

*В.К. ГАРАНИН, К.В. ГАРАНИН, Е.Р. ВАСИЛЬЕВА, Е.М. ВЕРИЧЕВ,
С.И. КОСТРОВИЦКИЙ, Г.П. КУДРЯВЦЕВА, П.А. ПИСАРЕВ*

МИНЕРАЛОГИЯ МАНТИЙНЫХ КСЕНОЛИТОВ ИЗ АЛМАЗОНОСНОЙ КИМБЕРЛИТОВОЙ ТРУБКИ ИМ. В. ГРИБА (АРХАНГЕЛЬСКАЯ АЛМАЗОНОСНАЯ ПРОВИНЦИЯ).

Статья 1. Перидотиты, пироксениты, эклогиты

Приведены результаты исследований коллекции различных ксенолитов мантийных и метаморфических пород (минералого-петрографическая характеристика ксенолитов и составы минералов из ксенолитов). На основе анализа представительного банка данных по минералам-спутникам алмаза (гранат, клинопироксен, хромшпинелид и ильменит), который включает > 1000 оригинальных электронно-зондовых анализов, и составов минералов из ксенолитов глубинных пород охарактеризованы их минеральные парагенезисы. Ксенолиты алмазоносных дунитов и гарцбургитов не обнаружены, хотя минералы из тяжелой фракции свидетельствуют, что такие породы присутствуют в разрезе мантийных пород под трубкой.

Кимберлитовая алмазоносная трубка им. В. Гриба — прекрасный объект для комплексного минералогического и петролого-геохимического изучения глубинного строения земной коры и верхней мантии [2, 5–7]. Этому способствуют три основных фактора. Во-первых, высокий выход минералов тяжелой фракции, до 50 кг на 1 т породы, и преобладание в ней ильменита; во-вторых, широкая распространенность ксенолитов глубинных (мантийных) и метаморфических пород кристаллического фундамента; в-третьих, хорошая сохранность ксенолитов. Тем самым месторождение алмазов им. В. Гриба в научном плане выгодно отличается для исследователей глубинных пород от трубок месторождения им. М.В. Ломоносова [1], в которых выход минералов тяжелой фракции низок, и ксенолиты глубинных пород в значительной степени изменены.

Напомним, что первые данные о составе основных минералов-индикаторов приведены в [1, 2]. В этих работах представлены результаты исследований и анализа представительного банка данных полных электронно-зондовых анализов (около 1100) минералов-спутников алмаза, в том числе 638 граната, 210 ильменита, 147 клинопироксена, 82 хромшпинелида, 22 оливина. Выявленные парагенезисы минералов достаточно полно отражают спектр мантийных пород в трубке, дают представление о разрезе пород и соотношении среди них перидотитов, пироксенитов и эклогитов, в том числе и алмазоносных.

Из анализа полученной информации при систематизации электронно-зондовых анализов минералов-спутников и их обработки с помощью химико-генетических классификаций следует, что наиболее распространены в разрезе мантийных пород под трубкой им. В. Гриба ассоциации минералов из следующих парагенезисов глубинных пород: алмазоносных дунитов и гарцбургитов, равномерно-зернистых лерцолитов, в том числе и алмазоносных, катаклазированных ильменитовых лерцולי-

тов, вебстеритов и пироксенитов, гранат-клинопироксен-хромшпинелевых сростков. Отсутствуют минералы из верлитов. Это все — ассоциации минералов ультраосновного парагенезиса, который преобладает здесь. Существенно меньше распространены минералы эклогитового парагенезиса (< 10%). Тем не менее в тяжелой фракции присутствуют минералы алмазоносных магнезиальных и магнезиально-железистых эклогитов. Только единичные находки соответствуют минералам из глиноземистых эклогитов, что свидетельствует об их ничтожно малом содержании в разрезе мантийных пород.

Уникальность трубки им. В. Гриба состоит в том, что выявленный спектр минеральных парагенезисов можно скорректировать и дополнить на основе минералого-петрографического изучения ксенолитов глубинных пород, которые широко распространены в трубке.

