

## Гердизский массив, южная часть (Полярный Урал): U-Pb (SIMS) данные

Шуйский А.С.<sup>1</sup>, Удоратина О.В.<sup>1</sup>, Кобл М.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН

<sup>2</sup> Стэнфордский Университет, США

**Аннотация.** Гранитоиды Гердизского массива Полярного Урала (южная часть) располагаются в пределах Центрально-Уральского поднятия, сложенного структурно-вещественными комплексами доуралид. Согласно полученным за последние годы U-Pb (SIMS) данным по единичным цирконам гранитоиды сформированы в доордовикское время. Формирование гранитоидов происходило в позднем венде (516-580 млн. лет).

**Ключевые слова:** циркон, U-Pb (SIMS), гранитоиды, Гердизский массив, Полярный Урал.

## Granites of the Gerdiz massif, south part (Polar Urals): U-Pb (SIMS) data

Shuyskiy A.S.<sup>1</sup>, Udoratina O.V.<sup>1</sup>, Coble M.A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Institute of Geology FRC Komi SC UB RAS

<sup>2</sup> Stanford University, USA

**Abstract.** The granitoids of the Gerdiz massif of the Polar Urals (southern part) are located within the Central Ural uplift, and composed of structural-material complexes of duralids. According to U-Pb (SIMS) data obtained in recent years on single zircons, granitoids were formed in the pre-Ordovician times. The formation of granitoids occurred in the Late Vendian (580-516 Ma).

**Key words:** zircon, U-Pb (SIMS), granitoids, Gerdiz massif, Polar Ural

Гранитоиды Гердизского массива Полярного Урала (северная и южная часть) располагаются в пределах Центрально-Уральского поднятия, сложенного структурно-вещественными комплексами доуралид. Структурно они локализованы в северной части Марункеуского блока. Гранитоиды развиты в поле высокометаморфизованных пород ханмейхойской свиты ( $PR_1hn$ ), сам массив вытянут в северо-восточном направлении ( $15 \times 6$  км), согласно общему простиранию складчатых структур.

Возрастное положение гранитного массива спорное. На картах нового поколения масштаб 1:200 000 Q-42-I, II (Лаборова) (Государственная..., 2009) в составе Гердизского массива рассматриваются породы двух магматических комплексов: евьюганского мигматит-плагиогранитового ( $mpPR_1e$ ) и сядатаяхинского гранитового ( $\gamma V-C_1s$ ). Возраст пород массива принят согласно Легенде (Шишкин, Криночкин 1999): гранитоиды евьюганского комплекса – раннепротерозойские, сядатаяхинского – венд-кембрийские. Возраст гранитоидов евьюганского комплекса обоснован геологическими данными (конгломераты основания няровейской серии содержат гальку близких по составу гранитоидов, плагиогранитов на руч. Паэтарка, р. Лапта-Яха), так и изотопно-геохронологическими определениями (1.73-2.22 млрд. лет) (Государственная..., 2009). Возраст гранитоидов сядатаяхинского комплекса обоснован только геологическими данными. На картах масштаба 1:1 000 000 (третье поколение) Q-42 Салехард (Зылёва и др, 2014) Гердизский массив рассматривается как единый магматический комплекс – евьюганский (гердизский) комплекс метагранитовый ( $\gamma V-C_1e$ ). Возраст определен по U-Pb методу и составляет  $529 \pm 6$  млн. лет.

Согласно полученным нами за последние годы U-Pb (SIMS) данным по единичным цирконам гранитоидов Гердизского массива сформированы в доордовикское время. Северная часть –  $496 \pm 7$  млн лет (Shuyskiy A.S. et al., 2018), южная часть  $573 \pm 10$  млн. лет (Шуйский и др., 2018).

Данные по геологическому строению массива, петрографической характеристике и химическому составу гранитоидов можно найти в различных работах (Охотников, 1985, Махлаев, 1996, Государственная..., 2009, Шуйский, 2016, Шуйский, Удоратина, 2018, Шуйский, Голубева, 2016, Шуйский и др., 2018).

