

УДК 551.733.11(551.248.1)902.66

ОРДОВИКСКИЙ ГАББРО-ТОНАЛИТ-ТРОНДЪЕМИТОВЫЙ КОМПЛЕКС И АССОЦИИРУЮЩИЕ ЭФФУЗИВЫ В СУТУРЕ НА ГРАНИЦЕ ПАЛЕОЗОИД УРАЛА И КАЗАХСТАНА

А. В. Рязанцев

Представлено академиком РАН М.А. Федонкиным 29.11.2016 г.

Поступило 14.11.2016 г.

Получены новые данные о раннеордовикском возрасте гранитоидов габбро-тоналит-трондьемитового комплекса в Денисовской офиолитовой зоне (сутуре) на границе палеозоид Урала и Казахстана. U/Pb-методом (SHRIMP II) по цирконам, выделенным из гранитоидов, установлены значения возраста $482,6 \pm 3,6$ и $486,2 \pm 6,7$ млн лет. Плутонический комплекс ассоциирует с ранне-среднеордовикским эффузивным, представленным дифференцированной серией от базальтов до риолитов. Состав пород вулканоплутонической ассоциации свидетельствует о её формировании в надсубдукционной обстановке.

Ключевые слова: Урал, Зауралье, Казахстан, ордовик, офиолиты, габбро, тоналиты, трондьемиты, U/Pb-возраст, цирконы, SHRIMP.

DOI: <https://doi.org/10.31857/S0869-56524852202-206>

В Денисовской зоне на востоке Зауралья офиолиты маркируют сутуру на границе палеозоид Урала и Казахстана (рис. 1). На востоке Денисовской зоны распространены плутонические и эффузивные комплексы с породами основного, среднего, кислого составов. Габбро-тоналит-трондьемитовый комплекс (ГТТК) слагает Спиридоновский массив и структурно связан с мафит-ультрамафитовыми комплексами офиолитов. Эффузивы, среди которых преобладают базальты, дациты, риолиты, объединены в ранне-среднеордовикскую денисовскую свиту. В результате проведённых исследований установлен раннеордовикский возраст гранитоидов в составе ГТТК.

Габбро-тоналит-трондьемитовый комплекс обнажён в ядре антиформы на берегах р. Тобол к востоку от с. Денисовка (рис. 2). Комплекс имеет пологий (10° – 20°) тектонический контакт с перекрывающими вулканитами денисовской свиты. Габбро и тоналиты занимают обширные поля, а поздние жильные микрогаббро и трондьемиты распространены локально. Среди тоналитов наблюдаются жилы магматических брекчий, состоящих из обломков микрогаббро в трондьемитовом матриксе. В поле распространения ГТТК протягиваются тектонические клинья, сложенные серпентинизированными перидотитами, дунитами, породами полосчатого комплекса офиолитов. Вероятно, эти породы рас-

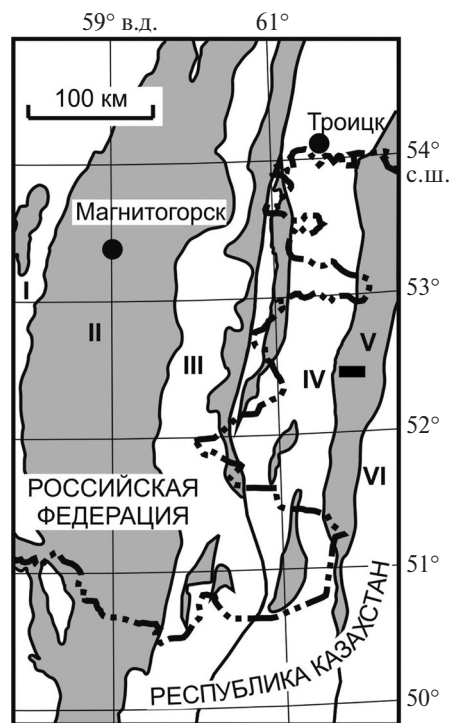


Рис. 1. Обзорная схема расположения основных структурных элементов палеозоид Южного Урала и Северного Казахстана. Серое — площади распространения палеозойских палеокеанических комплексов, белое — палеоконтинентальных комплексов. Структурные элементы: I — Центрально-Уральская мегазона, II — Магнитогорская мегазона, III — Восточно-Уральская мегазона, IV — Зауральская мегазона, V — Денисовская зона, VI — Западно-Тургайская зона. Чёрный прямоугольник — площадь исследований на рис. 2.

