

НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО ВОЗРАСТУ И ИЗОТОПИИ ГНЕЙСОВ МУРЗИНСКО-АДУЙСКОГО КОМПЛЕКСА И ЖИЛЬНЫХ ГРАНИТОВ В НИХ

© 2018 г. **Г. Б. Ферштатер**, А. А. Краснобаев, П. Монтеро*, Ф. Беа*, Н. С. Бородина,
Н. Г. Солошенко, М. В. Стрелецкая

Мурзинско-адуийский метаморфический комплекс расположен к востоку от крупных гранитных массивов – Мурзинского и Адуийского, сложен орто- и парагнейсами диоритового состава, которые также сохраняются в виде реститов в указанных массивах. Метаморфиты прорваны жилами гранитов (южаковский комплекс). По возрасту цирконы из гнейсов и прорывающих их жильных гранитов образуют семь возрастных групп в интервале от 1588 до 260 млн лет. В гнейсах и большей части гранитов встречаются цирконы всех возрастных кластеров, что является доказательством заимствования гранитами циркона гнейсов, с одной стороны, и развития в гнейсах «гранитного» циркона, с другой. Соотношения изотопов Sr позволяют полагать, что источником жильных гранитов, как и гранитов западной части Мурзинского массива, являются допалеозойские кремнекислые породы, вскрытые эрозией в восточной, прилегающей к гранитным массивам, зоне развития метаморфитов.

Породы мурзинско-адуийского метаморфического комплекса (ММК) [Кейльман, 1974] расположены в пределах палеоконтинентальной зоны северо-западного мегаблока восточнее крупных гранитных массивов – Мурзинского и Адуийского. Комплекс сложен разнообразными орто- и парагнейсами преимущественно диоритового состава, которые в восточной части сменяются более кремнекислыми породами, сохранившимися в виде реститов в гранитах западной части гранитных массивов. Метаморфиты прорваны многочисленными жилами гранитов, которые обособлены в южаковский комплекс [Орогенный гранитоидный магматизм..., 1994]. Имеющиеся к настоящему времени данные свидетельствуют о мезопротеройском возрасте гнейсов [Краснобаев и др., 2005] и позднепермском возрасте жильных гранитов, таком же, как и у гранитов Мурзинского и Адуийского массивов [Montero et al., 2000; Gerdes et al., 2002; Краснобаев и др., 2006; Ферштатер, 2013].

Распределение образцов на исследованной площади показано на рис. 1. Возраст и изотопные параметры циркона определены в университете г. Гранада (Испания) в лаборатории IBERSIMS профессорами П. Монтеро и Ф. Беа на приборе SHRIMP-Pe/mc. Процедура измерений приведена на сайте www.ugr.es/~ibersims. Анализ изотопного состава и содержаний Rb, Sr, Sm, Nd методом изотопного разбавления в породах Крутихинского массива выполнен на многоколлекторном масс-спектрометре высокого разрешения Triton Plus (Thermo) аналитиками Н.Г. Солошенко, М.В. Стрелецкой. Методика

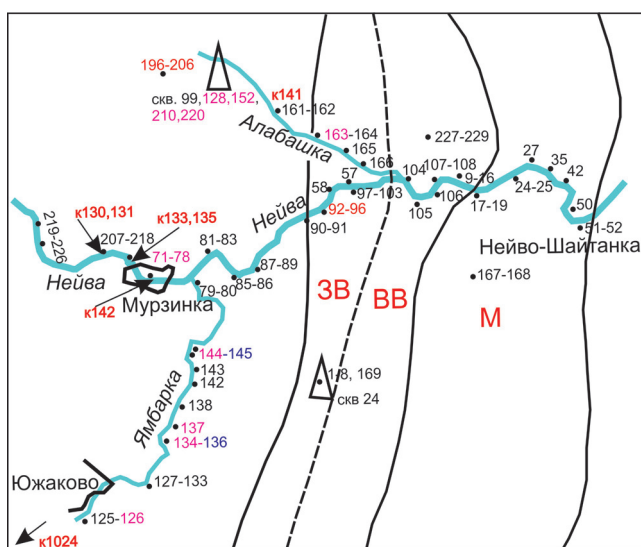


Рис. 1. Размещение образцов на изученной площади.

Красным цветом с индексом “к” обозначены образцы, в которых определен возраст циркона, без индекса – образцы, в которых измерены Rb-Sr и Sm-Nd изотопные параметры. Линиями показаны контуры Мурзинского массива и в нем примерные площади развития гранитов западно-вахшского (ЗВ), восточно-вахшского (ВВ) подкомплексов и мурзинского (М) комплекса.

измерений рассмотрена в отдельной статье [Ферштатер и др., 2015].

На микроанализаторе SHRIMP-Pe/mc в двух пробах гнейсов (к133 и к1024) и в пяти пробах гра-

* Университет г. Гранада, Испания

нитов (к130, к131, к135, к141 и к142) было исследовано 209 зерен. Изученные цирконы из гнейсов и прорывающих их жильных гранитов (табл. 1, 2) образуют семь возрастных групп (рис. 2): I – 1588 ± 20 (среднее из 9), II – 1060 ± 28 (6), III – 530 ± 11 (19), IV – 380 ± 6 (19), V – 330 ± 9 (12), VI – 276 ± 3 (67), VII – 260 ± 3 (72), первые четыре из которых представляют собой, по-видимому, цирконы из гнейсов, в разной мере переработанные, а три последние – те цирконы, которые образовались в процессе гранитообразования. Цирконы I–IV групп, светлые в CL, характеризуются небольшими размерами (обычно не более 0.1 мм), изометричными очертаниями, пятнистой или секториальной зональностью, часто корродированы. Они образуют как отдельные обособленные зерна, так и зоны в зональных зернах, что свидетельствует о дискретном преобразовании какого-то первичного циркона в связи с событиями, имевшими место в соответствующие интервалы времени. Три молодые группы цирконов образуют либо каймы, либо обособленные зерна с хорошей осцилляционной зональностью.

