

УДК 550.93:549.514.81(234.851)

ВОЗРАСТ НИЖНЕПАЛЕОЗОЙСКОЙ САЛЕДСКОЙ СВИТЫ ПРИПОЛЯРНОГО УРАЛА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ U-Pb ДАТИРОВАНИЯ ДЕТРИТНЫХ ЦИРКОНОВ

Н.Ю. Никулова¹, В.Н. Филиппов¹, В.Б. Хубанов²

¹Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар

²Геологический институт СО РАН, Улан-Удэ

Поступила в редакцию 10.05.18

Приведены первые результаты U-Pb датирования детритных цирконов из песчаников саледрской свиты, с которой на Приполярном Урале связаны многочисленные проявления медной минерализации. Установлено, что псаммитовая толща сформировалась не ранее, чем во второй половине среднего ордовика. Высказаны предположения об источниках обломочного материала.

Ключевые слова: песчаники, детритные цирконы, состав, условия образования, возраст, саледрская свита, Приполярный Урал.

Nikulova N.Yu., Filippov V.N., Khubanov V.B. First results of U-Pb dating of detrital zircons from early Paleozoic Saled Formation (Subpolar Urals). Bulletin of Moscow Society of Naturalists. Geological Series. 2018. Volume 93, part 4. P. 10–18.

The article presents the results of the first U-Pb dating of detritic zircons from sandstones of the Saled Formation (Lower Paleozoic). Numerous occurrences of copper mineralization are associated with this formation in the Subpolar Urals. We found out that the psammite layer had been formed not earlier than in the late Middle Ordovician. Sources of clastic material are suggested.

Key words: sandstones, detritic zircons, composition, formation conditions, age, Saled Formation, Subpolar Urals.

В геологическом строении западного склона Приполярного Урала участвуют образования двух структурных ярусов. Нижний структурный ярус – неравномерно дислоцированные и метаморфизованные рифейско-вендские образования, представленные вулканогено-осадочными породами, сланцами, кварцитами, кварцитосланцами и доломитами саблегорской, пуйвинской, хобеинской и мороинской свит, прорванными дайками метадолеритов и интрузивными телами гранитов. В совокупности эти рифейско-вендские образования именуются тиманидами (Пучков, 2010) или протоуралидами-тиманидами (Кузнецов и др., 2006; Кузнецов, 2009). Выше залегают образования верхнего структурного яруса – уралиды, разрез которых начинается с верхов кембрия.

Основание разреза уралид сложено фрагментарно распространенными слюдястыми кварцевыми гравелитами с линзами песчаников, заполняющими пониженные участки допалеозойского рельефа и выделяемыми как верхнекембрийско-нижнеордовикская алькесвожская толща. Выше залегают нижнеордовикская обеизская свита, которая на хребте Малдынырд сложена конгломератами, а в правом борту долины р. Балбанью представлена светлыми и светло-розовыми песчаниками и квар-

цитопесчаниками с прослоями алевролитов, серицит-кварцевых сланцев и редкими линзами мелкогравийных гравелитов.

Надстраивающие разрез обеизской свиты зеленато-серые песчаники, алевропесчаники, алевролиты и серицит-хлоритовые сланцы с прослоями слабоизвестковистых кварцевых песчаников выделяются как саледрская свита (Чернов, 1948). Согласно стратиграфической схеме ордовика Урала (Объяснительная записка..., 1994), саледрская свита относится к индусейскому горизонту аренигского яруса нижнего ордовика, который в настоящее время соответствует интервалу от подошвы флоского яруса нижнего ордовика до нижней части дарривильского яруса среднего ордовика (Жамойда, Леонтьева, 2012).

Саледрская свита слагает обширные поля распространения, которые протягиваются непрерывной полосой вдоль западного склона Приполярного Урала. В районе месторождения Желанное породы саледрской свиты слагают крылья антиклинальных складок, осложняющих строение Ляпинского антиклинория (рис. 1). В ядрах этих складок вскрыты протоуралиды-тиманиды, прорванные дайками метадолеритов и интрузивными телами гранитов.

Саледрская свита маркирует собой окончание прибрежно-континентального этапа развития ре-

гиона и начало этапа формирования морских отложений. С этой свитой связаны многочисленные проявления медной минерализации, относящейся к типу медистых песчаников. Область развития горизонта медистых песчаников в породах саледской свиты, ее возрастных и фациальных аналогов протягивается с севера на юг от возвышенности Константинов Камень до р. Шугор более чем на 500 км (Дембовский и др., 1990).

Возраст саледской свиты принято считать раннеаренигским на основании находок в известковистых песчаниках переотложенных обломков раковин брахиопод, скелетов мшанок и иглокожих, а также конодонтов позднего аренига–лланвиерна (Дембовский и др., 1990). Поскольку те же авторы отмечают, что «обилие битого ракушняка и ори-

ентировка захороненных раковин указывают на следы перемыва осадка» (Дембовский и др., 1990, с. 20), то предположение об аренигском возрасте этой свиты может вызывать сомнение и может быть уточнено и скорректировано по результатам изотопного датирования извлеченных из пород, участвующих в ее сложении, детритных цирконов, U-Pb изотопному датированию которых и посвящена настоящая статья.

Объект и методы исследования

Проба (СН 17-18) мелкозернистого зеленовато-серого песчаника из основания разреза саледской свиты отобрана на склоне г. Холодная вблизи кварцевого месторождения «Желанное» (65°5'54,840" с. ш., 60°22'24,593" в. д.). Петрографический состав

