

УДК 553.86+552.321.6+553.461+571.52

ПЕРВЫЕ ДАННЫЕ ОБ U-Pb ИЗОТОПНОМ ВОЗРАСТЕ ЦИРКОНОВ ИЗ ГАРЦБУРГИТОВ И ХРОМИТИТОВ АГАРДАГСКОГО УЛЬТРАМАФИТОВОГО МАССИВА (ЮЖНАЯ ТУВА)



Ф.П. Леснов¹, Ч.К. Ойдул², А.А. Монгуш², С.А. Сергеев³

¹Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, Новосибирск, Россия

²Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН, Кызыл, Россия

³Всероссийский научно-исследовательский геологический институт, Центр изотопных исследований, Санкт-Петербург, Россия

Впервые для территории Тувы обнаружены и продатированы U-Pb изотопным методом реликтовые и эпигенетические цирконы из реститогенных гарцбургитов и хромититов Агардагского хромитиноносного ультрамафитового массива. Цирконы представлены реликтовой и эпигенетической генетическими разновидностями. Субконкордантные и конкордантные значения U-Pb изотопного возраста реликтовых цирконов варьируют в пределах 885–392 млн лет. Наблюдаемые близкие значения изотопного возраста цирконов из гарцбургитов и хромититов дают основание предполагать, что те и другие образовались приблизительно одновременно. Немногочисленные зерна циркона из гарцбургитов, которые показали конкордантные значения возраста в интервале 293–276 млн лет, рассматриваются нами в качестве эпигенетической фазы. Их образование, как предполагается, было обусловлено инфильтрацией флюидов, которые выделялись расплавами, сформировавшими более поздние интрузивы гранитоидов, секущие ультрамафитовый массив, а также обрамляющие его метатерригенно-вулканогенные образования. Свидетельством инфильтрации таких флюидов служат обнаруженные в хромититах массива уваровит-кеммереритовые прожилки, для образования которых необходим привнос кремнезема.

Ключевые слова: циркон, U-Pb изотопный возраст, гарцбургиты, хромититы, офиолиты, Тува.

Введение

К настоящему времени U-Pb изотопным методом продатированы акцессорные цирконы из пород многих мафит-ультрамафитовых массивов, расположенные в пределах складчатых областей Урала, Восточного Забайкалья, Чукотки, Камчатки, Приморья, о. Сахалин, Курильских островов, в ряде других регионов, а также в Срединно-Атлантическом хребте [Леснов, 2015]. В большинстве этих массивов цирконы характеризуются очень широкими вариациями изотопного возраста, в том числе в отдельно взятых пробах. Причины подобной полихронности цирконов являются предметом дискуссий [Краснобаев, Анфилов, 2014; Костицын и др., 2015; Анфилов и др., 2018; Леснов, 2018].

В предлагаемой статье представлены результаты впервые выполненных для территории Тувы изотопно-геохронологических исследований цирконов из гарцбургитов и хромититов хромитиноносного Агардагского ультрамафитового массива, относящегося к офиолитовой ассоциации.

Структурно-геологическая характеристика Агардагского массива

Агардагский массив расположен на юго-западном фланге Южно-Тувинского мафит-ультрама-

фитового ареала вблизи оз. Шара-Нур (50°18'33.53" с.ш.; 94°35'06.89" в.д.). На протяжении длительного времени его исследования проводились, главным образом, структурно-тектоническими, петрографическими, петрохимическими и металлогеническими методами [Пинус, Колесник, 1966; Никитчин, 1969; Ступаков, Завьялова, 1986; Лоскутов и др., 1999; Долгушин и др., 2019; Корнейчук и др., 1987; Леснов и др., 2019]. Линзовидное в плане тело массива имеет протяженность около 20 км при максимальной ширине 4 км. Длинная ось массива, имеющего крутые (75–80° на СЗ) тектонические контакты с вмещающими метавулканогенно-терригенными образованиями (рифей – нижний кембрий?), ориентирована в СВ направлении. В терригенных отложениях вблизи массива обнаружены единичные зерна хромшпинели, подобной той, которая представлена в его породах. Согласно имеющимся на сегодня геологоструктурным данным, предполагается, что массив, относящийся к акдуракскому магматическому комплексу, имеет позднерифейско-нижнекембрийский возраст. Вместе с тем, по данным некоторых исследователей, офиолитовая ассоциация, в состав которой входит Агардагский массив, была сформирована в позднем протерозое (570 ± 2 млн лет) [Pfander et al., 2002].

Массив сложен в различной мере серпентинизированными гарцбургитами и дунитами, апогарцбур-

гитовыми и аподунитовыми антигоритовыми и более редкими антигорит-хризотилowymi серпентинитами. В приконтактных зонах массива серпентиниты интенсивно рассланцованы. Массив интродуцирован штоками и дайками габбро, габбро-диоритов, габбро-диабазов, диабазовых и базальтовых порфиров. Вблизи от контактов с массивом обрамляющие его метатерригенно-вулканогенные породы подверглись дроблению и рассланцеванию. Сланцеватость в серпентинитах из эндоконтактов массива, а также в прилегающих к нему вмещающих породах имеет примерно одинаковое простирание и крутое падение (90–60°). По мере удаления от массива сланцеватость вмещающих пород становится все более пологой. Крутопадающие тектонические контакты массива, явления «задираания» во вмещающих породах вблизи контактов с массивом и выполаживание их сланцеватости по мере удаления от массива, наличие среди серпентинитов эндоконтактной зоны массива тектонических отторженцев вмещающих пород, а также присутствие в последних зерен хромшпинели дают основание полагать, что Агардагский массив представляет собой тектонический блок (протрузию), который внедрился в земную кору по круто наклоненному глубинному разлому. Согласно результатам поисково-разведочных работ, в пределах Агардагского массива обнаружено около 120 разномасштабных рудопроявлений хромититов, в том числе 74 – в коренном залегании [Долгушин и др., 2019].

