

УДК 550.93

ЦИРКОНОВАЯ ГЕОХРОНОЛОГИЯ АЛЕКСАНДРОВСКОГО МЕТАМОРФИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА (ЮЖНЫЙ УРАЛ)

© 2004 г. А. А. Краснобаев, Н. В. Чередниченко

Представлено академиком В.А. Коротеевым 14.01.2004 г.

Поступило 28.01.2004 г.

Александровский комплекс (АК) метаморфических пород расположен на западном склоне Южного Урала, в 2–3 км к востоку от известного Тараташского в зоне долгоживущего Зюраткульского разлома. Он представляет собой вытянутый в север-северо-восточном направлении тектонический блок (1–2.5 × 25 км) среди карбонатов саткинской свиты нижнего рифея (рис. 1). Особенности геологического строения, петрологические параметры, роль субстрата, процессов диафтореза и тектонического дробления АК описаны достаточно подробно [1–4].

В составе комплекса распространены чередующиеся толщи плагиогнейсов (биотитовых, биотит-амфиболовых, гранат-биотит-амфиболовых, иногда с графитом, ставролитом, силлиманитом), амфиболитов (гранатовых, плагиоклазовых, бесполевошпатовых) и кварцитов; в подчиненном количестве встречаются гранито-гнейсы и гранитоиды, габбро и диабазы, жильные образования.

Наиболее проблематичным остается вопрос о возрасте АК [5, 6]. Прежде всего это связано с находкой в его северной части весьма специфических и не известных на Урале титан-авгитовых с оливином и плагиоклазом пород – израндитов, К–Аг-датировки которых превышали 4 млрд. лет. Первоначально израндиты рассматривались как отторженцы верхней мантии, выведенные на уровень современного эрозионного среза. Последующими исследованиями было установлено, что они соответствуют реликтовым фрагментам субстрата бесполевошпатовых амфиболитов, а аномально высокие датировки связаны с избыточным аргоном.

К наиболее реальным относятся цифры в интервале 1960–2050 млн. лет, полученные по общему свинцу для цирконов из гнейсов. Однако они оцениваются лишь как ориентировочные и нуждаются в более надежной радиологической и

геологической аргументации [7]. К аналогичным мы относим и более поздние датировки цирконов (до 2330 млн. лет), учитывающие лишь вариации отношений $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ [8]. Известные К–Аг-определения возраста слюд и амфиболов из различных пород АК (650–1290 млн. лет) связаны с низкотемпературными регрессивными преобразованиями [5], т.е. также не решают поставленного вопроса.

П о р о д ы. Для решения возрастной проблемы АК было использовано сочетание классического U–Pb-метода с детальными исследованиями цирконов. Обогащение цирконов проводилось с применением традиционных методик из искусственных протолочек пород. Проба 64 из центральной части комплекса (рис. 1) представляет однородный мелкозернистый тонкополосчатый биотитовый плагиогнейс, максимально соответствующий представлениям о породах субстрата. Из Ахтенского карьера, расположенного в южной части комплекса, отобраны пробы 32 (биотит-амфиболовый плагиогнейс, слабо гранитизированный) и 30-3 (биотит-амфиболовый плагиогнейс, интенсивно мигматизированный; объем лейкосомы в нем достигает 55–60%, т.е. он практически соответствует плагиомигматиту). По химическому составу все три пробы соответствуют семейству гранодиоритов нормального петрохимического ряда калиево-натриевой серии и относятся к группе типичных для АК плагиогнейсов-плагиомигматитов [1].

Ц и р к о н ы. Краткие сведения о цирконах АК, опубликованные ранее [9], существенно дополняются вновь полученными данными. Прежде всего, обращает на себя внимание прозрачность цирконов, их сильный (до алмазного) блеск, субидiomорфный (от шаровидного до эллипсоидного) облик, существенные вариации размера (от 0.05 до 0.25 мм) и удлиненности (от 1 до 4.5 мм). Встречаются также и идиоморфные кристаллы с гранями {100}, {110}, {111} и {311}. Искажение облика и появление замутненности кристаллов большей частью имеют вторичное происхождение, связанное со сложной историей существования комплекса.