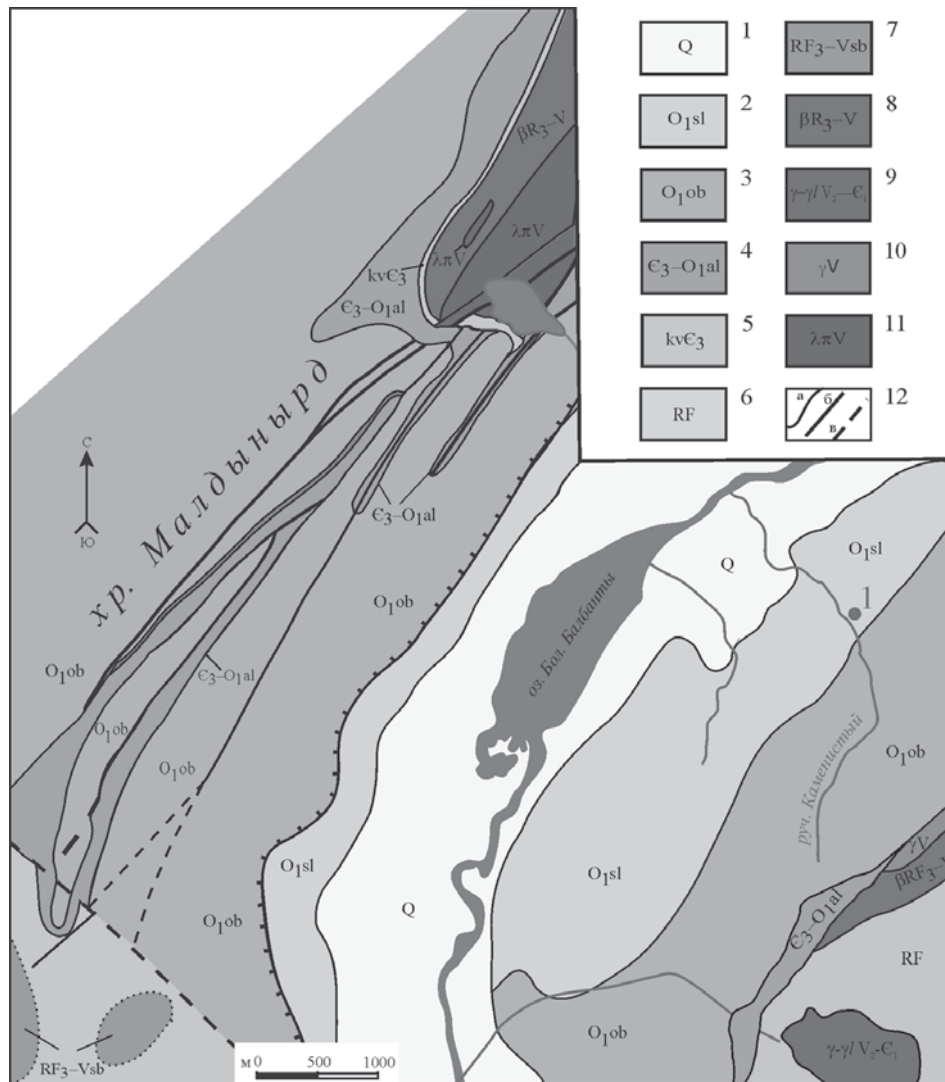


Рис. 1. Схематическая геологическая карта, по (Ефанова, 2001): 1 – современные аллювиальные отложения; 2–4 – уралиты (нижние уровни разреза); 2 – саледская свита, песчаники, алевролиты, сланцы; 3 – обезская свита, конгломераты, гравелиты, песчаники; 4 – алькесвожская толща, гравелиты, песчаники; 5 – кембрийская метаморфизованная кора выветривания, сланцы; 6–11 – протоуралиты-тиманиды: 6 – верхнерифейские образования (пуйвинская, хобейнская и мороинская свиты объединенные), сланцы, доломиты, кварциты, кварцитосланцы; 7 – верхнерифейско-вендские вулканогенные породы салегорской свиты, туфы и лавобрекчии кислого состава; 8 – верхнерифейско-вендские долериты, долерито-базальты; 9 – верхневендско-нижнекембрийские граниты; 10 – вендские интрузивные риолиты; 11 – вендские вулканы основного состава, долериты, габбро; 12 – границы стратиграфических подразделений (а), разрывные нарушения: б – установленные, в – предполагаемые

песчаника изучен в прозрачном шлифе. Содержание породообразующих оксидов определено традиционным весовым химическим методом. Интерпретация результатов химических анализов проведена с использованием традиционных классификаций и методических приемов, применяющихся для палеогеографических реконструкций.

Выделенная по стандартной методике (дробление, бромоформирование, разделение на фракции) из пробы СН 17–18 монофракция циркона была интегрирована в эпоксидную шашку. Цирконы предварительно изучены с помощью сканирующего электронного микроскопа JSM–6400 с энергетическим спектрометром Link в ЦКП «Геонаука» Института геологии Коми НЦ УрО РАН. Ускоряющее напряжение и ток на образцах – 20 kV и $2 \cdot 10^{-8}$ А соответственно. В качестве образцов использовались сертифицированные стандарты фирмы «Microspec».

Определения U–Pb изотопного возраста цирконов проводились с помощью устройства лазерной абляции UP-213 и одноколлекторного магнитно-секторного масс-спектрометра с индуктивно-связанной плазмой Element XR (LA-ICP-MS метод) в лаборатории физических методов анализа ГИН СО РАН (г. Улан-Удэ). Методика измерения, обработка масс-спектрометрического сигнала, расчет изотопных отношений и возрастов изложены в работе (Хубанов и др., 2016). Применялось лазерное излучение с частотой импульсов 10 Гц, плотностью потока энергии $3,5 \text{ Дж/см}^2$ и диаметром пучка излучения 25 мкм. В качестве внешних стандартов и контрольных образцов использовались эталонные цирконы Plešovice (Sláma et al., 2008) и 91500 (Wiedenbeck et al., 1995). При анализе результатов исследований для цирконов древнее 1,0 млрд лет использованы оценки возраста, рассчитанные по отношению $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$, а для более молодых цирконов – по отношению $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$.

Вещественный состав и геохимические особенности песчаника

Песчаник обр. СН 17–18 характеризуется blastosammittovoy структурой и сланцеватой за счет ориентировки чешуек слюды текстурой, сложен в различной степени окатанными зернами кварца и полевого шпата, сцементированными кварцевым регенерационным и поровым хлоритовым, на отдельных участках с примесью карбоната цементом. Песчаник имеет следующий химический состав (масс. %): SiO_2 – 70,48, TiO_2 – 0,97, Al_2O_3 – 12,21, Fe_2O_3 – 0,66, FeO – 5,32, MnO – 0,18, CaO – 1,11, MgO – 2,03, K_2O – 1,44, Na_2O – 2,09, P_2O_5 – 0,37, CO_2 – 0,28. По данным нормативного пересчета, он состоит (об. %) из: кварца (48), кислого (№ 15) плагиоклаза (21), хлорита (17), калиевого полевого шпата (7) и мусковита (1,5) и аксессуарных ко-

личеств апатита, кальцита, ильменита, лейкоксена и магнетита. В тяжелой фракции протолочной пробы отмечены также циркон, турмалин, гранат, эпидот, апатит, пирит, халькопирит, магнетит и лейкоксен.