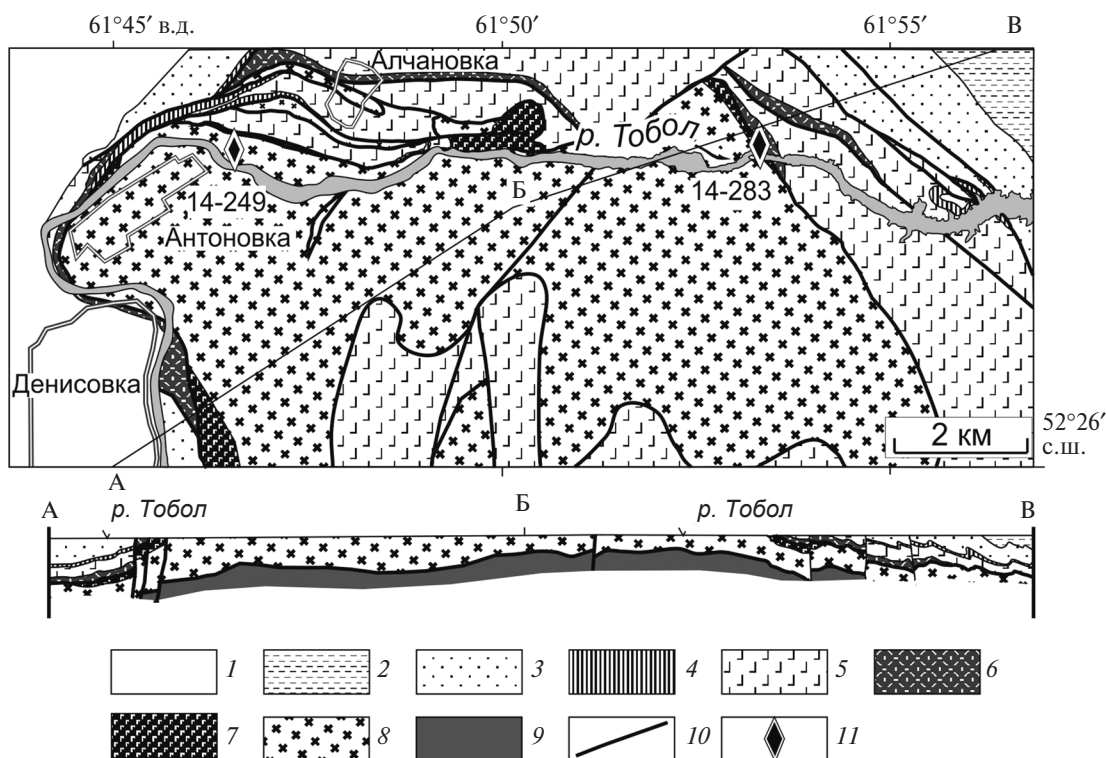


Рис. 2. Схема Денисовской зоны в верховьях р. Тобол и геологический разрез по линии А–Б–В. Составлено с использованием данных [2]. 1 — рыхлые кайнозойские отложения; 2 — толщина ритмично переслаивающихся песчаников, алевролитов (S_1); 3 — толщина ритмично переслаивающихся полимиктовых и кремнеобломочные песчаников, гравелито-песчаников, кремней (O_3); 4 — толщина кремней, кремнистых алевролитов, яшм (O_2); 5, 6 — денисовская свита (O_{1-2}); 5 — базальты подушечные с горизонтами бомбовых туфов, 6 — туфы, туфогенно-осадочные породы кислого состава, фельзиты, плагиоклаз-порфировые флюидальные риолиты; 7, 8 — спиридоновский габбро-тоналит-трондьемитовый комплекс (O_1); 7 — габбро, габбро-пироксениты с жилами гранофировых гранитов, 8 — тоналиты с подчинённым количеством лейкократовых гранитов; 9 — апогаббро-пироксениты, пироксениты; 10 — тектонические контакты; 11 — точки отбора проб на цирконы и их номера.