*Институт геологии и геохимии им. А.Н. Заварицкого
Уральского отделения Российской Академии наук,
Екатеринбург*

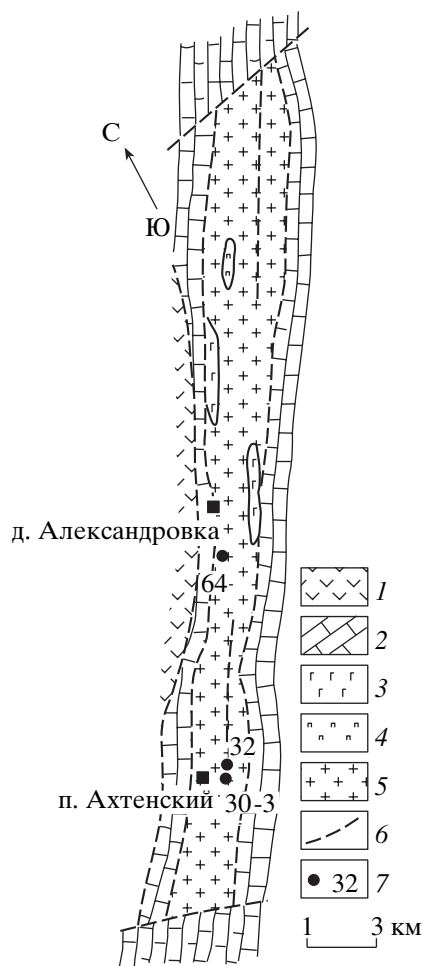


Рис. 1. Схематическая геологическая карта Александровского комплекса [1]. 1 – айская свита (R_1^1): филлиты, сланцы, песчаники, гравелиты; 2 – саткинская свита (R_1^2): известняки, доломиты; 3 – апогабровые амфиболиты; 4 – метаизрандиты; 5 – Александровский комплекс: амфиболиты, плагиогнейсы, плагиомигматиты, гранито-гнейсы, кварциты, гранитоиды; 6 – тектонические границы; 7 – расположение, номера проб.

Рис. 2 иллюстрирует особенности онтогении основных разновидностей цирконов АК. По совокупности минералогических признаков среди них было выделено несколько основных типов. К I типу отнесены минимально измененные (в метаморфических комплексах моноциты цирконов практически отсутствуют) разновидности (1–10, рис. 2), наличие которых позволяет надеяться на получение информации о ранних этапах их (и, соответственно, содержащих подобные цирконы пород) образования. Специфическая особенность кристаллов I типа – это наличие отчетливого зонального строения, указывающего и на рост в присутствии расплавленной фазы, и одновременно на пониженную симметрию среды кристаллизации

(2–4, рис. 2). Подобная ситуация возможна при неполном анатектическом плавлении субстрата, когда в расплаве находится взвесь мелких фрагментов (останцов) исходного материала, которые могут захватываться растущими кристаллами цирконов. Прямым подтверждением этому служат кристаллы 5–7 (рис. 2), у которых по мере их роста заметно снижение количества таких включений, что свидетельствует о постепенной гомогенизации расплава. Некоторые из цирконов I типа испытали хрупкие деформации и рекристаллизацию без участия метасоматических растворов (8–10, рис. 2).

Ко II типу отнесена большая часть кристаллов, существенно варьирующих по минералогическим свойствам (11–18, рис. 2). Объединяющим их фактором служит наличие вторичных изменений, вызванных процессами дробления и метасоматоза, что иногда приводит к сосуществованию в объеме единого кристалла и реликтовой (исходной), и новообразованной (преобразованной) субстанции. Особенно характерны для цирконов II типа поперечные, продольные и диагональные трещины в различных сочетаниях (11–18, рис. 2). У некоторых кристаллов диагональные и продольные трещины накладываются на испытывавшие уже “перекристаллизацию” поперечные (17, 18, рис. 2), первичное местоположение которых можно установить лишь по цепочкам вторичных точечных включений.