По результатам химического анализа исследуемого образца песчаника (СН 17–18) рассчитаны индикаторные соотношения и петрохимические модули, позволяющие судить об условиях его образования и источниках обломочного материала. Коэффициенты F3–F4, равные –2,84 и 1,06 (Roser, Korsch, 1986), соответствуют песчаникам, образовавшимся преимущественно за счет разрушения изверженных пород кислого состава. Соотношения $\text{SiO}_2\text{--K}_2\text{O}/\text{N}_2\text{O}$ (Roser, Korsch, 1986), равное 70,48–0,69, и F1–F2 (Bhatia, 1983), равное 1,41–1,42, указывают, что песчаник мог формироваться в условиях активной континентальной окраины. Эти соотношения отражают присутствие в составе песчаников продуктов разрушения вулканических и плутонических пород, образовавшихся на островодужной и коллизионной стадиях формирования протоуралид-тиманид. Значение индексов CIA (Nesbitt, Young, 1982) – 63, CIW (Harnois, 1988) – 69 и ICV (Cox, Lowe, 1995) – 1,1 указывают на присутствие в изученных песчаниках большого количества неглинистых силикатных минералов и слабую степень химического разложения исходных пород в умеренно-холодных условиях.

Результаты датирования цирконов

Среди детритных цирконов в изученной пробе преобладают зерна размером 180–220 мкм. Они имеют розовый цвет различных оттенков и матовую поверхность. Около 65% составляют окатанные зерна со сглаженно-цилиндрическими рисовидными формами ($K_{\text{удл}}$ 1,8). Реже встречаются среднеокатанные короткопризматические кристаллы (13%, $K_{\text{удл}}$ 1,3), хорошо окатанные овальные зерна (11%, $K_{\text{удл}}$ 1,4), среднеокатанные удлиненно-призматические кристаллы (4%, $K_{\text{удл}}$ 1,6), округлые хорошо окатанные зерна (5%, $K_{\text{удл}}$ 1,2), в единичных количествах – обломки зерен, образовавшиеся, по-видимому, при дроблении пробы. Циркон содержит (масс. %) ZrO_2 – 64,78–69,72, SiO_2 – 30,10–33,29, HfO_2 – 0,98–2,05.

Результаты изотопных анализов 107 зерен циркона приведены в таблице. Все датировки характеризуются дискордантностью меньше 10%. Возраст цирконов распределен в диапазоне от мезоархея (3127 ± 78 млн лет) до среднего ордовика (459 ± 5 млн лет) (рис. 2).

В рассматриваемой выборке наиболее древний возраст имеют два зерна с мезоархейскими (3127 ± 78 и 3004 ± 51 млн лет) датировками, для четырех зерен зафиксирован неоархейский возраст в интервале 2643 ± 107 – 2821 ± 27 млн лет. На

