)		
				$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	$\pm 1\sigma$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	$\pm 1\sigma$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	$\pm 1\sigma$		$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	$\pm 1\sigma$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	$\pm 1\sigma$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	$\pm 1\sigma$	$\frac{^{206}\text{Pb}^*}{^{238}\text{U}}$	$\pm 1\sigma$		Возраст для интерпретации	$\pm 1\sigma$
2A-28	220	0,41	0,0001	0,0797	0,0009	2,1570	0,0004	0,1975	0,0037	0,59	1162	20	1167	14	1190	12	1160	21	1190	12	0
2A-77	243	0,48	0,0006	0,0802	0,0009	1,8700	0,0005	0,1747	0,0033	0,64	1038	18	1072	15	1199	14	1030	19	1199	14	3
2A-87	1616	0,41	0,0001	0,0801	0,0008	1,8930	0,0004	0,1726	0,0033	0,89	1026	18	1079	14	1202	14	1019	19	1202	14	5
2A-38	341	0,27	0,0000	0,0809	0,0009	2,2390	0,0005	0,2014	0,0038	0,51	1183	21	1193	15	1212	13	1181	21	1212	13	1
2A-13	441	0,65	0,0001	0,0808	0,0009	2,1750	0,0004	0,1965	0,0037	0,47	1157	20	1173	15	1221	13	1153	21	1221	13	1
2A-86	220	0,42	0,0002	0,0812	0,0009	2,2530	0,0005	0,2048	0,0039	0,45	1201	21	1198	15	1226	12	1200	22	1226	12	0
2A-85	436	0,34	0,0002	0,0810	0,0009	2,2070	0,0004	0,2024	0,0038	0,71	1188	21	1184	15	1227	14	1186	21	1227	14	0
2A-88	540	0,29	0,0001	0,0824	0,0009	2,3280	0,0004	0,2054	0,0038	0,67	1204	21	1220	15	1259	12	1201	21	1259	12	1
2A-31	315	0,61	0,0002	0,0837	0,0009	2,1480	0,0005	0,1869	0,0035	0,21	1105	19	1163	14	1283	13	1095	20	1283	13	5
2A-45	161	0,31	0,0003	0,0843	0,0011	2,5840	0,0005	0,2218	0,0043	0,61	1291	23	1294	16	1308	13	1291	24	1308	13	0
2A-81	701	0,45	0,0001	0,0848	0,0009	2,5850	0,0005	0,2279	0,0047	0,94	1321	25	1295	17	1314	13	1324	26	1314	13	-2
2A-68	34	1,74	0,0014	0,0862	0,0013	2,5910	0,0007	0,2230	0,0043	0,28	1298	23	1300	17	1332	18	1295	24	1332	18	0
2A-66	92	1,29	0,0006	0,0847	0,0010	2,5280	0,0005	0,2164	0,0041	0,54	1263	22	1279	16	1333	16	1260	23	1333	16	1
2A-32	90	0,86	0,0002	0,0861	0,0010	2,5930	0,0005	0,2189	0,0041	0,50	1276	22	1296	16	1344	14	1272	23	1344	14	2
2A-24	118	1,16	0,0006	0,0885	0,0011	2,5040	0,0005	0,2081	0,0040	0,34	1219	21	1275	15	1413	17	1208	22	1413	17	5
2A-91	134	0,54	0,0003	0,0925	0,0011	2,7790	0,0005	0,2174	0,0041	0,59	1268	22	1348	16	1476	14	1254	23	1476	14	6
2A-46	117	4,38	0,0001	0,0934	0,0010	3,5700	0,0005	0,2758	0,0050	0,55	1570	26	1543	17	1490	13	1577	28	1490	13	-2
2A-43	42	0,58	0,0005	0,0927	0,0014	3,0530	0,0007	0,2394	0,0047	0,39	1384	25	1419	17	1492	15	1376	26	1492	15	3
2A-78	347	0,41	0,0001	0,0942	0,0010	3,4570	0,0005	0,2725	0,0050	0,77	1554	26	1517	17	1514	13	1557	28	1514	13	-2
2A-99	771	0,34	0,0001	0,0943	0,0010	3,4880	0,0005	0,2647	0,0050	0,78	1513	26	1525	16	1518	14	1514	28	1518	14	1
2A-7	176	0,76	0,0003	0,0943	0,0010	3,1070	0,0005	0,2369	0,0044	0,54	1372	23	1435	16	1519	12	1360	24	1519	12	5
2A-55	226	0,38	0,0001	0,0948	0,0010	3,3630	0,0005	0,2529	0,0048	0,69	1454	24	1495	16	1526	12	1448	26	1526	12	3
2A-59	370	0,27	0,0001	0,0953	0,0010	3,3490	0,0005	0,2538	0,0047	0,57	1458	24	1492	16	1532	12	1452	26	1532	12	2