Важно отметить, что в гнейсах и большинстве проб гранитов (за исключением к141, к142) встречаются цирконы всех отмеченных возрастных групп (см. рис. 2), что является однозначным до-

казательством заимствования гранитами циркона гнейсов, с одной стороны, и развития в гнейсах “гранитного” циркона, с другой.

Наиболее однородными и близкими по возрасту циркона к гранитам Мурзинского массива [Montero et al., 2000; Gerdes et al., 2002] являются граниты к141 и к142 (см. табл. 2). В них резко преобладают темные в CL (богатые ураном) призматические зональные зерна (см. рис. 2), образующие две возрастные группы около 280 и 260 млн лет. Даже в тех случаях, когда цирконы содержат светлые в CL бедные ураном ядра, они по внешнему виду сходны с теми, что широко распространены в цирконах из гнейсов, где они имеют раннепалеозойские или протерозойские возрасты, возрастные различия между ядром и каймой не фиксируются. В отличие от цирконов из гранитов собственно Мурзинского и Адуйского массивов, которые, как правило, имеют темные богатые ураном оторочки, в жильных южакских гранитах внешние каймы часто имеют более светлую окраску (зерна 1, 19, 25 в пробе к141 и зерно 18 в пробе пегматоидного гранита к142, рис. 3). Цирконы имеют магматический облик и, по всей вероятности, кристаллизовались из расплава.

В гранитах к130 и к131 (рис. 4) многие цирконы характеризуются наличием светлых (сильная

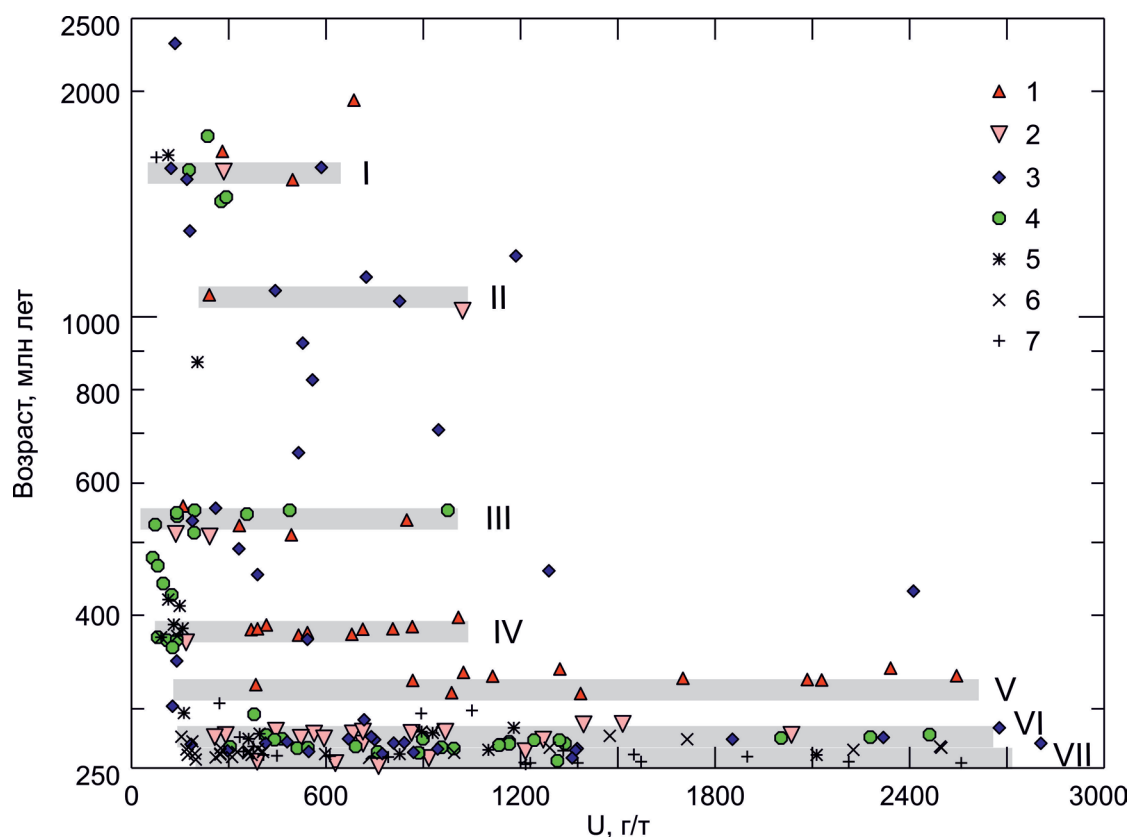


Рис. 2. Диаграмма $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ возраст циркона – содержание урана.

1, 2 – гнейсы: 1 – к1024, 2 – к133; 3–7 – граниты: 3 – к131, 4 – к130, 5 – к135, 6 – к141, 7 – к142. I–VII – усредненные значения возраста соответствующих групп циркона.

Таблица 1. Изотопные параметры и возрасты циркона из гнейсов ММК (млн лет)