Таблица

Результаты U-Pb датирования детритных цирконов из саледской свиты

№ зерна	Нескорректированные изотопные отношения						Rho	Рассчитанные возрасты, млн лет								D, %
	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	$\pm 1\sigma$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	1σ	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	1σ		$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	1σ	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{Pb}}$	1σ	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	1σ	Возраст для интерпретации	$\pm 1\sigma$	
1	0,0838	0,0013	2,8312	0,0388	0,2451	0,0021	0,64	1287	29	1364	10	1413	11	1287	29	-4
2	0,0583	0,0014	0,6276	0,0147	0,0781	0,0008	0,42	539	54	495	9	485	5	485	5	2
3	0,0572	0,0010	0,6782	0,0108	0,0860	0,0008	0,56	499	38	526	7	532	5	532	5	-1
4	0,0563	0,0015	0,6145	0,0150	0,0792	0,0008	0,41	463	56	486	9	491	5	491	5	-1
5	0,0966	0,0016	3,4499	0,0518	0,2591	0,0024	0,60	1559	30	1516	12	1485	12	1559	30	2
6	0,092	0,0016	3,159	0,0519	0,249	0,0023	0,56	1467	32	1447	12	1434	12	1467	32	1
7	0,0623	0,0016	0,6593	0,0163	0,0767	0,0008	0,42	685	54	514	10	477	5	477	5	8
8	0,1100	0,0019	4,8509	0,0759	0,3199	0,0030	0,59	1799	31	1794	13	1789	14	1799	31	0
9	0,0905	0,0016	3,0328	0,0485	0,2431	0,0022	0,58	1436	33	1416	12	1403	12	1436	33	1
10	0,1186	0,0022	5,6801	0,0965	0,3474	0,0033	0,56	1935	32	1928	15	1922	16	1935	32	0
11	0,0923	0,0020	3,0359	0,0615	0,2385	0,0024	0,50	1474	40	1417	15	1379	13	1474	40	3
12	0,110	0,0022	4,825	0,0893	0,317	0,0031	0,52	1803	34	1789	15	1777	15	1803	34	1
13	0,1108	0,0022	5,0449	0,0949	0,3302	0,0032	0,52	1812	36	1827	16	1840	16	1812	36	-1
14	0,115	0,0025	5,154	0,1041	0,324	0,0033	0,50	1887	38	1845	17	1808	16	1887	38	2
15	0,094	0,0024	3,441	0,0822	0,264	0,0028	0,45	1516	42	1514	18	1512	14	1516	42	0
16	0,0904	0,0020	3,0568	0,0643	0,2451	0,0025	0,49	1435	42	1422	16	1413	13	1435	42	1
17	0,055	0,0017	0,587	0,0179	0,078	0,0009	0,37	395	61	469	11	484	5	485	5	-3
18	0,0716	0,0019	1,4588	0,0375	0,1477	0,0016	0,43	976	54	914	15	888	9	888	9	3
19	0,0586	0,0014	0,7149	0,0163	0,0885	0,0009	0,46	553	51	548	10	546	6	546	6	0
20	0,0826	0,0020	2,5722	0,0596	0,2258	0,0024	0,46	1260	46	1293	17	1312	13	1260	46	-1
21	0,0577	0,0016	0,6907	0,0185	0,0868	0,0010	0,43	518	60	533	11	537	6	537	6	-1
22	0,0623	0,0018	0,9894	0,0272	0,1152	0,0013	0,42	684	59	698	14	703	8	702	7	-1
23	0,0593	0,0021	0,6283	0,0215	0,0768	0,0010	0,37	579	75	495	13	477	6	477	6	4
24	0,095	0,0028	3,241	0,0949	0,247	0,0029	0,40	1533	52	1467	22	1422	15	1533	52	3
25	0,0547	0,0017	0,5566	0,0168	0,0738	0,0009	0,40	400	67	449	11	459	5	459	5	-2
26	0,0649	0,0025	0,7214	0,0275	0,0807	0,0011	0,36	770	80	552	16	500	7	500	7	10
27	0,0594	0,0020	0,7295	0,0238	0,0890	0,0011	0,39	582	70	556	14	550	7	550	7	1
28	0,2232	0,0072	18,2591	0,5819	0,5933	0,0076	0,40	3004	51	3004	31	3003	31	3004	51	0
29	0,1202	0,0040	5,7599	0,1911	0,3475	0,0046	0,40	1959	59	1940	29	1923	22	1959	59	1
30	0,076	0,0031	1,733	0,0703	0,165	0,0022	0,33	1095	64	1021	23	987	12	987	12	3
31	0,0626	0,0026	0,7419	0,0305	0,0859	0,0013	0,36	696	86	564	18	531	8	531	8	6
32	0,0802	0,0031	2,1104	0,0820	0,1907	0,0028	0,37	1202	75	1152	27	1125	15	1202	75	2
34	0,059	0,0031	0,973	0,0534	0,121	0,0018	0,28	550	77	690	23	734	11	734	11	-6
35	0,1791	0,0073	12,8718	0,5286	0,5210	0,0079	0,37	2645	66	2670	39	2703	34	2645	66	-1
36	0,1254	0,0054	6,5222	0,2821	0,3770	0,0060	0,36	2035	74	2049	38	2062	28	2035	74	-1
37	0,0606	0,0029	0,7323	0,0349	0,0877	0,0015	0,35	624	99	558	20	542	9	542	9	3
38	0,0571	0,0026	0,6645	0,0305	0,0844	0,0014	0,36	495	98	517	19	522	8	522	8	-1
39	0,0903	0,0041	3,6227	0,1673	0,2909	0,0048	0,36	1432	85	1555	37	1646	24	1432	85	-6
40	0,0605	0,0031	0,8886	0,0458	0,1066	0,0019	0,34	620	107	646	25	653	11	653	11	-1
41	0,241	0,0123	20,565	1,0660	0,618	0,0112	0,35	3127	78	3118	50	3103	45	3127	78	0
42	0,0575	0,0030	0,7074	0,0376	0,0892	0,0016	0,35	510	111	543	22	551	10	551	10	-1
43	0,0903	0,0048	3,6877	0,2000	0,2961	0,0056	0,35	1432	98	1569	43	1672	28	1432	98	-6
44	0,0979	0,0054	3,6506	0,2041	0,2705	0,0052	0,35	1584	99	1561	45	1544	27	1584	99	1
45	0,0613	0,0035	0,8621	0,0497	0,1020	0,0020	0,34	650	117	631	27	626	12	626	12	1
46	0,1069	0,0061	5,2603	0,3104	0,3569	0,0072	0,34	1747	102	1862	50	1968	34	1747	102	-5

Продолжение табл.