Продолжение табл. 2

Образец, точка	U (г/г)	Th/U	$\frac{^{204}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}_{\text{пол.}}$	Нескорректированные изотопные отношения						Rho	Рассчитанные возрасты, млн. лет								D (%)		
				$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	$\pm 1\sigma$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	$\pm 1\sigma$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	$\pm 1\sigma$		$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	$\pm 1\sigma$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	$\pm 1\sigma$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	$\pm 1\sigma$	$\frac{^{206}\text{Pb}^*}{^{238}\text{U}}$	$\pm 1\sigma$		Возраст для интерпретации	$\pm 1\sigma$
2A-19	229	1,03	0,0004	0,0952	0,0011	3,2100	0,0005	0,2469	0,0047	0,70	1422	24	1461	17	1532	13	1414	26	1532	13	3
2A-70	141	0,47	0,0002	0,0953	0,0011	3,2850	0,0005	0,2503	0,0047	0,51	1440	24	1477	16	1540	11	1432	26	1540	11	3
2A-5	364	0,74	0,0002	0,0959	0,0010	3,3500	0,0005	0,2522	0,0047	0,68	1450	24	1493	16	1545	13	1442	26	1545	13	3
2A-27	515	0,30	0,0001	0,0959	0,0010	3,7450	0,0005	0,2871	0,0055	0,89	1627	28	1581	17	1545	12	1635	30	1545	12	-3
2A-98	501	1,23	0,0002	0,0961	0,0010	3,0600	0,0005	0,2283	0,0044	0,93	1323	25	1422	16	1551	12	1310	24	1551	12	7
2A-94	313	0,40	0,0000	0,0965	0,0010	3,5360	0,0005	0,2620	0,0049	0,64	1500	25	1535	17	1562	12	1495	27	1562	12	2
2A-67	274	1,33	0,0003	0,0972	0,0011	3,4480	0,0005	0,2592	0,0049	0,72	1486	25	1515	17	1568	14	1478	27	1568	14	2
2A-33	254	0,82	0,0008	0,0978	0,0011	3,4120	0,0005	0,2555	0,0048	0,68	1467	25	1507	17	1572	15	1457	26	1572	15	3
2A-12	90	0,44	0,0003	0,0975	0,0011	3,4810	0,0006	0,2588	0,0049	0,43	1484	25	1523	17	1579	12	1476	27	1579	12	3
2A-57	205	0,47	0,0002	0,0975	0,0011	3,8740	0,0005	0,2835	0,0055	0,64	1609	27	1609	17	1581	10	1612	30	1581	10	0
2A-79	438	0,63	0,0002	0,0982	0,0011	3,1550	0,0005	0,2400	0,0046	0,70	1387	24	1445	17	1588	13	1371	25	1588	13	4
2A-69	72	0,52	0,0005	0,0995	0,0012	3,6570	0,0006	0,2685	0,0050	0,56	1532	26	1561	17	1613	12	1526	28	1613	12	2
2A-56	373	0,35	0,0001	0,1010	0,0011	3,9140	0,0005	0,2785	0,0050	0,60	1584	26	1618	17	1638	13	1578	28	1638	13	2
2A-14	309	0,45	0,0001	0,1077	0,0011	4,3190	0,0006	0,2923	0,0055	0,63	1653	27	1697	17	1758	12	1642	30	1758	12	3
2A-49	347	0,26	0,0002	0,1085	0,0011	4,5450	0,0006	0,2990	0,0055	0,69	1686	28	1739	17	1777	12	1677	30	1777	12	3
2A-37	339	0,70	0,0001	0,1104	0,0012	4,6790	0,0006	0,3093	0,0055	0,67	1737	28	1763	17	1807	11	1729	30	1807	11	2
2A-82	471	0,81	0,0002	0,1102	0,0012	4,0450	0,0006	0,2726	0,0050	0,78	1554	26	1644	17	1808	11	1530	27	1808	11	6
2A-76	254	0,23	0,0000	0,1119	0,0012	4,7210	0,0006	0,3108	0,0060	0,85	1744	29	1770	17	1834	13	1735	33	1834	13	2
2A-93	120	1,58	0,0000	0,1146	0,0013	5,1360	0,0006	0,3204	0,0060	0,63	1791	29	1843	18	1874	12	1781	33	1874	12	3
2A-3	329	0,14	0,0001	0,1168	0,0012	5,2350	0,0006	0,3231	0,0060	0,71	1804	29	1859	18	1912	12	1792	33	1912	12	3
2A-63	491	0,39	0,0001	0,1182	0,0012	5,3610	0,0006	0,3284	0,0060	0,95	1830	31	1878	18	1934	13	1818	33	1934	13	3
2A-71	152	0,59	0,0000	0,1214	0,0013	5,7470	0,0006	0,3461	0,0065	0,67	1916	31	1938	18	1977	11	1907	35	1977	11	1
2A-60	244	0,49	0,0001	0,1214	0,0013	6,0810	0,0006	0,3616	0,0070	0,66	1991	32	1987	18	1979	11	1992	38	1979	11	0
2A-51	282	0,73	0,0001	0,1219	0,0013	5,7420	0,0006	0,3357	0,0060	0,74	1866	30	1937	18	1983	10	1850	33	1983	10	4