пространены на более низких структурных уровнях под габбро-тоналит-трондьемитовым комплексом. Основные обнажения мафит-ультрамафитовых комплексов офиолитов находятся западнее рассматриваемой территории.

Породы ГТТК принадлежат известково-щелочной серии нормальной щёлочности Na-типа. $(La/Yb)_n$ в габбро 0,4–1,1; в тоналитах 2,2; в трондьемитах 6,1; в жильных габбро 1,4–1,9 (рис. 3). На спайдер-диаграммах во всех породах отчётливо проявлен Ta–Nb-минимум. Гранитоиды по составу отвечают пералюминиевым гранитам I типа, а на дискриминационной диаграмме Rb–Y+Nb расположены в поле гранитоидов вулканических дуг.

Для обоснования возраста из тоналитов и трондьемитов были взяты две пробы, из которых выделены цирконы. Возраст определён U/Pb-методом (SHRIMP II, ВСЕГЕИ) (табл. 1, рис. 4). Проба из массивных средне-крупнокристаллических тоналитов взята в т. 14-249 ($52^{\circ}28'33,76''$ с.ш.,

$61^{\circ}46'34,07''$ в.д.). В этой точке получено значение возраста $482,6 \pm 3,6$ млн лет. Проба 14-283 взята на восточном контакте массива ($52^{\circ}28'30,57''$ с.ш., $61^{\circ}53'23,18''$ в.д.) из жилы мелкозернистых гранофировых трондьемитов мощностью 0,2 м, которая прорывает мелкозернистые габбро. В этой точке получено значение возраста $486,2 \pm 6,7$ млн лет.

В разрезе денисовского комплекса в нижней части преобладают риолиты и дациты, сопровождаемые субвулканическими телами аналогичного состава, а в верхней части — базальты, часто подушечного строения, и бомбовые туфы псефитовой размерности. На вулканитах согласно залегают кремнистые породы. Вулканические породы принадлежат известково-щелочной (дифференцированной от базальтов до риолитов) серии нормальной щёлочности Na-, K–Na-типа. В подчинённом количестве присутствуют пикриты, андезиты. Кроме того, отмечены толеитовые базальты нормального типа щёлочности, редко Na-трахибазальты и трахиандезибазальты. $(La/Yb)_n$ в базальтах 0,5–5,3. На спайдер-диаграммах