№ зерна	Нескорректированные изотопные отношения						Rho	Рассчитанные возрасты, млн лет								D, %
	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	$\pm 1\sigma$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{Pb}}$	1σ	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	1σ		$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	1σ	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{Pb}}$	1σ	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	1σ	Возраст для интерпретации	$\pm 1\sigma$	
47	0,058	0,0036	0,684	0,0443	0,086	0,0018	0,32	523	121	529	26	531	11	531	11	0
48	0,1266	0,0076	6,8387	0,4217	0,3916	0,0082	0,34	2052	102	2091	55	2130	38	2052	102	-2
49	0,0880	0,0054	3,0919	0,1953	0,2548	0,0054	0,34	1382	113	1431	48	1463	28	1382	113	-2
50	0,0977	0,0061	3,9079	0,2516	0,2900	0,0063	0,34	1581	112	1615	52	1641	31	1581	112	-2
51	0,1790	0,0120	12,7909	0,8925	0,5184	0,0121	0,34	2643	107	2664	66	2692	51	2643	107	-1
52	0,1146	0,0079	5,7349	0,4083	0,3630	0,0086	0,33	1873	119	1937	62	1997	41	1873	119	-3
53	0,0607	0,0043	0,7430	0,0547	0,0888	0,0022	0,33	628	146	564	32	549	13	549	13	3
54	0,0564	0,0041	0,6390	0,0483	0,0821	0,0020	0,33	469	154	502	30	509	12	509	12	-1
55	0,0566	0,0041	0,7088	0,0538	0,0908	0,0023	0,33	475	154	544	32	561	13	561	13	-3
56	0,0938	0,0016	3,3557	0,0516	0,2596	0,0025	0,63	1504	31	1494	12	1488	13	1504	31	0
57	0,0578	0,0016	0,6942	0,0178	0,0872	0,0010	0,43	522	58	535	11	539	6	539	5	-1
58	0,0604	0,0019	0,7094	0,0214	0,0852	0,0010	0,38	618	66	544	13	527	6	527	6	3
59	0,0587	0,0011	0,7063	0,0123	0,0874	0,0009	0,56	555	40	543	7	540	5	540	5	0
60	0,0563	0,0013	0,6144	0,0138	0,0792	0,0008	0,46	463	52	486	9	491	5	491	5	-1
61	0,0639	0,0014	0,9180	0,0192	0,1042	0,0011	0,50	739	46	661	10	639	6	639	6	3
62	0,1150	0,0017	6,0618	0,0833	0,3826	0,0036	0,69	1880	27	1985	12	2088	17	1879	27	-5
63	0,0595	0,0012	0,6937	0,0137	0,0846	0,0009	0,51	587	45	535	8	523	5	523	5	2
64	0,0914	0,0014	3,1750	0,0465	0,2521	0,0024	0,66	1454	30	1451	11	1450	13	1454	30	0
65	0,1992	0,0032	13,7887	0,2073	0,5024	0,0051	0,68	2819	26	2735	14	2624	22	2819	26	4
66	0,0937	0,0019	3,0305	0,0574	0,2348	0,0025	0,56	1502	37	1415	14	1360	13	1501	37	4
67	0,0591	0,0014	0,7347	0,0166	0,0903	0,0010	0,47	569	50	559	10	557	6	557	6	0
68	0,1330	0,0023	6,8679	0,1116	0,3747	0,0039	0,64	2138	30	2095	14	2052	18	2138	30	2
69	0,088	0,0014	2,839	0,0426	0,234	0,0023	0,65	1381	28	1366	11	1357	12	1380	28	1
70	0,049	0,0011	0,417	0,0093	0,062	0,0006	0,45	134	31	354	6	389	4	389	4	-9
71	0,0781	0,0013	2,1727	0,0339	0,2018	0,0020	0,64	1150	32	1172	11	1185	11	1150	32	-1
72	0,0571	0,0010	0,5941	0,0101	0,0756	0,0008	0,59	493	39	474	6	470	5	470	5	1
73	0,0624	0,0012	0,6471	0,0116	0,0753	0,0008	0,57	688	39	507	7	468	5	468	5	8
74	0,0570	0,0010	0,6900	0,0121	0,0878	0,0009	0,58	491	40	533	7	543	5	543	5	-2
75	0,0899	0,0015	3,3835	0,0527	0,2730	0,0028	0,65	1424	31	1501	12	1556	14	1424	31	-4
76	0,1149	0,0020	5,3669	0,0902	0,3389	0,0035	0,62	1879	31	1880	14	1881	17	1878	31	0
77	0,1995	0,0034	15,6032	0,2545	0,5676	0,0059	0,64	2822	27	2853	16	2898	24	2822	27	-2
78	0,1204	0,0021	6,0645	0,1007	0,3655	0,0038	0,62	1962	30	1985	14	2008	18	1962	30	-1
79	0,0819	0,0017	2,1114	0,0415	0,1872	0,0020	0,55	1242	39	1153	14	1106	11	1242	39	4
80	0,0597	0,0011	0,7928	0,0148	0,0964	0,0010	0,57	592	41	593	8	593	6	593	6	0
81	0,0583	0,0013	0,7110	0,0154	0,0885	0,0010	0,51	540	48	545	9	547	6	547	6	0
82	0,0896	0,0016	3,4421	0,0614	0,2787	0,0030	0,60	1417	34	1514	14	1585	15	1417	34	-4
83	0,0810	0,0018	2,2444	0,0481	0,2011	0,0023	0,53	1220	42	1195	15	1181	12	1220	42	1
84	0,0623	0,0012	0,7046	0,0135	0,0820	0,0009	0,57	686	41	542	8	508	5	508	5	7
85	0,0604	0,0015	0,7509	0,0179	0,0902	0,0010	0,48	617	51	569	10	557	6	557	6	2
86	0,0792	0,0016	2,3706	0,0479	0,2171	0,0024	0,55	1177	39	1234	14	1266	13	1177	39	-3
87	0,1104	0,0022	5,0569	0,1031	0,3321	0,0037	0,55	1806	36	1829	17	1849	18	1806	36	-1
88	0,089	0,0025	3,509	0,1029	0,285	0,0034	0,40	1411	37	1529	18	1616	17	1411	37	-5
89	0,0971	0,0021	3,8622	0,0825	0,2883	0,0033	0,53	1570	39	1606	17	1633	16	1570	39	-2
90	0,1056	0,0023	4,4791	0,0976	0,3077	0,0036	0,53	1724	39	1727	18	1729	18	1724	39	0
91	0,0818	0,0020	2,1146	0,0516	0,1873	0,0023	0,49	1241	47	1154	17	1107	12	1241	47	4
92	0,0619	0,0016	0,8055	0,0209	0,0943	0,0011	0,47	671	54	600	12	581	7	581	7	3

Окончание табл.

№ зерна	Нескорректированные изотопные отношения						Rho	Рассчитанные возрасты, млн лет								D, %
	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	$\pm 1\sigma$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{Pb}}$	1σ	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	1σ		$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	1σ	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{Pb}}$	1σ	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	1σ	Возраст для интерпретации	$\pm 1\sigma$	
93	0,0595	0,0015	0,7065	0,0179	0,0860	0,0010	0,48	586	53	543	11	532	6	532	6	2
94	0,0596	0,0015	0,7794	0,0199	0,0949	0,0012	0,47	587	54	585	11	584	7	584	7	0
95	0,0858	0,0020	2,3314	0,0557	0,1969	0,0024	0,50	1334	44	1222	17	1158	13	1334	44	5
96	0,0589	0,0015	0,7915	0,0204	0,0974	0,0012	0,48	563	53	592	12	599	7	599	7	-1
98	0,0900	0,0024	2,7566	0,0770	0,2218	0,0029	0,46	1426	51	1344	21	1291	15	1426	51	4
99	0,0578	0,0015	0,7229	0,0196	0,0907	0,0012	0,47	520	56	552	12	559	7	559	7	-1
100	0,0573	0,0015	0,7487	0,0203	0,0946	0,0012	0,47	502	56	568	12	583	7	583	7	-3
101	0,1247	0,0035	5,7285	0,1665	0,3327	0,0045	0,46	2024	48	1936	25	1852	22	2024	48	5
102	0,062	0,0019	0,691	0,0218	0,080	0,0011	0,42	685	60	533	13	498	6	498	6	7
103	0,0862	0,0024	2,7280	0,0794	0,2291	0,0030	0,45	1343	52	1336	22	1330	16	1343	52	0
104	0,0792	0,0022	2,1213	0,0635	0,1940	0,0026	0,45	1176	55	1156	21	1143	14	1176	55	1
105	0,0850	0,0023	2,9486	0,0868	0,2512	0,0033	0,45	1314	53	1395	22	1445	17	1314	53	-3
106	0,0585	0,0022	0,6407	0,0251	0,0792	0,0012	0,38	549	80	503	16	492	7	492	7	2
107	0,0615	0,0022	0,6607	0,0243	0,0778	0,0011	0,40	656	73	515	15	483	7	483	7	7
108	0,0592	0,0019	0,6532	0,0226	0,0798	0,0011	0,41	573	69	510	14	495	7	495	7	3
109	0,0966	0,0030	3,4383	0,1161	0,2574	0,0037	0,43	1559	57	1513	27	1477	19	1559	57	2
110	0,0610	0,0020	0,7962	0,0281	0,0944	0,0014	0,41	639	69	595	16	582	8	582	8	2

*Примечание. Дискордантность $D = 100 \times (\text{Возраст } (^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}) / \text{Возраст } (^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}) - 1)$.