Интенсивные преобразования цирконов приводят, в конечном счете, к появлению III типа (метасоматического), кристаллы которого практически утратили свои первичные признаки (19, 20, рис. 2). Незначительную долю среди цирконов АК представляют кристаллы с ядрами (21–23, рис. 2), иногда частично усвоенными. Влияние метасоматических растворов приводит к появлению характерного муара растворения (24, рис. 2), который отчетливо противопоставляется совершенству граней неизмененных кристаллов (25, рис. 2).

Для изотопного анализа из пробы 64 были выбраны наиболее совершенные (64 с) и с заметной трещиноватостью (64 м) разновидности; проба 32 включает в основном цирконы I типа, а проба 30-3 – мелкие однородные, близкие I типу кристаллы, образование которых связано с процессами мигматизации гнейсов.

Геохронология. Определение U–Pb-возраста цирконов проводилось с помощью известных методов анализа и обсчета [10–12]. Масс-спектрометр МИ-1320, трассер $^{235}\text{U} + ^{208}\text{Pb}$; точности определений U и Pb $\pm 1\%$, изотопных отношений $\pm 0.1\%$; стандарт NBS-981. Результаты (при 95%-м доверительном интервале) приведены в табл. 1 и на рис. 3. Все фракции относятся к умеренно обогащенным ураном, причем на примере пробы 64 проявляется известная тенденция, согласно кото-

