

ПЕТРОЛОГИЯ

УДК 553.86+539.219.1+552.321.5(6)+571.64

СОСТАВ МИКРОВКЛЮЧЕНИЙ В ЦИРКОНАХ ИЗ ПОРОД БЕРЕЗОВСКОГО МАФИТ-УЛЬТРАМАФИТОВОГО МАССИВА (ВОСТОЧНО-САХАЛИНСКАЯ ОФИОЛИТОВАЯ АССОЦИАЦИЯ)



Ф.П. Леснов, В.Н. Королюк

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

Представлены данные о химическом составе микровключений в зернах циркона из пород полигенного Березовского мафит-ультрамафитового массива (о. Сахалин), полученные с помощью электронно-зондового микроанализатора JEOL JXA-8100. В структуре массива выделены протрузия реститогенных ультрамафитов, прорывающий ее интрузив ортомагматических габброидов, а также контактово-реакционные зоны, расположенные вдоль контактов габброидного интрузива с протрузией ультрамафитов (гибридные ультрамафиты и оливиновые габброиды) и с вмещающей толщей (гибридные кварцсодержащие габброиды и диориты). Цирконы разделены на четыре разновидности: реликтовые, ксеногенные, сингенетичные и эпигенетические. Микровключения с видимым размером 10–20 мкм обнаружены, главным образом, в зернах сингенетичных цирконов из гибридных габбро-диоритов, диоритов и кварцевых диоритов. Они представлены чаще встречающимися карбонатом и калинатровым полевым шпатом, а также более редкими кварцем, альбитом, слюдой и неидентифицированными фазами. В единичных случаях встречались микровключения гроссуляра, сидерита и оксида железа. В зернах цирконов из ультрамафитов и оливиновых габброидов, для которых определения показали древний U-Pb изотопный возраст, микровключения не встречались.

Ключевые слова: цирконы, микровключения, ультрамафиты, габброиды, офиолиты, о. Сахалин.

Введение

В акцессорных цирконах из разнотипных магматических пород, включая породы из мафит-ультрамафитовых массивов, нередко присутствуют микровключения различных минералов размером от единиц до первых десятков микрон. Согласно опубликованным данным, в таких микровключениях были диагностированы карбонат, кварц, апатит, гранат, омфациит, фенгит, рутил, сульфиды и некоторые другие минералы. Ограниченные размеры микровключений часто не позволяли надежно определить их химический состав и фазовую принадлежность. В предлагаемой статье охарактеризован химический и фазовый состав таких микровключений, которые впервые были обнаружены в цирконах из некоторых пород, слагающих Березовский мафит-ультрамафитовый массив, входящий в состав Восточно-Сахалинской офиолитовой ассоциации.

Геологическое строение

Березовского мафит-ультрамафитового массива

Березовский мафит-ультрамафитовый массив расположен в восточных отрогах Центрального хребта о. Сахалин на водоразделе рек Березовка, Герань и Зловещая (143°51' в.д., 49°50' с.ш.). Общая площадь выходов его пород составляет порядка 6,7 км², его линейные размеры – 1,5 × 4,5 км. Около

90% площади массива слагают ультрамафиты, остальную часть – породы габброидного состава (рис. 1). На некотором удалении от массива расположено несколько тел значительно меньшего размера, которые также сложены породами ультрамафитового и габброидного состава и, возможно, являются его тектоническими отторженцами.

В строении массива принимают участие четыре пространственно сближенных, но генетически автономных структурно-вещественных комплекса пород: 1) протрузия реститогенных ультрамафитов (гарцбургиты, лерцолиты и их серпентинизированные разновидности); 2) габброидный интрузив (ортомагматические габбронориты и габбро), прорывающий протрузию ультрамафитов; 3) контактово-реакционная зона, расположенная вдоль границ габброидного интрузива с протрузией ультрамафитов (гибридные верлиты, плагиоверлиты, клинопироксениты, вебстериты, а также гибридные оливиновые габбронориты и габбро, более редкие троктолиты); 4) контактово-реакционная зона, расположенная вдоль границ габброидного интрузива с метавулканогенными породами вмещающей толщи (гибридные габбро-диориты, кварцсодержащие диориты, диориты, кварцевые диориты). Свидетельством более позднего формирования габброидного интрузива по отношению к протрузии ультрамафитов является наличие ксенолитов ультрамафитов в породах габброидного интрузива. В 18 пробах пород массива весом в несколько килограммов обнаружено около 200 зерен

циркона, значения возраста которых по результатам датирования U-Pb методом SIMS (SHRIMP II) варьи-

руют в диапазоне от ~3,1 млрд лет до 20 млн лет [Леснов, 2015; Леснов и др., 2015].