Группа	N	г/т		%	Th/U	Изотопные отношения, откорректированные по 208Pb				Возрасты, откорректированные по 208Pb									
		U	Th			206Pb	f6_4	f6_8	7Pb/6Pb	±егг	7Pb/5U	±егг	7Pb/8U	±егг	% dis				
к1024 (плотина в д. Бызово)																			
I	8	687.1	320.6	209.8	0.48	0.12091	0.00132	0.35224	0.00531	5.87213	0.11122	0.573	1970.0	19.2	1945.0	25.4	1957.0	16.5	0.6
I	7	280.5	62.5	71.6	0.23	0.10269	0.00132	0.29338	0.00437	4.15404	0.08311	0.536	1673.0	23.6	1658.0	21.8	1665.0	16.5	0.4
I	18	498.0	218.4	115.1	0.45	0.09415	0.00153	0.26675	0.00375	3.46289	0.07540	0.464	1511.0	30.2	1524.0	19.1	1519.0	17.3	-0.4
II	21	240.1	66.2	37.6	0.28	0.08538	0.00230	0.18053	0.00656	2.12521	0.09641	0.576	1324.0	51.4	1070.0	35.9	1157.0	31.8	7.6
III	12	849.6	207.2	63.8	0.25	0.05609	0.00131	0.08658	0.00167	0.66958	0.02043	0.455	456.0	51.0	535.0	9.9	521.0	12.5	-2.8
IV	16	866.9	395.8	46.4	0.47	0.05477	0.00134	0.06181	0.00075	0.46684	0.01286	0.318	403.1	53.8	386.6	4.5	389.0	8.9	0.6
IV	11	714.3	228.2	37.9	0.33	0.05292	0.00092	0.06131	0.00075	0.44738	0.00965	0.411	326.0	39.0	384.0	4.6	375.0	6.8	-2.2
IV	1	806.1	236.1	42.9	0.30	0.05418	0.00077	0.06145	0.00076	0.45904	0.00885	0.464	378.5	31.8	384.5	4.7	383.6	6.2	-0.2
IV	13	370.3	94.3	19.7	0.26	0.05384	0.00081	0.06143	0.00069	0.45602	0.00873	0.423	364.3	33.6	384.3	4.2	381.5	6.1	-0.8
V	29	1025	604.8	51.1	0.56	0.05307	0.00129	0.05293	0.00058	0.38733	0.01046	0.293	331.9	54.4	332.5	3.6	332.4	7.7	0.0
V	25	867.7	495.4	39.4	0.59	0.05339	0.00252	0.05244	0.00118	0.38605	0.02021	0.309	345.3	103	329.5	7.2	331.5	14.9	0.6
к133 (западная окраина д. Мурзинка)																			
I	7_2	284.1	58.5	66.6	0.21	0.16075	0.00436	0.27130	0.00800	6.01334	0.24193	0.528	2464.0	45.2	1547.0	40.7	1978.0	35.7	22
III	7_3	133.3	68.7	9.9	0.53	0.05771	0.00260	0.08565	0.00210	0.68145	0.03502	0.343	519.0	95.8	530.0	12.4	528.0	21.4	-0.4
VII	7_1	383.6	132.8	13.4	0.36	0.05143	0.00112	0.04015	0.00047	0.28473	0.00709	0.338	260.0	49.0	254.0	2.9	254.0	5.6	0.2
III	16	202.3	163.6	14.4	0.83	0.06000	0.00318	0.08259	0.00152	0.68332	0.03838	0.235	604.0	111	512.0	9.1	529.0	23.4	3.2
VI	10	1397	297.3	55.3	0.22	0.05164	0.00088	0.04572	0.00048	0.32552	0.00665	0.374	269.3	38.8	288.2	3.0	286.1	5.1	-0.8
VI	5	870.5	200.2	34.1	0.24	0.05206	0.00084	0.04517	0.00080	0.32427	0.00784	0.526	288.1	36.4	284.8	4.9	285.2	6.0	0.2
VI	11	730.3	158.2	27.8	0.22	0.05302	0.00079	0.04399	0.00060	0.32156	0.00657	0.477	330.0	33.4	278.0	3.7	283.0	5.1	2.0
VI	15	572.3	57.9	21.9	0.10	0.05140	0.00091	0.04409	0.00046	0.31248	0.00654	0.361	258.7	40.4	278.2	2.9	276.1	5.1	-0.8
VII	9_1	626.8	89.9	22.0	0.15	0.05132	0.00081	0.04052	0.00042	0.28673	0.00549	0.390	255.0	35.8	256.0	2.6	256.0	4.4	0.0
VII	9_2	741.3	178.0	26.0	0.25	0.05114	0.00071	0.04046	0.00058	0.28528	0.00579	0.506	247.0	32.0	256.0	3.6	255.0	4.5	-0.4
VII	21	4404	171.1	163.0	0.04	0.05048	0.00022	0.04111	0.00053	0.28615	0.00403	0.659	217.1	10.2	259.7	3.3	255.5	3.2	-1.6
VII	7	383.6	132.8	13.4	0.36	0.05143	0.00112	0.04015	0.00047	0.28473	0.00709	0.338	260.1	49.0	253.8	2.9	254.4	5.6	0.2

Примечание. %dis = (7Pb_5U - 6Pb_8U)/7Pb_5U × 100 для всех зерен меньше 3, за исключением к1024-21 (7.6) и к133-7.2 (22). Зерна из гнейса к1024-11, 12, 18, 21, 7 и 8 и гнейса к133 11, 16, 7_1, 7_2, 7_3, 9_1 и 9_2 показаны на рис. 4. Всего в пробе к1024 измерено 30 зерен, в пробе к133 - 25.

Таблица 2. Изотопные параметры и возрасты циркона из жильных гранитов (южакровский комплекс) (млн лет)

