

УДК 552.2:551.72 (571.5)

МЕТАМОРФИЧЕСКАЯ ИСТОРИЯ ГРАНУЛИТОВ КУРУЛЬТИНСКОГО БЛОКА (АЛДАНСКИЙ ЩИТ): РЕЗУЛЬТАТЫ U–Pb-ДАТИРОВАНИЯ ЕДИНИЧНЫХ ЗЕРЕН ЦИРКОНА

© 2004 г. Е. Б. Сальникова, член-корреспондент РАН В. А. Глебовицкий, А. Б. Котов,
А. М. Ларин, С. З. Яковлева, Н. Г. Бережная, В. П. Ковач, Г. М. Другова, И. В. Анисимова

Поступило 07.05.2004 г.

Зона сочленения Алданского щита и Джугджуро-Становой складчатой области (ДССО) представляет собой гигантскую зону тектонического меланжа (рис. 1), которая включает Каларский, Курультинский, Зверевский, Сутамский, Аюмканский и Джугджурский тектонические блоки, сложенные породами гранулитовой фации метаморфизма. Изучение гранулитовых комплексов зоны сочленения Алданского щита и ДССО, и в том числе расшифровка последовательности проявления метаморфических процессов в истории их геологического развития, является ключом к пониманию динамики взаимодействия этих крупных сегментов литосферы в раннем докембрии. В настоящем сообщении в этом плане рассматриваются результаты датирования U–Pb-методом по единичным зернам циркона чарнокитов Курультинского блока.

В геологическом строении Курультинского блока принимают участие эндербито-гнейсы и разнообразные по составу кристаллические сланцы и гнейсы курультинской толщи, накопление которой связано с позднеархейским этапом геологического развития зоны сочленения Алданского щита и ДССО [1]. В качестве объекта для геохронологических исследований были выбраны крупнозернистые чарнокиты, которые являются продуктами парциального плавления двупироксеновых гнейсов в ходе гранулитового метаморфизма и, в свою очередь, испытали наложенные структурно-метаморфические преобразования гранулитовой фации. Циркон, выделенный из чарнокита (проба 843), представлен тремя морфологическими типами кристаллов. К I типу (30%) отнесены субидiomорфные, замутненные, интенсивно трещиноватые кристаллы призматического облика вишнево-коричневого цвета с низким двупреломлением и чрезвычайно слабой люминесценцией (рис. 2). Часто наблюдается обрастание циркона I типа

оболочками прозрачного циркона светло-розового цвета (рис. 2). Циркон II типа (60%) представлен субидiomорфными прозрачными и полупрозрачными кристаллами призматической, короткопризматической и изометричной форм (рис. 2), окраска которых варьирует от розовой до темно-вишневой. Для их внутреннего строения характерно присутствие “магматических” зональных ядер, имеющих более интенсивную окраску, и оболочек светло-розового цвета с высокой люминесценцией и грубой фрагментарной зональностью (рис. 2). Мы полагаем, что формирование циркона этого типа связано с кристаллизацией из расплава. К III типу (10%) отнесены субидiomорфные прозрачные бесцветные или бледно-розовые многоплоскостные кристаллы циркона субизометричной формы (рис. 2). Цирконы этого типа обладают незональным или слабозональным строением, высоким двупреломлением и интенсивной люминесценцией (рис. 2). Большая часть кристаллов циркона III типа однородна, но отдельные кристаллы светло-розового цвета содержат ядра более темной окраски. Образование циркона III типа скорее всего связано с проявлением наложенных структурно-метаморфических преобразований, которые, как следует из геологических данных, протекали в условиях гранулитовой фации. Размеры кристаллов циркона I типа варьируют от 80 до 300 мкм ($K_{удл} = 2.5–3.0$), а II и III типов – от 50 до 250 мкм ($K_{удл} = 1.0–3.0$ и $1.0–2.5$ мкм).