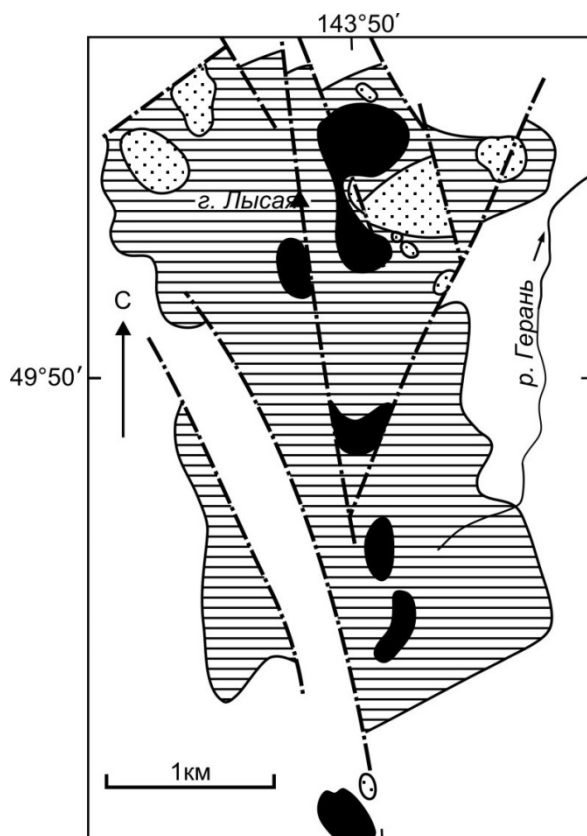


Рис. 1. Схема геологического строения Березовского мафит-ультрамафитового массива [Леснов и др., 2015]

Черным цветом обозначены площади распространения реститогенных ультрамафитов – дунитов, гарцбургитов, лерцолитов, их серпентинизированных разновидностей, а также серпентинитов. Горизонтальными линиями обозначены площади распространения гибридных ультрамафитов (верлиты, плагиоверлиты, клинопироксениты, вебстериты и их оливин- и плагиоклазсодержащие разновидности). Точками обозначены площади распространения ортомагматических (габбронориты, габбро, нориты) и гибридных (оливиновые габбро и габбронориты, троктолиты, анортозиты, роговообманковые габбро, габбро-диориты, кварцевые диориты) габброидов

Fig. 1. The geological structure of the Berezovsky mafic-ultramafic massif [Lesnov et al., 2015]

The areas of distribution of restitogenic ultramafic rocks – dunites, harzburgites, lherzolites, their serpentinitized varieties, and also serpentinites are marked in black. Horizontal lines indicate the areas of hybrid ultramafic distribution (wehrlites, plagiowehlite, clinopyroxenites, websterites and their olivine and plagioclase-containing species). Dots indicate the distribution areas of orthomagmatic (gabbro-norite, gabbro, norite) and hybrid (olivine gabbro and gabbro-norite, troctolites, anorthosites, hornblende gabbro, gabbro-diorites) gabbroids

Исследованные цирконы из пород массива представлены четырьмя генетическими разновидностями: а) редко встречающимися *реликтовыми* цирконами округленной формы, выявленными в гибридных ультрамафитах с возрастом более 1 млрд лет; б) чаще встречающимися *ксеногенными* цирконами, обычно округленной формы, которые выделены, главным образом, из гибридных оливиновых габброидов, слагающих зону эндоконтакта интрузива с протрузией и имеющими как древние (более 1 млрд лет), так и промежуточные (многие сотни млн лет) значения изотопного возраста; в) *сингенетическими* цирконами, наиболее широко представленными в изученной коллекции, обнаруженными только в ортомагматических габброидах, обладающих отчетли-

вой кристаллографической огранкой и имеющими возраст в интервале 150–170 млн лет, который отвечает времени формирования габброидного интрузива; г) *эпигенетическими* цирконами, представленными единичными ограниченными зернами с изотопным возрастом менее 100 млн лет и образованными, как предполагается, в процессе инфильтрации в породы массива флюидов, отделявшихся от расплавов, сформировавших небольшие гранитоидные интрузивы, расположенные в районе Березовского массива. С учетом всех имеющихся геолого-петрографических и изотопно-геохронологических данных Березовский массив рассматривается в качестве полигенного магматического тела [Леснов, 2015; Леснов и др., 2015].