Результаты геохронологических исследований и их обсуждение

С целью U-Pb изотопного датирования цирконов из пород Агардагского массива из коренных обнажений, расположенных в его южной части, были отобраны три крупногабаритные пробы из гарцбургитов (Аг-1), дунитов (Аг-2) и из залежи массивных хромититов (Аг-3) (рис. 1). При минералогическом изучении тяжелых фракций этих проб с размером зерен 0,3 мм цирконы были обнаружены только в гарцбургитах (12 зерен) и хромититах (10 зерен). Их U-Pb изотопное датирование было выполнено в Центре изотопных исследований ВСЕГЕИ (г. Санкт-Петербург) на вторично-ионном масс-спектрометре SHRIMP II по методике, разработанной в этом Центре [Schuth et al., 2012], при этом использовались стандарты «TEMORA» и «91500». Результаты изотопных исследований цирконов представлены в табл. 1, 2.

Изотопные исследования сопровождались изучением зерен циркона в оптическом (рис. 2) и катодолюминесцентном (см. рис. 3) режимах. При этом было установлено, что часть зерен циркона из гарцбургитов и хромититов имеет хорошую кристаллографическую огранку, у остальных зерен наблюдались округленные ребра и грани. Многие зерна, осо-

бенно те, которые имеют «древний» изотопный возраст, характеризуются низкой интенсивностью катодолюминесцентного свечения вплоть до полного его отсутствия. В некоторых зернах наблюдалась нерегулярная осцилляторная зональность.

Подавляющая часть зерен циркона из гарцбургитов имеет значения возраста в интервале 885–392 млн лет. В зернах с возрастом в интервале 420–390 млн лет отмечались признаки более поздней переработки. Содержание U в цирконах из гарцбургитов составило 110–647 г/т, Th – от 8 до 522 г/т, значение параметра U/Th – от 0,77 до 55,5. Цирконы из хромититов представлены несколько округленными короткопризматическими зернами, значения возраста которых находятся в интервале 863–403 млн лет, и, как можно видеть, эти значения близки к таковым для цирконов из гарцбургитов. Цирконам из хромититов свойственны следующие геохимические характеристики: U (212–2 224 г/т), Th (68–633 г/т), Th/U (1,3–5,8). Предполагается, что «древние» цирконы из гарцбургитов и хромититов имеют реликтовую природу и что вариации значений их изотопного возраста являются следствием различий в степени нарушений («омоложения») U-Pb систем, произошедших в намного более древних «ювенильных» цирконах, изначально находившихся в верхнемантийном протолите до начала его частичного плавления и с образованием ультрамафитовых реститов.

Помимо охарактеризованных относительно древних цирконов в гарцбургитах было обнаружено несколько зерен с заметно меньшими значениями возраста (293–276 млн лет). В них наблюдалась регулярная осцилляторная зональность, но отсутствовали ядра и оболочки. Для этих цирконов определены несколько повышенные содержания U (133–993 г/т) и Th (115–1221 г/т), а также меньшие значения параметра Th/U (0,81–1,16).

В целом полученные данные указывают на то, что цирконы из гарцбургитов и хромититов являются полихронными, причем хромититы отличаются от гарцбургитов отсутствием зерен из популяции с возрастом в интервале 293–276 млн лет (см. рис. 4). Диаграммы с конкордиями показали, что значения U-Pb изотопного возраста цирконов из гарцбургитов и хромититов являются субконкордантными или конкордантными (см. рис. 5, 6).

Переходя к обсуждению причин, обусловивших полихронность цирконов из Агардагского массива, отметим следующее. С учетом ранее полученных нами данных об изотопном возрасте цирконов из ультрамафитов и габброидов Березовского мафит-ультрафитового массива (о. Сахалин) [Леснов, 2015], а также Шаманского ультрамафитового массива (Восточное Забайкалье) [Леснов, 2018], относящихся к офиолитовым ассоциациям, можно предполагать, что «древние» цирконы из гарцбургитов и хромититов Агардагского массива являются *реликтовыми*.

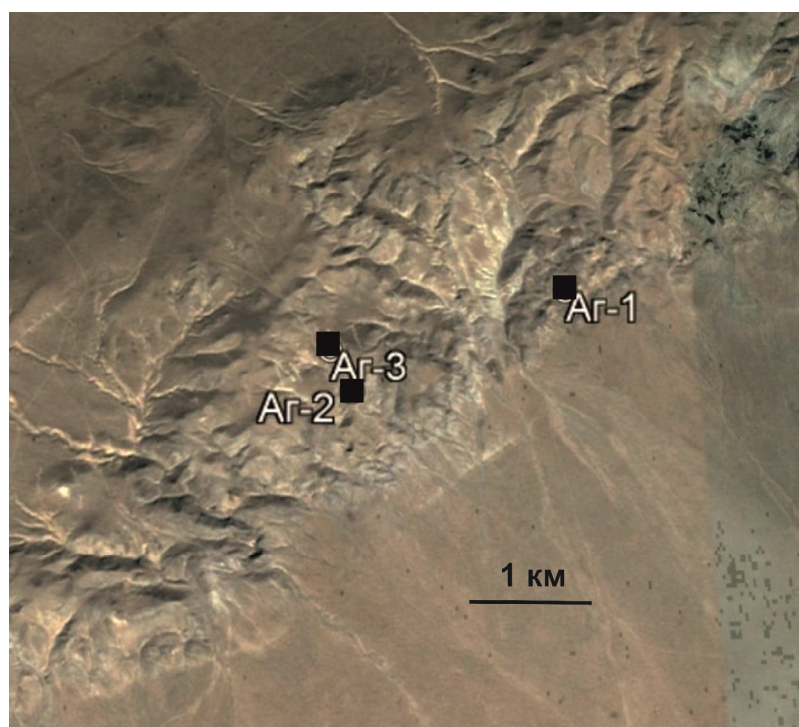


Рис. 1. Космический фотоснимок центральной части Агардагского ультрамафитового массива

Центр массива (50°18'33.53" с.ш.; 94°35'06.89" в.д.). Указаны пункты отбора проб для выделения цирконов: Аг-1 – гарцбургиты, Аг-2 – дуниты, Аг-3 – хромититы

Fig. 1. A space photograph of the central part of the Agardag ultramafic massif

The center of the massif (50°18'33.53" N; 94°35'06.89" E). The sampling points of the separation of zircons was indicated: Ag-1 – harzburgites, Ag-2 – dunites, Ag-3 – chromitites

