ДОКЛАДЫ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК. НАУКИ О ЗЕМЛЕ, 2020, том 493, № 1, с. 10–15

ГЕОЛОГИЯ

УДК 551:552:550.4

ПЕРВЫЕ СВИДЕТЕЛЬСТВА КЕМБРИЙСКОГО ГРАНИТОИДНОГО МАГМАТИЗМА В ИСТОРИИ ФОРМИРОВАНИЯ БУРЕИНСКОГО КОНТИНЕНТАЛЬНОГО МАССИВА ЦЕНТРАЛЬНО-АЗИАТСКОГО СКЛАДЧАТОГО ПОЯСА

© 2020 г. Р. О. Овчинников[1,*], член-корреспондент РАН А. А. Сорокин[1], Н. М. Кудряшов[2]

Поступило 19.03.2020 г.
После доработки 19.03.2020 г.
Принято к публикации 09.04.2020 г.

Приведены результаты U–Pb-геохронологических исследований раннепалеозойских гранитоидов северной части Буреинского континентального массива. Установлено, что порфиробластические роговообманково-биотитовые граниты Кивилийского массива одноименного комплекса имеют возраст 502 ± 6 млн лет, а слабогнейсовидные биотитовые граниты Кивитинского массива суларинского комплекса – 492 ± 6 млн лет. Таким образом, гранитоиды обоих комплексов имеют кембрийский, а не ордовикский возраст, как предполагалось ранее. В совокупности с ранее полученными материалами эти данные свидетельствуют о том, что в пределах Буреинского континентального массива в среднем кембрии–раннем ордовике проявился интенсивный гранитоидный магматизм. Примечательно, что в строении Цзямуси-Ханкайского континентального массива, соседнего с Буреинским, раннепалеозойский магматизм проявился в более широком диапазоне – от раннего кембрия до силура. Это может указывать, как на различия в истории формирования этих континентальных массивов, так и недостаточную изученность Буреинского массива.

Ключевые слова: Буреинский массив, Центрально-Азиатский складчатый пояс, гранитоиды, ранний палеозой

DOI: 10.31857/S2686739720070129

Установление хронологии проявления магматических событий в истории формирования и эволюции континентальных массивов восточной части Центрально-Азиатского складчатого пояса является необходимым условием для разработки интегрированной модели формирования этого крупнейшего орогенного пояса Евразии. При этом ключевое значение имеет изучение позднедокембрийских и раннепалеозойских комплексов ([1, 2] и др.).

Буреинский массив относится к одному из наиболее крупных континентальных массивов указанного пояса, однако, история его формирования исследована недостаточно и, в первую очередь, это относится к раннему палеозою. По существующим представлениям, в начале палеозоя проявилось два импульса магматической активности, вещественным выражением которых являются кивилийский габбро-гранитовый (ранний) и суларинский гранитовый (поздний) комплексы. Несмотря на то, что такая идея поддерживается большинством геологов [3, 4], непосредственный возраст этих комплексов остается неопределенным. В настоящее время оба комплекса условно отнесены к ордовику [3].

Для внесения определенности в проблему этапов раннепалеозойского магматизма мы выполнили геохронологические исследования гранитоидов кивилийского и суларинского комплексов в северной части Буреинского континентального массива (рис. 1).

Кивилийский массив является наиболее крупным и одновременно петротипическим для одноименного комплекса. Массив расположен в верховьях рек Мал. Кивили, Кучулым (бассейн р. Бурея) и его ширина варьирует от 2.5 до 12.5 км, протяженность – около 42 км. Массив сложен преимущественно порфиробластическими биотитовыми, роговообманково-биотитовыми гранитами, в той или иной степени катаклазированными. Породы массива прорывают раннепротерозойские(?) гнейсы и кристаллические сланцы