Окончание табл. 2

Образец, точка	U (г/г)	Th/U	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}_{\text{рад}}}$	Нескорректированные изотопные отношения						Rho	Расчитанные возрасты, млн лет								D (%)		
				$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}} \pm 1\sigma$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}} \pm 1\sigma$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}} \pm 1\sigma$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	$\pm 1\sigma$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$		$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}} \pm 1\sigma$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}} \pm 1\sigma$	$\frac{^{206}\text{Pb}^*}{^{238}\text{U}} \pm 1\sigma$	Возраст для интерпретации	$\pm 1\sigma$						
2А-95	238	0,81	0,0001	0,1226	0,0013	5,6760	0,0006	0,3312	0,0060	0,82	1843	30	1927	18	1992	12	1824	32	1992	12	5
2А-6	203	0,71	0,0002	0,1225	0,0013	5,4000	0,0007	0,3182	0,0060	0,64	1780	29	1885	18	1996	12	1754	32	1996	12	6
2А-11	198	0,40	0,0008	0,1650	0,0018	3,9850	0,0009	0,1757	0,0034	0,67	1044	19	1631	17	2511	12	934	17	2511	12	56
2А-10	346	0,85	0,0005	0,1678	0,0018	6,8770	0,0009	0,2958	0,0055	0,81	1671	28	2095	19	2531	15	1548	28	2531	15	25
2А-18	50	0,87	0,0002	0,1866	0,0020	12,7300	0,0010	0,5010	0,0095	0,71	2616	41	2660	20	2712	10	2585	54	2712	10	2
2А-54	37	1,77	0,0004	0,1864	0,0021	12,6900	0,0010	0,4854	0,0095	0,71	2552	41	2655	20	2715	11	2498	53	2715	11	4
2А-90	125	0,61	0,0001	0,1879	0,0020	13,6100	0,0010	0,5227	0,0095	0,78	2712	42	2725	19	2722	12	2705	56	2722	12	0
2А-22	84	0,69	0,0002	0,1907	0,0020	13,2300	0,0010	0,5115	0,0095	0,79	2665	41	2698	20	2748	11	2631	54	2748	11	1
2А-89	338	1,08	0,0001	0,2100	0,0022	13,6000	0,0011	0,4704	0,0085	0,82	2485	39	2722	20	2906	12	2347	44	2906	12	10
2А-97	18	0,77	0,0006	0,2815	0,0033	24,7100	0,0016	0,6290	0,0125	0,77	3145	50	3293	22	3373	11	2970	75	3373	11	5

Примечание. См. примечание к табл. 1.

возраста и 17 зерен с возрастaми от 505 до 535 млн лет. Мы объясняем это тем, что в сборную пробу 2А попали породы из несколько более широкого стратиграфического интервала по сравнению с пробой 1-2А, отобранной из конкретного слоя. С этим, по-видимому, связано то, что материал пробы 2А представляет собой продукты разрушения более обширной питающей провинции.