Каменный материал по южной части массива, положенный в основу исследований был отобран входе полевых работ проведенных в 2017 г. в южной части Гердизского массива (р. Няровей-Хадата).

Исследования проведены в ЦКП «Геонаука» ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН (г. Сыктывкар): петрографические, микрозондовые, химические (классический метод). Определения возраста цирконов проведены методом U-Pb (SIMS) в Стэнфордском Университете, США, методика исследований приведена в работе (Watson et al., 2006).

Породы темно-серые средне-мелкозернистые с гнейсовидной текстурой. Микроструктуры гранобластовые и лепидогранобластовые. Порода сложена (об. %) кварц (25-30), плагиоклаз (30-35) и КПШ (~5), мусковит (10-15). Акцессорные минералы представлены: цирконом, апатитом, гранатом, титанитом, алланитом, рудные минералы – магнетитом, вторичные – эпидотом, хлоритом.

Породы относятся к семейству гранитов и плагиогранитов нормального, умеренно-щелочного рядов (рис. 1 а, б). Содержание SiO<sub>2</sub> от 67 до 77 мас. %, (Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O) = от 6.6 до 8.39 мас. %, породы умеренно-калиевые и умеренно-натровые (рис. 1 г). Индекс ASI 0.95–1.37, породы пералюминиевые (рис. 1 в).

Цирконы из гранитов мелкие, прозрачные (рис. 2): длиннопризматические, со сглаженными головками кристаллы и обломки 80-250 мкм, КУ 1:2, 1:3, катодолюминесцентные изображения со светлыми центральными частями с проявленной в них или не проявленной зональностью, в большинстве цирконов каймы черные.

Возраст цирконов, рассчитанный по величине отношения <sup>206</sup>Pb/<sup>238</sup>U, был определен в 10 точках (табл. 1, рис. 2 и 3). Определен диапазон возрастов от 1620 до 516 млн. лет. Среди цирконов пробы G12 выделены три возрастные группы. Цирконы 4.1, 9.1, 8.1, 7.1 образуют один возрастную интервале 580-516 млн. лет и относятся к образованию магматической стадии становления Гердизского массива и