Метод исследований состава микровключений

При изучении морфологии и химического состава цирконов из пород Березовского массива электронно-зондовым методом в некоторых их зернах были обнаружены твердофазные микровключения субизометричной, округленной, угловатой, удлиненной и неправильной формы с видимым размером 10–20 мкм, иногда несколько больше. Последующее изучение химического состава этих микровключений также проводилось на микроанализаторе JEOL JXA-8100 в ЦКП многоэлементных и изотопных исследований СО РАН ИГМ СО РАН (г. Новосибирск). Эти анализы выполнялись при ускоряющем напряжении 20 кВ и силе тока зонда 30–50 нА. Пересчет измеренных интенсивностей в концентрацию компонентов осуществлен методом ZAF-коррекции из программного обеспечения прибора. Места для определения состава микровключений выбирали в режиме растрового микроскопа с соблюдением условия, при котором видимая поверхность рассматриваемых фаз в наибольшей мере попадала в область генерации рентгеновского излучения. Затем при увеличении ($\times 300\,000$) проводили измерения, т.е. анализ осуществлялся практически с неподвижным зондом. Данный прием позволил избежать смещения электронного зонда, возникающего при переходе от просмотрного режима к анализу в «точке». В качестве образцов сравнения (стандартов) использовали зерна природных альбита, ортоклаза, диопсида, гранатов различного химического состава, а также Ti-содержащее синтетическое стекло состава диопсида. Отметим, что при анализе могло возникать некоторое «переопределение» концентрации Si относительно других компонентов, если область возбуждения аналитических сигналов превосходила размер микровключения, т.е. регистрировалось излучение Si из цирконовой матрицы. Остальные определявшиеся при анализе микровключений элементы в матрице циркона отсут-

ствуют. В такой ситуации их содержание относительно содержания Si обычно занижалось. Непосредственно в процессе выполнения анализов степень завышения или занижения концентрации тех или иных элементов установить невозможно, тем не менее некоторые коррективы были сделаны при пересчете результатов анализа на химические формулы минералов из микровключений.

Результаты исследований

При предварительном изучении коллекции зерен циркона в режиме «СОМРО», в них было обнаружено около 100 микровключений различных минеральных фаз, подавляющая часть которых находилась в цирконах из гибридных габброидов, слагающих контакто-реакционную зону, расположенную на границе габброидного интрузива с вмещающими толщами (габбро-диоритов, диоритов и кварцевых диоритов). В реликтовых и ксеногенных цирконах из гибридных ультрамафитов и габброидов, для которых были определены наиболее древние изотопные возрасты, микровключения не встречались. Анализы химического состава этих микровключений показали, что в них присутствуют в различных количествах SiO_2 (0,03), Al_2O_3 (0,02), CaO (0,009), MgO (0,09), FeO (0,01), TiO_2 (0,01), MnO (0,009), Cr_2O_3 (0,006), Na_2O (0,02), K_2O (0,007). Поясним, что в скобках после символов оксидов указаны значения пределов обнаружения компонентов в мас. %. Эти пределы указывают на наименьшие содержания компонентов, которые еще обнаруживались при использованной методике анализа с вероятностью 84% (односторонний 1σ -критерий). На основе выполненных анализов была определена фазовая принадлежность подавляющей части проанализированных микровключений, среди которых диагностированы чаще встречавшиеся карбонат и калинатриевый полевой шпат, более редкие кварц, альбит, слюда, гроссуляр и в единичных случаях – сидерит и оксид железа (табл. 1, 2, рис. 2).

Таблица 1

Химический состав микровключений в цирконах из пород Березовского массива, мас. %

Table 1

The chemical composition of microinclusions in zircons from rocks of the Berezovskii massif, wt %

Компонент	Карбонаты												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
SiO_2	1,45	4,88	1,71	0,41	0,66	9,14	0,48	0,34	16,25	3,13	1,51	0,63	0,47
TiO_2	Н.о.	0,03	0,03	Н.о.	Н.о.	Н.о.	Н.о.	0,03	Н.о.	Н.о.	0,01	0,01	0,01
Al_2O_3	Н.о.	0,04	Н.о.	0,02	Н.о.	0,21	Н.о.	Н.о.	Н.о.	Н.о.	0,09	Н.о.	Н.о.
FeO	0,14	0,04	0,13	0,26	0,31	0,16	0,29	0,27	0,22	0,16	0,03	0,09	0,05
MnO	0,14	0,10	0,18	0,27	0,22	0,16	0,09	0,26	0,09	0,09	0,10	0,20	0,04
MgO	Н.о.	Н.о.	Н.о.	Н.о.	Н.о.	Н.о.	Н.о.	0,01	Н.о.	Н.о.	Н.о.	Н.о.	Н.о.
CaO	61,04	53,09	56,58	53,60	61,10	45,31	61,82	61,34	31,15	55,86	61,83	61,99	59,16
Na_2O	0,19	Н.о.	0,38	0,18	Н.о.	Н.о.	0,17	0,07	Н.о.	0,09	Н.о.	0,04	Н.о.
K_2O	0,01	0,02	Н.о.	0,02	Н.о.	0,05	Н.о.	Н.о.	0,01	0,01	0,05	Н.о.	Н.о.
Cr_2O_3	Н.о.	Н.о.	Н.о.	Н.о.	Н.о.	Н.о.	Н.о.	0,01	Н.о.	Н.о.	Н.о.	Н.о.	Н.о.
Сумма	62,97	58,19	59,01	54,75	62,29	55,04	62,85	62,33	47,72	59,33	63,61	62,95	59,73