[1] *Институт геологии и природопользования Дальневосточного отделения Российской академии наук, Благовещенск, Россия*
[2] *Геологический институт Кольского научного центра Российской академии наук, Апатиты, Россия*
**E-mail: Ovchinnikov@ignm.ru*

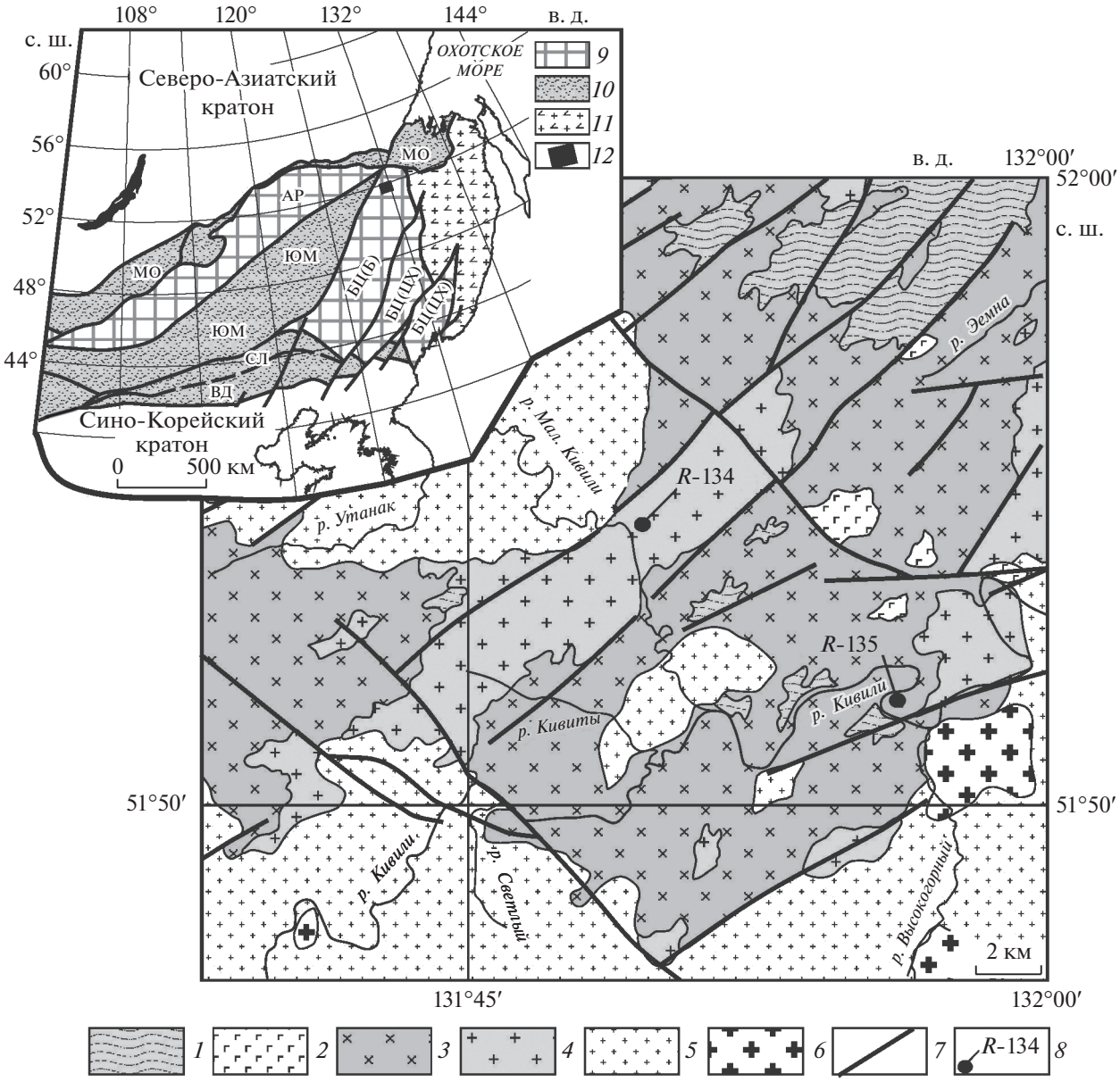

Рис. 1. Схема геологического строения северной части Буреинского континентального массива (бассейн р. Кивили). Составлена по [15] с изменениями авторов. *1* – нерасчлененные метаморфические комплексы палеопротерозойского(?) возраста; *2* –палеопротерозойские(?) габбро-амфиболиты амурского комплекса; *3* – ордовикские(?) биотитовые, роговообманково-биотитовые порфиробластические граниты, гранодиориты кивилийского комплекса; *4* – ордовикские(?) гнейсовидные биотитовые граниты, гранодиориты суларинского комплекса; *5* – позднепалеозойские биотитовые, роговообманково-биотитовые порфировидные граниты тырмо-буреинского комплекса; *6* – раннемезозойские лейкократовые граниты; *7* – главные разломы; *8* – места отбора образцов для геохронологических исследований и их номера. На врезке показано положение исследуемых объектов в структуре восточной части Центрально-Азиатского складчатого пояса (тектоническая основа по [2] с изменениями авторов): *9* – супертеррейны: АР – Аргунский, БЦ – Буреинско-Цзямусинский (БЦ(Б) – Буреинский террейн (континентальный массив), БЦ(ЦХ) – Цзямуси-Ханкайский террейн (континентальный массив)); *10* – палеозойские-раннемезозойские складчатые пояса (МО – Монголо-Охотский, ЮМ – Южномонгольский, СЛ – Солонкерский, ВД – Вундурмиао); *11* – позднеюрско-раннемеловые орогенные пояса; *12* – район исследования.

дичунской свиты и, в свою очередь, интрудированы гранитоидами раннепалеозойского суларинского и позднепалеозойского тырмо-буреинского комплексов (рис. 1).

Кивитинский массив суларинского комплекса расположен в верховьях рек Мал. Кивили, Кивиты, Эемна (бассейн. р. Бурея). Он вытянут в СВ-направлении на 16 км при ширине до 4 км. Массив сложен преимущественно среднезернистыми слабогнейсовидыми биотитовыми гранитами. Контакты с гранитоидами кивилийского комплекса, в основном, тектонические, реже –