Группа	N	г/г		%	Th/U	Изотопные отношения, откорректированные по 208Pb		Изотопные отношения, откорректированные по 208Pb		Возрасты, откорректированные по 208Pb											
		U	Th			206Pb/fb_4	fb_8	7Pb/6Pb ±err	8cor 7Pb/6Pb ±err	7Pb/5U ±err	6Pb/8U ±err	7Pb/5U ±err	% dis								
к130 (2.1 км ниже д. Луговая)																					
I	19.1	465.5	51.3	17.5	0.3	0.2	0.11	0.05406	0.00125	0.04346	0.00067	0.32394	0.00908	0.397	373.5	51.2	274.2	4.1	284.9	7.0	3.8
III	19.2	74.2	54.7	5.6	1.7	0.9	0.76	0.06044	0.00893	0.08615	0.00186	0.71791	0.10718	0.104	619.5	290	532.7	11.0	549.4	65.4	3.0
	1.2	65.3	39.3	4.4	0.9	2.0	0.62	0.04436	0.00270	0.07619	0.00145	0.46597	0.02980	0.214	0.0	0.0	473.4	8.7	388.4	20.9	21.8
VII	1.1	511.6	82.8	18.7	0.2	0.0	0.17	0.05411	0.00081	0.04222	0.00058	0.31496	0.00650	0.482	375.7	33.2	266.6	3.6	278.0	5.0	4.2
к131 (2.1 км ниже д. Луговая)																					
	8	134.6	77.9	50.4	0.0	0.3	0.59	0.18604	0.00397	0.43172	0.00841	11.0745	0.32234	0.482	2707.5	34.8	2313.5	38.0	2529.4	27.5	8.6
I	9	114.3	73.2	28.1	0.3	0.0	0.66	0.10152	0.00226	0.28372	0.00409	3.97151	0.10628	0.388	1652.1	40.8	1610.1	20.6	1628.4	21.9	1.2
I	35	171.3	73.3	39.7	0.2	0.1	0.44	0.11520	0.00194	0.26735	0.00469	4.24667	0.10426	0.514	1883.1	30.0	1527.3	23.9	1683.1	20.4	9.2
II		443.7	109.5	70.4	0.1	0.2	0.25	0.08726	0.00081	0.18301	0.00282	2.20176	0.04042	0.605	1366.1	17.8	1083.4	15.4	1181.6	12.9	8.4
	12	529.0	89.5	70.5	0.1	1.0	0.17	0.06894	0.00111	0.15256	0.00317	1.45009	0.03843	0.564	896.9	32.8	915.3	17.7	909.9	16.0	-0.6
	39.3	559.2	201.4	66.0	0.1	4.8	0.37	0.05002	0.00291	0.13030	0.00307	0.89863	0.05647	0.270	195.9	130	789.6	17.6	651.0	30.7	21.2
VI	7	2412	998.9	144.6	0.3	1.3	0.42	0.05168	0.00169	0.06847	0.00109	0.48791	0.01784	0.314	271.3	73.4	426.9	6.6	403.5	12.3	-5.8
	3	184.9	3.8	6.9	0.7	0.2	0.02	0.05300	0.00089	0.04280	0.00103	0.31277	0.00925	0.585	328.9	37.8	270.2	6.4	276.3	7.2	2.2
VII	15	751.3	174.0	29.0	3.0	6.5	0.24	0.05068	0.00481	0.04180	0.00062	0.29212	0.02809	0.111	226.5	206	264.0	3.9	260.2	22.3	-1.4
VII	16	870.9	125.4	31.4	0.2	0.3	0.15	0.05173	0.00119	0.04157	0.00069	0.29652	0.00848	0.416	273.3	52.0	262.6	4.3	263.7	6.7	0.4
VII	39.1	547.8	86.3	19.8	0.4	0.1	0.16	0.05288	0.00146	0.04183	0.00116	0.30494	0.01199	0.508	323.5	61.6	264.1	7.1	270.2	9.3	2.2
VII	39.2	296.2	56.3	10.8	0.5	0.3	0.19	0.05336	0.00108	0.04184	0.00055	0.30788	0.00749	0.389	344.3	45.0	264.3	3.5	272.5	5.8	3.0
к141 (бывшая деревня Верхняя Алабашка)																					
VI	24.1	1476.0	121.6	56.0	0.2	0.0	0.08	0.05175	0.00046	0.04386	0.00059	0.31294	0.00515	0.585	274.5	20.2	276.7	3.6	276.5	4.0	0.0
VI	24.2	154.6	72.3	5.9	1.0	0.6	0.48	0.05469	0.00238	0.04386	0.00079	0.33071	0.01559	0.274	399.5	94.6	276.7	4.9	290.1	12.0	4.6
VII	1	2228	391.0	80.8	0.0	0.0	0.18	0.05293	0.00066	0.04192	0.00082	0.30593	0.00721	0.599	325.7	28.2	264.7	5.0	271.0	5.6	2.4
VII	19	2495	1599	91.4	0.0	0.0	0.66	0.05192	0.00186	0.04232	0.00061	0.30297	0.01177	0.267	282.1	80.0	267.2	3.8	268.7	9.2	0.6
VII	25	311.7	56.2	11.1	0.5	0.0	0.18	0.05464	0.00169	0.04121	0.00102	0.31045	0.01234	0.449	397.3	67.8	260.3	6.3	274.5	9.6	5.2
к142 (д. Мурзинка, правый берег р. Нейва)																					
VII	15	1230.4	140.1	42.8	0.1	0.0	0.12	0.05172	0.00040	0.04022	0.00038	0.28679	0.00363	0.533	272.9	17.6	254.2	2.3	256.0	2.8	0.8
VII	18	792.6	361.1	28.1	0.1	-0.1	0.47	0.05108	0.00122	0.04102	0.00032	0.28892	0.00734	0.218	244.7	54.2	259.2	2.0	257.7	5.8	-0.6
VII	2	1377.3	202.5	47.9	0.1	0.0	0.15	0.05139	0.00067	0.04021	0.00081	0.28492	0.00692	0.600	258.5	29.6	254.1	5.0	254.6	5.5	0.2
VII	20.1	1331.9	107.1	48.8	1.2	2.2	0.08	0.05083	0.00119	0.04137	0.00055	0.28991	0.00787	0.354	233.1	53.0	261.3	3.4	258.5	6.2	-1.0
VII	20.2	272.5	30.6	12.9	11.4	23.7	0.12	0.04804	0.01568	0.04201	0.00136	0.27823	0.09125	0.071	101.1	-	265.3	8.4	249.3	75.2	-6.4

Примечание. Зерна из гранита к130_19,1,2 и все зерна из гранитов к131, к141 и к142 показаны на рис. 2. Всего в пробе к130 измерено 43 зерна, в пробе к131 – 44, в пробе к141 – 25, в пробе 142 – 20 зерен.