графике выделяются две крупные популяции цирконов – раннепротерозойско-среднерифейская ($2138 \pm 30 - 1150 \pm 32$ млн лет) и позднерифейско-раннепалеозойская ($734 \pm 11 - 459 \pm 5$ млн лет), между которыми расположены датировки двух цирконов с возрастaми 987 ± 12 и 888 ± 9 млн лет.

Группа, состоящая из 51 зерна (47,7%), охватывает интервал $2138 \pm 30 - 1150 \pm 32$ млн лет. В пределах этого интервала выделяются пять пиков с разной степенью интенсивности, приходящиеся на временные рубежи: ~1260, ~1431, ~1804, ~1875 и 2123 млн лет. На позднерифейско-раннепалеозойский интервал приходится 50 зерен (46,7%). В пределах этого интервала выделяются ярко выраженные пики, приходящиеся на временные рубежи ~489, ~541 и ~585 млн лет, и менее интенсивные пики, отвечающие временным рубежам ~638, ~700 и ~730 млн лет.

Обсуждение результатов

Широкий диапазон возрастов цирконов и интенсивность пиков вероятности распределения возрастов датированных цирконов с определенными оговорками отражают степень участия различных источников обломочного материала в формировании изученных песчаников. Нам представляется, что наиболее вероятным источником архейских цирконов в изученных песчаниках были породы, которые участвуют в строении кристаллического фундамента Волго-Уральской

части древнего остова Восточно-Европейской платформы (Кузнецов и др., 2014). Цирконы с возрастaми $2138 \pm 30 - 1724 \pm 39$ млн лет могут быть связаны с синметаморфическими гранитоидами, сформированными в связи с различными эпизодами внедрения, сопровождавшими коллизионные процессы формирования Волго-Сарматского орогена. Единичные цирконы с возрастaми $986,6 \pm 12,32$ и $887,90 \pm 9,22$ млн лет могут происходить из рифтогенных комплексов окраины Балтики. Цирконы, возраст которых попадает в интервал $1584 \pm 99 - 1150 \pm 32$ млн лет, могли поступить из комплексов, участвовавших в строении аккреционно-коллизионного орогена Свеко-Норвежской области. Позднерифейско-вендские цирконы могли поступать из вулканитов саблгорской свиты и интрузивных образований первой фазы сальнерско-маньхамбовского комплекса. Источником раннепалеозойских цирконов (максимумы плотности вероятности ~540 и 585 млн лет, рис. 2) могли быть пользующиеся широким развитием на севере Урала комплексы протоуралид-тиманид, слагающие реликты Протоуральско-Тиманского орогена, который возник в результате континентальной коллизии пассивной окраины Балтики и активной окраины Арктиды (Кузнецов, 2009; Кузнецов и др., 2006). В частности, позднендско-раннекембрийские (~540 млн лет) цирконы могут происходить из интрузий второй фазы сальнерско-маньхамбовского комплекса (Удуратина и др.,