Минералого-петрографическая характеристика ксенолитов

Ксенолиты глубинных пород присутствуют в трубке им. В. Гриба в весьма значительном для трубок региона количестве, распределены в различных типах кимберлитовых пород трубки крайне неравномерно. Наиболее часто ксенолиты встречаются в кимберлитах жерловой части, где концентрация ксенолитов достигает нескольких штук (до 5) на метр керна. В туфо- и ксенотуфобрекчии количество ксенолитов резко снижается. Их размеры варьируют от 1 до 15 см, причем крупные образцы (5–8 см) не редкость, что заметно отличает трубку им. В. Гриба от других трубок района и сближает с известными алмазоносными трубками, как Мир, Удачная (Якутия), Премьер, Робертс Виктор (Южная Африка). Форма ксенолитов разнообразная, преобладают овальная и овально-уплощенная, а угловатая характерна для ксенолитов коровых пород.

Среди изученных мантийных нодулей встречаются следующие разновидности: шпинелевые и гранатовые перидотиты (лерцолиты и гарцбургиты), пироксениты (вебстериты) и эклогиты, образующие переходы к практически мономинеральным гранатитам. Кроме того, присутствуют крупнокристаллические мономинеральные желваки (мегакристаллы), представленные в основном гранатом, клинопироксеном, ильменитом и флогопитом. Среди коровых образований преобладают гранатосодержащие сланцы (эклогитоподобные породы), которые намечают переход к эклогитам.

В табл. 1 суммированы данные по минеральному составу нодулей и текстурно-структурным особенностям изученных ксенолитов.

Перидотиты представлены породами двух фаций — гранатовой и шпинелевой. Содержание гранатов в этих породах колеблется от 5 до 20 об.%, оливинов — от 10 до 65 об.%, ортопироксенов — от 10 до 15 об.%. Концентрация клинопироксена достигает 25 об.%. В ряде случаев этот минерал не обнаружен, в результате такие породы отнесены к гарцбургитам. В шпинелевых перидотитах количество хромшпинелидов < 5 об.%. Второстепенные минералы представлены в основном флогопитом, образующим коричневые чешуйки вблизи контакта с кимберлитовой матрицей. Из аксессуарных минералов отмечены единичные зерна шпинелидов и ильменита.

Структуры пород средне- и крупно-, гипидиоморфно-, равномернозернистые, реже порфировидные (порфировые вкрапленники (до 9 мм) представлены гранатом). В породах, богатых оливином, наблюдаются элементы петельчатой структуры вследствие замещения оливина серпентином. Кроме серпентина в породах наблюдаются единичные зерна вторичных кальцита и хлорита. Текстура пород массивная.

Гранат образует неровные, довольно крупные (до 7 мм) зерна, сильно раздробленные и часто расчлененные системами параллельных трещин отдельности, характерных обычно для катаклазированных типов пород. У некоторых зерен граната наблюдаются келифитовые каймы, сложенные зеленовато-коричневым хлорит-флогопитовым агрегатом с мельчайшими зернами герцинитовой шпинели.

Пироксениты представлены нодулями гранатового вебстерита (обр. 93-247), гранатовых пироксенитов (обр. 101, 73-230). Типичны малое содержание или отсутствие оливина, а также наложенный кальцит до 40 об.%, замещающий главные породообразующие минералы, по-видимому, вследствие воздействия кимберлитового расплава. Карбонатизация свойственна также эклогитам, гранатитам и коровым сланцам. Ортопироксен в этой породе — практически чистый энстатит.

Эклогиты относятся к рутиловым и ильменитовым типам, количество граната в них колеблется от

Таблица 1

Минеральный состав и структурные особенности нодулей из кимберлитовой трубки им. В. Гриба