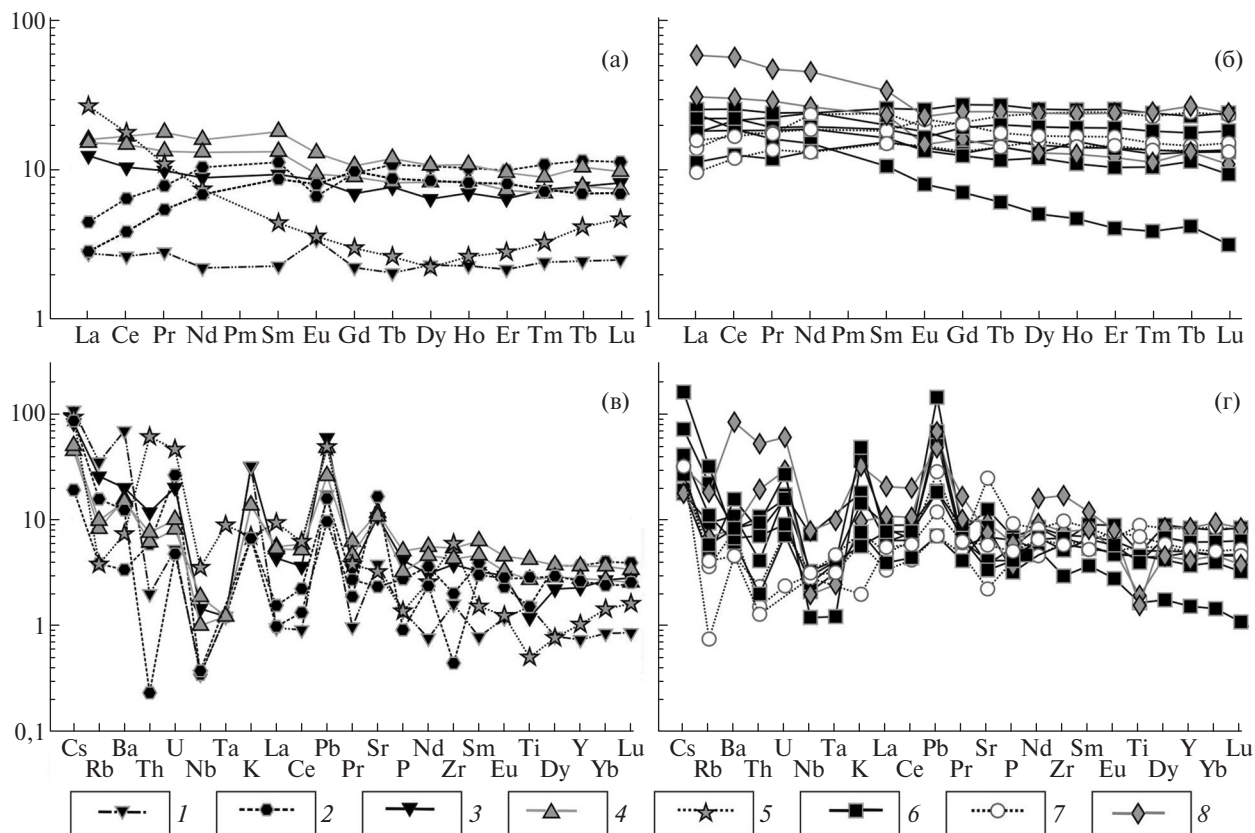


Рис. 3. Хондрит-нормализованные спектры РЗЭ (а, б) и спайдер-диаграммы элементов-примесей, нормированных к примитивной мантии (в, г) по [8] для пород ГТТК (а, в) и эффузивов денисовской свиты (б, г). 1–5 — породы ГТТК: 1 — габбро с $(La/Yb)_n = 1,1$, 2 — габбро с $(La/Yb)_n = 0,4$, 3 — тоналиты, 4 — мелкозернистые габбро, 5 — жильные трондьемиты; 6–8 — эффузивы–базальты: 6 — с содержаниями $TiO_2 < 1,2\%$, 7 — базальты с содержаниями $TiO_2 > 1,2\%$, 8 — дациты, риолиты.

проявлен Ta–Nb-минимум (рис. 3). Преобладает группа низкотитанистых разностей базальтоидов ($TiO_2 = 0,6–1,0\%$). Однако в верхней части разреза в них отмечены содержания $TiO_2 = 1,9–3,6\%$. Большая часть эффузивных пород на дискриминационных диаграммах Th–Hf/3–Ta, Cr–Ce/Sr, Ti/Y–Nb/Y, Zr/Y–Ti/Y расположена в полях островодужных пород, редко — в полях нормальных базальтов СОХ. Высокотитанистые базальты группируются в полях внутриплитных обстановок.

Ранне-среднеордовикский возраст денисовской свиты определён по стратиграфическому положению ниже пачки кремней, из которых известны находки конодонтов дапина-дарривиллия [2]. Мощность пачки кремней ~100 м. Она согласно перекрыта флишовой толщей терригенных пород верхнего ордовика, силура, девона.

Полученные новые данные позволяют объединять габбро-тоналит-трондьемитовый и базальт-дацит-риолитовый комплексы в вулканоплутоническую ассоциацию. Разновозрастные аналоги этой ассоциации известны на Урале и в Казахстане.

