

## U-Pb ВОЗРАСТ ЦИРКОНА ИЗ ПОРОД КРУТИХИНСКОГО МАССИВА – ВОЗМОЖНОГО ПРОТОЛИТА ЧАСТИ ГРАНИТОВ АДУЙСКОГО МАССИВА (СРЕДНИЙ УРАЛ)

© 2017 г. М. Д. Вишнякова, Н. С. Бородина, Г. Б. Ферштатер, Ф. Беа\*, П. Монтеро\*

Крутихинский массив расположен в западном экзоконтакте крупного Адуйского батолита пермского возраста на площади распространения допалеозойских гранитоидов, диоритоидов и амфиболитов (район пос. Крутиха, в 58 км северо-восточнее г. Екатеринбург). Часть массива, вскрытая в гранитном карьере размером  $400 \times 400$  м, сложена кварцевыми диоритами, серыми мелкозернистыми адаметеллитами, гранитами и прорывающими их пегматоидными гранитами. В своем современном виде это продукты мигматизации и частичного плавления, процессов, которые привели к образованию гранитов, слагающих западную часть Адуйского массива [Бородина и др., 2016]. Это заключение подтверждают новые изотопные данные по U-Pb возрасту циркона из главных разновидностей Крутихинского массива, изложенные далее.

Преобладающие в массиве серые мелко-среднезернистые граниты обладают слабовыраженной полосчатой и пятнистой текстурой, обусловленной тем, что эти граниты представляют собой мигматиты, образованные в результате высокой степени частичного плавления пород близкого к гранитам состава. Породы имеют аллотриоморфнозернистую структуру и состоят из биотита ( $Mg\# = 0.36$ ), олигоклаза  $An_{18-19}$ , ортоклаза, кварца. Акцессорные: циркон, монацит, апатит. Последний богат фтором и серой (F – 4.29%,  $SO_3$  – 0.47%). В небольшом количестве отмечаются мусковит и рудный минерал. Особенность пород – равномерное распределение мirmekита, “маркирующего” наличие ортоклаза.

Кварцевые диориты также мигматизированы и залегают в виде дайкообразных крутых тел в прорывающих их серых мигматитизированных гранитах, расчленяясь ими на ряд блоков. Такие соотношения типичны для синплутонических даек, внедряющихся в не полностью затвердевшие породы. Структура пород аллотриоморфнозернистая. Минеральный состав: антипертитовый плагиоклаз  $An_{33-40}$ , кварц, иногда ортоклаз, амфибол, биотит ( $Mg\# = 0.60-0.67$ ), апатит (F – 4.19%,  $SO_3$  – 0.44%), сфен [Замятина, 2016]. Структурные особенности пород – наличие антипертитов, капельного квар-