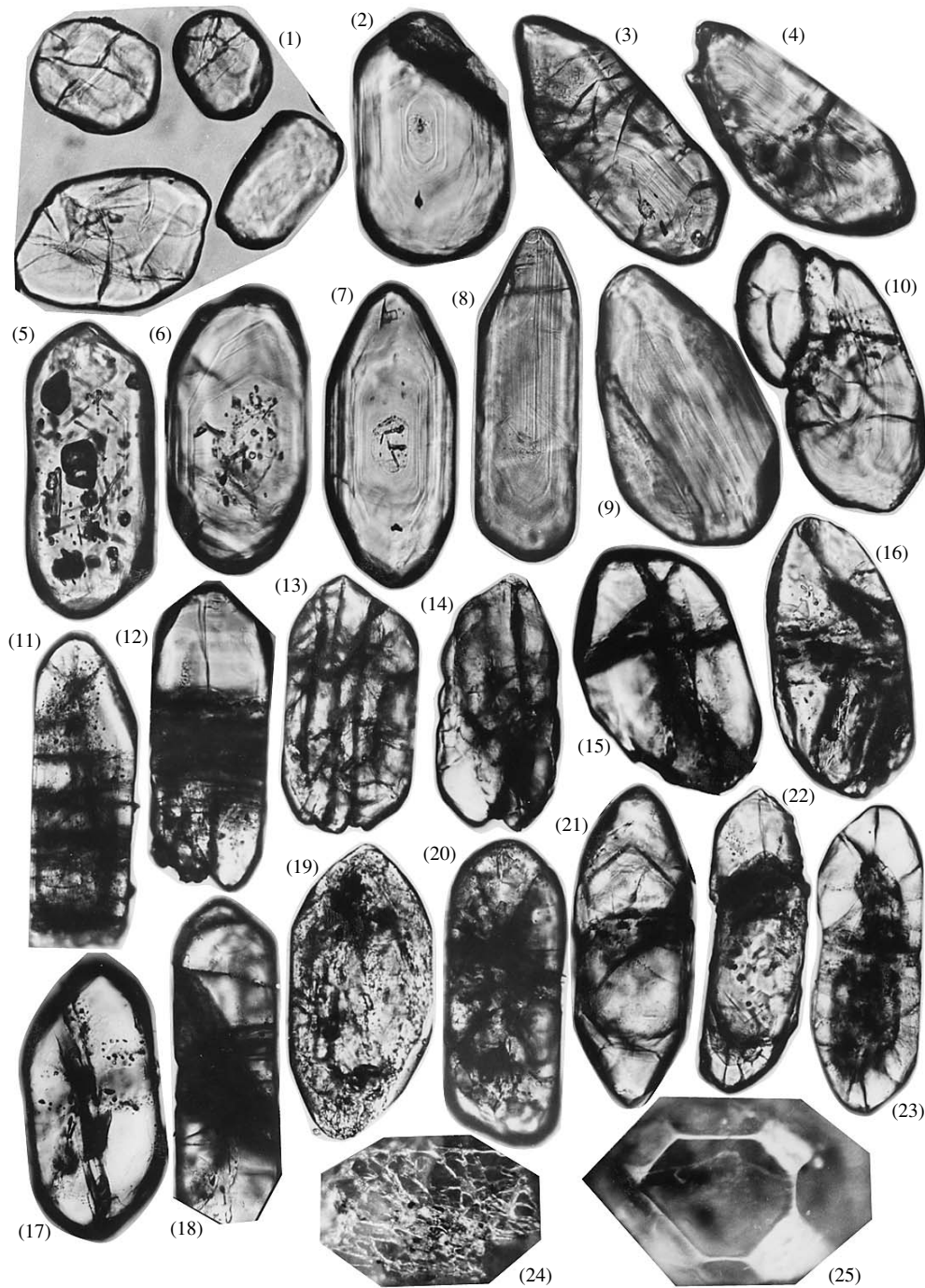


Рис. 2. Морфологические особенности цирконов из метаморфических пород Александровского комплекса (150–200×).

рой вторичные преобразования цирконов сопровождаются увеличением содержания U и реализуются в смещении изотопных анализов “вниз” по дискордии. Анализы двух фракций цирконов пробы 64 и цирконов пробы 32 образуют дискордию с верхним пересечением, отвечающим возрасту $T = 2004 \pm 10$ млн. лет, а нижнее “пересечение” соответствует этапу “современных” ($t = 0$) преобразо-

ваний. Близкая к конкордантной датировка цирконов пробы 30-3 по отношениям $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$, $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ и $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ составляет 1890 ± 19 млн. лет.

Полученные минералогические–аналитические данные для цирконов из метаморфических пород АК позволяют сделать некоторые выводы о его природе и возрасте.

Таблица 1. Уран-свинцовый возраст цирконов из метаморфических пород Александровского комплекса

№ пробы	Концентрация, мкг/г		Изотопный состав*			Изотопные отношения**		Возраст, млн. лет
	U	Pb	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	$\frac{^{208}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$
64м	571.3	188.52	2295.4	0.12954	0.05813	5.4556	0.31978	2011
64с	353.2	130.43	1619.6	0.13142	0.09442	5.8512	0.34447	2003
32	468.7	165.04	5976.6	0.12520	0.04791	5.8819	0.34691	2000
30-3	283.2	100.95	992.4	0.12802	0.05054	5.4302	0.34408	1871

* Измеренные отношения.

** Исправленные значения на холостой опыт, фракционирование и обыкновенный свинец по [12] на 2000 млн. лет.

1. Расположение анализов вблизи верхнего пересечения дискордии (рис. 3) и высокие отношения $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (табл. 1) свойственны преимущественно цирконам платформенных образований. У цирконов древних комплексов, находящихся среди палеозойских формаций в складчатых системах, обычно наблюдаются более низкие величины этих отношений, и анализы смещаются к нижнему пересечению дискордии.

В этом, по-видимому, и заключается основное отличие цирконовой геохронологии при датировании древних комплексов, структурно и генетически связанных с фундаментом платформ, и фрагментов фундамента, которые в виде различных блоков или клиньев перемещены в зоны молодых складчатых систем и испытали влияние эндогенных и тектонических процессов, обуславливающих их эволюцию. Конвергенция, естественно, возможна, но в ограниченных масштабах. Установленная принадлежность АК к платформенным образованиям, предполагающая также генетичес-

кую связь с Русской платформой, связана с его незначительным перемещением на восток, изолирующей ролью рифейских толщ и удаленностью от центральной зоны Уральского складчатого пояса.

2. В соответствии с геологическими данными датировка 2004 ± 10 млн. лет соответствует возрасту древнего ареального (доплагиогранитного) метаморфизма высоких давлений, а датировка 1890 ± 19 млн. лет – возрасту плагиогранитного метаморфизма и сопутствующей плагиомигматизации. Обе отвечают “доуральскому” этапу существования АК, включающему также процессы деформационных и метасоматических изменений. Принадлежность пород АК к формациям древних бластомилонитов [4] находит независимое реальное подтверждение при исследованиях хрупких деформаций цирконов.