Компонент	Калиевые полевые шпаты					Альбиты				Кварцы			
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	1	2	3	4
SiO ₂	61,53	64,65	62,70	61,83	64,29	75,79	70,91	61,15	69,87	91,77	87,07	99,80	98,66
TiO ₂	0,04	0,02	Н.о.	Н.о.	0,02	Н.о.	Н.о.	Н.о.	0,04	0,02	0,00	0,04	0,01
Al ₂ O ₃	12,66	17,83	17,40	14,47	16,74	15,78	18,33	18,15	19,67	0,60	0,02	0,14	0,26
FeO	0,22	0,05	0,01	0,02	1,02	Н.о.	0,08	0,05	0,52	0,08	0,03	0,07	0,02
MnO	0,04	Н.о.	Н.о.	0,02	0,02	Н.о.	0,05	0,02	0,12	Н.о.	0,01	Н.о.	Н.о.
MgO	Н.о.	0,03	Н.о.	0,01	0,01	0,05	Н.о.	0,02	0,04	0,07	0,01	Н.о.	Н.о.
CaO	0,21	Н.о.	Н.о.	0,02	0,00	1,20	1,20	3,79	0,45	0,03	Н.о.	0,06	0,04
Na ₂ O	0,05	0,56	0,37	0,89	0,20	10,06	10,86	10,54	12,15	Н.о.	Н.о.	Н.о.	0,14
K ₂ O	11,06	15,92	14,37	13,13	15,17	0,09	0,06	0,42	0,12	0,22	Н.о.	Н.о.	0,01
Cr ₂ O ₃	0,00	0,01	Н.о.	Н.о.	Н.о.	0,03	0,01	0,01	Н.о.	Н.о.	Н.о.	0,03	0,01
Сумма	85,82	99,07	94,84	90,39	97,47	102,8	101,5	94,14	102,9	92,77	87,14	100,1	99,15

Компонент	Кварцы			Гроссуляры			Слюды				Сидерит	Магнетит
	5	6	7	1	2	3	1	2	3	4	1	1
SiO ₂	89,75	99,79	91,17	35,53	39,34	34,83	46,30	49,73	56,12	45,84	7,23	1,09
TiO ₂	0,03	Н.о.	0,04	0,15	0,09	0,13	0,73	0,20	0,20	4,28	Н.о.	0,92
Al ₂ O ₃	1,38	0,14	2,05	24,31	27,28	23,56	11,56	17,43	17,39	26,75	0,19	0,43
FeO	0,69	0,01	Н.о.	8,02	7,74	8,56	8,59	8,19	7,05	6,44	11,26	82,95
MnO	0,03	0,03	Н.о.	0,72	0,48	0,70	0,09	0,07	0,02	0,07	0,10	0,03
MgO	0,19	Н.о.	0,01	0,02	Н.о.	0,00	3,59	0,60	1,96	1,10	Н.о.	Н.о.
CaO	0,05	0,01	0,06	20,66	22,64	20,26	4,37	0,00	0,36	0,02	40,68	0,22
Na ₂ O	Н.о.	Н.о.	0,53	0,01	0,02	Н.о.	Н.о.	0,99	0,80	0,41	0,08	Н.о.
K ₂ O	0,40	0,02	0,72	Н.о.	Н.о.	Н.о.	2,57	5,99	5,70	8,70	0,01	Н.о.
Cr ₂ O ₃	0,03	0,00	0,00	0,02	0,00	0,02	0,02	Н.о.	Н.о.	Н.о.	Н.о.	Н.о.
Сумма	92,55	99,99	94,57	89,44	97,58	88,06	77,81	83,20	89,60	93,61	59,56	85,64

Примечание. Здесь и в табл. 2 Н.о. – компонент не обнаружен.

Note. Here and in Table 2 Н.о. – component not detected.