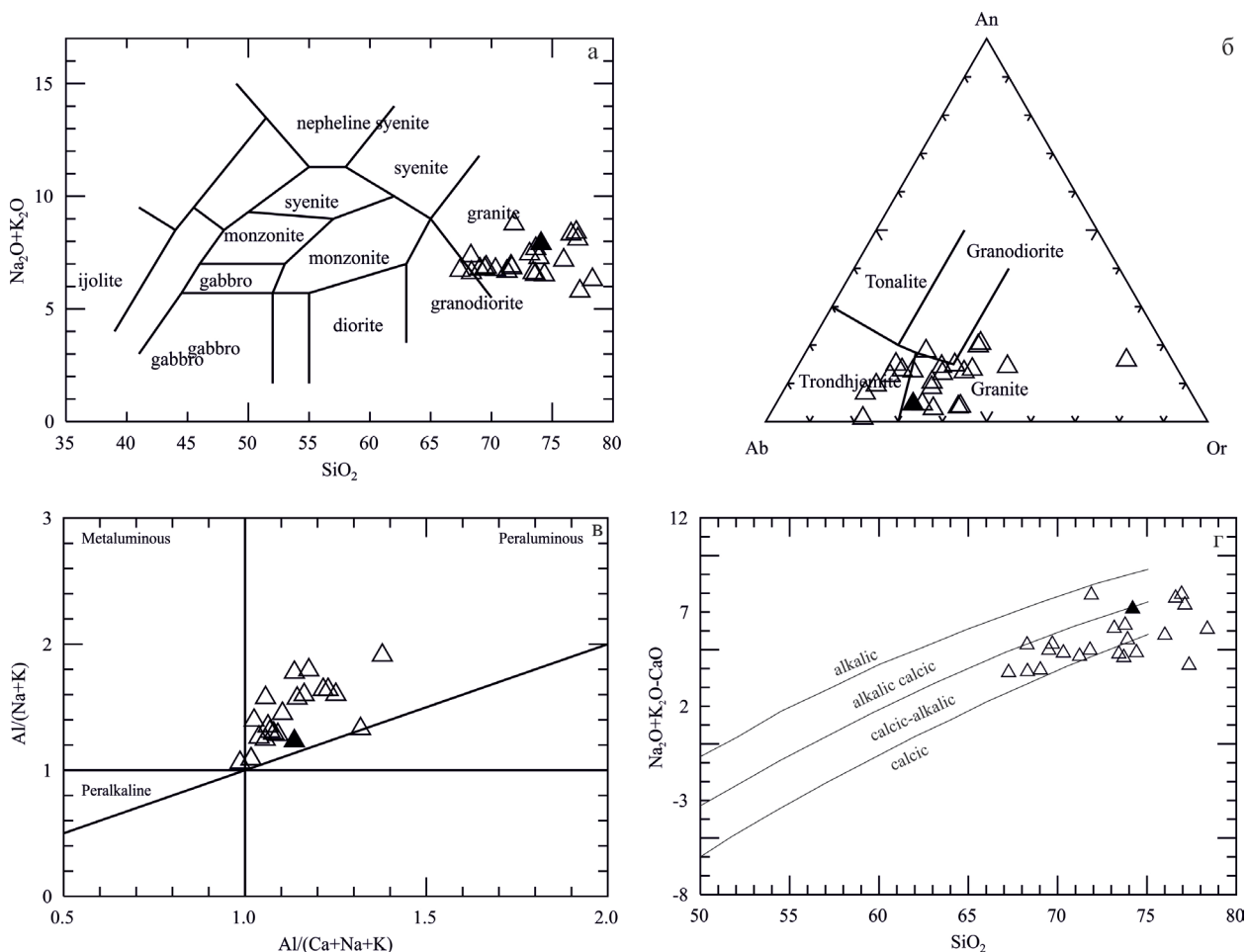


Рис. 1. Диаграммы SiO<sub>2</sub>-Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O (а), Ab-An-Or(б), Al/(Ca+Na+K) (в), SiO<sub>2</sub>-Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O - CaO(г) для гранитов Гердизского массива (▲ – обр. G12).

Fig. 1. Diagrams SiO<sub>2</sub>-Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O (a), Ab-An-Or(б), Al/(Ca+Na+K) (в), SiO<sub>2</sub>-Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O - CaO(г) (▲ – sample G12)..

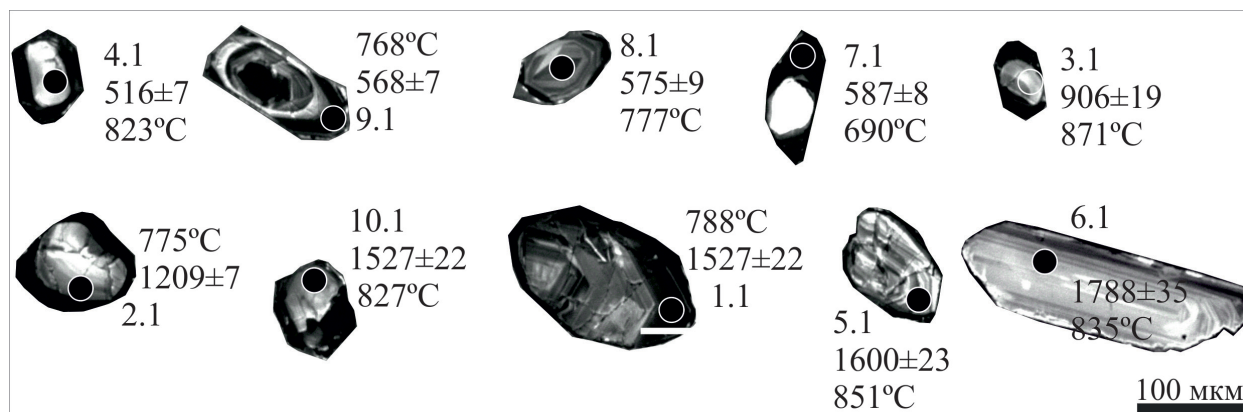


Рис. 2. Катодоллюминесцентные изображения цирконов из гранитов (обр. G12) с номерами датированных зерен, аналитическими кратерами, возрастом и температурой кристаллизации цирконов.