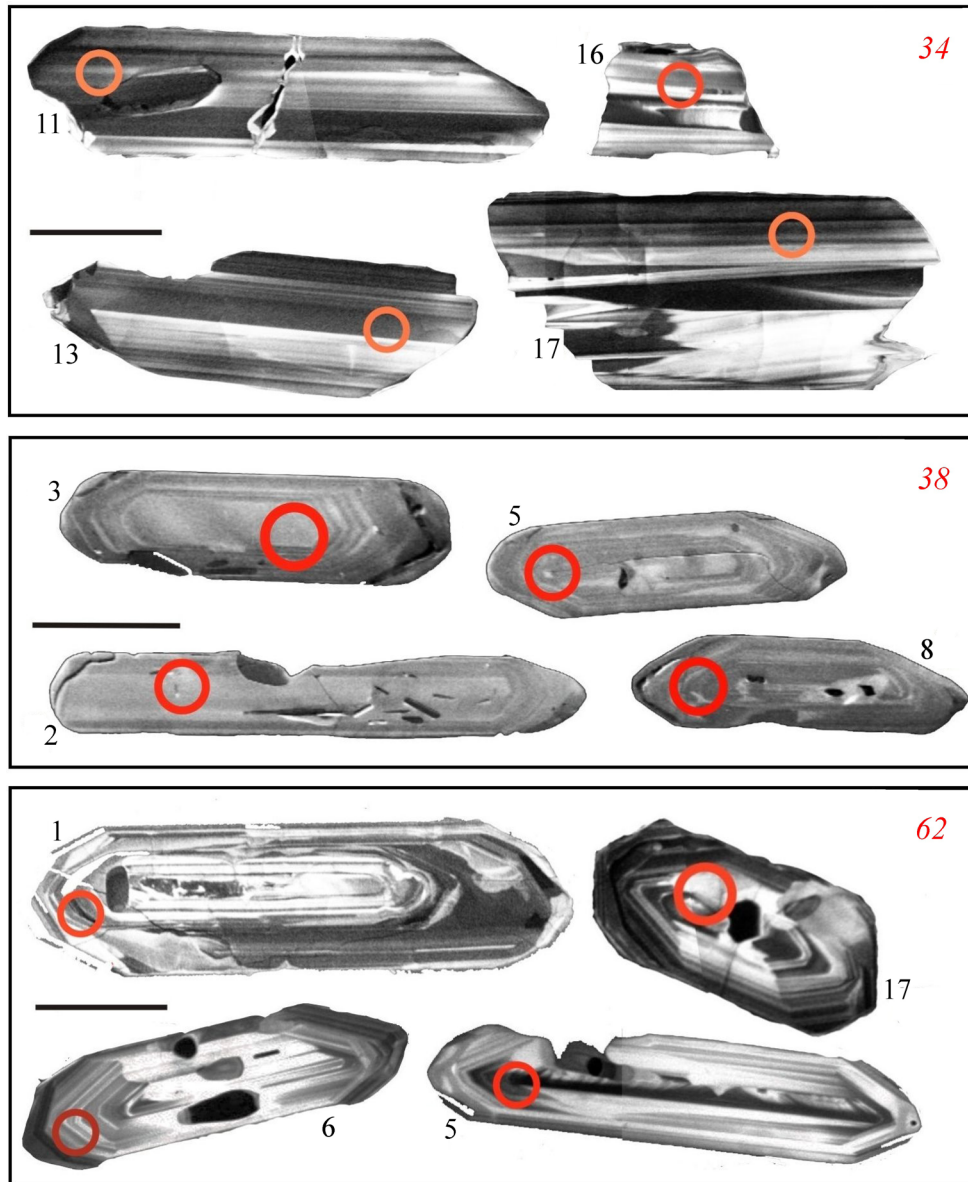
ца и, наконец, появление мелкозернистого кварц-полевошпатового агрегата, окружающего более крупные породообразующие минералы, – могут свидетельствовать об участии мигматизации и частичного плавления в генезисе современного облика кварцевых диоритов.

Пегматоидные граниты, варьирующие по крупности зерен от средне- до крупнозернистых, образуют жилы в кварцевых диоритах и мелкозернистых гранитах. В составе пород наблюдаются антипертитовый плагиоклаз  $An_{16-17}$ , ортоклаз-пертит с участками решетчатого микроклина, кварц, биотит ( $Mg\# = 0.39-0.45$ ), мусковит (слюды присутствуют примерно в равных количествах), рудный минерал, сфен, циркон и апатит. Отмечаются в небольшом количестве мirmekит и мелкий капельный кварц.

Изотопные исследования циркона выполнены на приборе SHRIMP-II в Университете г. Гранада, Испания (аналитик П. Монтеро). Для определения возраста циркона выделены из всех трех главных разновидностей пород массива: кварцевого диорита 34, мелкозернистого гранита 38 и пегматоидного гранита 62, анализы которых приведены в отдельной статье [Бородина и др., 2016]. Облик циркона в названных породах близок. Преобладают удлиненные призматические зерна с хорошо выраженной зональностью (рис. 1). В обеих разновидностях гранитов отношение длины зерна к его ширине составляет 2:1–5:1. Часть из них несет следы коррозии (38-2, 62-5). Обращает на себя внимание, что зерна 62-6 и 62-17 окружены тонкими каймами богатого ураном черного в катодолюминисценции циркона. Такие каймы – визитная карточка цирконов из гранитов Адуйского массива [Краснобаев и др., 2006]. В диорите 34 преобладают обломки зерен циркона; более сохранившиеся из них по габитусу сходны с цирконами гранитов.