Как видно из рис. 3 и табл. 1, точки состава трех единичных зерен циркона II типа (№ 1, 2, 4, табл. 1) образуют линию регрессии, верхнее пересечение которой с конкордией соответствует возрасту 2846 ± 33 млн. лет, а нижнее – 2317 ± 120 млн. лет (СКВО = 0.3). При этом точка изотопного состава одного из зерен (№ 1, табл. 1) располагается практически на конкордии (степень дискордантности 0.56%), а ее возраст ($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$) составляет 2813 ± 1 млн. лет. Конкордантным возрастом (2708 ± 7 млн. лет, СКВО = 1.00, вероятность 0.32) также характеризуются 10 бесцветных зерен циркона III типа (№ 5, табл. 1). Эта

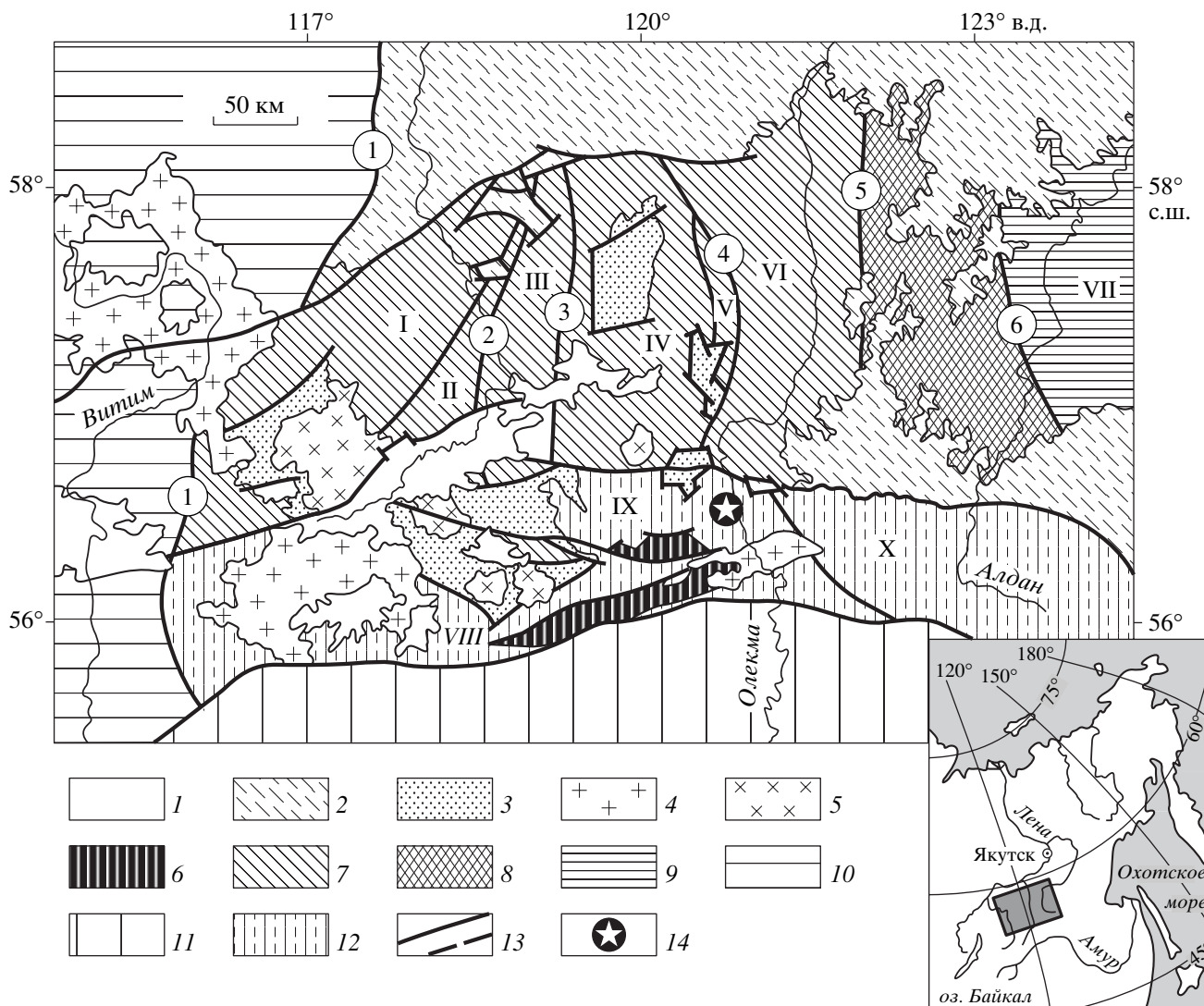


Рис. 1. Схема блокового строения западной части Алданского щита и зоны его сочленения с Джугджуро-Становой складчатой областью [1]. 1 – кайнозойские отложения; 2 – мезозойские, палеозойские и верхнепротерозойские платформенные отложения; 3 – удоканский комплекс; 4 – фанерозойские гранитоиды; 5 – гранитоиды кодарского комплекса; 6 – анортозиты; 7–9 – Алданский щит: 7 – Чаро-Олекминский геоблок, 8 – зона сочленения Чаро-Олекминского и Алданского геоблоков, 9 – Западно-Алданский мегаблок Алданского геоблока. 