Таблица 1

Характеристика проб, из которых отобраны зерна датированных цирконов

Table 1

Characterization of samples from which grains of dated zircons were taken

Номер пробы и ее состав	Координаты пункта отбора пробы	Размер площадки отбора пробы, м	Начальный вес пробы, кг	Количество датированных зерен	Количество определений возраста
Аг-1 (гарцбургит)	50°17'23.9" с.ш. 94°34'48.5" в.д.	3 × 4	21,4	12	14
Аг-3 (хромитит)	50°17'05.1" с.ш. 94°32'58.6" в.д.	30 × 100	19,7	10	10

Таблица 2

Результаты датирования цирконов из гарцбургитов и хромититов из Агардагского массива U-Pb изотопным методом

Table 2

Results of dating zircons from harzburgites and chromitites from Agardag massif by U-Pb isotopic method

№ зерна (анализа)	$^{206}\text{Pb}_{\text{с}}$, %	U, г/г	Th, г/г	$\frac{^{232}\text{Th}}{^{238}\text{U}}$	$^{206}\text{Pb}^*$, г/г	Возраст, млн лет по $\frac{^{206}\text{Pb}^*}{^{238}\text{U}}$	±%	$\frac{^{207}\text{Pb}^*}{^{206}\text{Pb}^*}$	±%	$\frac{^{207}\text{Pb}^*}{^{235}\text{U}}$	±%	$\frac{^{206}\text{Pb}^*}{^{238}\text{U}}$	±%	КК
Проба Аг-1 (гарцбургит)														
11.1	0,01	231	192	0,86	29,3	885	13,0	0,0679	1,3	1,376	2,1	0,1471	1,6	0,78
8.1	0,01	159	224	1,46	18,5	819	13,0	0,0646	1,7	1,207	2,4	0,1355	1,7	0,69
8.2	0,25	444	8	0,02	32,6	528	8,2	0,0581	1,9	0,684	2,5	0,0854	1,6	0,66
3.1	0,01	110	18	0,17	8,08	528	9,0	0,0571	2,7	0,672	3,2	0,0853	1,8	0,55
12.1	0,01	329	285	0,90	23,0	504	7,8	0,0574	1,6	0,643	2,3	0,0813	1,6	0,71
5.1	0,11	203	112	0,57	13,6	485	7,9	0,0554	2,3	0,597	2,8	0,0782	1,7	0,58
4.1	0,01	400	307	0,79	26,2	473	7,3	0,0567	1,5	0,596	2,2	0,0762	1,6	0,73
10.1	0,01	414	44	0,11	24,1	423	6,7	0,0540	1,7	0,504	2,4	0,0678	1,6	0,69

№ зерна (анализа)	$^{206}\text{Pb}_c$, %	U, г/г	Th, г/г	$^{232}\text{Th}/$ ^{238}U	$^{206}\text{Pb}^*$, г/г	Возраст, млн лет по $^{206}\text{Pb}^*/^{238}\text{U}$	$\pm\%$	$^{207}\text{Pb}^*/$ $^{206}\text{Pb}^*$	$\pm\%$	$^{207}\text{Pb}^*$ / ^{235}U	$\pm\%$	$^{206}\text{Pb}^*/$ ^{238}U	$\pm\%$	КК
9.1	0,01	210	125	0,61	12,1	419	6,8	0,0540	3,5	0,501	3,9	0,0672	1,7	0,43
7.1	1,59	647	522	0,63	35,4	392	6,0	0,0557	4,2	0,481	4,4	0,0627	1,6	0,36
1.1	0,01	445	503	1,17	17,8	293	4,6	0,0529	2,0	0,339	2,5	0,0465	1,6	0,64
6.1	0,01	456	395	0,90	17,8	287	4,5	0,0518	1,9	0,325	2,5	0,0455	1,6	0,64
2.1	0,01	133	115	0,89	5,19	286	5,2	0,0541	3,5	0,337	3,9	0,0453	1,8	0,47
1.2	0,01	993	1221	1,27	37,4	276	4,2	0,0510	1,3	0,308	2,0	0,0438	1,6	0,77
Проба Аг-3 (хромитит)														
8.1	0,01	448	180	0,42	55,1	863	13,0	0,0669	1,0	1,322	1,8	0,1432	1,6	0,85
1.1	0,01	248	132	0,55	30,4	862	13,0	0,0673	1,3	1,329	2,1	0,1431	1,6	0,78
9.1	0,01	212	164	0,80	25,7	852	13,0	0,0673	1,5	1,311	2,2	0,1413	1,6	0,74
5.1	0,01	735	334	0,47	86,9	831	12,0	0,0666	0,8	1,263	1,7	0,1376	1,5	0,89
6.1	0,01	151	71	0,49	11,7	560	11,0	0,0583	2,3	0,73	3,1	0,0908	2,0	0,66
3.1	0,01	1606	633	0,41	115,0	515	7,6	0,0572	0,7	0,656	1,7	0,0831	1,5	0,91
4.1	0,01	488	256	0,54	33,0	488	7,4	0,0570	1,4	0,618	2,1	0,0786	1,6	0,76
7.1	0,03	2224	447	0,21	150,0	488	7,6	0,0558	0,7	0,605	1,7	0,0786	1,6	0,92
10.1	0,29	502	257	0,53	32,0	459	7,0	0,0552	2,0	0,562	2,5	0,0783	1,6	0,62
2.1	0,07	393	68	0,18	21,0	403	7,9	0,0547	1,8	0,486	2,7	0,0645	2,0	0,75

Примечание. Ошибки приведены на уровне 1σ . Pb_c и Pb^* – общий и радиогенный Pb соответственно. Ошибка в калибровке стандарта составила 0,42% (не входит в перечисленные выше ошибки). Радиогенный Pb скорректирован с использованием измеренного содержания ^{204}Pb . КК – коэффициент корреляции между ошибками определения изотопных отношений $^{206}\text{Pb}^*/^{238}\text{U}$ и $^{207}\text{Pb}^*/^{235}\text{U}$.

Note. Errors are given at 1σ , Pb_c and Pb^* are total and radiogenic Pb, respectively. The error in the calibration of the standard was 0,42% (not included in the errors listed above), Radiogenic Pb was adjusted using measured ^{204}Pb content. KK is the correlation coefficient between errors in determining the isotopic ratios $^{206}\text{Pb}^*/^{238}\text{U}$ and $^{207}\text{Pb}^*/^{235}\text{U}$.