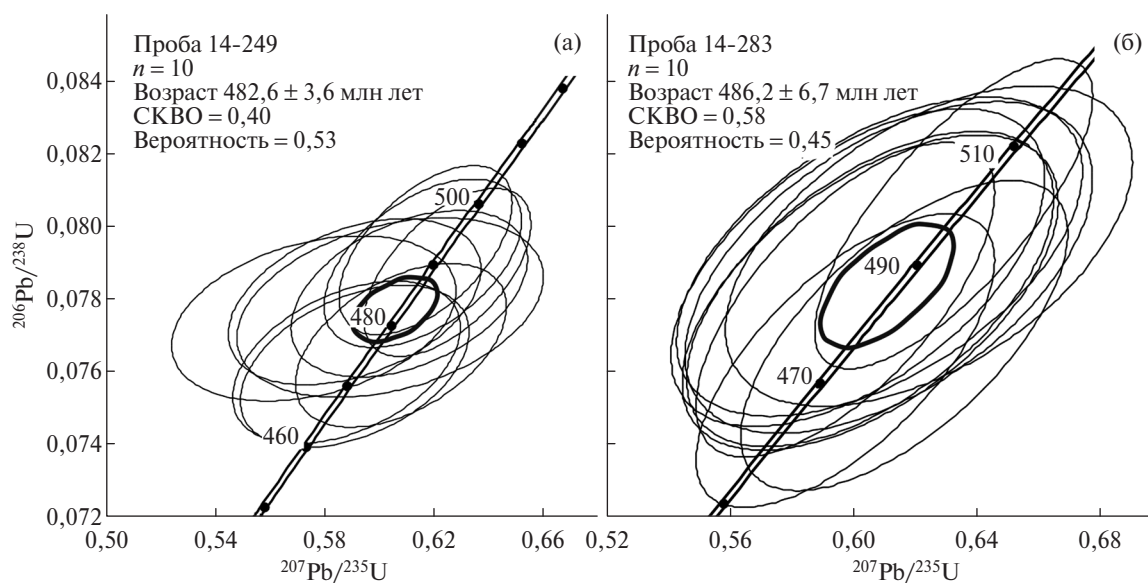
В Сакмарском аллохтоне на юге Центрально-Уральской мегазоны возраст гранитоидов ГТТК в трёх точках равен 456 ± 4 ; 456 ± 6 ; $426,5 \pm 6,7$ млн лет [7]. Там ГТТГ служит субстратом для комплекса параллельных даек, состав которых близок к бонинитам. Залегающий структурно выше базальт-андезит-риолитовый колчедановосный комплекс в верхней части разреза содержит конодонты катийского яруса верхнего ордовика [5]. В Актау-Таналыкской зоне, на западе Магнитогорской мегазоны, ГТТК находится в скринах даек баймак-бурибайского комплекса, дайки и эффузивы которого близки к бонинитам. Для трондьемитов по цирконам получено значение возраста $423,7 \pm 5,6$ млн лет [6]. В верхней части разреза баймак-бурибайского комплекса залегают колчедановосные вулканы контрастной серии, которые вверх сменяются мощным разрезом островодужных вулканогенных и вулканогенно-осадочных пород ранне-среднедевонского возраста [3].

В Казахстане ассоциации, подобные описанным, известны в Божекульском, в Чу-Илийском регионах,

Таблица 1. Результаты U/Pb (SHRIMP II)-исследований цирконов из тоналитов (проба 14-249) и гранофировых гранитов (проба 14-283) Спиридоновского массива

Точка измерения	$^{206}\text{Pb}_c$, %	U, ppm	Th, ppm	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ (1)	$^{206}\text{Pb}^*$, ppm	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ -возраст
14-249-1	0,05	591	256	0,079	40,3	$492,4 \pm 5,6$
14-249-2	0,20	456	174	0,076	29,9	$473,3 \pm 5,5$
14-249-3	0,07	431	138	0,079	29,3	$490,3 \pm 5,7$
14-249-4	0,33	295	75	0,078	19,8	$483,2 \pm 6$
14-249-5	0,12	415	137	0,077	27,4	$476,7 \pm 5,6$
14-249-6	0,42	441	141	0,078	29,5	$481,2 \pm 5,7$
14-249-7	0,17	360	117	0,076	23,6	$473,9 \pm 5,7$
14-249-8	0,21	458	136	0,078	30,9	$485,2 \pm 5,7$
14-249-9	0,07	730	357	0,079	49,4	$488,7 \pm 5,4$
14-249-10	0,19	359	109	0,078	24,1	$484 \pm 5,8$
14-283-1	0,24	85	27	0,079	5,79	490 ± 11
14-283-2	0,08	263	163	0,08	18,2	498 ± 11
14-283-3	0,14	152	65	0,077	10,1	478 ± 10
14-283-4	0,00	140	66	0,078	9,4	484 ± 11
14-283-5	0,07	161	60	0,078	10,8	486 ± 11
14-283-6	0,27	169	91	0,080	11,6	493 ± 11
14-283-7	0,15	143	53	0,079	9,72	490 ± 11
14-283-8	0,00	97	32	0,078	6,53	485 ± 11
14-283-9	0,10	221	101	0,076	14,5	474 ± 10
14-283-10	0,21	106	40	0,079	7,25	491 ± 11

Примечание. Погрешность 1σ ; Pb_c и Pb^* — пропорции обычного и радиогенного свинца соответственно; погрешность в калибровке стандарта для пробы 14-249 0,50%, для пробы 14-283 0,60%. (1) — обычный Pb, скорректированный с использованием измеренного ^{204}Pb .