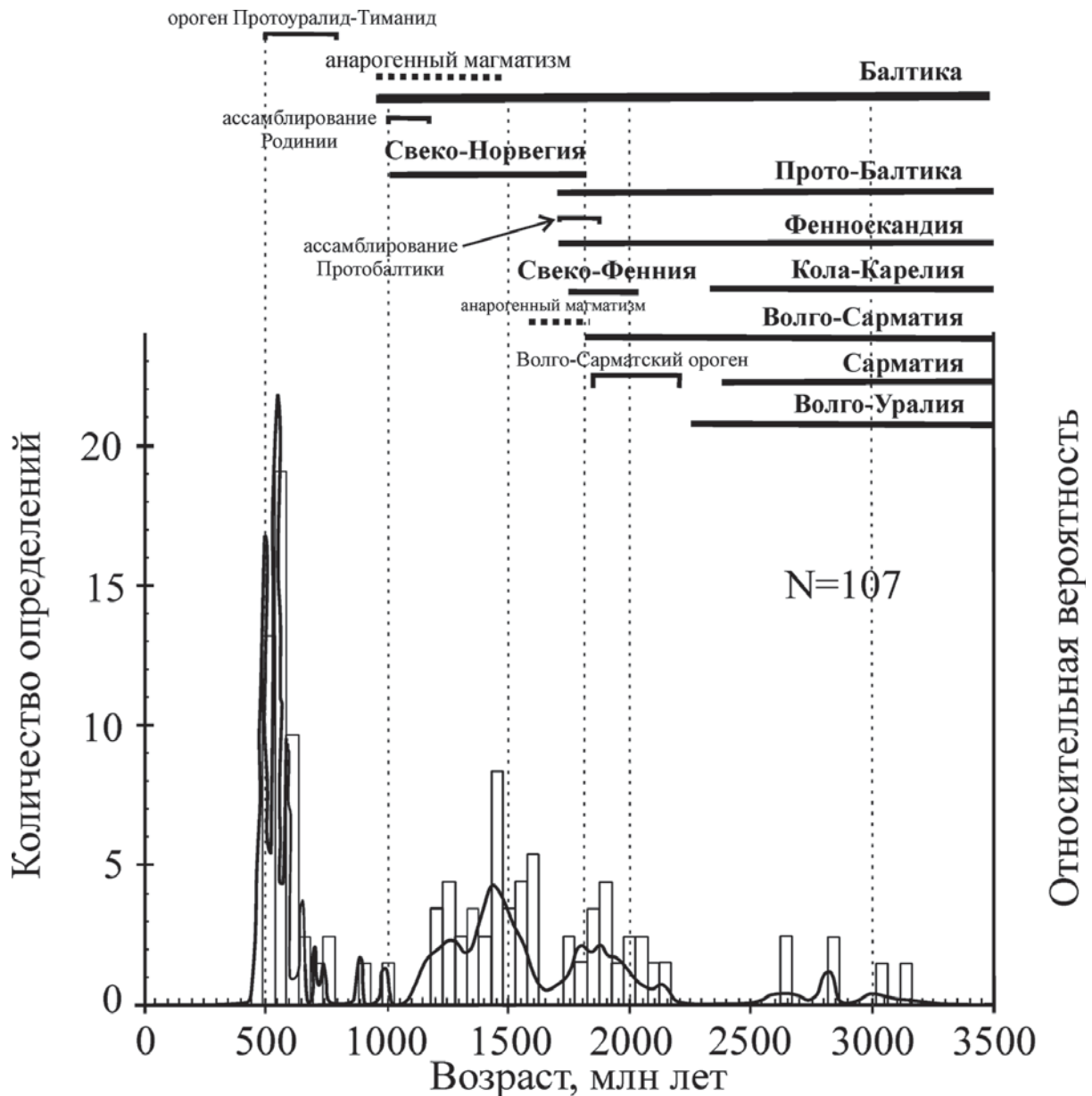


Рис. 2. Гистограмма и кривая плотности вероятности распределения изотопных возрастов цирконов. Над графиками сплошными и пунктирными отрезками отмечены временные диапазоны основных тектоно-магматических событий, по (Кузнецов и др., 2014)

2006; Кузнецов и др., 2007). Более молодые цирконы, возраст которых образует пик ~ 489 млн лет на графике плотности вероятности (рис. 2), очевидно, произошли из эпиконтинентальных рифтогенных магматических образований, становление которых сопровождало начало формирования нижних уровней разреза уралид. А наиболее вероятным источником самых молодых цирконов (459 ± 5 , 468 ± 5 и 470 ± 5 млн лет) являются развитые в регионе образования орангъюганско-лемвинского габбро-диоритового гипабиссального комплекса.

Распределение возрастов детритовых цирконов из песчаников саледской свиты сходно с таковым песчаников кембрийско-нижнеордовикской манитаньюрдской свиты Полярного Урала (Соболева и др., 2012), обеизской свиты Приполярного Урала (Никулова и др., 2016) и слюдяных кварцитов тельпосской свиты Северного Урала, слагающих останцы выветривания (Соболева и др., 2017) (рис. 3).

В песчаниках всех этих свит, вне зависимости от того, где они развиты (на Северном, Приполярном

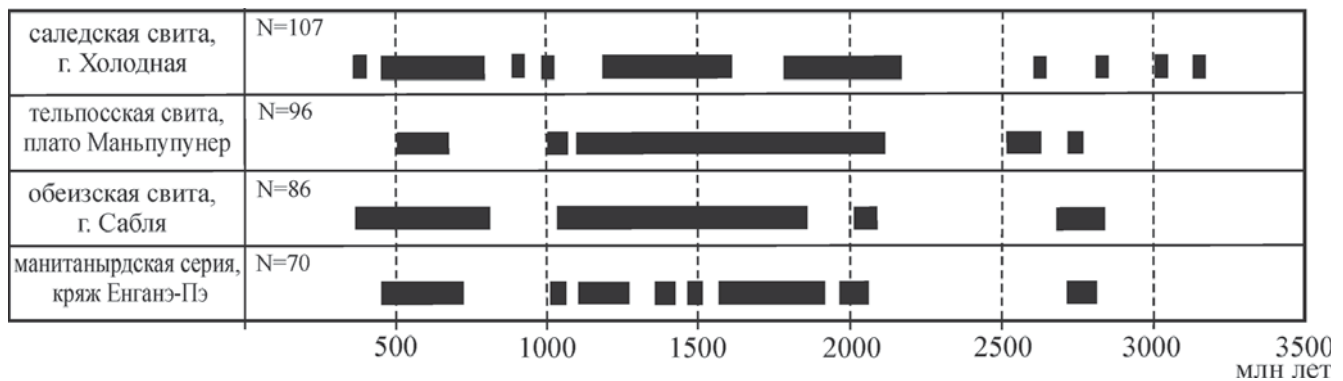


Рис. 3. Сопоставление U-Pb датировок детритных цирконов из песчаников саледской свиты, слоистых кварцитов тельпосской свиты плато Маньпупунер (Соболева и др., 2017), песчаников обезиской свиты хр. Сабля (Никулова и др., 2016) и манитанырдской серии хр. Енганэ-Пэ (Соболева и др., 2012)

или Полярном Урале), цирконы примерно поровну распределены между раннепротерозойско-среднерифейскими и раннепалеозойскими группами. Первая из них охватывает широкий интервал с пиками невысокой интенсивности, а вторая располагается в достаточно узком возрастном интервале с максимально интенсивными пиками. Отличием датированных нами детритовых цирконов из песчаников саледской свиты является присутствие мезоархейских и среднеордовикских датировок. Предположительный источник среднеордовикских цирконов – породы интрузивного орангьюганско-лемвинского комплекса, принадлежащего к рифтогенным гипабиссальным образованиям, связанным с поздними фазами растяжения земной коры в пределах восточного фланга орогена протоуралид-тиманид и последующим раскрытием Уральского палеоокеанического бассейна.

Заключение

Результаты датирования детритных цирконов из песчаников саледской свиты позволяют считать, что эта свита сформировалась не ранее, чем во второй половине среднего ордовика. Полученная датировка в принципе не противоречит палеонтологическим данным. Учитывая то, что фаунистические остатки переотложены (Дембовский и др., 1990), а также то, что верхний предел стратиграфического распространения всех использованных

для определения возраста саледской свиты фаунистических остатков не ограничивается аренигом, наиболее вероятный возраст этой свиты – поздний лланвирн – ранний карадок.