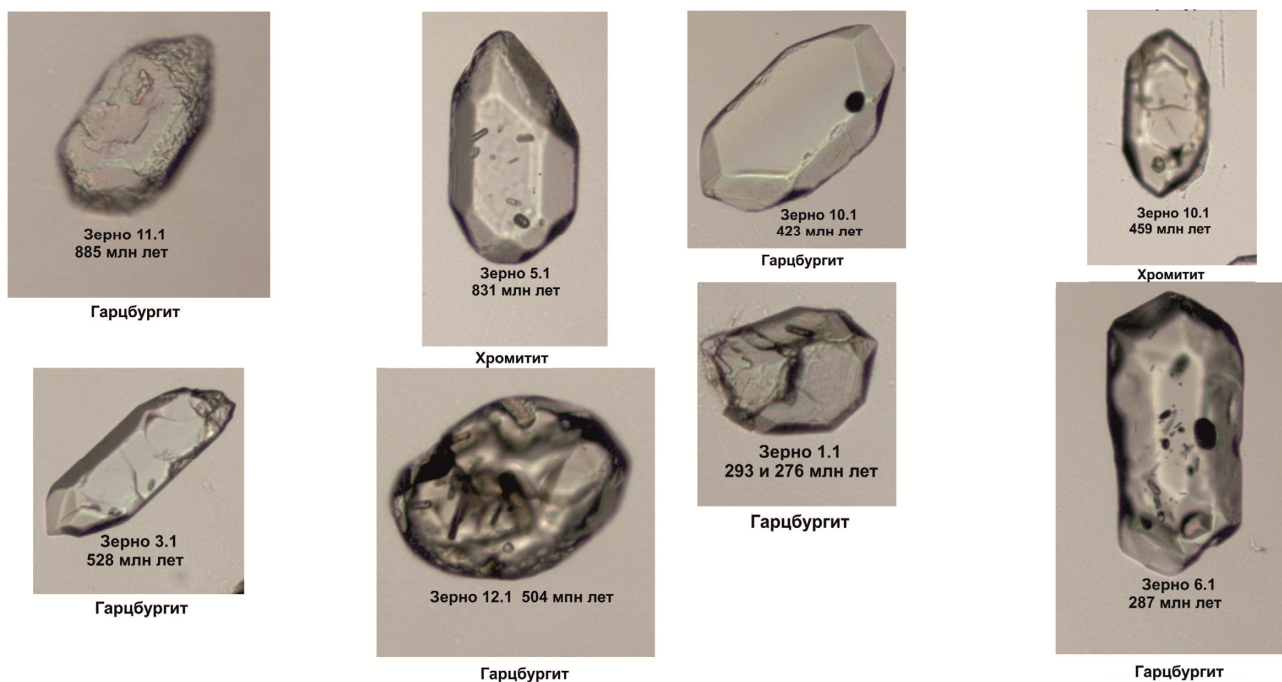


Рис. 2. Микрофотографии представительных зерен циркона из гарцбургитов (Аг-1) и хромититов (Аг-3), полученные в оптическом режиме. Ув. ~250х

Fig. 2. Microphotographs of representative zircon grains from harzburgite (Ag-1) and chromite (Ag-3) samples taken in the optical mode. Increased ~ 250x

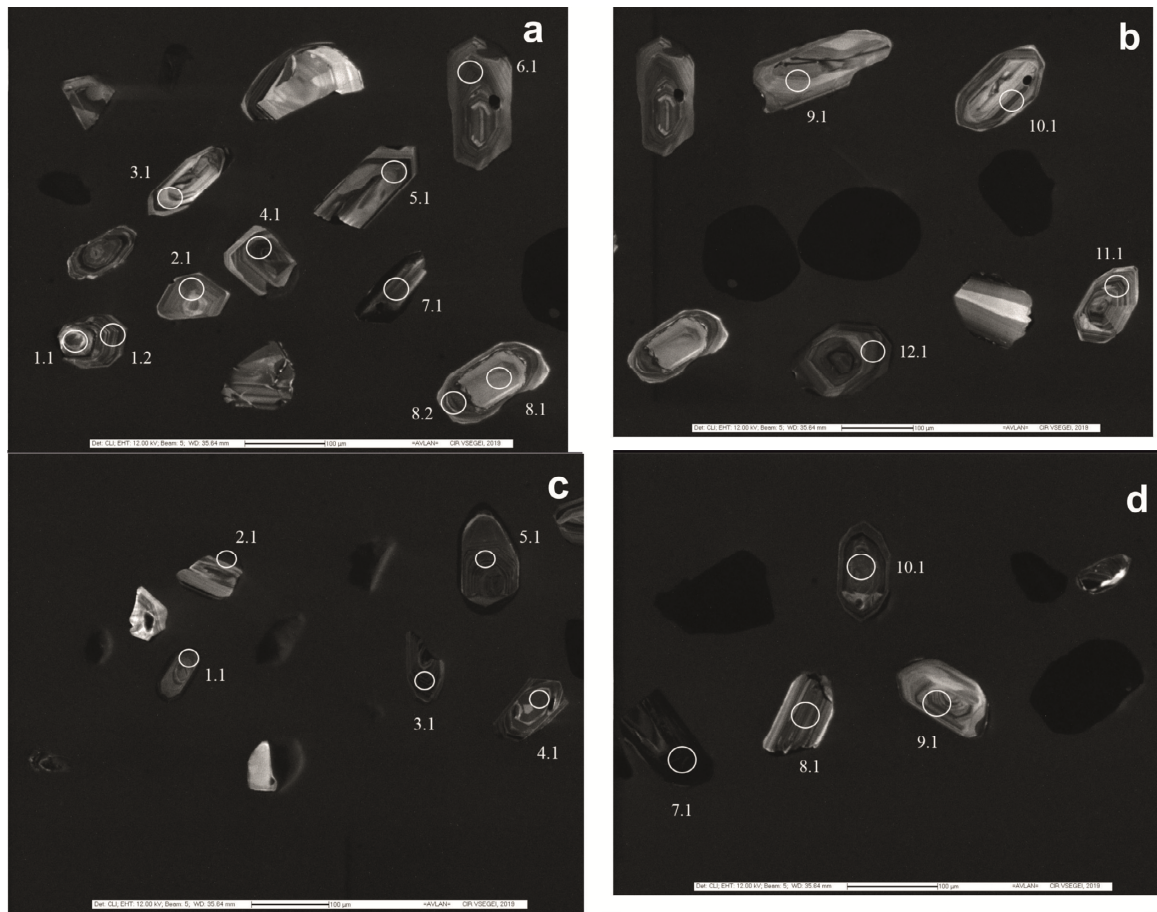


Рис. 3. Микрофотографии зерен циркона, выполненные в катодолуминесцентном режиме. $\times 200$
a, b – из гарцбургитов (проба Аг-1); *c, d* – из хромититов (проба Аг-3)