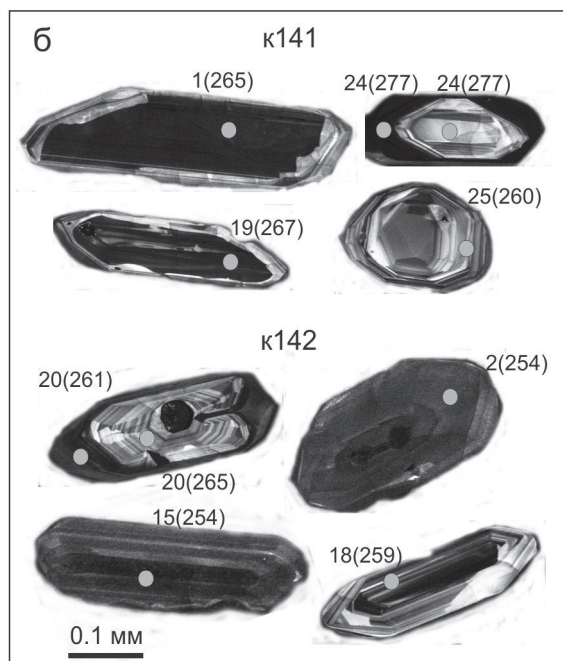
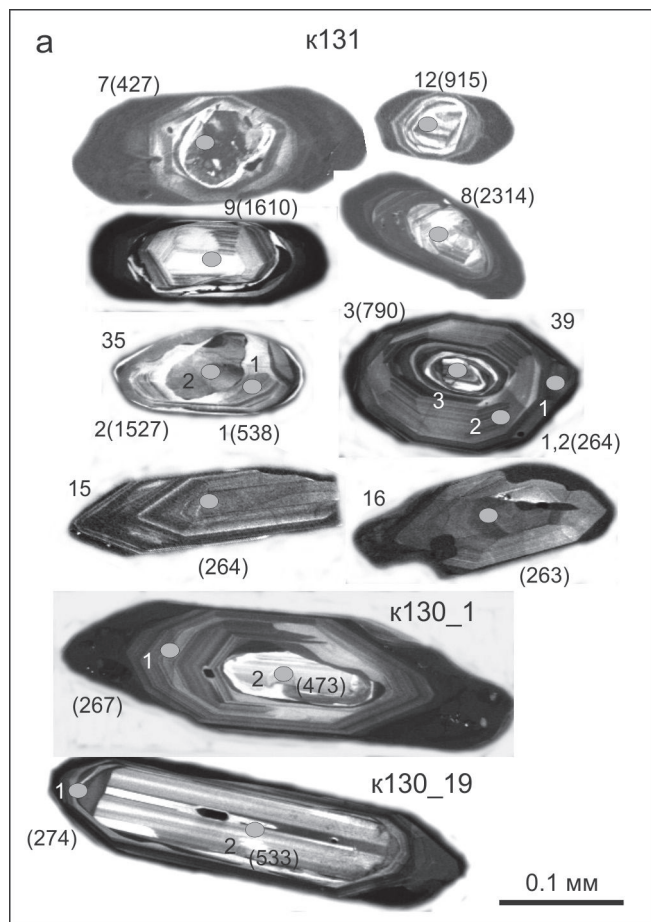


Рис. 3. Катодолюминисцентные изображения зерен циркона из гранитов к131, к130, к141, к142.

Здесь и на рис. 5 цифры – номера зерен в табл. 1, цифры в скобках – возраст (млн лет). Положение точек измерений показано кружками.