На севере Урала верхнекембрийско-нижнеордовикские обломочные породы представлены достаточно широко, они, как правило, слагают базальный горизонт уралид, с несогласием залегающий на доуральских (протоуральских или протоуральско-тиманских) образованиях. Мы провели сопоставление полученных датировок детритовых цирконов из кварцито-песчаников, слагающих останцы выветривания на хр. Маньпупунер, с опубликованными (Соболева и др., 2012; Miller et al., 2011) возрастaми цирконов из основания разреза уралид на западном склоне Полярного Урала – верхнекембрийско-нижнеордовикских полевошпат-кварцевых песчаников манитаньрдской серии и погурейской свиты (рис. 3, В, Г). Кроме того, для сопоставления были использованы недавно появившиеся результаты датирования детритовых цирконов из пород тельпосской свиты, выходящих на поверхность на хр. Сабля на западном склоне Северного Урала (рис. 3, Д). Все сравниваемые нижнепалеозойские терригенные породы в целом похожи как по диапазонам возрастaов детритовых цирконов, так и по характеру распределения этих возрастaов. При этом в слюдистых кварцитах хр. Маньпупунер по сравнению со всеми рассматриваемыми песчаниками чаще встречаются более древние зерна с ранне- и среднерифейскими возрастaами. Эта особенность может быть связана с локальными условиями осадконакопления, особенностями размещения пород-поставщиков обломочного материала и более глубоким уровнем эрозионного среза в области современных верховьев р. Печора в позднем кембрии – раннем ордовике.

Для верхнекембрийско-нижнеордовикских терригенных пород манитаньрдской серии и погурейской свиты Полярного Урала, а также для нижнеордовикских песчаников тельпосской свиты Северного Урала установлено (Никулова и др., 2016; Соболева и др., 2012), что при накоплении обломочного материала имел место существенный привнос продуктов эрозии орогена Протоуралид-Тиманид, сформировавшегося, как полагают, при поздневендско-раннекембрийской коллизии Тимано-Варангерского сегмента Урало-Тимано-Варангерской пассивной окраины и Большеземельской активной окраины неопротерозойских континентов Балтика и Арктида соответственно (Кузнецов, 2009; Кузнецов и др., 2010; Kuznetsov et al., 2010, 2014). В строении коллизионного орогена участвовали