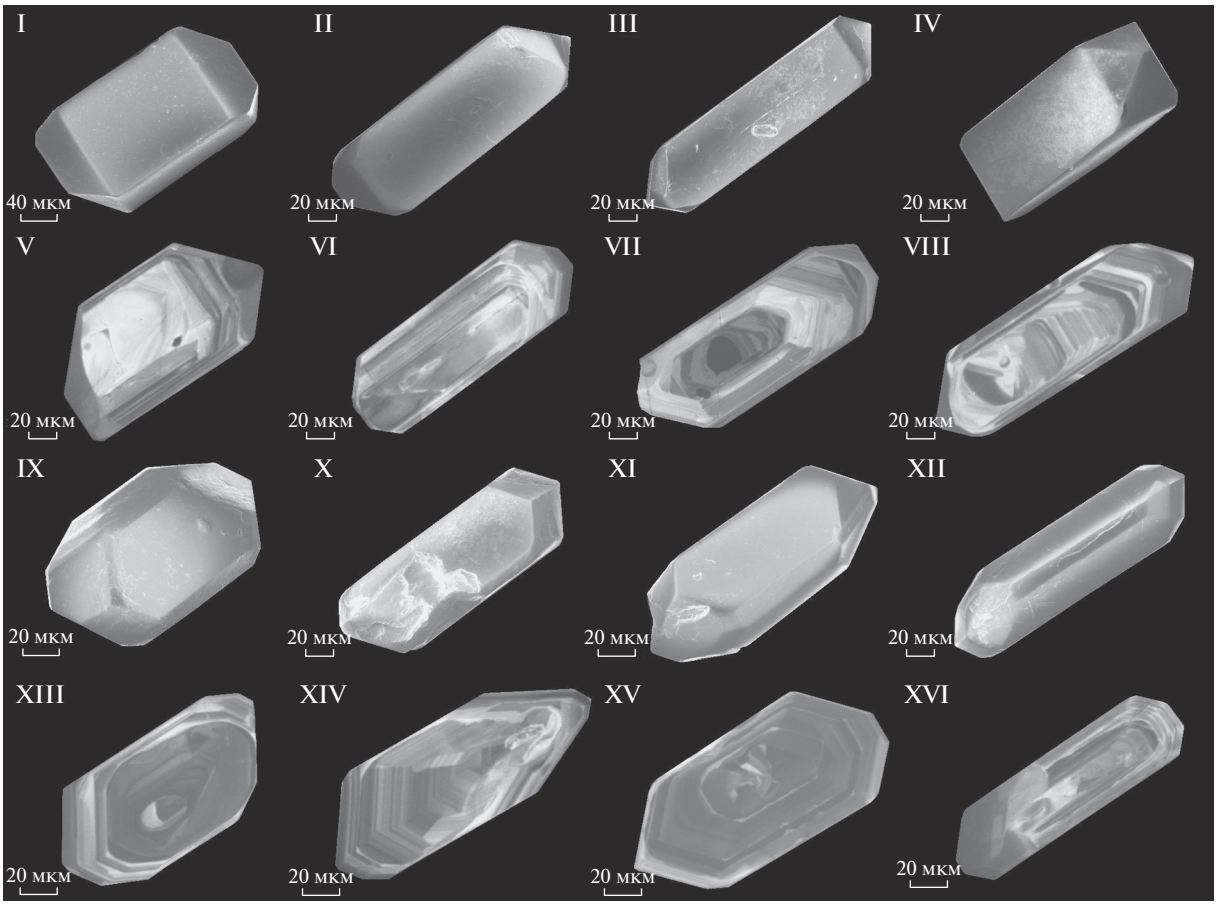

Рис. 2. Микрофотографии кристаллов циркона в режиме вторичных электронов и катодолюминесценции. Выполнены в Геологическом институте КНЦ РАН, г.Апатиты (аналитик-исследователь Л.М. Лялина) на растровом электронном микроскопе LEO1450, оснащенном приставкой PANA CL. I–VIII – кристаллы циркона порфиробластического роговообманково-биотитового гранита (обр. R-135) Кивилийского массива одноименного комплекса; IX–XVI – из слабогнейсовидного биотитового гранита (обр. R-134) Кивитинского массива суларинского комплекса.

интрузивные. На северном и южном флангах Кивитинский массив прорван позднепалеозойскими гранитоидами Тырмо-Буреинского комплекса (рис. 1).

Для геохронологических исследований использован образец R-135 порфиробластического роговообманково-биотитового гранита кивилийского комплекса, отобранный в юго-западной части Кивилийского массива, а также образец R-134 слабогнейсовидного биотитового гранита суларинского комплекса, отобранный в центральной части Кивитинского массива (рис. 1).

Выделение циркона проводилось по стандартной методике с использованием магнитной сепарации и тяжелых жидкостей. Выбранные для U–Pb-геохронологических исследований кристаллы циркона подвергались многоступенчатому удалению поверхностных загрязнений в спирте, ацетоне и 1M HNO_3. Концентрации U и Pb определялись методом изотопного разбавления на масс-спектрометре “Finnigan” MAT-262 (RPQ) с использованием смешанного изотопного индикатора $^{208}Pb + ^{235}U$ в Геологическом институте КНЦ РАН (Апатиты). В качестве эммитера ионов использовался силикагель. Уровень холостого опыта за период исследования составлял менее 80 пг для свинца и 40 пг для урана. Все изотопные отношения исправлены на величину масс-фракционирования (0.12 ± 0.04%), рассчитанную для параллельных анализов стандартов SRM-981 и SRM-982. Точность определения U/Pb-отношений и содержаний U и Pb составила 0.5%. Обработка экспериментальных данных проводилась при помощи программам “PbDAT” [5] и “ISOPLOT” [6]. При расчете возрастов использованы общепринятые значения констант распада урана [7]. Поправки на обычный свинец введены в соответствии с модельными величинами [8]. Все ошибки приведены на уровне 2σ.