Fig. 3. Microphotographs of zircon grains made in the cathodoluminescent mode. $\times 200$
a, b – from harzburgites (sample Ag-1); *c, d* – from chromitites (sample Ag-3)

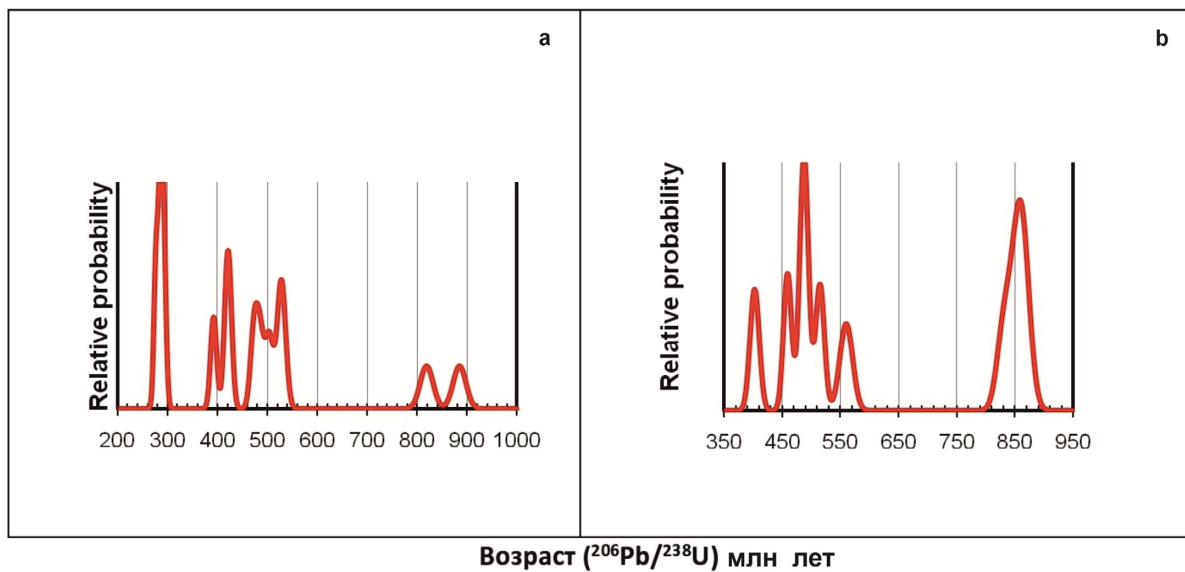


Рис. 4. Гистограммы распределения значений изотопного возраста цирконов из проб (по данным табл. 2):
a – Аг-1 гарцбургиты ($n = 14$); *b* – Аг-3 хромититы ($n = 10$)

Fig. 4. Histograms of the relative probability of the values of the isotopic age of zircons from (according to table 2):
a – harzburgites ($n = 14$), sample Ag-1; *b* – chromitites ($n = 10$), sample Ag-3

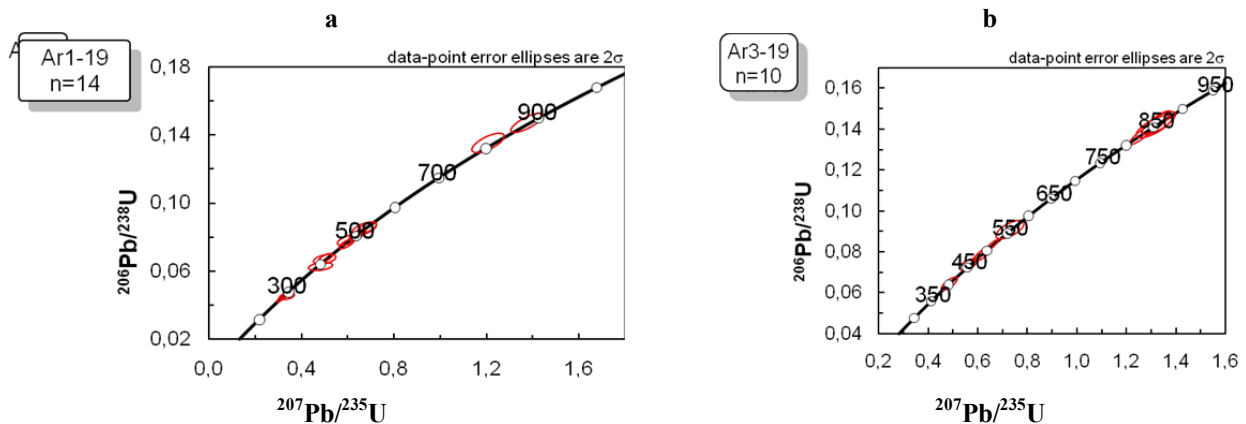


Рис. 5. Диаграммы с конкордией для зерен циркона

a – из гарцбургитов (проба Ag-1); *b* – из хромититов (проба Ag-3)

Fig. 5. Concordia plots for general totality of zircon grains

a – from harzburgites (sample Ag-1); *b* – from chromitites (sample Ag-3)