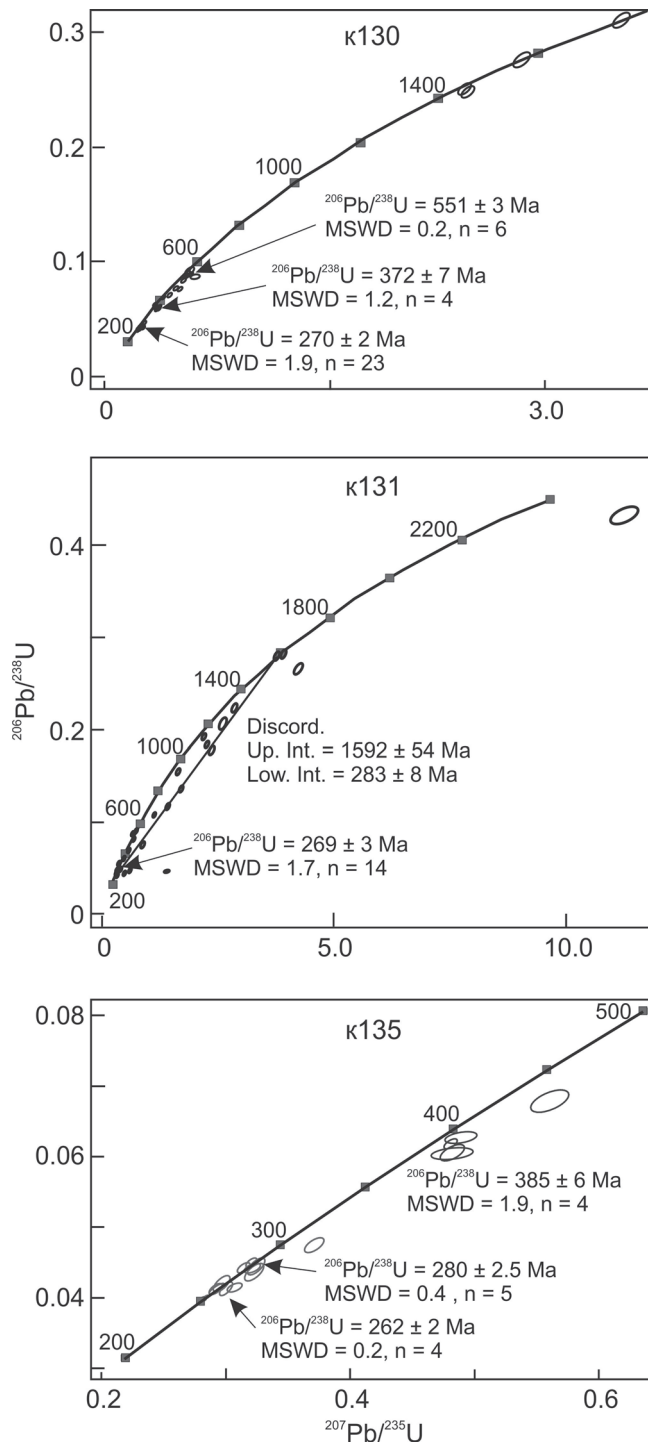


Рис. 4. Диаграмма $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ – $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ с конкордией для циркона из гранитов.

Дискордия для обр. к130 построена по точкам 2.1, 21.1, 39.3, 10.1.

CL) ядер с пятнистой, или секториальной зональностью (см. рис. 3). Цирконы образуют несколько возрастных групп, млн лет: I – 1500–1700, II – 900–1100, III – 510–550, IV – 370–380, V – 310–330, VI – 270–280, VII – <270, каждая из которых (за исключением самой ранней) образует как ядра, так и каймы вокруг более ранних цирконов. Зерна I–III групп обычно имеют небольшие размеры (до 0.05–0.07мм), сглаженные изометричные формы, часто корродированы более поздней разновидностью. В граните к135 хорошо проявлена возрастная группа 375–420 млн лет, представленная светлыми в CL слабо зональными зернами, которые цементируют мезопротеройский циркон 1635 млн лет и сами окружены каймами с возрастом 260–280 млн лет.

Наиболее распространенные среди вмещающих пород биотит-рогообманковые диорито-гнейсы (к133) содержат “гранитные” цирконы, образующие те же возрастные кластеры 280 и 260 млн лет, что и в гранитах. Они представлены как отдельными таблитчатыми зональными зернами, так и каймами вокруг цирконов с возрастом 1547 и 512–530 млн лет (рис. 5, 6). В биотитовом гнейсе к1024, расположенном в западной части ММК

на наибольшем удалении от Мурзинского массива, гранитные цирконы VI и VII групп отсутствуют и преобладают цирконы IV и V групп с возрастом 385 ± 4 и 332 ± 3 млн лет, образование которых, по-видимому, связано с импульсами палеозойского метаморфизма, находящими отражение в породах южной части ММК [Вишнякова и др., 2017; Ферштатер и др., 2018]. Протерозойские цирконы в этом гнейсе принадлежат группам I–III.

Rb/Sr и Sm/Nd возрасты гнейсов и жильных гранитов южакковского комплекса (табл. 3, рис. 7) фиксируют, по-видимому, некие промежуточные этапы становления пород, которые не поддаются надежной интерпретации. Особенно интересен Rb/Sr возраст гранитов, пробы которых отобраны из одного места (скважины Алабашского пегматитового поля), образующих изохрону с возрастом 457.0 ± 9.8 млн лет и $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0.711100 \pm 0.00012$. Подобное высокое первичное отношение изотопов стронция, согласующееся с отрицательным значением ϵNd (см. табл. 3, рис. 8) и ранее полученными данными для гранитов западной части Мурзинского массива [Montero et al., 2000; Gerdes et al., 2002], свидетельствует об участии источника гранитов с высоким значением $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$. Таким $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$

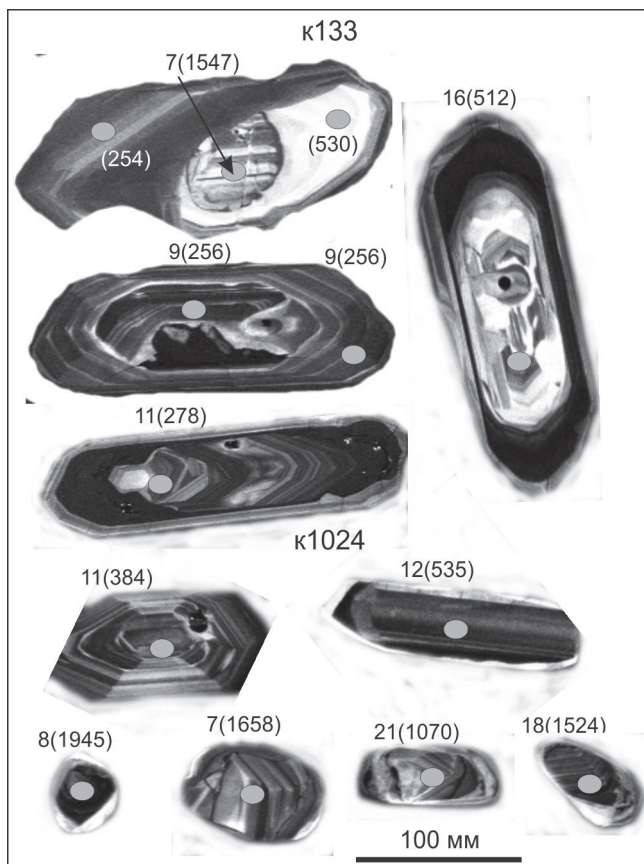


Рис. 5. Катодолуминесцентные изображения зерен циркона из гнейсов к133 и к1024.