Полевошпат-кварцевые песчаники саледской свиты сформировались за счет разрушения слабыветрелых в условиях умеренно-холодного климата преимущественно кислых магматических пород, участвовавших в строении древнего фундамента Восточно-Европейской платформы, и доуральских комплексов различных стадий формирования тиманид-протоуралид. Определенный вклад в формирование песчаников внесли продукты эрозии среднеордовикских образований орангьюганско-лемвинского комплекса, маркирующих поздние фазы рифтогенеза восточного фланга орогена протоуралид-тиманид и ранние эпизоды раскрытия Уральского палеоокеанического бассейна.

С продуктами эрозии интрузивов орангьюганско-лемвинского комплекса, по-видимому, связано формирование интервала разреза саледской свиты, обогащенного минералами меди.

Авторы благодарят В.Л. Андреичева, Н.Б. Кузнецова и Н.В. Сокерину за помощь в работе над статьей. Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Комплексной Программы фундаментальных исследований УрО РАН (проект № 18-5-5-31).

ЛИТЕРАТУРА

Дембовский Б.Я., Дембовская З.П., Ключина М.Л., Наседкина В.А. Ордовик Приполярного Урала. Свердловск: УрО АН СССР, 1990. 186 с.
 Ефанова Л.И. Алькесвожская толща на севере Урала. Стратиграфия, литология, металлоносность. Автореф. дисс. ... канд. геол.-минерал. наук. Сыктывкар: Геопринт, 2001. 24 с.
 Жамойда А.И., Леонтьева Е.Н. Постановление о введении Общей стратиграфической шкалы ордовик-

ской системы (2005 г.) в соответствие с Международной стратиграфической шкалой (2008 г.) // Постановления МСК и его постоянных комиссий. Вып. 41. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2012. С. 5–7.
 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., 2009. 45 с.

Кузнецов Н.Б., Романюк Т.В., Шаццлло А.В. и др. Первые U/Pb-данные о возрастах детритных цирконов из песчаников верхнеэмской такатинской свиты Западного Урала (в связи с проблемой коренных источников уральских алмазоносных россыпей) // Докл. АН. 2014. Т. 455, № 4. С. 447–432.

Кузнецов Н.Б., Соболева А.А., Удоратина О.В. и др. Доуральская тектоническая эволюция северо-восточного и восточного обрамления Восточно-Европейской платформы. Ст. 1. Протоуралиты, тиманиды и доордовикские гранитоидные вулканоплутонические ассоциации севера Урала и Тимано-Печорского региона // Литосфера. 2006. № 4. С. 3–22.

Кузнецов Н.Б., Соболева А.А., Удоратина О.В. и др. Доуральская тектоническая эволюция северо-восточного и восточного обрамления Восточно-Европейской платформы. Ст. 2. Позднекембрийско-кембрийская коллизия Балтики и Арктиды // Литосфера. 2007. № 1. С. 32–45.

Никулова Н.Ю., Удоратина О.В., Хубанов В.Б. Результаты датирования детритных цирконов из песчаников основания разреза уралит на западе Приполярного Урала (хр. Сабля) // Бюл. МОИП. Отд. геол. 2016. Т. 91, вып. 1. С. 15–21.

Объяснительная записка к стратиграфическим схемам Урала (докембрий, палеозой). Мат-лы и решения Четвертого Уральского межведомств. стратиграф. совещания (Свердловск, 1990 г.). Екатеринбург, 1994. 153 с.

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

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

Соболева А.А., Салдин В.А., Юхтанов П.П., Хоуриган Дж.К. Возраст нижнепалеозойских пород останцов выветривания хр. Маньпупунер (Северный Урал) // Бюл. МОИП. Отд. геол. 2017. Т. 92, вып. 2. С. 3–20.

Удоратина О.В., Соболева А.А., Кузнецов Н.А. и др. Возраст гранитоидов Маньхамбовского и Ильяизского массивов (Северный Урал): U-Pb данные // Докл. АН. 2006. Т. 406, № 6. С. 810–815.

Хубанов В.Б., Буянтуев М.Д., Цыганков А.А. U-Pb изотопное датирование цирконов из PZ₃-MZ магматических комплексов Забайкалья методом магнитно-секторной масс-спектрометрии с лазерным пробоотбором: процедура определения и сопоставления с SHRIMP данными // Геол. и геофизика. 2016. Т. 57, № 1. С. 241–258.

Чернов Г.А. Новые данные по геологии и тектонике западного склона Приполярного Урала // Докл. АН СССР. 1948. Т. 61, № 5. С. 887–890.

Bhatia M.R. Plate tectonic and geochemical composition of sandstones // J. Geol. 1983. Vol. 91, N 6. P. 611–627.

Cox R., Lowe D.R. Controls of sediment composition on a regional scale: a conceptual review // J. Sed. Res. 1995. Vol. A65. P. 1–12.

Harnois L. The CIW index: a new chemical index of weathering // Sed. Geol. 1988. Vol. 55, N 3/4. P. 319–322.

Nesbitt H.W., Young G.M. Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutitites // Nature. 1982. Vol. 299. P. 715–717.

Roser B.P., Korsch R.J. Determination of tectonic setting of sandstone–mudstone suites using SiO₂ content and K₂O/Na₂O ratio // J. Geol. 1986. Vol. 94, N 5. P. 635–650.

Sláma J., Košler J., Condon D.J. et al. Plešovice zircon – a new natural reference material for U-Pb and Hf isotopic microanalysis // Chem. Geol. 2008. Vol. 249. P. 1–35.

Wiedenbeck M., Allé P., Corfu F. et al. Three natural zircon standards for U-Th-Pb, Lu-Hf, trace element and REE analyses // Geostandards Newsletter. 1995. N 19. P. 1–23.

Сведения об авторах: Никулова Наталья Юрьевна – докт. геол.-минерал. наук, вед. науч. сотр. лаб. литологии ИГ Коми НЦ УрО РАН, e-mail: nikulova@geo.komisc.ru; Филиппов Василий Николаевич – ст. науч. сотр. лаб. экспериментальной минералогии ИГ Коми НЦ УрО РАН, e-mail: vnfilippov@geo.komisc.ru; Хубанов Валентин Борисович – канд. геол.-минерал. наук, рук. группы ИСП-масс-спектрометрии в лаб. инструментальных методов анализа ГИН СО РАН, e-mail: khubanov@mail.ru