Во всех трех пробах цирконы полигенны (табл. 1, рис. 2). В кварцевом диорите 34 выявлены три генерации циркона с возрастом  $335.0 \pm 13.0$ ,  $306.0 \pm 7.0$  и  $283.0 \pm 7.3$  млн лет. Сходные группы цирконов наблюдаются в мелкозернистом граните 38:  $342 \pm 9$ ,  $308 \pm 5$  и  $286 \pm 8$  млн лет и в пег-

\* Университет г. Гранада, Испания.



**Рис. 1.** Катодолюминисцентные фото зерен циркона из пород Крутихинского массива (34, 38 и 62).  
Размер линейки на всех фото 100  $\mu\text{m}$ .

матоидном граните 62:  $330 \pm 9$ ,  $304 \pm 6$ ,  $292 \pm 3$  и  $270 \pm 6$ . Возраст наиболее молодого циркона в пегматоидном граните совпадает по времени формирования с большей частью гранитов Адуйского массива [Ферштатер, 2013].

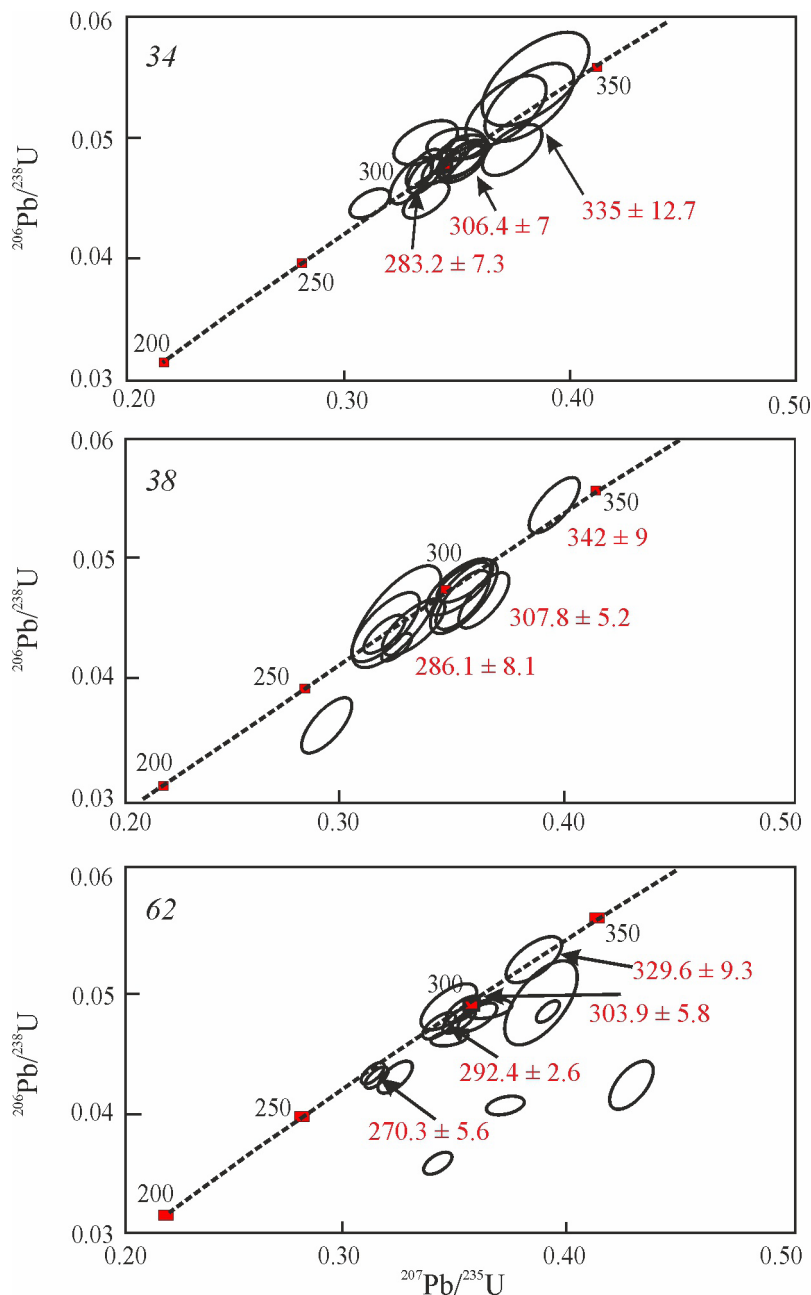
Обращают на себя внимание близкие возрасты наиболее распространенных цирконов второй и третьей генераций во всех разновидностях пород Крутихинского массива. Ранняя генерация представлена единичными зернами, по-видимому, домигматитового реликтового циркона, вторая и третья – отражают стадии мигматизации и частичного плавления, а циркон с возрастом 270 млн лет (в самом молодом по геологическим наблюдениям