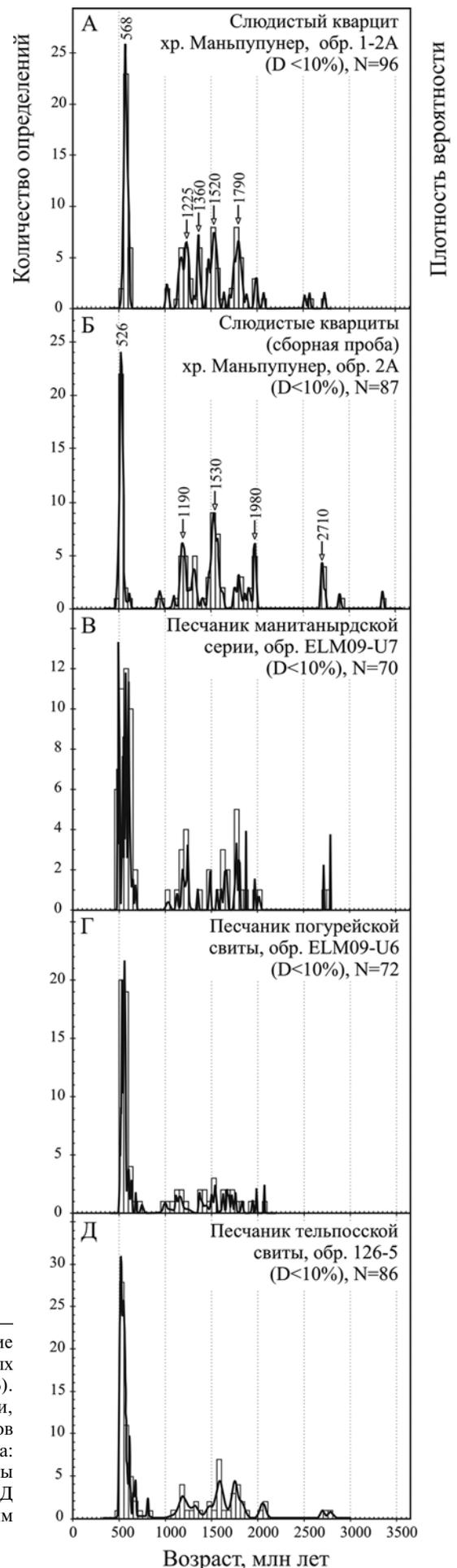


Рис. 3. Гистограммы и графики плотности вероятности, иллюстрирующие характер распределения возрастaов детритовых цирконов из слюдистых кварцитов, слагающих останцы выветривания на хр. Маньпупунер (А, Б). Для сравнения приведены гистограммы и графики плотности вероятности, иллюстрирующие характер распределения возрастaов детритовых цирконов из верхнекембрийско-нижнеордовикских песчаников Полярного Урала: В – манитаньрдской серии (обр. ELM09-U7), Г – погурейской свиты (обр. ELM09-U6), построенные по данным из работы (Miller et al., 2011), Д – тельпосской свиты (обр. 126-5, хр. Сабля, Северный Урал), по данным (Никулова и др., 2016)

докембрийские комплексы окраин обоих континентов и собственно коллизионные образования. Детритовые цирконы среднекембрийско-раннеордовикского возраста коррелируются с проявлениями магматизма (Голдин и др., 1999; Государственная..., 2007; Душин, 1997; Иванов и др., 2009; Соболева и др., 2008; Соболева, 2009 и др.), связанного с предрифтовым поднятием и континентальным рифтогенезом (Пучков, 2010) на уральской окраине раннепалеозойского континента Аркт-Европа, возникшего в результате коллизии Арктиды и Балтики (Борисова и др., 2001; Кузнецов, 2009; Kuznetsov et al., 2010, 2014).

Интересно, что для древних (> 1 млрд лет) цирконов из всех рассматриваемых нижнепалеозойских терригенных пород характерны практически одинаковые распределения возрастов, что свидетельствует о поступлении обломочного материала в эти толщи из провинций, имеющих сходное строение (рис. 4). Сопоставление с опубликованными данными по детритовым цирконам из верхнерифейских алевропесчаников малочерноречкой свиты Северного Тимана (обр. 380, Андреичев и др., 2014) и джежимской свиты Южного Тимана (обр. 05-301, Кузнецов и др., 2010) показало следующее. Характер распределения возрастов детритовых цирконов из всех нижнепалеозойских пород удивительно сходен с характером распределения возрастов цирконов из северотиманских верхнерифейских песчаников. При этом характер распределения возрастов детритовых цирконов из всех нижнепалеозойских пород резко отличается от характера распределения возрастов цирконов из южнотиманских верхнерифейских песчаников. Результаты теста Колмогорова-Смирнова подтвердили этот вывод (табл. 3), показав очень высокую степень сходства наборов возрастов детритовых цирконов древнее 1 млрд лет

из всех сравниваемых нижнепалеозойских терригенных пород и из верхнерифейских алевропесчаников малочерноречкой свиты Северного Тимана (величины p существенно превышают минимальное пороговое значение 0,05, что указывает на то, что тестируемая гипотеза о сходстве сопоставляемых возрастных наборов валидна с вероятностью 95%) и существенное отличие наборов возрастов цирконов, полученных из всех этих нижнепалеозойских пород, от наборов возрастов цирконов, полученных из верхнерифейских песчаников джежимской свиты Южного Тимана ($p = 0,00$).

Отличия в распределении возрастов детритовых цирконов верхнерифейских песчаников Северного и Южного Тимана объясняются различием провинций, поставивших обломочный материал в эти области. Для области Северного Тимана предполагается (Андреичев и др., 2014), что поставщиком детритовых цирконов в верхнерифейские осадки были преимущественно Фенноскандия и Среднерусский ороген – область сочленения Фенноскандии и Волго-Сарматии (Mints et al., 2015). В пределы современного Южного Тимана обломочный материал поступал с разрушавшихся более древних кристаллических комплексов Волго-Уралии, а также области ее сочленения с Сарматией (Волго-Сарматский ороген) и, в меньшей степени, со Среднерусского орогена (Кузнецов и др., 2010). В верхнекембрийско-нижеордовикских терригенных породах Западного Урала среди древних цирконов также преобладают зерна, образовавшиеся, вероятно, в пределах Фенноскандии и области ее сочленения с Волго-Сарматией. Их источником, скорее всего, являлись не непосредственно древние кристаллические комплексы, а рециклированный в рифейско-вендское время обломочный материал.