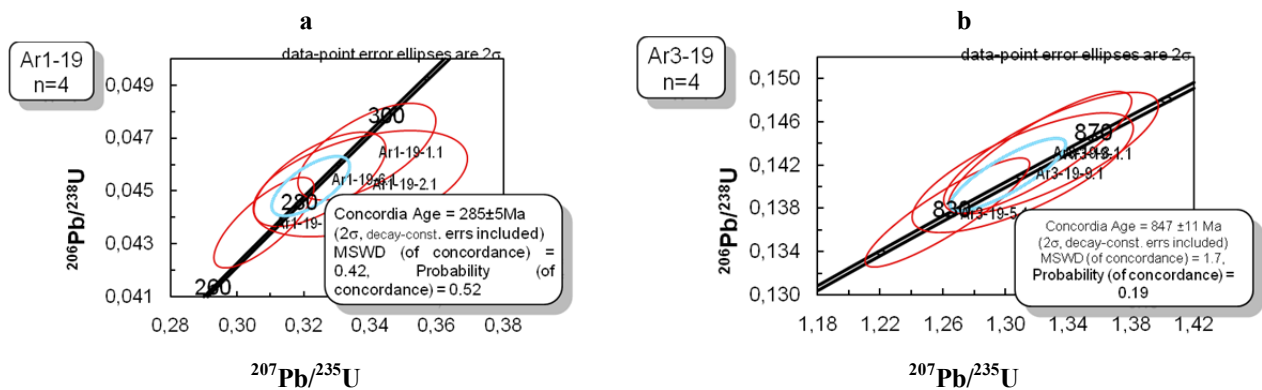


Рис. 6. Диаграммы с конкордией

a – для молодых цирконов из гарцбургитов (проба Ag-1); *b* – для древних цирконов из хромититов (проба Ag-3)

Fig. 6. Concordia plots

a – for young zircons from harzburgites (sample Ag-1); *b* – for ancient zircons from chromitites (sample Ag-3)

При этом имеется в виду, что изначально данные цирконы находились в составе верхнемантийного протолита в виде намного более древней ювенильной фазы. Затем в процессе частичного плавления протолита мелкие зерна циркона были полностью уничтожены в результате их резорбирования, в то время как более крупные зерна минерала при резорбировании сохранились в составе гарцбургитового рестита и в хромититах в виде реликтовой фазы. Наблюдаемые широкие вариации значений изотопного возраста реликтовых цирконов из гарцбургитов и хромититов, как предполагается, обусловлены неравномерными нарушениями и «омоложением» U-Pb изотопных систем ювенильных цирконов при частичном плавлении протолита с образованием реститов. Такие нарушения сопровождались более или менее существенной потерей ювенильными цирко-

нами радиогенного свинца вследствие его диффузии [Костицын и др., 2015].

Что касается природы цирконов с возрастом в интервале 293–276 млн лет, которые обнаружены в пробе гарцбургитов, то они, вероятнее всего, имеют эпигенетическую природу. Предполагается, что цирконы из этой популяции кристаллизовались при инфильтрации в пределы Агардагского массива флюидов, которые выделялись внедрившимся на данном отрезке времени кислым расплавом, обусловившим формирование интрузивов и даек гранитоидов, распространённых вблизи и в пределах Агардагского массива.

Одним из свидетельств того, что породы ультрамафитового массива подверглись инфильтрации обогащённых кремнеземом эпигенетических флюидов, может служить уваровит-кеммереритовая мик-

роминерализация, обнаруженная в хромититах из этого массива, для образования которой необходим флюидный привнос кремнезема.

Выводы

1. Впервые на территории Тувы в реститогенных гарцбургитах и хромититах из хромитоносного Агардагского ультрамафитового массива обнаружены и продатированы U-Pb изотопным методом акцессорные цирконы.

2. Цирконы из гарцбургитов и хромититов представлены двумя генетическими разновидностями – реликтовой и эпигенетической. Полученные значения U-Pb изотопного возраста реликтовых цирконов варьируют в пределах 885–392 млн лет. Значения возраста эпигенетических цирконов, обнаруженных только в гарцбургитах, находятся в интервале 293–276 млн лет.

3. Вариации значений возраста реликтовых цирконов из реститогенных гарцбургитов и из хромититов, как предполагается, обусловлены неравномерными нарушениями и «омоложением» в U-Pb изотопных системах ювенильных цирконов, которые

присутствовали в верхнемантийном протолите до начала его частичного плавления. Такое «омоложение» цирконов могло произойти в результате неравномерной потери ими радиогенного свинца вследствие его диффузии при нагреве.

4. Сравнимые значения изотопного возраста реликтовых цирконов из гарцбургитов и хромититов дают основание предполагать, что эти породы и руды образовались приблизительно одновременно.

5. Цирконы из гарцбургитов, которые имеют возраст в интервале 293–276 млн лет, рассматриваются в качестве эпигенетической фазы. По-видимому, они образовались в процессе инфильтрации в пределы ультрамафитового массива тех флюидов, которые выделялись расплавами, сформировавшими дайки и интрузивы гранитоидов, локализованные в пределах и вблизи от Агардагского массива.

Работа выполнена в рамках государственных заданий № 0330-2016-0014 (Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН) и № 0384-2016-0012 (Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН), а также гранта РФФИ № 17-05-00190.