Акцессорный циркон, выделенный из порфиробластического роговообманково-биотитового гранита (обр. R-135) Кивилийского массива од-

ноименного комплекса, представлен идиоморфными и субидиоморфными оранжево-коричневатой окраски прозрачными трещиноватыми кристаллами дипирамидально-призматической формы. Основными элементами огранки кристаллов цирконового типа являются грани призм {110} и дипирамиды {111}, в некоторых кристаллах осложненной гиацинтовой призмой {100}. Поверхность граней ровная, ребра четкие (рис. 2 I-IV). Для внутреннего строения циркона характерно присутствие небольшого количества твердофазных и газово-жидких включений. В режиме катодолюминесценции (рис. 2 V-VIII) в большинстве зерен отчетливо проявлена тонкая зональность роста. Размер зерен от 200 до 50 мкм; $K_{удл}$ = 2.0–3.0. Для проведения U–Pb-изотопных исследований были использованы четыре размерные навески циркона, содержащего наименьшее количество включений (табл. 1). Точки изотопного состава изученного циркона располагаются на дискордии, верхнее пересечение которой с конкордией отвечает возрасту 502 ± 6 млн лет, СКВО = 0.71 (рис. 3), а нижнее пересечение отвечает современным потерям свинца. На основании морфологических особенностей циркона, наличия эвгедральной зональности мы полагаем, что оценка возраста, определяемая верхним пересечением дискордии, отвечает возрасту кристаллизации расплава, родоначального для роговообманково-биотитовых гранитов Кивилийского массива.

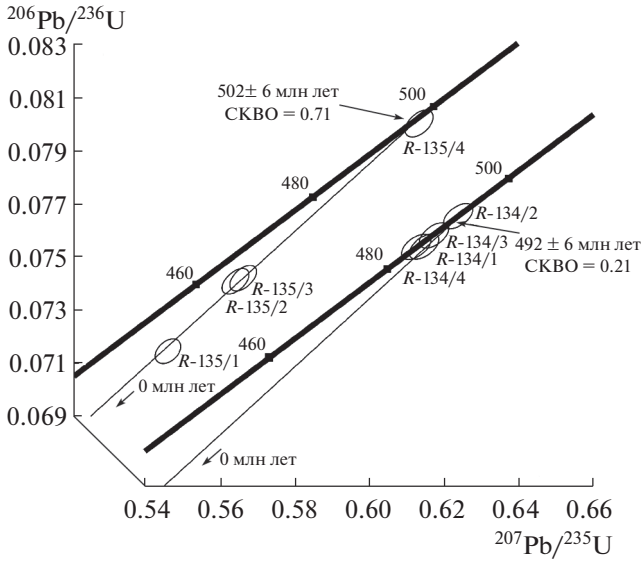

Рис. 3. Диаграммы с конкордией для циркона из порфиробластического роговообманково-биотитового гранита (обр. R-135) Кивилийского массива одноименного комплекса и слабогнейсовидного биотитового гранита (обр. R-134) Кивитинского массива суларинского комплекса. Номера точек соответствуют номерам в табл. 1.