10 – Байкальская складчатая область; 11 – Джугджуро-Становая складчатая область; 12 – зона сочленения Алданского щита и Джугджуро-Становой складчатой области; 13 – разрывные нарушения; 14 – место отбора пробы для геохронологических исследований. Зоны разрывных нарушений (цифры в кружках): 1 – Жуинская, 2 – Чара-Токкинская, 3 – Тарын-Юряхская, 4 – Оломоkitская, 5 – Борсалинско-Нелюкинская, 6 – Алдано-Килиерская. Блоки: I – Западно-Олекминский, II – Чарский, III – Токкинский, IV – Чароудинский, V – Оломоkitский, VI – Восточно-Олекминский, VII – Нимнырский, VIII – Карларский, IX – Курультинский, X – Зверевский.

оценка возраста в пределах погрешности совпадает с возрастом (2732 ± 14 млн. лет), определяемым верхним пересечением дискордии, построенной для всех точек изотопного состава циркона III типа (№ 5–8, табл. 1); нижнее пересечение отвечает возрасту 1828 ± 31 млн. лет (СКВО = 0.94). Этой же линии регрессии аппроксимируется точка состава циркона I типа, который характеризуется максимальной дискордантностью (№ 9, табл. 1). Морфологические характеристики циркона I типа, особенности его внутреннего строения и по-

вышенные по сравнению с цирконами других типов содержания урана позволяют предполагать, что он был образован на регрессивной стадии наложенного на чарнокиты высокотемпературного метаморфизма. При этом не исключено, что этот циркон испытал значительные потери радиогенного свинца в раннепротерозойское время.

Как уже отмечалось выше, морфологические характеристики и особенности внутреннего строения циркона II типа свидетельствуют об его магма-