Таблица 2

Химический состав неидентифицированных микровключений в цирконах из пород Березовского массива, мас. %

Table 2

The chemical composition of closer than non-identified microinclusions in zircons from rocks of the Berezovskii massif, wt %

Компо- ненты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
SiO ₂	53,99	33,32	34,22	48,41	81,91	26,12	39,52	31,27	37,33	68,00	57,39	43,90	78,78	70,68
TiO ₂	Н.о.	Н.о.	0,13	0,05	Н.о.	0,03	Н.о.	0,11	0,03	0,26	0,13	1,90	0,10	0,07
Al ₂ O ₃	7,29	12,90	14,92	10,75	4,61	19,37	11,30	5,60	12,28	12,11	8,68	22,39	8,46	12,39
FeO	12,58	19,79	20,58	30,41	5,85	32,24	23,69	1,06	23,25	4,95	0,84	8,81	1,40	1,19
MnO	0,24	0,47	0,87	0,20	0,11	0,27	0,37	Н.о.	0,11	0,12	0,05	0,30	0,03	0,02
MgO	9,92	16,90	14,82	1,61	2,31	11,23	11,47	0,48	4,84	0,54	0,15	1,40	0,81	0,02
CaO	0,19	0,60	0,36	0,06	0,12	0,04	0,86	32,33	0,17	1,15	0,56	1,29	0,11	0,72
Na ₂ O	0,06	0,28	0,27	0,18	0,17	0,05	0,08	0,06	0,41	1,78	2,18	0,10	0,16	1,35
K ₂ O	0,07	0,02	0,76	0,43	0,37	0,05	0,04	1,68	1,36	3,63	1,60	7,41	3,06	3,54
Cr ₂ O ₃	Н.о.	Н.о.	Н.о.	Н.о.	0,04	Н.о.	0,04	Н.о.	Н.о.	Н.о.	Н.о.	0,03	0,02	Н.о.
Сумма	84,34	84,27	86,92	92,10	95,50	89,39	87,36	72,58	79,79	92,54	71,58	87,54	92,92	89,97

Для некоторых микровключений ограниченные размеры обусловили несколько повышенный уровень искажений их химического состава. Этим можно объяснить тот факт, что суммарное содержание компонентов в анализах таких микровключений меньше 100 мас. %, или, наоборот, несколько превышает данную величину. По этой причине при графической интерпретации химических составов микровключений вместо содержаний компонентов в мас. % были использованы их отношения, т.е. химические параметры. Далее кратко охарактеризуем особенности состава каждого из минералов, представленных в микровключении в зернах циркона (рис. 3).

Содержание СаО в микровключениях карбоната изменяется в интервале 31,2–62 мас. %. При этом во многих из них в качестве примеси обнаружены SiO₂ (0,41–16,3 мас. %) и FeO (0,03–0,31 мас. %), а также в крайне малых количествах – MgO, TiO₂, Al₂O₃, Na₂O и K₂O. Карбонаты из разных микровключений имеют схожие по конфигурации графики химических параметров, на которых присутствуют интенсивные максимумы для параметров СаО/FeO и СаО/Na₂O. Микровключения в той или иной мере отличаются по положению их графиков на диаграмме, что свидетельствует о некоторой неоднородности химического состава этого минерала.

В микровключениях *калиевого полевого шпата* содержание главных компонентов варьирует в относительно узких пределах (мас. %): SiO_2 (61,8–64,7), Al_2O_3 (12,7–17,8), K_2O (11,1–15,9), Na_2O (0,05–0,89), FeO (0,01–1,01). При этом в них почти полностью отсутствуют примеси CaO , TiO_2 и MnO . На графиках химических параметров этого минерала наблюдаются максимумы для значений параметров SiO_2/CaO и $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$. Разброс фигуративных точек параметра

$\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ указывает на значительные вариации содержания щелочей в этом минерале.

Во включениях *альбита* содержания главных компонентов заметно варьируют (мас. %): SiO_2 (61,2–75,8), Al_2O_3 (15,8–19,7), Na_2O (10,2–12,2), K_2O (0,06–0,42), FeO (0,00–0,52). Значения химических параметров альбитов из разных микровключений варьируют незначительно, на что указывает сближенное расположение их графиков.