Акцессорный циркон, выделенный из слабогнейсовидного биотитового гранита (обр. R-134) Кивитинского массива суларинского комплекса, представлен идиоморфными и субидиоморфными кремово-коричневатой окраски прозрачными трещиноватыми кристаллами дипирамидально-призматической формы. Основными элементами огранки являются грани призм {110} и {100}, дипирамиды {111} и {101}. Поверхность граней кристаллов ровная, ребра четкие (рис. 2 IX–XII). Для внутреннего строения циркона характерно присутствие небольшого количества твердофазных и газово-жидких включений. В режиме катодолюминесценции (рис. 2 XIII-XVI) в большинстве зерен отчетливо проявлена тонкая зональность роста. Размер зерен циркона изменяется от 500 до 50 мкм; $K_{удл}$ = 2.0–3.0. Для проведения U–Pb-изотопных исследований были использованы четыре размерные навески циркона, содержащего наименьшее количество включений (табл. 1). Точки изотопного состава изученного циркона располагаются на дискордии, верхнее пересечение которой с конкордией отвечает возрасту 492 ± 6 млн лет, СКВО = 0.21 (рис. 3), а нижнее пересечение отвечает современным потерям свинца. Морфологические особенности циркона, наличие эвгедральной зональности указывают на его магматическое происхождение. В связи с этим, оценка возраста, определяемая верхним пересечением дискордии, принимается нами в качестве возраста кристаллизации расплава, родоначального для биотитовых гранитов Кивитинского массива.

Полученные данные свидетельствуют о том, что порфиробластические роговообманково-биотитовые граниты Кивилийского массива одноименного комплекса и слабогнейсовидные биотитовые граниты Кивитинского массива суларинского комплекса имеют кембрийский, а не ордовикский возраст, как отражено на геологических картах последнего поколения (в том числе [3]). Кембрийский (504 ± 8 млн лет [9]) возраст имеют и риолиты в северной части Буреинского континентального массива, ранее относимые к “туранской серии” [4]. Границе позднего кембрия и раннего ордовика отвечает возраст гнейсовидных гранитов (481 ± 5 млн лет, [10]) небольшого массива в центральной части Буреинского континентального массива в приустьевой части р. Тырма. Также следует отметить, что кембрийский возраст (~487 млн лет) имеет наиболее молодая и одновременно наиболее многочисленная популяция детритовых цирконов в метаосадочных породах дягдаглейской толщи Буреинского континентального массива [11].

В целом, полученные данные свидетельствуют о том, что в пределах Буреинского континентального массива в среднем кембрии–раннем ордовике проявился интенсивный гранитоидный маг-

Таблица 1. Результаты U–Pb-геохронологических исследований акцессорных цирконов из гранитоидов Кивилийского массива одноименного комплекса и Кивитинского массива суларинского комплекса