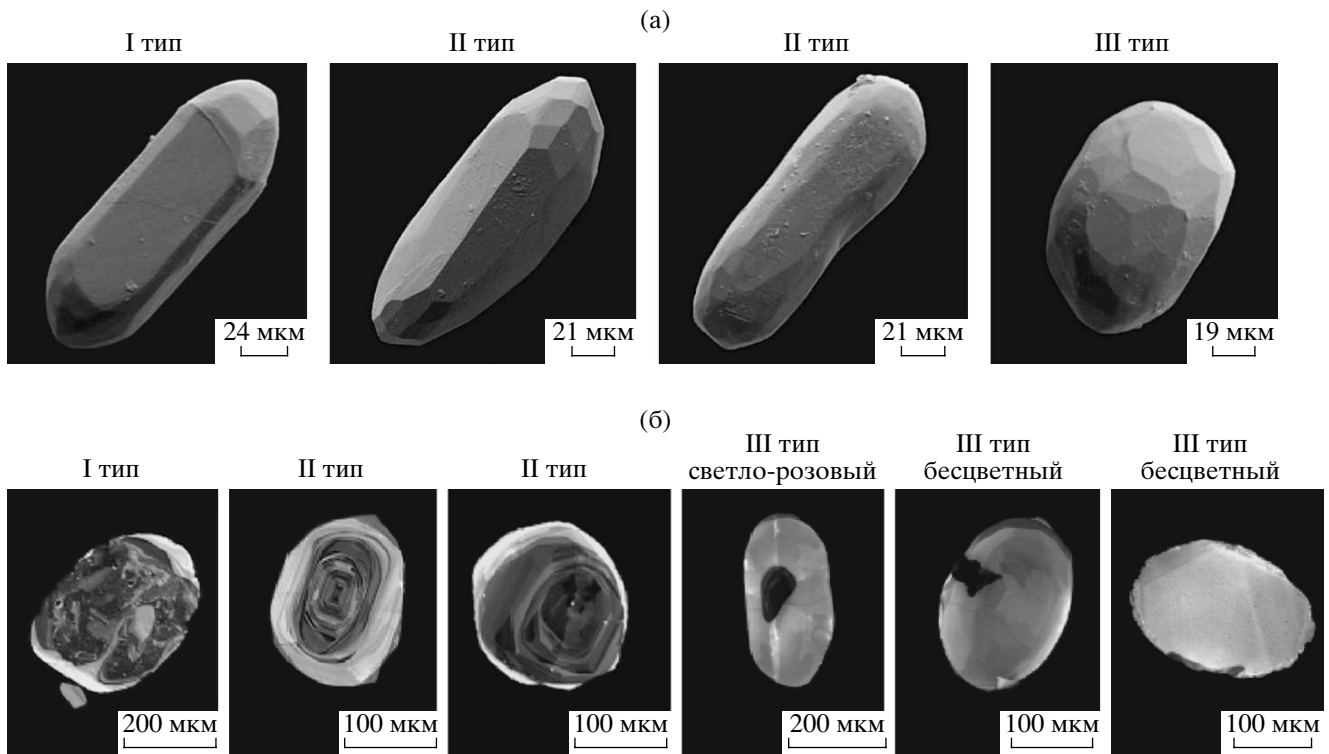


Рис. 2. Микрофотографии циркона из чарнокитов (проба 843) Курультинского блока зоны сочленения Алданского щита и ДССО: а – выполненные на сканирующем электронном микроскопе АВТ-55 (ускоряющее напряжение 20 кВ); б – выполненные с помощью катодоллюминесцентного детектора на сканирующем электронном микроскопе “Сам-Scan” (ускоряющее напряжение 15 кВ).

тическом происхождении. Следовательно, оценку возраста 2846 ± 33 млн. лет, полученную по верхнему пересечению дискордии, можно рассматривать как возраст кристаллизации исходных для чарнокитов расплавов. В качестве наиболее точной оценки возраста раннего наложенного высокотемпературного метаморфизма мы принимаем возраст конкордантного “гранулитового” циркона – 2708 ± 7 млн. лет. В изученной пробе чарнокитов не представлена самостоятельная генерация циркона, связанная с более поздним метаморфизмом. Однако есть все основания полагать, что этим процессом обусловлены потери цирконом радиогенного свинца.

Представленные в работе и полученные ранее геохронологические данные [1–6] позволяют в значительной мере уточнить существующие представления о последовательности геологических событий в зоне сочленения Алданского щита и ДССО и выделить в ее истории по крайней мере четыре эпизода высокоградного метаморфизма. К первому из них относится формирование чарнокит-мигматитов и параавтохтонных чарнокитов, возраст кристаллизации которых составляет 2846 ± 33 млн. лет. Следует заметить, что по возрасту это метаморфическое событие сопоставимо с формированием наиболее древних чарнокитов и гранитоидов Дамбукинского блока ДССО [3]. Со

вторым эпизодом метаморфизма связаны структурно-метаморфические преобразования чарнокитов в условиях гранулитовой фации и образова-

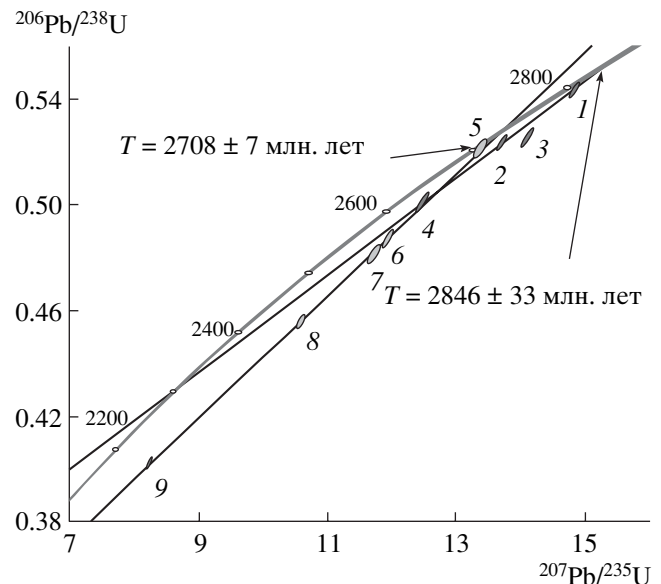


Рис. 3. Диаграмма с конкордией для циркона из чарнокитов (проба 843) Курультинского блока зоны сочленения Алданского щита и ДССО. Номера на рисунке соответствуют порядковым номерам в табл. 1.