Образец	Порода	Состав	Структура
93-268	Гранатовый гарцбургит	Grт(40)+Ol(10)+Orx(50)+[Mag]	Среднезернистая
93-236/1	Гранатовый верлит	Grт(20)+Cpx(30)+Ol(50)+[Mag]	То же
105	То же	Grт(10)+Cpx(10)+Ol(80)	» »
103	Флогопитовый верлит	Cpx(50)+Ol(40)+Phl(10)	» »
106	Серпентинизирован. Гранатовый верлит	Grт(10)+Cpx(10)+Srp(80)	» »
73-215	Гранатовый лерцолит	Grт(20)+Ol(65)+Orx(10)+Cpx(5)+[Ilm]	Крупнозернистая
102	То же	Grт(20)+Ol(50)+Orx(10)+Cpx(20)	То же
53-467	» »	Grт(20)+Ol(50)+Orx(15)+Cpx(15)+[Mag]	Среднезернистая
101	Гранатовый пироксенит	Grт(20)+Cpx(80)	Крупнозернистая
90-328-1	Желвак клинопироксена	Cpx(98)+[Phl]+[Chl]	То же
93-247	Гранатовый вебстерит	Grт(15)+Orx(25)+Cpx(20)+Cal*(40)+[Bt]+[Mag]	Среднезернистая
90-328-2	Хромшпинелевый лерцолит	Ol(70)+Cpx(10)+Orx(10)+Phl(5)+Chr(5)	То же
73-230	Гранатовый клинопироксенит	Grт(40)+Cpx(40)+Cal*(20)+[Rt]	Крупнозернистая
93-265	Эклогит	Grт(75)+Cpx(25)+[Phl]+[Ilm]	То же
93-265/2	То же	Grт(75)+Cpx(25)+[Phl]+[Ilm]	» »
c-2	» »	Grт(20)+Cpx(80)	» »
53-387	Гранатит	Grт(95)+Cpx(5)	» »
103-152	То же	Grт(60)+Cpx(5)+Cal*(35)	» »
93-230	Двупироксен-гранатовый сланец	Grт(40)+Cpx(20)+Orx(20)+Bt(5)+Pl(5)+Qtz(10)+[Mag]+[Rt]	Гранобластовая
93-232	Гранат-пироксен-плаггиоклазовый сланец	Grт(20)+Cpx(35)+Pl(45)+[Bt]+[Rt]	То же
53-471	Пироксен-биотитовый сланец с гранатом	Cpx(70)+Bt(10)+Grт(5)+Cal*(15)+[Mag]	» »
73-247	Гранат-пироксен-флогопитовая порода	Grт(25)+Cpx(35)+Phl(40)+[Rt]	» »
53-387	Пироксен-плаггиоклаз-гранатовый сланец	Grт(70)+Cpx(15)+Pl(15)+[Orx]	» »

Примечание. В круглых скобках указано содержание минерала в породе (в об.%); в квадратных скобках — второстепенные и аксессуарные минералы, содержание которых не превышает 1%; * вторичные минералы; Ol — оливин; Grт — гранат; Orx — ортопироксен; Cpx — клинопироксен; Phl — флогопит; Bt — биотит; Pl — плаггиоклаз; Cal — кальцит; Srp — серпентин; Chr — хромшпинелид; Rt — рутил; Ilm — ильменит; Mag — магнетит.

40 до 75 об.%. Если на долю омфациита приходится менее 5%, породы следует отнести к гранатитам. Среди второстепенных минералов в одном из ксенолитов диагностирован флогопит. Структура пород крупно- и гипидиоморфнозернистая, текстура массивная.

Для ксенолитов коровых пород характерны плагиоклаз (5–45 об.%) и гранат (5–70 об.%), а также отмечаются пироксены, биотит, кварц, магнетит, рутил, количество которых значительно меняется от образца к образцу, что определяет различную номенклатуру пород (табл. 1). Структуры пород гранобластовые, нематогранобластовые, типичные для метаморфических образований, текстуры массивные, часто с элементами сланцеватости. Вокруг клинопироксена (омфациита) на границе с плагиоклазом часто наблюдаются венцовые оторочки диопсид-кварцевого состава.

Особенности состава минералов из ксенолитов

С помощью оптического микроскопа и растрового электронного микроскопа JSM-820 («JEOL», Япония) с аналитической приставкой AN-10/85S («LINK», Англия) в прозрачно-полированных шлифах изучены взаимоотношения минералов в отраженных электронах с соответствующим контрастом и рентгеновских лучах соответствующих элементов (Al, Fe, Cr, Ca, Mg и др.), а также состав породообразующих и аксессуарных минералов. При этом с целью выявления условий формирования

мантйных пород и влияния метасоматоза исследованы составы гранатов, клинопироксена, пикроильменита, флогопита, аксессуарных минералов и их продуктов изменения. Породообразующие и рудные минералы с применением химико-генетических классификаций (ХГК) [4] отнесены к соответствующим парагенезисам для уточнения петрографического описания пород.