№ обр./№ фракции	Размер фракции, мкм навеска, мг	Содержание, мкг/г		Изотопные отношения					Rho	Возраст, млн лет		
		Pb	U	$^{206}Pb/^{204}Pb^*$	$^{207}Pb/^{206}Pb^*$	$^{208}Pb/^{206}Pb^*$	$^{206}Pb/^{238}U$	$^{207}Pb/^{235}U$		$^{206}Pb/^{238}U$	$^{207}Pb/^{235}U$	$^{207}Pb/^{206}Pb$
Гранит роговообманково-биотитовый порфиробластический Кивилийского массива												
R-135/1	–125+100, 1.3	18.7	253	1472	0.06713 ± 6	0.1411 ± 2	0.07145 ± 12	0.5656 ± 45	0.43	444.9 ± 0.8	455.2 ± 3.7	507.4 ± 4.1
R-135/2	–100+75, 1.0	27.6	364	2866	0.06207 ± 6	0.1354 ± 1	0.07406 ± 15	0.5833 ± 41	0.43	460.5 ± 0.9	466.6 ± 3.3	496.5 ± 3.5
R-135/3	–200, +150, 2.3	22.7	296	2439	0.06304 ± 6	0.1372 ± 3	0.07424 ± 15	0.5853 ± 29	0.44	461.6 ± 0.8	467.9 ± 2.3	498.6 ± 2.4
R-135/4	–75, 1,0	26.4	335	1437	0.06730 ± 6	0.1487 ± 3	0.08005 ± 24	0.6326 ± 38	0.46	496.4 ± 1.5	497.7 ± 3.0	503.7 ± 3.5
Гранит биотитовый слабогнейсовидный Кивитинского массива												
R-134/1	–500+150, 0.6	16.4	167	276	0.1094 ± 1	0.2947 ± 3	0.07807 ± 31	0.6139 ± 49	0.43	484.6 ± 1.9	486.0 ± 3.9	492.8 ± 3.9
R-134/2	–100+75, 0.2	33.9	374	331	0.1006 ± 1	0.2262 ± 2	0.07923 ± 35	0.6237 ± 56	0.50	491.5 ± 2.2	492.2 ± 4.4	495.2 ± 4.5
R-134/3	+75, 0.5	23.0	255	459	0.08841 ± 1	0.2335 ± 2	0.07850 ± 24	0.6172 ± 43	0.45	487.2 ± 1.5	488.1 ± 3.4	492.5 ± 3.9
R-134/4	–100, 0.7	28.4	370	912	0.07271 ± 1	0.1672 ± 2	0.07805 ± 23	0.6127 ± 37	0.45	484.5 ± 1.5	485.2 ± 2.9	488.8 ± 4.4

Примечание. * – изотопные отношения, скорректированные на бланк и обычный свинец; Rho – коэффициент корреляции отношений $^{207}Pb/^{235}U$–$^{206}Pb/^{238}U$. Величины ошибок соответствуют последним значащим цифрам после запятой.

матизм. Имеющиеся в настоящее время данные не позволяют рассуждать о тектонической природе этого магматизма. Однако интересно отметить, что в строении Цзямуси-Ханкайского континентального массива (рис. 1), соседнего с Буреинским в структуре восточной части Центрально-Азиатского пояса, раннепалеозойский магматизм проявился в более широком диапазоне – от раннего кембрия до силура (540–429 млн лет, [12–14 и др.]). Это может указывать, как на различия в истории формирования этих континентальных массивов, так и недостаточную изученность Буреинского массива.

ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Исследования выполнены при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 19–05–00103).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Моссаковский А.А., Руженцев С.В., Самыгин С.Г. и др.* Центрально-Азиатский складчатый пояс: геодинамическая эволюция и история формирования // Геотектоника. 1993. № 6. С. 3–32.
2. *Парфенов Л.М., Берзин Н.А., Ханчук А.И. и др.* Модель формирования орогенных поясов Центральной и Северо-Восточной Азии // Тихоокеанская геология. 2003. Т. 22. № 6. С. 7–41.
3. *Забродин В.Ю., Гурьянов В.А., Кисляков С.Г. и др.* Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1: 1000000. Серия Дальневосточная. Лист N-53. Третье поколение. СПб.: ВСЕГЕИ, 2007.
4. *Мартынюк М.В., Рямов С.А., Кондратьева В.А.* Объяснительная записка к схеме корреляции магматических комплексов Хабаровского края и Амурской области. Хабаровск: ПГО “Дальгеология”, 1990. 215 с.
5. *Ludwig K.R.* PbDat for MS-DOS, Version 1.21 // U.S. Geol. Survey Open-File Rept. 1991. 88-542. 35 p.
6. *Ludwig K.* Isoplot 3.6 // Berkeley Geochronol. Center Spec. Publ. 2008. V. 4. 77 p.
7. *Steiger R.H., Jager E.* Subcomission of Geochronology: Convension of the Use of Decay Constants in Geo- and Cosmochronology // Earth Planet. Sci. Lett. 1976. V. 36. № 2. P. 359–362.
8. *Stacey J.S., Kramers I.D.* Approximation of Terrestrial Lead Isotope Evolution by a Two-stage Model // Earth Planet. Sci. Lett. 1975. V. 26. № 2. P. 207–221.
9. *Сорокин А.А., Смирнов Ю.В., Смирнова Ю.Н. и др.* Первые данные о возрасте метариолитов туранской серии Буреинского террейна восточной части Центрально-Азиасткого складчатого пояса // ДАН. 2011. Т. 439. № 3. С. 370–375.
10. *Овчинников Р.О., Сорокин А.А., Кудряшов Н.М. и др.* Возрастные рубежи проявления раннепалеозойского гранитоидного магматизма центральной части Буреинского континентального массива Централь-