**Рис. 4.** Диаграммы с конкордиями по результатам SHRIMP II-исследований цирконов. а — из тоналитов (проба 14-249), б — из гранофировых гранитов (проба 14-283).

где для гранитоидов доказан раннекембрийский возраст [1, 4].

Современные аналоги описанных комплексов распространены в структурах Юго-Западной Паци-

фики (бассейн Манус, о-ва Фиджи, Тонга, Кермадек). Сравнение с этими объектами позволяет предполагать, что магматические комплексы Денисовской зоны и сходные комплексы других районов

Урала, Казахстана отражают эволюцию внутриокенических надсубдукционных структур — островных дуг, задуговых и междуговых прогибов.

Источники финансирования. Выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 14–27–00058) и РФФИ (проект № 14–05–00052; 15–05–05109).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дегтярев К.Е., Рязанцев А.В., Котов А.Б. и др. Раннекембрийские офиолиты Бошекульской зоны (Центральный Казахстан): строение разрезов и обоснование возраста // ДАН. 2010. Т. 431. № 4. С. 503–508.
2. Иванов К.С. Основные черты геологической истории (1,6–0,2 млрд лет) и строения Урала. Дис. д-ра геол.-минерал. наук. Екатеринбург, 1998. 252 с.
3. Маслов В.А., Артюшкова О.В. Стратиграфия и корреляция девонских отложений Магнитогорской мегазоны Южного Урала. Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2010. 288 с.
4. Рязанцев А.В., Дегтярев К.Е., Котов А.Б. и др. Офиолиты Джалаир-Найманской зоны (Южный Казахстан): строение разрезов, обоснование возраста // ДАН. 2009. Т. 427. № 3. С. 359–364.
5. Рязанцев А.В., Дубинина С.В., Кузнецов Н.Б., Белова А.А. Ордовикские структурно-формационные комплексы в аллохтонах Южного Урала // Геотектоника. 2008. № 5. С. 49–78.
6. Рязанцев А.В., Савельева Г.Н., Разумовский А.А. Дайковые комплексы офиолитов Урала // Геотектоника. 2015. № 3. С. 36–55.
7. Рязанцев А.В., Толмачева Т.Ю. Ордовикские вулканогенные и плутонические комплексы Сакмарского аллохтона на Южном Урале // Геотектоника. 2016. № 6. С. 1–28.
8. Sun S.S., McDonough W.F. Chemical and Isotopic Systematics of Oceanic Basalts; Implications for Mantle Composition and Processes. In: Magmatism in the Ocean Basins. L.: Geol. Soc. London, 1989. V. 42. P. 313–345.

ORDOVICIAN GABBRO-TONALITE-TRONDHJEMITE COMPLEX AND ASSOCIATED VOLCANIC ROCKS IN THE PALEOZOIC SUTURE BETWEEN URALS AND KAZAKHSTAN

A. V. Ryazantsev

Presented by Academician of the RAS M.A. Fedonkin November 29, 2016

Received November 14, 2016

This paper reports new data on the Early Ordovician age established for granitoids of the gabbro-tonalite-trondhjemite complex in the Denisovka ophiolite zone (suture) on the boundary between the Paleozoic structures (Paleozooids) of the Urals and Kazakhstan. The ages of 482.6 ± 3.6 Ma and 486.2 ± 6.7 Ma were established by the U/Pb method (SHRIMP II) on the age data for zircon extracted from granitoids. The plutonic complex associates with the Early–Middle Ordovician effusive complex, composed of a series of rocks differentiated from basalts to rhyolites. The volcano-plutonic association was formed in the supra-subduction settings, as is evidenced by the composition of the rocks.

Keywords: Urals, Transuralian, Kazakhstan, Ordovician, ophiolite, gabbro, tonalite, trondhjemite, U/Pb age, zircon, SHRIMP.