При анализе результатов изучения минералов выявлено, что генетическая принадлежность породообразующих минералов на основе ХГК соответствует типу породы, который определен при традиционном петрографическом описании нодулей. Гранаты из изученных лерцолитов — низкохромистые (2–5 мас.% Cr₂O₃), и среднекальциевые (4,0–6 мас.% CaO) разности (табл. 2, рис. 1), содержание железа в которых варьирует от 7 до 10 мас.% FeO, количество титана в целом не велико — 0,02–0,27 мас.%. Это все альмандин-пиропы с повышенным содержанием пиропового минала. Лишь в одном образце (93-268), отнесенном по ХГК к одной из самых распространенных в трубке им. В. Гриба группе гранатов — из слабоалмазных равномернозернистых (часто катаклазированных) ильменитовых лерцолитов с низкохромистым титанистым гранатом, обнаружено до 0,9 мас.% TiO₂. Это уже Cr-Ti-пироп из ансамбля крупнозернистых ильменитовых гипербазитов.

Гранаты из эклогитов соответствуют таковым из магнезиально-железистых разновидностей этих

Таблица 2

Электронно-зондовые анализы минералов из ксенолитов трубки им. В. Гриба (мас. %)

Образец	Минерал	ХГГ	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	F	Сумма
93-268	Grт*	8	41,39	0,83	19,08	4,24	8,77	0,38	19,84	5,10	—	—	—	99,63
	Grт		41,41	0,90	19,19	4,10	8,37	0,38	20,01	5,20	—	—	—	99,56
93-236/1	Grт(ц)**	5	42,39	0,13	21,20	3,35	7,48	0,23	20,81	4,38	0,00	0,00	—	99,97
	Grт(к)	5	42,27	0,03	21,15	3,69	7,25	0,29	20,65	4,43	0,19	0,03	—	99,98
	Cpx		54,49	0,13	3,06	2,77	1,73	0,13	15,10	19,54	2,95	0,05	—	99,95
	Ol		41,44	0,02	0,00	0,08	7,28	0,1	51,03	0,01	0,00	0,00	—	99,96
	Chr		0,18	0,01	52,14	14,36	13,47	0,32	19,46	0,01	0,00	0,00	—	99,95
	Phl		40,63	0,34	19,45	1,31	4,65	0,07	24,16	0,13	2,52	6,71	—	99,97
105	Grт	9	40,72	0,07	19,58	5,37	9,80	0,47	17,66	6,50	—	—	—	100,16
	Grт	9	40,12	0,02	19,72	5,67	9,18	0,61	17,82	6,64	—	—	—	99,79
103	Cpx		56,43	0,17	1,18	2,22	2,53	0,14	16,34	20,84	1,88	0,01	—	101,73
	Cpx		56,00	0,22	1,15	2,42	2,73	0,19	16,38	20,21	1,83	0,01	—	101,13
	Cpx		55,22	0,18	1,14	2,07	2,59	0,13	16,99	20,89	1,68	0,02	—	100,92
	Phl		42,72	0,62	11,60	0,70	3,81	0,02	25,24	0,02	0,14	12,00	0,19	97,05
	Phl		41,74	0,68	11,51	0,72	3,91	0,01	24,97	0,01	0,14	12,00	0,33	96,01
	Phl		41,76	0,66	11,57	0,67	3,79	0,00	25,42	0,00	0,21	11,76	0,19	96,02
106	Grт	9	40,80	0,27	21,18	3,07	10,46	0,47	18,10	5,46	—	—	—	99,79
	Grт	9	40,36	0,16	21,35	2,92	10,73	0,66	18,50	5,20	—	—	—	99,87
	Grт	9	40,97	0,19	21,29	2,66	10,43	0,52	18,82	5,08	—	—	—	99,95
	Cpx		55,78	0,26	2,85	1,66	1,83	0,00	15,64	20,44	2,28	0,01	—	100,76
	Cpx		55,99	0,23	2,77	1,87	2,07	0,07	15,62	20,69	2,29	0,00	—	101,62
	Cpx		55,52	0,23	2,81	1,89	1,95	0,08	15,62	20,42	2,25	0,00	—	100,77
	Grт	9	41,02	0,12	22,24	1,92	8,91	0,42	19,81	4,70	—	—	—	99,14
102	Grт	9	41,54	0,18	22,00	1,92	9,35	0,41	19,90	4,80	—	—	—	100,08
	Grт	9	40,95	0,17	22,39	2,29	8,81	0,36	19,61	4,76	—	—	—	99,34
	Cpx		55,19	0,20	2,48	1,44	1,85	0,00	16,39	19,96	2,08	0,01	—	99,59
	Cpx		54,88	0,23	2,48	1,22	1,82	0,07	16,22	19,98	2,06	0,00	—	98,96
	Cpx		55,31	0,23	2,50	1,49	1,84	0,05	16,41	20,41	2,00	0,01	—	100,25
101	Grт	9	41,24	0,18	22,16	2,33	8,99	0,46	20,04	4,80	—	—	—	100,18
	Grт	9	41,37	0,23	21,95	2,19	9,20	0,40	19,99	4,79	—	—	—	100,12
	Grт	9	40,45	0,22	22,04	2,35	9,30	0,51	19,56	4,87	—	—	—	99,31