но-Азиатского складчатого пояса // Геодинамика и тектонофизика. 2020. Т. 11. № 1. С. 89–106.

11. *Овчинников Р.О., Сорокин А.А., Ковач В.П. и др.* Раннепалеозойский возраст и природа протолита метаморфических пород дягдаглейской толщи, Буреинский континентальный массив, Центрально-Азиатский складчатый пояс // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2020. Т. 28. № 3. С. 48–62.

12. *Сорокин А.А., Котов А.Б., Сальникова Е.Б. и др.* Первые данные о возрасте раннепалеозойских гранитоидов Малохинганского террейна Центрально-Азиатского складчатого пояса // ДАН. 2010. Т. 431. № 2. С. 228–232.

13. *Бучко И.В., Сорокин А.А., Кудряшов Н.М.* Возраст и тектоническая позиция раннепалеозойских габброидов Малохинганского террейна восточной части Центрально-Азиатского складчатого пояса // ДАН. 2012. Т. 445. № 4. С. 428–432.

14. *Yang H., Ge W.C., Bi J.H., et al.* The Neoproterozoic-Early Paleozoic Evolution of the Jiamusi Block, NE China and its East Gondwana Connection: Geochemical and Zircon U-Pb-Hf Isotopic Constrains from the Mashan Complex // Gondwana Res. 2018. V. 54. P. 102–121.

15. *Чепыгин В.Е.* Государственная геологическая карта СССР. Масштаб 1 : 200 000. Серия Хингано-Буреинская. Лист M-52-VI. Ред. В.К. Путинцев. Л.: ВСЕГЕИ, 1977.

THE FIRST EVIDENCE OF CAMBRIAN GRANITOID MAGMATISM IN THE HISTORY OF THE FORMATION OF THE BUREYA CONTINENTAL MASSIF OF THE CENTRAL ASIAN FOLD BELT

R. O. Ovchinnikov[a,#], Corresponding Member of the RAS A. A. Sorokin[a], and N. M. Kudryashov[b]

[a] *Institute of Geology and Nature Management of Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Blagoveshchensk, Russian Federation*

[b] *Geological Institute, Kola Research Center of the Russian Academy of Sciences, Apatity, Russian Federation*

[#]*E-mail: Ovchinnikov@ignm.ru*

We present the results of U-Pb geochronological studies of the Early Paleozoic granitoids in the northern part of the Bureya continental massif. It has been established that porphyroblastic 100hornblende-biotite granites of the Kivili Massif of the Kivili Complex are 502 ± 6 Ma, and gneissic biotite granites of the Kivita Massif of the Sularin Complex are 492 ± 6 Ma. Thus, the granitoids of both complexes are of Cambrian but not Ordovician age, as was previously assumed. Together with previously obtained materials, these data indicate that intense granitoid magmatism manifested in the Middle Cambrian – Early Ordovician within the Bureya continental massif. It is noteworthy that in the Jiamusi-Khanka continental massif adjacent to the Bureinsky, Early Paleozoic magmatism manifested in a wider range – from Early Cambrian to Silurian. This may indicate differences in the history of these both continental massifs or insufficient knowledge of the Bureya Massif.

Keywords: Bureya Massif, Central Asian folded belt, granitoids, early Paleozoic