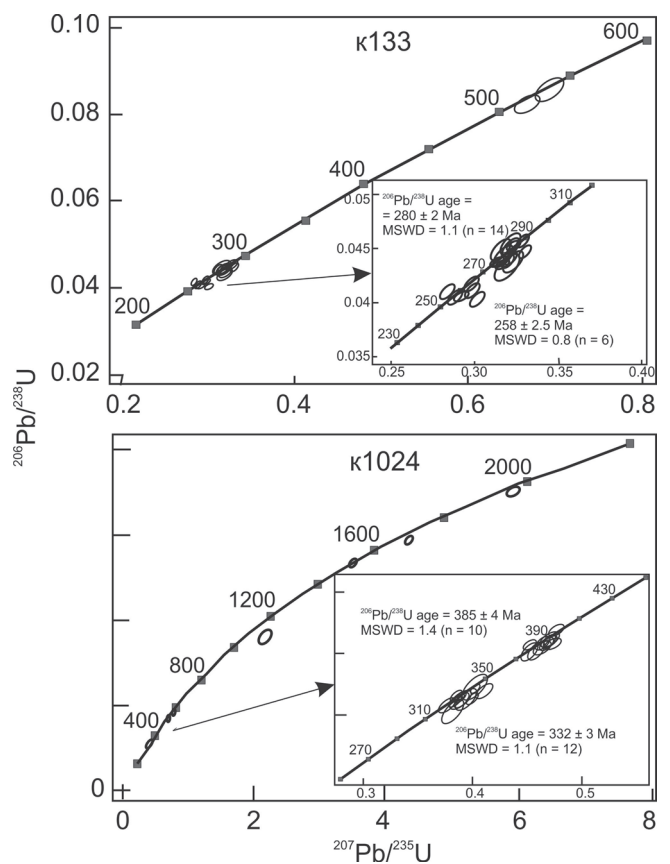


Рис. 6. Диаграмма $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ – $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ с конкордией для циркона из гнейсов к133 и к1024.

Таблица 3. Rb-Sr и Sm-Nd параметры гнейсов и гранитов

Проба	Rb, г/т	Sr, г/т	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$\pm 2s$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	$\pm 2s$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	(eSr) _i	Nd, г/т	Sm, г/т	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$\pm 2s$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	$\pm 2s$	eNd	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$
Гнейсы																
73	158.41	1355.20	0.3382	0.0034	0.707306	0.000014	0.702470	-12.11	88.61	14.55	0.09926	0.00001	0.512289	0.000005	5.7	0.511637
196	5.45	55.03	0.2863	0.0029	0.706880	0.000014	0.702785	-7.62	33.52	4.66	0.08412	0.00001	0.512348	0.000007	8.8	0.511796
144	59.16	408.30	0.4191	0.0042	0.705901	0.000013	0.699907	-48.55	17.88	4.51	0.15255	0.00001	0.512106	0.000006	-4.7	0.511105
134	74.72	376.46	0.4701	0.0057	0.706542	0.000019	0.699819	-49.80	15.81	4.01	0.15343	0.00001	0.512888	0.000006	10.4	0.511881
210/43	104.64	335.37	0.9031	0.0090	0.712224	0.000028	0.699309	-57.06	24.63	3.94	0.09681	0.00001	0.513034	0.000017	20.6	0.512398
220/50									24.71	4.93	0.12060	0.00001	0.512684	0.000009	10.7	0.511892
93	114.41	415.04	0.7015	0.0080	0.709698	0.000016	0.699666	-51.98	20.75	3.74	0.10902	0.00001	0.512722	0.000014	12.9	0.512006
Граниты																
163	140.10	259.40	1.5635	0.0156	0.715234	0.000013	0.709562	76.13	96.07	10.99	0.06916	0.00001	0.511746	0.000004	-12.5	0.511610
137	121.40	410.60	0.8561	0.0086	0.717597	0.000021	0.714491	146.12	160.78	26.35	0.09910	0.00001	0.511734	0.000004	-13.9	0.511539
152/13	138.00	386.80	1.0330	0.0103	0.717679	0.000024	0.713932	138.18	143.10	15.05	0.06358	0.00000	0.511606	0.000003	-15.0	0.511482
220/38.5	133.00	374.60	1.0279	0.0103	0.717740	0.000011	0.714011	139.30	125.99	13.87	0.06656	0.00001	0.511695	0.000005	-13.4	0.511564
128/52.2	90.00	435.90	0.5979	0.006	0.714892	0.000014	0.712723	121.01	59.69	6.84	0.06926	0.00001	0.511756	0.000006	-12.3	0.511620
122	118.98	404.70	0.8515	0.0085	0.717887	0.000020	0.714252	145.30	57.80	7.23	0.07565	0.00002	0.511470	0.000004	-18.2	0.511321
116	25.61	612.90	0.1208	0.0012	0.704518	0.000009	0.704102	-2.08	5.49	1.15	0.12709	0.00004	0.512625	0.000010	2.4	0.512375
210/50	121.76	388.69	0.9071	0.0091	0.716891	0.000015	0.713018	125.97	44.63	6.19	0.08389	0.00002	0.511574	0.000005	-16.4	0.511409
126	164.68	405.26	1.1789	0.0118	0.735698	0.000019	0.730665	376.58	14.54	2.14	0.08880	0.00001	0.511604	0.000014	-16.1	0.511429
18									18.08	3.30	0.11045	0.00001	0.511795	0.000008		
84,б									19.96	3.17	0.09587	0.00001	0.512691	0.000014		

Примечание. $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, (eSr)_i и $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ (eNd)_i рассчитаны на возраст 1000 млн лет для гнейсов и 300 млн лет для гранитов.