Образец	Минерал	ХГГ	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	F	Сумма
	Срх		55,43	0,26	2,64	1,49	1,91	0,12	16,40	19,95	2,23	0,00	—	100,43
	Срх		54,87	0,22	2,62	1,34	1,95	0,02	16,15	20,42	2,19	0,00	—	99,77
	Срх		55,21	0,20	2,69	1,33	2,06	0,11	16,18	20,40	2,16	0,00	—	100,33
с-2	Срх		40,30	0,23	22,25	0,27	8,72	0,37	21,23	4,14	—	—	—	97,51
	Grт	24	40,63	0,15	22,59	0,25	8,64	0,32	21,38	4,09	—	—	—	98,05
	Срх		53,48	0,23	2,40	0,23	2,20	0,01	17,12	21,02	1,43	0,03	—	98,15
	Срх		53,06	0,09	2,49	0,20	2,35	0,11	17,00	20,91	1,53	0,01	—	97,75
90-328	Phl		44,70	0,47	13,24	0,61	3,38	0,00	26,37	0,21	0,37	10,63	0,61	100,59
	Chl		47,87	0,63	2,09	0,44	8,07	0,07	39,32	0,11	0,27	1,11	—	99,98
	Срх		54,66	0,21	1,95	1,78	2,13	0,15	15,73	21,42	1,90	0,04	—	99,97
73-230	Phl		41,86	2,98	15,64	0,25	6,52	0,21	21,77	0,07	0,36	10,29	—	99,95
	Chl		45,53	0,00	6,72	0,45	8,37	0,11	38,64	0,10	0,00	0,05	—	99,97
	Срх		55,62	0,26	8,34	0,22	4,11	0,00	11,46	15,36	4,45	0,13	—	99,95
	Grт(к)	9	41,87	0,39	22,53	0,35	10,51	0,48	19,07	4,56	—	—	—	99,76
93-265	Grт(ц)	19	40,47	0,00	22,20	0,00	17,06	0,33	13,61	5,95	0,00	0,06	—	99,68
	Grт(к)	19	40,60	0,00	22,61	0,00	13,78	0,60	15,64	6,51	0,00	0,00	—	99,74
	Grт(ц)	19	39,34	0,32	21,37	0,00	17,68	0,47	10,13	10,34	0,00	0,00	—	99,65
93-265/2	Grт	20	40,61	0,16	22,61	0,00	13,78	0,60	15,65	6,52	0,00	0,07	—	100,00
	Grт	20	40,82	0,22	22,30	0,18	13,95	0,59	14,55	7,21	0,17	0,03	—	100,00
	Срх		54,08	0,17	3,30	0,24	4,05	0,00	14,88	20,91	2,32	0,05	—	100,00
	Срх		54,15	0,30	3,41	0,07	4,17	0,00	14,39	20,98	2,45	0,08	—	100,00
93-230	Grт	19	40,09	0,00	22,48	0,19	16,73	0,27	14,01	5,74	0,00	0,00	—	99,51
	Grт	19	40,11	0,20	22,13	0,19	17,43	0,23	13,59	5,90	0,00	0,00	—	99,78
	Срх		55,64	0,32	8,24	0,27	4,12	0,00	11,19	15,35	4,76	0,00	—	99,89
	Bt		39,43	6,31	13,72	0,08	12,61	0,00	17,23	0,07	0,25	10,27	—	99,97
	Pl		64,59	0,24	19,08	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	1,14	14,89	—	99,98
93-232	Ilm		0,07	47,15	0,21	0,49	48,89	0,88	2,63	0,00	0,38	0,06	—	100,76
	Grт(ц)	19	39,27	0,00	21,57	0,00	23,92	0,57	7,90	6,48	0,00	0,00	—	99,71
	Grт(к)	19	39,57	0,00	22,37	0,00	22,33	0,35	8,02	7,03	0,00	0,00	—	99,67
	Grт		39,08	0,00	21,62	0,00	24,34	0,48	7,84	6,33	0,00	0,00	—	99,69
	Срх		52,43	0,61	5,98	0,00	8,29	0,00	10,96	18,48	3,05	0,00	—	99,80
73-247	Ilm		0,14	49,72	0,04	0,05	48,03	0,25	1,57	0,00	0,00	0,00	—	99,80
	Grт(ц)	28	38,59	0,05	20,91	0,17	26,62	0,74	6,94	5,98	0,00	0,00	—	100,00
	Grт(к)	185	38,47	0,07	21,06	0,08	26,61	0,67	7,10	5,93	0,00	0,00	—	99,99
	Срх	5	52,52	0,28	3,96	0,07	9,04	0,14	11,43	20,38	2,14	0,00	—	99,96
	Phl		40,02	4,64	14,72	0,21	12,09	0,00	17,73	0,00	0,07	10,49	0,21	100,18
	Chl		37,27	0,31	13,64	0,38	20,84	0,23	26,49	0,23	0,14	0,42	0,38	100,33