пегматоидном граните 62) связан с последней стадией эволюции анатектического расплава. Полученные возрасты циркона из пород Крутихинского массива близки к **Rb-Sr и цирконовому возрасту** мигматитов расположенного южнее Каменского массива. Это совпадение свидетельствует о том, что время мигматизации и частичного плавления, предшествовавшее массовому гранитообразованию в северо-западном мегаблоке, отвечает позднему карбону–ранней перми. Возраст пород, которые послужили протолитом Крутихинского массива, предстоит определить при последующих исследованиях. Судя по имеющимся данным о времени формирования пород северной части докем-

Таблица 1. Состав и возраст циркона из пород Крутихинского массива

№ зерна	U, г/г	Th, г/г	$^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}$ , г/г	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ возраст	±	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ возраст	±	% discord
<i>34 – кварцевый диорит</i>									
1	405.7	172.5	0.43	17.5	313.2	9.1	296.5	34.4	-0.6
2	1003.7	508.7	0.51	38.8	281.9	5.9	321.3	15.6	1.6
3	975.9	484.8	0.50	41.2	307.4	8.2	377.9	24.4	2.6
4	858.7	578.6	0.67	37.1	313.7	4.8	255.1	37.6	-2.2
5	1234.1	855.0	0.69	50.2	296.3	6.0	455.7	9.4	6.0
6	474.3	280.0	0.59	20.4	312.3	8.0	373.5	28.4	2.2
7	944.8	677.1	0.72	38.6	296.9	6.2	340.9	23.8	1.6
8	903.4	565.3	0.63	37.5	301.9	4.9	328.7	29.8	1.0
9	626.8	379.7	0.61	26.0	301.8	9.8	383.3	14.6	3.0
10	1327.4	769.1	0.58	53.8	294.8	9.0	325.7	16.0	1.2
11	543.5	319.9	0.59	22.4	299.5	8.3	362.9	30.4	2.4
12	431.2	233.6	0.54	19.8	333.0	14.7	291.7	13.2	-1.6
13	459.9	255.0	0.55	20.8	328.1	14.2	361.5	21.8	1.2
14	783.4	190.2	0.24	30.7	285.0	8.6	326.3	14.2	1.6
15	838.2	588.4	0.70	35.0	303.7	9.1	367.3	23.4	2.4
16	404.5	214.7	0.53	19.3	345.1	18.9	245.9	23.4	-3.8
17	470.7	233.8	0.50	19.9	308.0	9.7	433.5	36.6	4.6
<i>38 – серый мелкозернистый гранит</i>									
1	1223.3	189.9	0.16	57.8	342.8	9.0	286.1	8.0	-2.2
2	352.6	180.3	0.51	14.3	294.4	9.1	446.9	33.6	5.8
3	478	303.1	0.63	19.6	298.4	11.5	363.3	20.4	2.4
4	340.8	248.5	0.73	14.3	305.9	9.4	304.7	26.6	0.0
5	743.5	470.1	0.63	23.5	231.1	9.6	507.5	20.8	10.4
6	508.7	263.2	0.52	21.7	309.6	1.7	347.9	17.4	1.4
7	494.8	336.0	0.68	19.0	279.7	12.6	276.7	29.2	-0.2
8	891.3	398.4	0.45	18.8	155.3	7.3	949.7	39.8	28.4
9	217.6	124.3	0.57	8.5	285.1	18.6	265.1	28.8	-0.8
10	535.5	339.4	0.63	22.8	309.7	2.7	283.9	26.0	-1.0
11	394.9	235.6	0.60	15.1	278.9	8.7	348.7	25.6	2.6