Fig. 2. Cathodoluminescence image of zircon from granites (sample G12) numbers dating grains, analysis of craters and crystallization temperature of zircons.

согласуются с нашими данными по южной части массива  $573 \pm 10$  млн. лет (Шуйский и др, 2018). Содержание урана (г/т) в цирконах этой возрастной группы варьирует от 227 до 1283, тория в пределах 53-179. Цирконы 3.1, 2.1 образуют промежуточный возрастной интервал 1209-906 млн. лет. Содержание урана (г/т) в цирконах этой возрастной группы варьирует от 205 до 524, тория в пределах 121-165. В Цирконах 10.1, 1.1, 5.1, 6.1 возрастной интервал от 1788 до 1527 млн. лет и можно рассматривать данные цирконы как реликтовые. Содержание урана (г/т) в цирконах этой возрастной группы варьирует от 65 до 190, тория в пределах 47-103.

Таблица 1. Результаты U–Pb изотопных исследований цирконов.

Table 1. Results of U-Pb isotope studies of zircons.

Зерно. кратер	$^{206}\text{Pb}_c$ %	Содержания, мкг			$^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$	Возраст млн лет, $\pm 1s$		D. %	Изотопные отношения, $\pm\%$ . 1s			Rh <sub>o</sub>
		$^{206}\text{Pb}^*$	U	Th		$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$		$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	
4.1	2.91	54	757	53	0.07	516 $\pm$ 7	844 $\pm$ 90	+40	0.067 $\pm$ 4.3	0.8 $\pm$ 4.6	0.08 $\pm$ 1.4	0.3
9.1	1.92	85	1077	176	0.17	568 $\pm$ 7	576 $\pm$ 67	+1	0.059 $\pm$ 3.1	0.8 $\pm$ 3.4	0.09 $\pm$ 1.3	0.4
8.1	0.95	22	277	94	0.35	575 $\pm$ 9	159 $\pm$ 194	-273	0.049 $\pm$ 8.3	0.6 $\pm$ 8.4	0.09 $\pm$ 1.6	0.2
7.1	0.43	105	1283	179	0.14	587 $\pm$ 8	593 $\pm$ 34	+1	0.060 $\pm$ 1.6	0.8 $\pm$ 2.1	0.10 $\pm$ 1.3	0.7
3.1	3.31	26	205	121	0.61	906 $\pm$ 19	1096 $\pm$ 147	+19	0.076 $\pm$ 7.3	1.6 $\pm$ 7.7	0.15 $\pm$ 2.3	0.3
2.1	0.18	93	524	165	0.33	1209 $\pm$ 15	1175 $\pm$ 26	-3	0.079 $\pm$ 1.3	2.2 $\pm$ 1.9	0.21 $\pm$ 1.4	0.7
10.1	0.47	44	190	62	0.34	1527 $\pm$ 22	1437 $\pm$ 66	-7	0.091 $\pm$ 3.4	3.3 $\pm$ 3.8	0.27 $\pm$ 1.7	0.4
1.1	1.97	27	115	70	0.63	1561 $\pm$ 26	1618 $\pm$ 88	+4	0.100 $\pm$ 4.7	3.8 $\pm$ 5.1	0.27 $\pm$ 1.9	0.4
5.1	-1.51	44	176	103	0.61	1600 $\pm$ 23	1031 $\pm$ 179	-62	0.074 $\pm$ 8.8	2.9 $\pm$ 9.0	0.28 $\pm$ 1.7	0.2
6.1	1.28	18	65	47	0.74	1788 $\pm$ 35	1596 $\pm$ 137	-14	0.099 $\pm$ 7.3	4.3 $\pm$ 7.7	0.32 $\pm$ 2.2	0.3

Примечание.  $^{206}\text{Pb}_c$  и  $^{206}\text{Pb}^*$  – обыкновенный и радиогенный свинец. Изотопные отношения и содержания  $^{206}\text{Pb}$  скорректированы по измеренному  $^{204}\text{Pb}$ . D – дискордантность:  $D = 100 \times [\text{возраст} (^{207}\text{Pb} / ^{206}\text{Pb}) / \text{возраст} (^{206}\text{Pb} / ^{238}\text{U}) - 1]$ . Rh<sub>o</sub> – коэффициент корреляции между ошибками определения изотопных отношений  $^{206}\text{Pb} / ^{238}\text{U}$  и  $^{207}\text{Pb} / ^{235}\text{U}$ .