Примечание. Электронно-зондовые анализы выполнены на кафедре петрографии Геологического факультета МГУ, аналитик Н.Н. Каратаева, * изучено несколько зерен образца, ** анализы центров (ц) и краев (к) для зональных зерен.

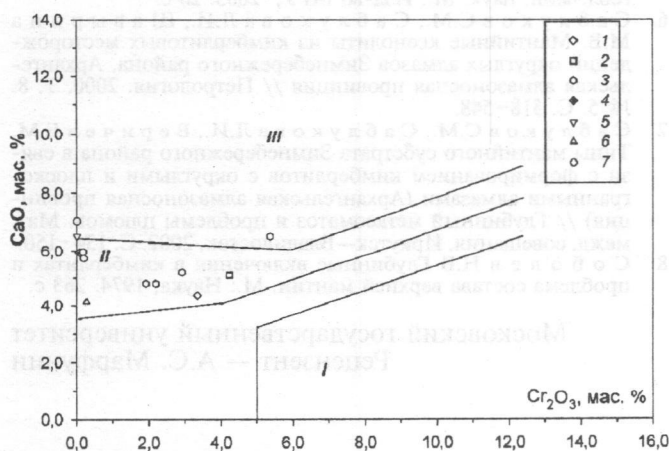


Рис. 1. Диаграмма составов гранатов ХГГ из ксенолитов в кимберлитовой трубке им. В. Гриба в координатах CaO—Cr₂O₃; номера ХГГ ксенолитов: 1—5, 2—8, 3—9, 4—19, 5—20, 6—24, 7—ксенолиты метаморфических пород; поля составов гранатов по [8]: I — алмазные дуниты-гарбургиты, II — равномерно-зернистые лерцолиты, III — верлиты

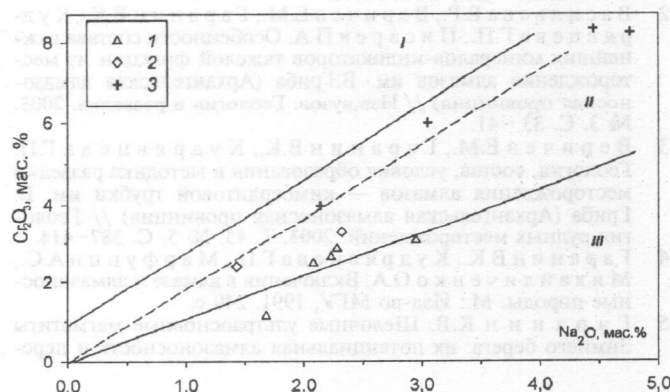


Рис. 2. Диаграмма составов клинопироксенов из ХГГ ксенолитов кимберлитовой трубке им. В. Гриба в координатах Na₂O—Al₂O₃: 1 — из ксенолитов ультраосновных пород, 2 — из ксенолитов эглогитов, 3 — из ксенолитов метаморфических пород. I — III — области составов клинопироксенов из включений: I — шпинель-пироксеновой фазии и шпинель-пироповой; II — гроссидитовой; III — коэситовой субфазии [6]

пород: алмазонасных ильменит-рутиловых магнезиально-железистых эклогитов (группа 19 по ХГК), алмазонасных магнезиальных эклогитов (группа 20 по ХГК), алмазонасных магнезиальных ильменит-рутиловых эклогитов (группа 24 по ХГК) и по данным электронно-зондовых анализов (698) граната из этой трубки составляют не более 10% от всех типов гранатов мантийных пород [2]. Необходимо отметить отсутствие нодулей глиноземистых и кальциевых эклогитов в изученной коллекции. Этот факт — еще одно свидетельство слабой активности субдукционных процессов при формировании кратона под ААП. Вариации содержания основных оксидов в гранате следующие: 4–14 мас.% MgO, 9–17 мас.% FeO, 4–10 мас.% CaO.