ЛИТЕРАТУРА

- Анфилов В.Н., Краснобаев А.А., Рыжков В.М. Древний возраст цирконов и проблемы генезиса дунитов габбро-гипербазитовых комплексов складчатых областей и платформенных массивов центрального типа // Литосфера. 2018. Т. 18, № 5. С. 706–717.
- Долгушин С.С., Жабин В.В., Лоскутов И.Ю., Садур О.Г. Перспективы создания базы хромового сырья Сибири (в пределах Сибирского федерального округа). Новосибирск : Изд-во СНИИГиМС, 2019. 239 с.
- Корнейчук О.Р., Кузнецов П.П., Симонов В.А. Тектоническое районирование Агардагской структурно-формационной зоны (Юго-Восточная Тува) // Комплексные геологические исследования Сангилена (Юго-Восточная Тува). Новосибирск : Изд-во ИГиГ СО АН СССР, 1987. С. 7–27.
- Костицын Ю.А., Белоусова Е.А., Силантьев С.А., Бортников Н.С., Аносова М.О. Современные проблемы геохимических и U-Pb геохронологических исследований циркона в океанических породах // Геохимия. 2015. № 9. С. 771–800.
- Краснобаев А.А., Анфилов В.Н. Цирконы и проблема происхождения дунитов // Доклады Академии наук. 2014. Т. 456, № 3. С. 310–313.
- Леснов Ф.П. Петрология полигенных мафит-ультрамафитовых массивов Восточно-Сахалинской офиолитовой ассоциации. Новосибирск : ГЕО, 2015. 240 с.
- Леснов Ф.П. U-Pb изотопное датирование цирконов из ультрамафитовых реститов Шаманского массива (Восточное Забайкалье) // Геосферные исследования. 2018. № 1. С. 6–16.
- Леснов Ф.П., Кужугет К.С., Монгуш А.А., Ойдуп Ч.К. Геология, петрология и рудоносность мафит-ультрамафитовых массивов Республики Тыва. Новосибирск : ГЕО, 2019. 350 с.
- Лоскутов И.Ю., Ступаков С.И., Симонов В.А. Петролого-минералогические особенности дунит-гарцбургитового комплекса Агардагской зоны (Юго-Восточная Тува) // Вопросы петрологии, минералогии, геохимии и геологии офиолитов. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 1999. С. 13–23.
- Никитчин П.А. К вопросу о геологическом строении и хромитоносности Агардагского гипербазитового массива // Материалы по геологии Тувинский АССР. Кызыл, 1969. Вып. 1. С. 43–47.
- Пинус Г.В., Колесник Ю.Н. Альпинотипные гипербазиты юга Сибири. М. : Наука, 1966. 211 с.
- Ступаков С.И., Завьялова И.В. О возрасте и условиях становления Агардагского гипербазитового массива (Юго-Восточная Тува) // Гипербазитовые ассоциации складчатых областей. Вып. 3. Петрография. Петрохимия. Минералогия. Новосибирск : Изд-во ИГиГ СО АН СССР, 1986. С. 131–136.
- Pfander A.J., Jochum K.P., Kozakov I., Kröner A., Todt W. Coupled evolution of back-arc and island arc-like mafic crust in the late-Neoproterozoic Agardagh Tes-Chem ophiolite, Central Asia: evidence from trace element and Sr–Nd–Pb isotope data // Contrib. Mineral. Petrol. 2002. V. 143. P. 154–174.
- Schuth S., Gornyy V.I., Berndt J., Shevchenko S.S., Sergeev S.A., Karpuzov A.F., Mansfeldt T. Early Proterozoic U–Pb Zircon Ages from Basement Gneiss at the Solovetsky Archipelago, White Sea, Russia // International Journal of Geosciences. 2012. V. 3, No 2. P. 289–296.

Авторы:

Леснов Феликс Петрович, доктор геолого-минералогических наук, академик РАН, ведущий научный сотрудник, Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, Новосибирск, Россия.

E-mail: felix@igm.nsc.ru; lesnovfp@list.ru

Ойдуп Чойганмаа Кыргысозна, кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник, Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН, Кызыл, Россия.

E-mail: oydup_ch@mail.ru

Монгуш Андрей Александрович, кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник, Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН, Кызыл, Россия.

E-mail: amongush@inbox.ru

Сергеев Сергей Андреевич, кандидат геолого-минералогических наук, директор Центра изотопных исследований, Всероссийский научно-исследовательский геологический институт, Санкт-Петербург, Россия.

E-mail: sergey_sergeev@vsegei.ru

Geosphere Research, 2020, 3, 60–68. DOI: 10.17223/25421379/16/5

F.P. Lesnov¹, Ch.K. Oydup², A.A. Mongush², S.A. Sergeev³

¹ V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

² Tuvian Institute for Exploration of Natural Resources, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Kyzyl, Russia

³ A.P. Karpinsky Russian Geological Institute, Center for Isotope Research, Saint-Petersburg, Russia

FIRST DATA ON U-Pb ISOTOPE AGE OF ZIRCONS FROM THE HARZBURGITES AND CHROMITITES OF THE AGARDAGA ULTRAMAFITE MASSIVE (SOUTH TUVA)

For the first time, for the territory of Tuva, relict and epigenetic zircons from restitogenic harzburgites and chromitites of the Agardag chromite-bearing ultramafic massif were discovered and dated by U-Pb by the isotope method. An array located in the southeastern part of Tuva near Lake Shara-Nur, located on the southwestern flank of the ophiolite South Tuva mafic-ultramafic area. The lens-shaped body of the massif has a length of about 20 km with a maximum width of 4 km. Its long axis is oriented in a northeast direction. The massif has steep (75–80° in NW) tectonic contacts with host metaterrigenous-volcanic Riphean-Lower Cambrian (?) Formations and is considered by us as a protrusion. The massif is composed to varying degrees with serpentinized harzburgites and dunites, as well as antigorite and more rare antigorite-chrysotile serpentinites. In the near-contact zones of the massif, serpentinites are intensively schistose. The massif is intruded with gabbro rods, gabbro-diorites, gabbro-diabases, diabase and basalt porphyrites stocks and dikes. Zircons isolated from large-sized (~ 20 kg) samples of harzburgites and chromitites are represented by relict and epigenetic genetic varieties. Their short-prismatic crystals sometimes have rounded edges due to resorption, a relatively low intensity of the cathodoluminescent glow to its complete absence, and also often disturbed oscillatory zoning. The sub-concordant and concordant values of the U-Pb isotope age of relict zircons range from 885–392 Ma. It is assumed that these age variations are associated with a partial diffusion loss of radiogenic lead, which caused the uneven “rejuvenation” of the U-Pb isotopic systems of very ancient juvenile zircons located in the upper mantle protolite during its partial melting with the formation of harzburgite and dunite restites, as well as chromite deposits associated with them. The observed close values of the isotopic age of zircons from harzburgites and from chromitites suggest that both formed approximately at the same time. A few zircon grains from harzburgites, which showed concordant age values in the range of 293–276 Ma, are considered by us as an epigenetic phase. Their formation, as expected, was caused by the infiltration of fluids, which were released by melts, which formed later granitoid intrusions, cutting the ultramafic massif, and also framing it with metaterrigenous-volcanogenic formations. Evidence of the infiltration of such fluids is found in the chromitites of the mass of Uvarovite – Kemmerite veins, the formation of which requires the addition of silica.

Keywords: zircon, U-Pb isotopic age, harzburgites, chromitites, ophiolites, Tuva.