Note.  $^{206}\text{Pb}_c$  and  $^{206}\text{Pb}^*$  – ordinary and radiogenic lead. The isotopic ratios and contents of  $^{206}\text{Pb}$  are corrected for the measured  $^{204}\text{Pb}$ . D – discordance:  $D = 100 \times [\text{age} (^{207}\text{Pb} / ^{206}\text{Pb}) / \text{age} (^{206}\text{Pb} / ^{238}\text{U}) - 1]$ . Rh<sub>o</sub> is the correlation coefficient between errors in determining the isotopic ratios  $^{206}\text{Pb} / ^{238}\text{U}$  and  $^{207}\text{Pb} / ^{235}\text{U}$ .

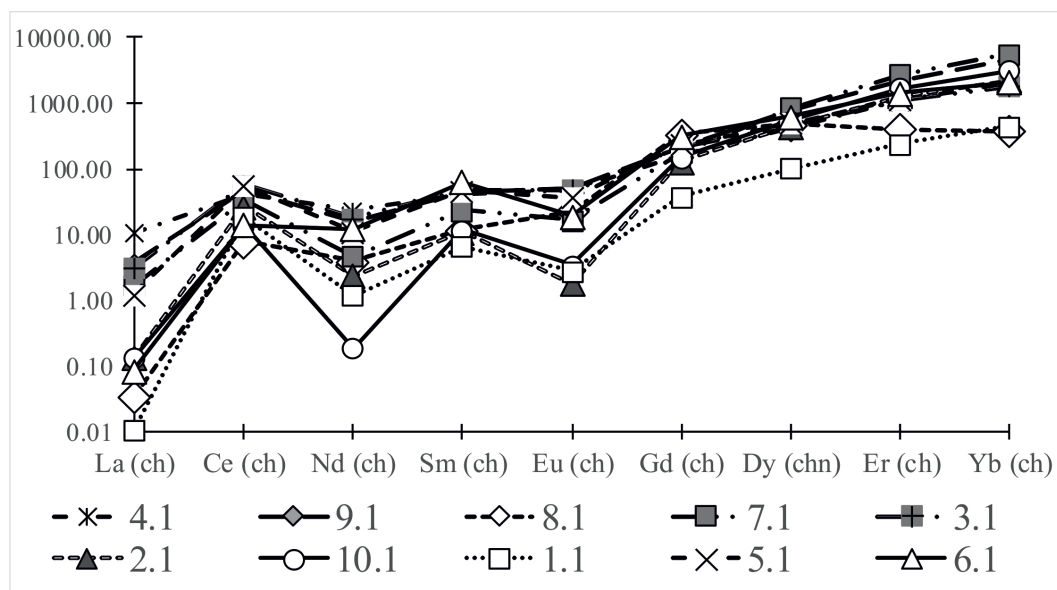


Рис. 3. Спектры распределения РЗЭ (нормированные на хондрит) в цирконах.

Fig. 3. REE distribution spectra (normalized to chondrite) in zircons.

Сходством распределения РЗЭ включая параметры Ce-, Nd и Eu-аномалий обладают цирконы всей выборки. Конфигурация спектра их РЗЭ идентична составу магматических цирконов. Модельная температура кристаллизации, рассчитанная по содержанию титана (Watson et al., 2006) находится в интервале 823-690 °С для первой группы цирконов, для второй группы 827-775 °С и третьей 851-788 °С.

Таблица 2. Содержания иттрия, редкоземельных элементов, железа и титана (г/т) и температуры кристаллизации (°С) в исследованных цирконах.

Table 2. Content of yttrium, rare earth elements, iron and titanium (ppm) and crystallization temperature (°C) in the studied zircons.