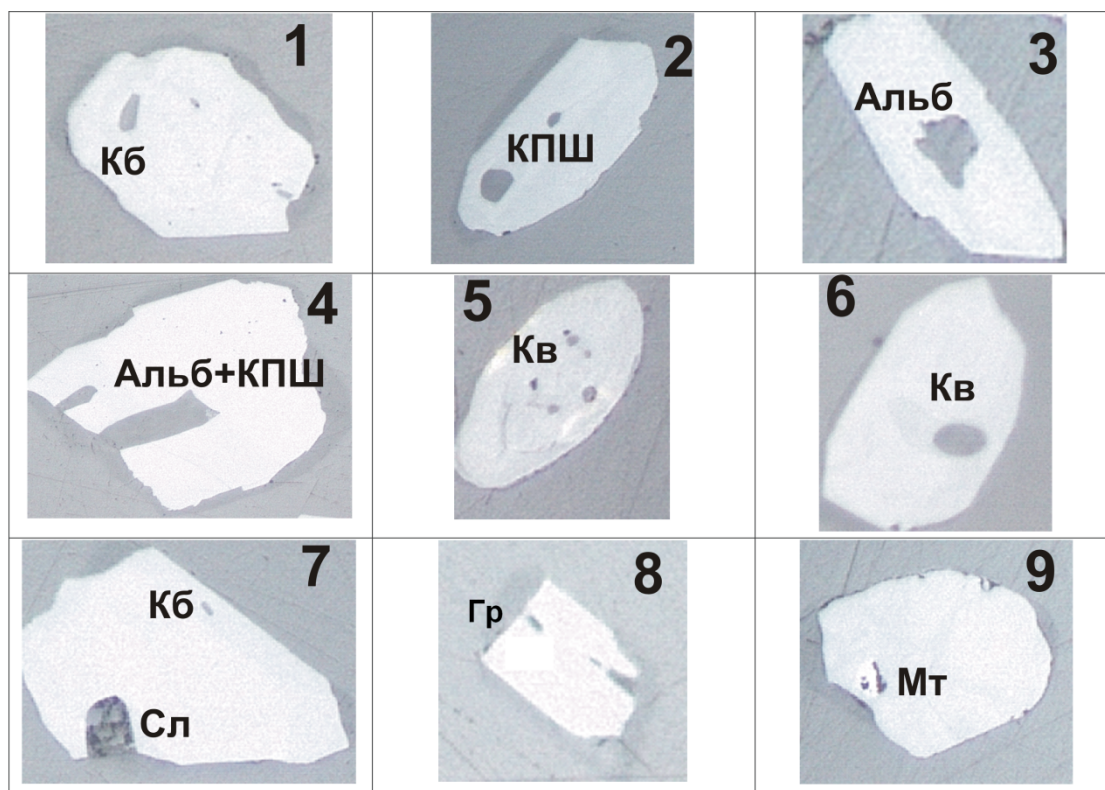


Рис. 2. Микрофотографии, полученные на микроанализаторе JEOL JXA-8100 в обратно-рассеянных электронах (режим COMPO)

Светло-серое – циркон, темно-серое – микровключения: **Кб** – карбонат; **КПШ** – калиевый полевой шпат; **Альб** – альбит; **Кв** – кварц; **Сл** – слюда; **Гр** – гроссуляра; **Мт** – оксид железа. Наименование пород, в цирконах которых присутствуют микровключения: 1 – габброид; 2 – кварцевый диорит; 3, 5, 9 – габбро-пироксениты; 4, 8 – габбро-диориты; 6, 7 – диориты

Fig. 2. Micrographs taken on a JEOL JXA-8100 microanalyzer in backscattered electrons (COMPO mode)

Light gray – zircon, dark gray – microinclusions: **Kb** – carbonate; **KPSh** – potassium feldspar; **Alb** – albite; **Kv** – quartz; **Sl** – mica; **Gr** – grossular; **Mt** – iron oxide. The name of the rocks in which the microinclusions are present in the zircons: 1 – gabbroid; 2 – quartz diorite; 3, 5, 9 – gabbro-pyroxenites; 4, 8 – gabbro-diorites; 6, 7 – diorites

В микровключениях *слюды* также наблюдались заметные вариации содержания главных компонентов (мас. %): SiO_2 (45,8–56,1), Al_2O_3 (11,6–26,8) и K_2O (2,6–8,7). При этом значения химических параметров $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$, $\text{SiO}_2/\text{K}_2\text{O}$ и $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ в этом минерале менее значительны по сравнению со значениями параметра SiO_2/CaO .

В микровключениях *кварца* содержание SiO_2 составили от 89,8 до 99,8 мас. %. В качестве примеси в них обнаружены FeO , TiO_2 и Al_2O_3 , реже в них присутствовали MgO , CaO , MnO и щелочи.

Микровключения *гроссуляра* сравнимы по содержанию (мас. %) SiO_2 (34,8–39,3), Al_2O_3 (23,6–27,3) и CaO (20,3–22,6), а также по значениям химических параметров, графики которых почти не отличаются по положению на диаграмме и по конфигурации. На микрофотографии можно видеть, что микровключения гроссуляра имеют удлиненную форму и предположительно локализованы в микротрещине, секущей зерно циркона (см. рис. 2, 8). Кроме того, в зернах циркона были обнаружены единичные микровключения *сидерита* и *оксида железа*.

Наряду с охарактеризованными выше минералами из микровключений в цирконах в них выявлены разновидности микровключений, фазовый состав которых не удалось определить. Такие микровключения в разной мере отличаются по со-

держаниям ряда химических компонентов, суммарное содержание которых часто намного меньше 100 мас. %. Особенно широко в этих микровключениях варьируют значения параметров FeO/CaO и $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$.