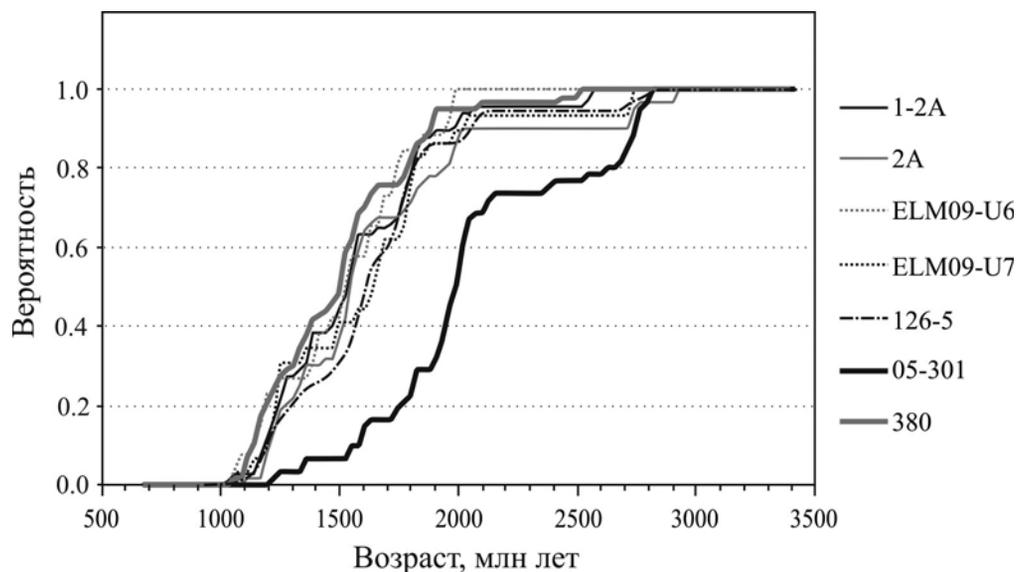


Рис. 4. Графики кумулятивной вероятности возрастов детритовых цирконов. Номера образцов см. примечание к табл. 3

Таблица 3

Результаты теста Колмогорова-Смирнова для возрастов цирконов древнее 1 млрд лет

	1-2A	2A	ELM09-U6	ELM09-U7	126-5	05-301	380
1-2A		0,838	0,980	0,555	0,301	0,000	0,729
2A	0,838		0,857	0,543	0,524	0,000	0,327
ELM09-U6	0,980	0,857		0,896	0,597	0,000	0,963
ELM09-U7	0,555	0,543	0,896		0,989	0,000	0,142
126-5	0,301	0,524	0,597	0,989		0,000	0,066
05-301	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0,000
380	0,729	0,327	0,963	0,142	0,066	0,000	

Примечание. Для сравнения использованы данные для обр. ELM09-U6 и ELM09-U7 из верхнекембрийско-нижнеордовикских песчаников погурейской свиты и манитаньрдской серии Полярного Урала (Miller et al., 2011); обр. 126-5 из нижнеордовикских песчаников тельпосской свиты Северного Урала (Никулова и др., 2016); обр. 05-301 из верхнерифейских песчаников джежимской свиты Южного Тимана (Кузнецов и др., 2010); обр. 380 из верхнерифейских песчаников малочерноречской свиты Северного Тимана (Андреичев и др., 2014).

Заключение

На основании датирования детритовых цирконов установлено, что накопление обломочного материала, из которого состоят апопсаммитовые слюдистые кварциты, слагающие живописные останцы выветривания «Болваны» на хр. Маньпупунер, имело место не ранее позднего кембрия. С большой долей уверенности можно считать, что останцы сложены породами, имеющими позднекембрийско (?) – раннеордовикский возраст. Поставщиками обломочного материала для них были магматические породы предрифтовой и рифтогенной стадий ранней эволюции уралид, магматические и мета-

морфические коллизионные комплексы протоуралид-тиманид и докембрийские комплексы окраин неопротерозойских континентов, при коллизии которых сформировался ороген Протоуралид-Тиманид (пассивной окраины Балтики и активной окраины Арктиды). В составе древних (> 1 млрд лет) детритовых цирконов преобладают цирконы с возрастными, характерными для кристаллических пород фундамента Восточно-Европейской платформы, – Фенноскандии и Среднерусского орогена.