References

- Anfilogov V.N., Krasnobaev A.A., Ryzhkov V.M. *Drevnij vozrast cirkonov i problemy genezisa dunitov gabbro-giperbazitovykh kompleksov skladchatykh oblastej i platformnykh massivov central'nogo tipa* [Ancient age of zircons and problems of dunite genesis from gabbro-hyperbaze complexes of folded areas and central type platform massives] // *Lithosphere* (Russia). 2018. V. 18. №5, pp. 706–717. In Russian
- Dolgushin S.S., Zhabin V.V., Loskutov I.Yu., Sadur O.G. *Perspektivy sozdaniya bazy khromovogo syriya Sibiri (v predelakh Sibirskogo federalnogo okruga)* [Prospects for creating a base of chromium raw materials in Siberia (within the Siberian Federal District)]. Novosibirsk: Publishing House SNIIGGiMS. 2019. 239 p. In Russian
- Korneichuk O.R., Kuznetsov P.P., Simonov V.A. *Tektonicheskoe rajonirovanie Agardagskoj strukturno-formacionnoj zony (Jugo-Vostochnaja Tuva)* [Tectonic zoning of the Agardag structural-formation zone (Southeast Tuva)] // *Integrated geological studies of Sangilen (Southeast Tuva)*. Novosibirsk: Publishing House IGIG SB AS USSR. 1987, pp. 7–27. In Russian
- Kostitsyn Yu.A., Belousova E.A., Silantiev S.A., Bortnikov N.S., Anosova M.O. Modern problems of geochemical and U-Pb geochronological studies of zircon in oceanic rocks// *Geochemistry International*. 2015. T. 53. №9. pp. 759–785.
- Krasnobaev A.A., Anfilogov V.N. Zircons: implication for dunite genesis// *Doklady Earth Sciences*. 2014. T. 456. №1. pp. 535–538.
- Lesnov F.P. *Petrologiya poligennykh mafit-ul'tramafitovykh massivov Vostochno-Sahalinskoj ofiolitovoj associacii* [Petrology of polygenic mafic-ultramafic massifs of the East Sakhalin Ophiolite Association]. Novosibirsk: Academic Publishing House "GEO". 2015. 240 p. In Russian
- Lesnov F.P. *U-Pb izotopnoe datirovanie cirkonov iz ul'tramafitovykh restitov Shamanskogo massiva (Vostochnoe Zabajkal'e)* *Geosfernye issledovaniya* [U-Pb isotopic dating of zircons from ultramafic restites of the Shaman massif (East Transbaikalia)] // *Geosphere Research*. 2018. №1, pp. 6–16. In Russian

Lesnov, F.P., Kuzhuget K.S., Mongush A.A., Oydup Ch.K. *Geologija, petrologija i rudonosnost' mafit-ul'tramafitovyh massivov Respubliki Tyva* [Geology, petrology and ore bearing of mafic-ultramafic massifs of the Republic of Tyva]. Novosibirsk: Academic Publishing House "GEO". 2019. 350 p. In Russian

Loskutov I.Yu., Stupakov S.I., Simonov V.A. *Petrologo-mineralogicheskie osobennosti dunit-garzburgitovogo kompleksa Agardagskoj zony (Jugo-Vostochnaja Tuva)* [Petrological and mineralogical features of the dunite-harzburgite complex of the Agardag zone (South-East Tuva)] // Questions of petrology, mineralogy, geochemistry and geology of ophiolites. Novosibirsk: Publishing House of the SB RAS. 1999, pp. 13–23. In Russian

Nikitchin P.A. *K voprosu o geologicheskom stroenii i hromitomosnosti Agardagskogo giperbazitovogo massiva* [To the question of the geological structure and chromite content of the Agardag hyperbasitic massif] // Materials on the geology of Tuvunian ASSR. V. 1. Kyzyl. 1969, pp. 43–47. In Russian

Pinus G.V., Kolesnik Yu.N. *Al'pinotipnye giperbazity juga Sibiri* [Alpinotype hyperbasites of the south of Siberia]. Moscow: Publishing house "Nauka". 1966. 211 p. In Russian

Stupakov S.I., Zavyalova I.V. *O vozraste i uslovijah stanovlenija Agardagskogo giperbazitovogo massiva (Jugo-Vostochnaja Tuva)* [On the age and conditions of the formation of the Agardag hyperbasitic massif (Southeast Tuva)] // Hyperbasitic associations of folded areas. V. 3. Petrography. Petrochemistry. Mineralogy. 1986. Novosibirsk: Publishing House IGIG SB AS USSR, pp. 131–136. In Russian

Pfander A.J., Jochum K.P., Kozakov I., Kro'ner A., Todt W. Coupled evolution of back-arc and island arc-like mafic crust in the late-Neoproterozoic Agardagh Tes-Chem ophiolite, Central Asia: evidence from trace element and Sr–Nd–Pb isotope data // *Contrib. Mineral. Petrol.* 2002. V. 143, pp. 154–174.

Schuth S., Gornyy V.I., Berndt J., Shevchenko S.S., Sergeev S.A., Karpuzov A.F., Mansfeldt T. Early Proterozoic U–Pb Zircon Ages from Basement Gneiss at the Solovetsky Archipelago, White Sea, Russia // *International Journal of Geosciences*. 2012. V. 3. № 2, pp. 289–296.

Author's:

Lesnov Felix P., Dr. Sci. (Geol.-Miner.), Academician RANS, Leading Researcher, V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, Novosibirsk, Russia.

E-mail: lesnovfp@list.ru

Oydup Choiganmaa K., Cand. Sci. (Geol.-Miner.), Leading Researcher, Laboratory of Geodynamics, magmatism and ore formation, Tuvanian Institute for Exploration of Natural Resources SB RAS, Kyzyl, Russia.

E-mail: oydup_ch@mail.ru

Mongush Andrey A., Cand. Sci. (Geol.-Miner.), Leading Researcher, Laboratory of Geodynamics, magmatism and ore formation, Tuvanian Institute for Exploration of Natural Resources SB RAS, Kyzyl, Russia.

E-mail: amongush@inbox.ru

Sergeev Sergey A., Cand. Sci. (Geol.-Miner.), Head of Center of Isotopic Research, A.P. Karpinsky Russian Geological Institute (VSEGEI), Saint-Petersburg, Russia.

E-mail: sergey_sergeev@vsegei.ru