12	400.4	249.6	0.62	15.9	288.6	4.1	344.5	29.2	2.2
13	485.4	302.2	0.62	18.5	277.7	6.4	290.7	25.6	0.6
14	540.4	376.8	0.70	21.5	289.4	4.0	332.7	10.8	1.6
<i>62 – пегматоидный гранит</i>									
1	6937.8	372.7	0.05	322.9	308.4	15.4	289.1	2.0	7.0
2	17332.0	284.4	0.02	902.2	267.1	9.0	255.3	4.6	25.8
3	8188.1	1661.0	0.20	329.8	260.5	11.2	1194.1	19.4	38.0
4	235.0	70.9	0.30	9.4	290.9	2.8	337.1	15.8	1.8
5	283.0	118.8	0.42	11.4	293.5	1.8	300.1	18.4	0.2
6	354.2	127.1	0.36	14.7	302.1	1.9	281.5	16.0	-0.8
7	1789.3	86.2	0.05	73.6	299.4	7.4	333.5	9.2	1.2
8	419.0	110.9	0.26	15.6	270.8	5.7	374.3	15.4	4.0
9	1640.0	1285.4	0.78	57.4	255.5	3.8	819.1	37.0	20.0
10	838.1	514.4	0.61	35.0	303.8	3.2	544.9	14.8	8.8
11	1445.5	353.6	0.24	53.8	271.6	4.6	317.1	7.0	1.8
12	393.5	218.6	0.56	16.4	302.4	5.3	370.1	37.0	2.6
13	727.3	274.4	0.38	29.4	294.6	3.4	348.5	12.6	2.0
14	136.6	51.8	0.38	5.7	305.2	4.2	379.7	45.6	2.8
15	589.9	100.9	0.17	26.8	329.6	9.3	327.3	32.0	0.0
16	3800.4	151.7	0.04	120.9	226.8	4.3	835.9	20.0	23.6
17	439.8	194.2	0.44	18.5	305.9	9.5	260.9	16.2	-1.6
18	228.9	83.8	0.37	9.1	290.6	2.8	380.9	49.2	3.4
19	353.6	303.6	0.86	13.2	271.5	3.0	303.3	23.0	1.2

Примечание. Все данные приведены без корректировки на общий свинец.



**Рис. 2.** Диаграммы  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ – $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$  с конкордией для циркона из кварцевого диорита 34, мелкозернистого гранита 38 и пегматоидного гранита 62.

брийского блока [Краснобаев и др., 2005], в котором залегает массив, он может быть мезопротерозойским.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

Бородина Н.С., Замятина М.Д., Феритатер Г.Б. Новые данные по петрологии и геохимии гранитоидов корневой зоны Адуйского массива // Ежегодник-2015. Тр. ИГГ УрО РАН. Вып. 163. 2016. С. 80–85.  
 Замятина М.Д. Породообразующие минералы Крути-

хинского гранитоидного массива // Ежегодник-2015. Тр. ИГГ УрО РАН. Вып. 163. 2016. С. 92–94.  
 Краснобаев А.А., Беа Ф., Феритатер Г.Б., Монтеро П. Цирконовая геохронология Мурзинского метаморфического комплекса (Средний Урал) // Докл. РАН. 2005. Т. 404, № 3. С. 407–410.  
 Краснобаев А.А., Феритатер Г.Б., Беа Ф., Монтеро П. Полигенные цирконы Адуйского батолита (Средний Урал) // Докл. РАН. 2006. Т. 410, № 2. С. 244–249.  
 Феритатер Г.Б. Палеозойский интрузивный магматизм Среднего и Южного Урала. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2013. 365 с.