Исследования проведены при финансовой поддержке ВОО «Русское географическое общество», грант 14/2015-Р «Комплексная Печорская экспедиция».

ЛИТЕРАТУРА

- Андреичев В.Л., Соболева А.А., Герелс Дж. U-Pb возраст и источники сноса обломочных цирконов из верхнедокембрийских отложений Северного Тимана // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2014. Т. 22, № 2. С. 32–45.
- Борисова Т.П., Герцева М.В., Егоров А.Ю. и др. Суперконтинент Аркт-Европа и его значение для глобальных плитотектонических реконструкций // Палеомагнетизм и магнетизм горных пород: теория, практика, эксперимент. Мат-лы семинара, Борок, 18–23 окт. / Ред. В.П. Щербаков. М.: ГЕОС, 2001. С. 93–96.
- Варсановьева В.А. Геологическое строение территории Печоро-Ильчского государственного заповедника // Тр. Печоро-Ильчского гос. заповедника. М., 1940. С. 5–214.
- Варсановьева В.А. Памятники неживой природы // Памятники культуры Коми АССР / Ред. В.К. Колегов и др. Сыктывкар: Коми книжн. изд-во, 1959. С. 92–109.
- Варсановьева В.А., Геккер Р.Ф. Охрана памятников неживой природы. М.: ВООП, 1951. 39 с.
- Голдин Б.А., Калинин Е.П., Пучков В.Н. Магматические формации западного склона севера Урала и их мигрирования. Сыктывкар: Коми НЦ УрО РАН, 1999. 213 с.
- Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Уральская. Лист Q-41 – Воркута. Объяснит. зап. / Ред. В.П. Водолазская. СПб.: Картограф. фабрика ВСЕГЕИ, 2007. 541 с.
- Душин В.А. Магматизм и геодинамика палеоконтинентального сектора севера Урала. М.: Недра, 1997. 214 с.
- Иванов В.Н., Соболева А.А., Кузнецов Н.А. Возраст риолитов района верховья реки Большая Тыкотлова (Приполярный Урал) // Геология и минеральные ресурсы европейского северо-востока России: Мат-лы XV Геологического съезда Республики Коми. Т. II / Ред. Н.П. Юшкин. Сыктывкар: Коми НЦ УрО РАН, 2009. С. 28–31.
- Калинин Е.П. Болваны Маньпупунера // Геологическое наследие Республики Коми (Россия) / Сост. П.П. Юхтанов. Сыктывкар: Коми НЦ УрО РАН, 2008. С. 290–295.
- Кузнецов Н.Б. Комплексы протоуралид-тиманид и позднедокембрийско-раннепалеозойская эволюция восточного и северо-восточного обрамления Восточно-Европейской платформы: Автореф. дисс. ... докт. геол.-минерал. наук. М.: ИФЗ РАН, 2009. 49 с.
- Кузнецов Н.Б., Натанов Л.М., Белоусова Е.А. и др. Первые результаты U/Pb датирования и изотопно-геохимического изучения детритных цирконов из позднедокембрийских песчаников Южного Тимана (увал Джежим-Парма) // Докл. АН. 2010. Т. 435, № 6. С. 798–805.

Николова Н.Ю., Удоратина О.В., Хубанов В.Б. Возраст песчаников в основании разреза уралид на хребте Сабля (Приполярный Урал) по результатам U-Pb датирования детритных цирконов // Бюл. МОИП. Отд. геол. 2016. Т. 91, вып. 1. С. 15–23.

Лучков В.Н. Геология Урала и Приуралья. Уфа: Ди-зайнПолиграфСервис, 2010. 280 с.

Салдин В.А., Юхтанов П.П. Вещественный состав останцов выветривания на хребте Маньпупунер (Северный Урал) // Тр. Печоро-Илычского заповедника. № 17 / Ред. Л.В. Симакин. 2015. С. 136–141.

Соболева А.А. Проявления кремнекислого вулканизма на рубеже кембрия и ордовика на северо-восточной окраине Восточно-Европейского континента // Вулканизм и геодинамика. Мат-лы IV Всерос. симпозиума по вулканологии и палеовулканологии. Т. 2. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2009. С. 524–527.