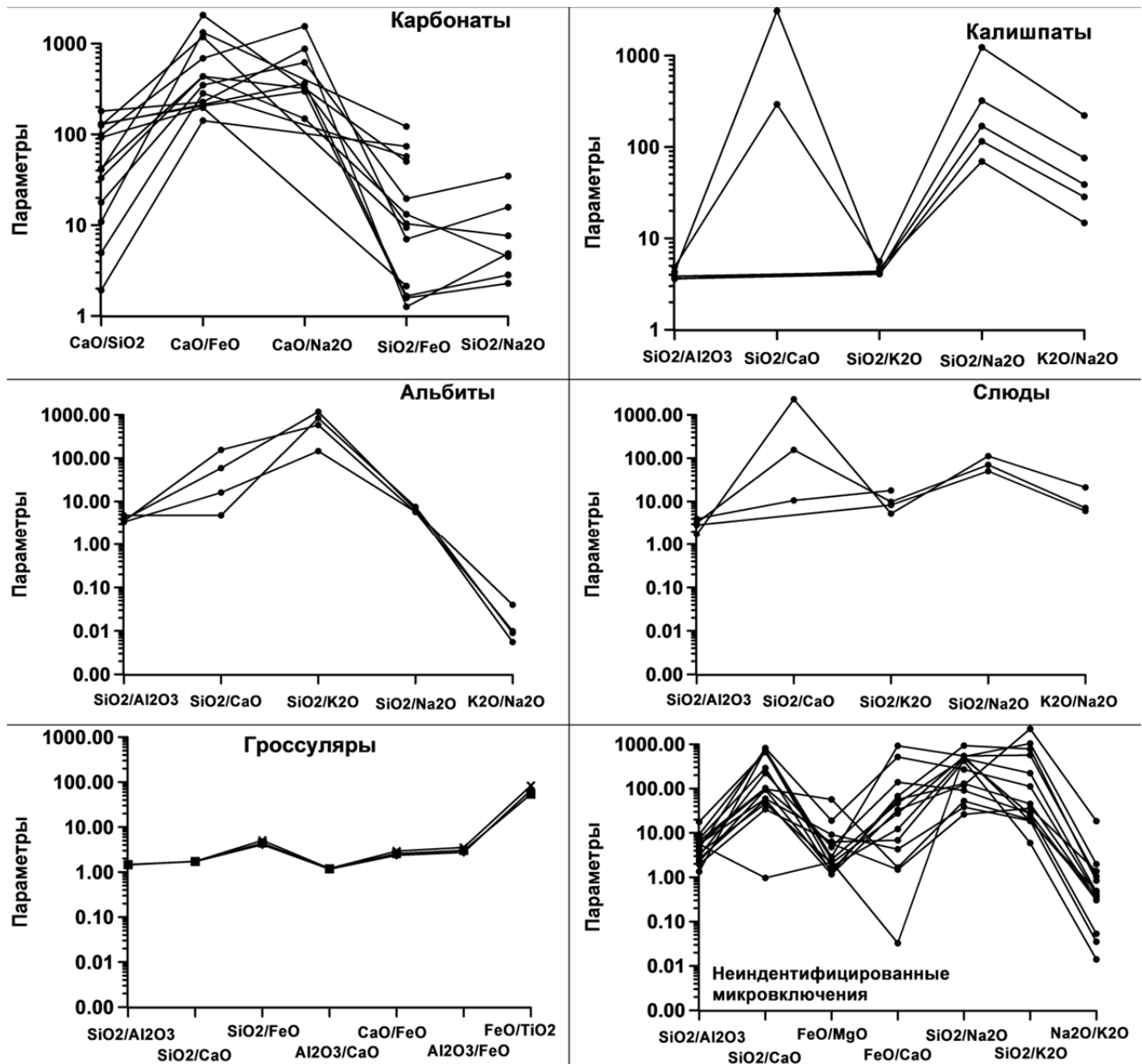


Рис. 3. Графики химических параметров карбоната, калиевого полевого шпата, альбита, слюды, гроссуляра, а также неидентифицированных фаз из микровключений в цирконах (по данным табл. 1, 2)

Fig. 3. Graphs of chemical parameters of carbonates, potassium feldspars, albites, micas, grossulars, as well as unidentified phases from microinclusions in zircons (according to Tables 1, 2)

С учетом подобия конфигурации графиков химических параметров этой группы микровключений предполагается, что они имеют одну и ту же фазовую принадлежность.