Таблица 1. Результаты U–Pb-изотопных исследований единичных зерен циркона из чарнокитов Курультинского блока (проба 843)

№ п.п.	Размер зерна (мкм) и его характеристика	U/Pb ^a	Изотопные отношения						Rho ^г	Возраст, млн. лет		
			Th/U ^б	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb ^в	²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁶ Pb ^в	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U		²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb
1	>150, II, A 20%	1.68	0.27	4896	0.1983 ± ± 1	0.0726 ± ± 1	14.856 ± ± 22	0.5432 ± ± 8	0.96	2806 ± ± 4	2797 ± ± 5	2813 ± ± 1
2	>100, II, A 50%	1.66	0.35	645	0.1903 ± ± 5	0.0949 ± ± 1	13.724 ± ± 63	0.5230 ± ± 24	0.86	2731 ± ± 14	2712 ± ± 12	2745 ± ± 4
3	>150, II, A 40%, CLC	1.76	0.26	404	0.1949 ± ± 5	0.0701 ± ± 1	14.110 ± ± 84	0.5251 ± ± 32	0.90	2757 ± ± 17	2721 ± ± 16	2784 ± ± 4
4	>150, II, A 50%, 2 зерна	1.67	0.66	1803	0.1812 ± ± 4	0.2026 ± ± 2	12.489 ± ± 94	0.4998 ± ± 36	0.96	2642 ± ± 20	2613 ± ± 19	2664 ± ± 3
5	>150, III б/цв, A 10%, 10 зерен	1.47	0.70	342	0.1865 ± ± 8	0.1935 ± ± 4	13.392 ± ± 84	0.5208 ± ± 30	0.76	2708 ± ± 17	2703 ± ± 16	2712 ± ± 7
6	>150, III б/цв, 3 зерна	1.79	0.60	363	0.1782 ± ± 5	0.1658 ± ± 1	11.956 ± ± 72	0.4867 ± ± 29	0.90	2601 ± ± 16	2556 ± ± 15	2636 ± ± 4
7	>150, III роз., A 30%, 12 зерен	1.19	2.03	165	0.1772 ± ± 7	0.5589 ± ± 1	11.746 ± ± 74	0.4808 ± ± 30	0.79	2584 ± ± 16	2531 ± ± 16	2627 ± ± 7
8	>150, III роз.-вышн., A 60%, CLC	2.04	0.21	1195	0.1690 ± ± 4	0.0577 ± ± 1	10.605 ± ± 42	0.4552 ± ± 14	0.77	2489 ± ± 10	2418 ± ± 8	2548 ± ± 4
9	>150, I, A 40%	2.23	0.52	4808	0.1489 ± ± 1	0.1418 ± ± 1	8.246 ± ± 12	0.4016 ± ± 6	0.93	2258 ± ± 3	2176 ± ± 3	2334 ± ± 1

Примечание. ^a – масса зерна циркона не определялась, U/Pb определено для условной навески; ^б – рассчитано из отношения ²⁰⁸Pb/²⁰⁶Pb с учетом возраста по ²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb; ^в – изотопные отношения, скорректированные на бланк и обычный свинец; ^г – коэффициент корреляции отношений ²⁰⁷Pb/²³⁵U–²⁰⁶Pb/²³⁸U; A 20% – количество вещества, удаленное в процессе аэробразивной обработки циркона [8]; I, II, III – морфологический тип циркона; CLC – выбор единичного зерна осуществлялся с помощью катодоллюминесценции (CLC метод [9]). Величины ошибок (2σ) соответствуют последним значащим цифрам. Выделение акцессорного циркона проводилось по стандартной методике с использованием тяжелых жидкостей. Выбранные для U–Pb-геохронологических исследований кристаллы циркона подвергались многоступенчатому удалению поверхностных загрязнений в спирте, ацетоне и 1M HNO₃. При этом после каждой ступени зерно циркона (или его фрагмент) промывалось особо чистой водой. Разложение циркона и химическое выделение Pb и U проводились по модифицированной методике Т. Кроу [8]. Уровень холостого опыта за период исследований не превышал 30 пг Pb. Определение изотопного состава Pb и U выполнено на масс-спектрометре “Finnigan MAT-261” в статическом режиме или с помощью электронного умножителя (коэффициент дискриминации для Pb – 0.32 ± 0.11 аем). Обработка экспериментальных данных проводилась по программам “PbDAT” [10] и “ISOPLOT” [11]. При расчете возраста использованы общепринятые значения констант распада урана [12]. Поправки на обычный свинец введены в соответствии с модельными величинами [13]. Все ошибки приведены на уровне 2σ.