Соболева А.А., Иванов В.Н., Кузнецов Н.А., Васильев А.К. Кислые вулканиды Тынаготско-Тыкотловского района (Приполярный Урал) // Петрология и минералогия севера Урала и Тимана: Сб. статей. Сыктывкар. 2008. № 5 // Тр. Ин-та геологии Коми НЦ УрО РАН. Вып. 124. С. 27–51.

Соболева А.А., Кузнецов Н.Б., Миллер Э.Л. и др. Первые результаты U/Pb-датирования детритных цирконов из базальных горизонтов уралид (Полярный Урал) // Докл. АН. 2012. Т. 445, № 5. С. 570–576.

Чернов Г.А. Полвека в Печорском крае. М.: Мысль, 1974. 223 с.

Шиллингер Ф.Ф. Торре-Порре-Из и Болвано-Из // Охрана природы. 1930. Вып. 2. С. 10–14.

Barth A.P., Wooden J.L. Coupled elemental and isotopic analyses of polygenetic zircons from granitic rocks by ion microprobe, with implications for melt evolution and the sources of granitic magmas // Chem. Geol. 2010. Vol. 277. P. 149–159.

Black L.P., Kato S.L., Allen C.M. et al. Improved $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ microprobe geochronology by the monitoring of a trace-ele-

ment-related matrix effect, SHRIMP, ID-TIMS, ELA-ICP-MS and oxygen isotope documentation for a series of zircon standards // Chem. Geol. 2004. Vol. 205. P. 115–140.

Keyserling A. Geognostische Beobachtungen // Wissenschaftliche Beobachtungen auf einer Reise in das Petschora-Land, in Jahre 1843. St. Petersburg: Carl Kray, 1846. S. 149–406.

Kuznetsov N.B., Belousova E.A., Alekseev A.S., Romanyuk T.V. New data on detrital zircons from the sandstones of Lower Cambrian Brusov Formation (White-Sea region, East-European craton): unraveling the timing of the onset of the Arctida-Baltica collision // Int. Geol. Rev. 2014. Vol. 56, N 16. P. 1945–1963.

Kuznetsov N.B., Natapov L.M., Belousova E.A. et al. Geochronological, geochemical and isotopic study of detrital zircon suites from late Neoproterozoic clastic strata along the NE margin of the East European Craton: Implications for plate tectonic models // Gondwana Res. 2010. Vol. 17. P. 583–601.

Miller E.L., Kuznetsov N., Soboлева A. et al. Baltica in the Cordillera? // Geology. 2011 Vol. 39. N 8. P. 791–794.

Mints M.V., Dokukina K.A., Konilov A.N. et al. East European Craton: Early Precambrian history and 3D models of deep crustal structure // Geol. Soc. Amer. Spec. Paper. 2015. N 510. 433 p.

Sharman G.R., Graham S.A., Grove M.A., Hourigan J.K. A reappraisal of the early slip history of the San Andreas Fault, Central California, USA // Geology. 2013. Vol. 41, N 7. P. 727–730. DOI 10.1130/G34214.1

Slama J., Kosler J., Condon D.J. et al. Plesovice zircon – a new natural reference material for U-Pb and Hf isotopic microanalysis // Chem. Geol. 2008. Vol. 249. P. 1–35. DOI 10.1016/j.chemgeo.2007.11.005

Stacey J.S., Kramers J.D. Approximation of terrestrial lead isotope evolution by a 2-stage model // Earth Planet. Sci. Lett. 1975. Vol. 26, N 2. P. 207–221.

Сведения об авторах: Соболева Анна Алексеевна – канд. геол.-минерал. наук, доцент, ст. науч. сотр. лаб. петрографии ИГ Коми НЦ УрО РАН, e-mail: aa_soboleva@mail.ru; Салдин Виктор Алексеевич – канд. геол.-минерал. наук, доцент, рук. лаб. геологии и геохимии осадочных формаций ИГ Коми НЦ УрО РАН, e-mail: litgeo@geo.komisc.ru; Юхтанов Петр Петрович – ст. науч. сотр. Геологического музея имени А.А. Чернова ИГ Коми НЦ УрО РАН, e-mail: yukhtanov@geo.komusc.ru; Хоуриган Джереми Кеѐм (Hourigan Jeremy Keith) – associate professor, Earth and Planetary Sciences Department, University of California, Santa Cruz, California, USA, e-mail: hourigan@ucsc.edu