Наконец, отметим, что в зернах циркона были обнаружены «псевдомикровключения», представ-

ляющие собой каверны, заполненные тонкодисперсным агрегатом. Как можно предположить, эти каверны были образованы вследствие выкрашивания минеральных микровключений при полировке препарата с инплантированными зернами циркона и заполнены полировочным абразивом, состоящим

из микрочастиц корунда, карборунда и оксида хрома.

Заклучение

Анализы химического состава микровключений в зернах циркона из пород Березовского мафит-ультрамафитового массива свидетельствуют о том, что эти микровключения присутствуют, главным образом, в зернах относительно «молодых» цирконов, которые обнаружены в гибридных габброидах из зоны контакта габброидного интрузива с вмещающими его породами.

В зернах циркона, имеющих «древние» изотопные возрасты, микровключения не наблюдались. Выявленные в зернах циркона минеральные микровключения в своем большинстве, по-видимому, образовались в процессе инфильтрации в породы массива эпигенетических флюидов, которые выделялись из более поздних расплавов, предположительно, кислого состава.

Работа выполнена в соответствии с государственным заданием Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН (№ 0330-2016-0014).

ЛИТЕРАТУРА

Леснов Ф.П. Петрология полигенных мафит-ультрамафитовых массивов Восточно-Сахалинской офиолитовой ассоциации. Новосибирск : ГЕО, 2015. 240 с.

Леснов Ф.П., Хлестов В.В., Гальверсен В.Г., Сергеев С.А. Полигенное формирование офиолитовых мафит-ультрамафитовых комплексов: изотопно-геохронологические и геохимические свидетельства по цирконам из пород Березовского массива (о. Сахалин) // Геология и геофизика. 2015. Т. 56, № 7. С. 1322–1346.

Авторы:

Леснов Феликс Петрович, доктор геолого-минералогических наук, академик РАН, ведущий научный сотрудник, лаборатория геодинамики и минералогии, Институт геологии и минералогии СО РАН, Новосибирск, Россия. E-mail: felix@igm.nsc.ru; lesnovfp@list.ru

Королюк Владимир Николаевич, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, лаборатория рентгеноспектральных методов анализа, Институт геологии и минералогии СО РАН, Новосибирск, Россия. E-mail: camebax@igm.nsc.ru

Geosphere Research, 2019, 3, 35–41. DOI: 10.17223/25421379/12/3

F.P. Lesnov, V.N. Korolyuk

COMPOSITION OF MICROINCLUSIONS IN ZIRCONS FROM THE ROCKS OF THE BEREZOVSKII MAFIC-ULTRAMAFIC MASSIF (EASTERN SAKHALIN OPHIOLITE ASSOCIATION)

¹ V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy of SB RAS, Novosibirsk, Russia

The data on the chemical composition of microinclusions in zircon grains from rocks of the polygenic Berezovskii mafic-ultramafic massif (Sakhalin Island), obtained using the JEOL JXA-8100 electron probe microanalyzer, is presented. In the massif structure has a protrusion of restitogenic ultramafic rocks, intruding its intrusion of ortomagmatic gabbros, and the two contact-reaction zones along with contact of gabbroid intrusion with ultramafic protrusion (hybrid olivine gabbro and ultramafic), and with enclosing strata (hybrid quartz-bearing gabbros and diorite). Zircons are divided into four varieties: relict, xenogenic, syngenetic, and epigenetic. Microinclusions with an apparent size of 10–20 μm were found mainly in syngenetic zircon grains from hybrid gabbro-diorites, diorites, and quartz diorites. They are represented by more common carbonate and K-Na feldspars, as well as more rare quartz, albite, mica and unidentified phases. In isolated cases, the microinclusions of grossular, siderite and iron oxide were encountered. Microinclusions did not occur in zircon grains from ultramafic and olivine gabbroids, for which the determinations showed an ancient U-Pb isotopic age.

Keywords: zircon, microinclusions, ultramafic rocks, gabbroids, ophiolite, Sakhalin Island.

References

Lesnov F.P. *Petrologiya poligennykh mafit-ul'tramafitovykh massivov Vostochno-Sakhalinskoy ofiolitovoy assotsiatsii* [Petrology of polygenic mafic-ultramafic massifs of the East-Sakhalin ophiolitic association]. Novosibirsk: Izd-vo "GEO". 2015. 240 p. In Russian

Lesnov F.P., Khlestov V.V., Gal'versen V.G., Sergeev S.A. Polygenesis of mafic-ultramafic complexes: isotope-geochronological and geochemical evidence from zircons of the Berezovka Massif rocks (Sakhalin Island) // *Russian Geology and Geophysics*. 2015. V. 56, № 7. pp. 1035–1054.

Authors:

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

Korolyuk Vladimir N., Cand. Sci. (Geol.-Miner.), Senior Scientific Researcher, V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, Novosibirsk, Russia. E-mail: camebax@igm.nsc.ru