ние в них циркона с возрастом 2708 ± 7 млн. лет. В течение третьего эпизода метаморфизма произошло внедрение интрузий эндербитов джелуйского (2627 ± 16 млн. лет) и чарнокитов алтуальского (2614 ± 7 млн. лет) комплексов [1], предшествующее становлению Каларского массива анортозитов с возрастом 2611 ± 38–2623 ± 23 млн. лет [4]. Это же событие выявляется и в пределах ДССО. Так, например, чарнокиты Дамбукинского блока испытали структурно-метаморфические преобразования в ходе регионального высокотемпературного метаморфизма с возрастом 2647 ± ± 3 млн. лет [3]. Возраст четвертого эпизода высокотемпературного регионального метаморфизма Курультинского блока, наложенного на породы Каларского массива, составляет 1849 ± 15 млн. лет [4], что сопоставимо с оценками возраста, полу-

ченными для последнего высокоградного преобразования чарнокитов (1884 ± 9 млн. лет) и пироксен-полевошпатовых жильных метасоматитов (1896 ± 15 млн. лет) в гранулитах Дамбукинского блока ДССО [3], а также с оценками возраста циркона из мафических даек этого блока, метаморфизованных в условиях гранулитовой фации (1924 ± 24 млн. лет [6]). Кроме того, близкие оценки возраста получены для повторного гранулитового метаморфизма (1935 ± 35 млн. лет [5]), проявленного в центральной части Сутамского блока.

Первые три метаморфических события, скорее всего, связаны с амальгамацией и последующей коллизией террейнов, ныне представляющих собой позднеархейское гранулитовое основание ДССО, с Олекмо-Алданской континентальной микроплитой. Последнее метаморфическое событие хорошо

увязывается с причленением Джугджуро-Становой континентальной плиты к Сибирскому кратону [3] и с формированием глобальной системы коллизионных орогенов и одного из древнейших суперконтинентов [7].

Исследования выполнены при поддержке РФФИ (проекты 00-05-72011, 02-05-64209, 02-05-65086, 03-05-64893, 04-05-64810), Научной школы НШ-615.2003.05, Программ фундаментальных исследований ОНЗ РАН № 7, 8 и Фонда содействия отечественной науке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Котов А.Б.* Граничные условия геодинамических моделей формирования континентальной коры Алданского щита: Автореф. дис. ... д-ра. геол.-минер. наук. СПб.: Изд-во СПбГУ, 2003. 78 с.
2. *Бибикова Е.В., Другова Г.М., Дук В.Л. и др.* В кн.: Изотопная геология и геохронологическая шкала. М.: Наука, 1986. С. 135–159.
3. *Ларин А.М., Сальников Е.Б., Котов А.Б. и др.* // Петрология. 2004. Т. 12. № 3. С. 1–19.
4. *Ларин А.М., Сальникова Е.Б., Котов А.Б. и др.* В кн.: Изотопная геохронология в решении проблем геодинамики и рудогенеза. СПб.: ЦИК, 2003. С. 246–249.
5. *Шемякин В.М., Глебовицкий В.А., Бережная Н.Г. и др.* // ДАН. 1998. Т. 360. № 4. С. 526–529.
6. *Nutman A.P., Chernyshev I.V., Baadsgaard H., Smelov A.P.* // Precamb. Res. 1992. V. 54. P. 195–210.
7. *Glebovitsky V.A.* Early Precambrian of Russia. L.: Gordon and Breach, 1997. 315 p.
8. *Krogh T.E.* // Geochim. et cosmochim. acta. 1973. V. 37. P. 485–494.
9. *Poller U., Liebetrau V., Todt W.* // Chem. Geol. 1997. V. 139. P. 287–297.
10. *Ludwig K.R.* // US Geol. Surv. Open-File Rept. 88–542. 1991. 35 p.
11. *Ludwig K.R.* // Berkley Geochronol. Center Spec. Publ. 1999. № 1a. 49 p.
12. *Steiger R.H., Jager E.* // Earth and Planet. Sci. Lett. 1976. V. 36. № 2. P. 359–362.
13. *Stacey J.S., Kramers I.D.* // Earth and Planet. Sci. Lett. 1975. V. 26. № 2. P. 207–221.