Зерно	Y	La	Ce	Nd	Sm	Eu	Gd	Dy	Er	Yb	Hf	Fe	<sup>48</sup> Ti	<sup>49</sup> Ti	T° (1.0/0.7)
4.1	976	2.56	26	10.5	6.0	2.7	32	102	172	336	10261	61	10.1	8.0	823
9.1	2007	0.87	28	7.4	6.7	2.8	41	190	362	740	10628	73	5.9	5.8	768
8.1	667	0.01	5	1.8	1.8	1.3	66	117	64	60	12439	1	6.5	6.1	777
7.1	2341	0.40	21	2.1	3.5	0.9	36	212	441	899	15329	43	2.5	2.6	690
3.1	992	0.73	35	8.2	6.9	2.8	43	110	178	296	10133	17	15.4	16.1	871
2.1	1102	0.03	16	1.1	1.6	0.1	26	110	209	358	11570	26	6.3	5.5	775
10.1	1411	0.03	8	0.1	1.8	0.2	30	134	271	512	11665	2	10.4	9.1	827
1.1	248	0.00	11	0.5	1.0	0.2	7	25	39	72	10279	1	7.3	7.1	788
5.1	1116	0.29	33	5.1	6.9	2.0	46	122	189	309	7847	257	13.0	13.2	851
6.1	1310	0.02	9	5.6	9.5	1.1	63	155	229	331	8349	3	11.3	11.8	835

Таким образом, граниты Гердизского массива (южн. часть) относятся к семейству гранитов и плагиогранитов нормального, умеренно-щелочного ряда, умеренно-калиевой, калиево-натровой серии. Формирование гранитоидов происходило в позднем венде (580-516 млн лет).

Работа выполнена в рамках темы НИР ГР № АААА-А17-117121270035-0

### Литература

1. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200000: Серия Полярно-Уральская: Лист Q-42-I, II (Лаборовая): Объяснительная записка (ред. А. П. Казак). СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ. 2009. 372 с.

2. Зылёва Л.И., Коновалов А.Л., Казак А.П., Жданов А.В. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Сер. Западно-Сибирская. Лист Q-42. Салехард. Объяснительная записка. СПб. Изд-во: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ. 2014. 396 с.
3. Махлаев Л.В. Гранитоиды севера ЦентральноУральского поднятия (Полярный и Приполярный Урал). Екатеринбург. Изд-во: УрО РАН. 1996. 148 с.
4. Охотников В.Н. Гранитоиды и рудообразование (Полярный Урал). Л. Изд-во: Наука. 1985. 184 с.
5. Шишкин М.А., Криночкин В.Г. Легенда для геологической карты донеогеновых образований Полярно-Уральской серии листов Госгеолкарты-200. Санкт-Петербург. 1999. 198 с.
6. Шуйский А.С. Минералогические особенности гранитоидов Гердизского массива (Полярный Урал). Структура, вещество, история литосферы Тимано-Североуральского сегмента: Материалы 23-й науч. конф. Сыктывкар. Изд-во: Геопринт. 2014. С. 150–154.
7. Шуйский А.С., Голубева И.И. Новые данные по гранитоидам Гердизского массива (Полярный Урал) / Вестник Коми НЦ УрО РАН. Сыктывкар. № 8. 2016. С. 10–14.
8. Шуйский А.С., Удоратина О.В., Куликова К.В., Саватенков В.М., Посохов В.Ф. Изотопно-геохимические особенности гранитоидов А-типа Полярного Урала /XXI симпозиум по геохимии изотопов им. академика А.П. Виноградова (15-17 ноября 2016). Тез. докладов / ГЕОХИ РАН. М. Изд-во: Акварель. 2016. С. 214–217.
9. Shuyskiy A.S., Udoratina O.V., Miller E.L., Coble M.A. Granites of the Gerdiz massif (Polar Urals): new // Вестник Коми НЦ УрО РАН. Сыктывкар. N. 12. 2018. P. 23–30.
10. Watson E.B., Wark D.A. and Thomas J.B. Crystallization thermometers for zircon and rutile / Contributions to Mineralogy and Petrology. 2006. V. 151(4). P. 413–433.