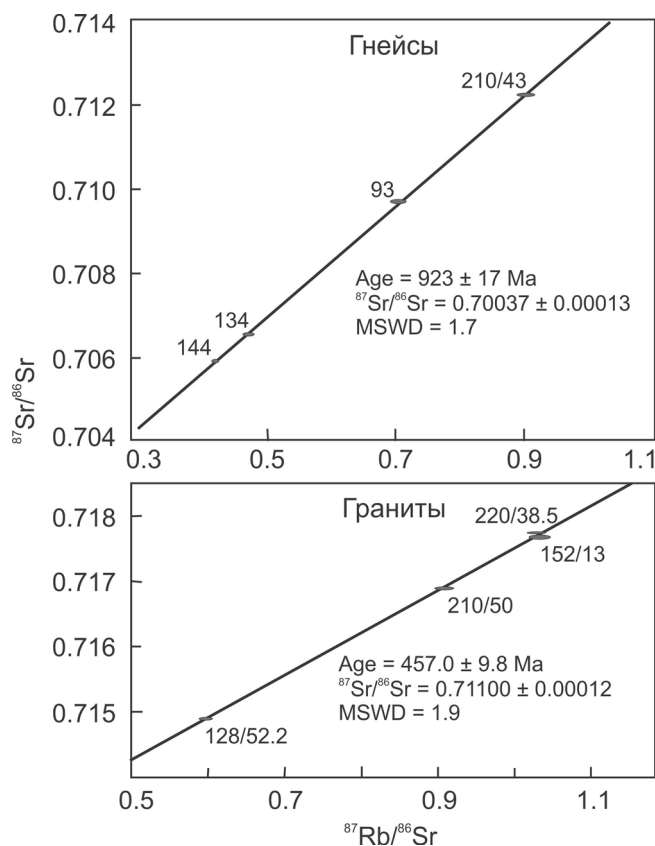


Рис. 7. Диаграмма $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ – $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ для гнейсов и гранитов.

Анализы пород см. в табл. 3.

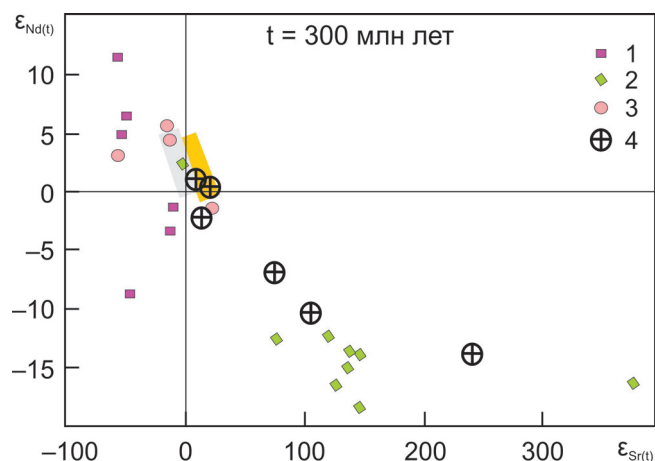


Рис. 8. Диаграмма $\epsilon\text{Nd}_{(300)}$ – $\epsilon\text{Sr}_{(300)}$ для пород западного обрамления Мурзинского массива и Крутихинского массива.

1, 2 – гнейсы (1) и жильные граниты (2) западного обрамления Мурзинского массива; 3, 4 – диориты (3) и граниты (4) Крутихинского массива.

не обладают ни гнейсы, вмещающие граниты, ни породы новообразованной коры Уральского орогена [Ферштатер, 2013]. Можно полагать, что источником жильных гранитов, как и гранитов западной части Мурзинского массива, являются допалеозойские кремнекислые породы, вскрытые эрозией лишь в самой восточной, примыкающей к гранитным массивам, зоне ММК. Бимодальность молодых цирконов в гнейсах и гранитах подобна той, что наблюдается в цирконах гранитов Адуйского массива [Ферштатер, 2013] и отражает как неоднородность субстрата, так и этапность гранитообразования.

Работа выполнена в рамках темы № АААА-А18-118052590029-6 государственного задания ИГГ УрО РАН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Вишнякова М.Д., Бородин Н.С., Ферштатер Г.Б., Беа Ф., Монтеро П. U-Pb возраст циркона из пород Крутихинского массива – возможного протолита части гранитов Адуйского массива (Средний Урал) // Ежегодник-2016. Тр. ИГГ УрО РАН. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2017. С. 260–263.

Кейльман Г.А. Мигматитовые комплексы подвижных поясов. М.: Недра, 1974. 200 с.

Краснобаев А.А., Беа Ф., Ферштатер Г.Б., Монтеро П. Цирконовая геохронология Мурзинского метаморфического комплекса (Средний Урал) // Докл. РАН. 2005. Т. 404, № 3. С. 407–410.

Краснобаев А.А., Ферштатер Г.Б., Беа Ф., Монтеро П. Полигенные цирконы Адуйского батолита (Средний Урал) // Докл. РАН. 2006. Т. 410, № 2. С. 244–249.

Орогенный гранитоидный магматизм Урала / под ред. Г.Б. Ферштатера. Миасс: ИГГ УрО РАН, 1994. 252 с.

Ферштатер Г.Б. Палеозойский интрузивный магматизм Среднего и Южного Урала. Екатеринбург: УрО РАН, 2013. 365 с.

Ферштатер Г.Б., Бородин Н.С., Беа Ф., Монтеро П. Модель мантийно-корового взаимодействия и магмогенерация в коре надсубдукционного орогена (палеозой Урала) // Литосфера. 2018. № 2.

Ферштатер Г.Б., Бородин Н.С., Солошенко Н.Г., Стрелецкая М.В. Новые данные о природе субстрата южноуральских позднепалеозойских гранитов // Литосфера. 2015. № 3. С. 5–16.

Gerdes A., Montero P., Bea F., Fershtater G., Borodina N., Osipova T., Shardakova G. Peraluminous granites frequently with mantle-like isotope compositions: the continental-type Murzinka and Dzhabyk batholith of the eastern Urals // Int. J. Earth Sci. (Geol. Rundsch). 2002. V. 91. P. 3–19.

Montero P., Bea F., Gerdes A., Fershtater G.B., Osipova T.A., Borodina N.S., Zinkova E.A. Single-zircon evaporation ages and Rb-Sr dating of four major Variscan batholiths of the Urals. A perspective on the timing of deformation and granite generation // Tectonophysics. 2000. V. 317. P. 93–108.