3. Протерозойский интервал в эволюции АК совпадает по времени с процессами гранитизации и мигматизации в соседнем Тараташском комплексе [8], для которого генетическая связь с Русской платформой установлена достаточно надежно [2, 4]. Однако Тараташский комплекс относится к архейским (>2.83 млрд. лет) образованиям. Весьма вероятно, что реликты такого возраста могут присутствовать и среди метаморфитов АК, особенно в участках, сохранивших признаки широтных структур и минеральных ассоциаций гранулитовой фации. Альтернативным может быть заключение о соответствии пород АК верхнему этапу Тараташского комплекса, объединяющего протерозойские (1.9–2.1 млрд. лет) метаморфиты амфиболитовой фации, возникшие при диафторезе архейских гранулитов.

4. Единичные рифейско-вендские датировки (600–1300 млн. лет) связаны с появлением в АК локальных зон низкотемпературных бластомилонитов, образованием жильных гранитоидов, диабазов. Палеозойские датировки не установлены.

Работа выполнена при поддержке ОНЗ РАН (№ 7).

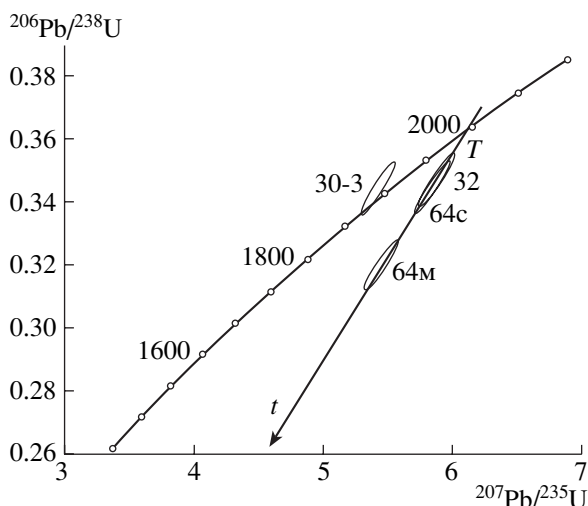


Рис. 3. Диаграмма с конкордией для цирконов из метаморфических пород Александровского комплекса. $T = 2004 \pm 10$ млн. лет, $t = 0$ (современные потери свинца), СКВО = 0.88.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Пыстин А.М.* // Тр. Ильмен. гос. заповедника. 1978. В. 19. С. 3–32.
2. *Ленных В.И.* В сб.: Доордовикская история Урала. Препр. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1980. Т. 6. С. 3–41.
3. *Ленных В.И.* В сб.: Метаморфизм и тектоника западных зон Урала. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1984. С. 21–42.
4. *Русин А.И.* В сб.: Метаморфизм и тектоника западных зон Урала. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1984. С. 43–49.
5. *Овчинников Л.Н., Степанов А.И., Краснобаев А.А., Дунаев В.Н.* В сб.: Магматические формации, метаморфизм, металлогения Урала. Тр. II Урал. петрогр. совещ. Свердловск: УФАН СССР, 1969. Т. 1. С. 173–205.
6. *Пыстин А.М., Пыстина С.Н., Ленных В.И.* Ежегодник-1972. Свердловск: Ин-т геологии и геохимии УНЦ АН СССР, 1973. С. 96–97.
7. *Краснобаев А.А.* В сб.: Доордовикская история Урала. Препр. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1980. Т. 1. С. 28–40.
8. *Краснобаев А.А.* Циркон как индикатор геологических процессов. М.: Наука, 1986. 150 с.
9. *Краснобаев А.А., Бородин Н.С.* В сб.: Вопросы петрологии гранитоидов Урала. Свердловск: УФАН СССР, 1970. С. 124–153.
10. *Krogh T.E.* // *Geochim. et cosmochim. acta.* 1973. V. 37. P. 485–494.
11. *Ludwig K.R.* Isoplot Program // USA Geol. Surv. Openfile Rept 91. 1991. 64 p.
12. *Stacey J.S., Kramers J.D.* // *Earth and Planet Sci. Lett.* 1975. V. 26. P. 207–221.