В образцах 73-230 и 93-265 обнаружены зональные зерна гранатов. От центральной части к краю растет концентрация магния, и уменьшается количество железа (табл. 2). Так, центральная часть зерна образца 73-230 по содержанию основных оксидов аналогична минералу из алмазонасных ильменит-рутиловых магнезиально-железистых эклогитов (группа 19 по ХГК), а периферическая — низкохромистому гранату из лерцолитов и вебстеритов (группа 9 по ХГК). По-видимому, такая зональность связана с ростом минерала, т. е. имеет кристаллизационную природу.

Клинопироксен из перидотитов и пироксенитов характеризуется умеренными количествами хрома (1,3–3,06 мас.% Cr₂O₃) и железа (1,8–2,7 мас.% FeO) (табл. 2, рис. 2). Согласно ХГК клинопироксены отнесены к 9-й и 11-й группам — из парагенезиса слабоалмазонасных равномернозернистых ± ильменитовых лерцолитов, вебстеритов, пироксенитов и клинопироксенов из слабоалмазонасных вебстеритов, пироксенитов и ильменитовых перидотитов соответственно. На диаграмме (рис. 2) отчетливо видно, что клинопироксен из ксенолитов относится к коэситовой и гроспидитовой субфациям глубинности.

Клинопироксен из эклогитов содержит больше железа (2,2–4,10 мас.% FeO) и существенно меньше хрома (0,07–0,22 мас.% Cr₂O₃). Клинопироксен из коровых ксенолитов, как и гранат, характеризуется повышенной концентрацией FeO — до 9 мас.%.

Ильменит коровых ксенолитов соответствует низкохромистому (до 0,49 мас.% Cr₂O₃) низкомагнезиальному (до 2,63 мас.% MgO) ильмениту с пониженным содержанием алюминия (0,21 мас.% Al₂O₃) (табл. 2).

Во флогопите из ксенолитов ультраосновных пород отмечено невысокое содержание титана (до 0,7 мас.% TiO₂), умеренные количества хрома (до 1,31 мас.% Cr₂O₃) и магния (до 25,42 мас.% MgO). Флогопит эклогитовых и коровых ксенолитов отличается повышенным содержанием титана (от 2,98 до 4,64 мас.% TiO₂), пониженными концентрациями хрома (до 0,25 мас.% Cr₂O₃) и магния (от 17,73 до 21,77 мас.% MgO).

Заключение

В трубке им. В. Гриба встречены ксенолиты разнообразных мантийных (перидотитов, пироксенитов, эклогитов) и коровых пород. При сопоставлении составов граната, клинопироксена, оливина и ильменита отмечено, что минералы эклогитового парагенезиса составляют не более 10% от изученных, следовательно, в разрезе мантийных пород под трубкой преобладают ультраосновные породы, в том числе и ильменитовые.

На сегодня не обнаружены ксенолиты алмазонасных дунитов и гарцбургитов, хотя данные по изучению минералов из тяжелой фракции свидетельствуют, что эти породы присутствуют в разрезе мантийных пород под трубкой. Отсутствие ксенолитов глиноземистых и кальциевых ксенолитов и минералов соответствующих парагенезисов в тяжелой фракции подтверждает вывод о слабом проявлении субдукционных процессов при формировании кратона под ААП.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Архангельская алмазонасная провинция (геология, петрография, геохимия и минералогия) / Под ред. О.А. Богатикова М.: Изд-во МГУ, 1999. 521 с.
- 2 Васильева Е.Р., Веричев Е.М., Гаранин В.К., Кудрявцева Г.П., Писарев П.А. Особенности состава важнейших минералов-индикаторов тяжелой фракции из месторождения алмазов им. В.Гриба (Архангельская алмазонасная провинция) // Изв.вузов. Геология и разведка. 2003. № 3. С. 33–41.
- 3 Веричев Е.М., Гаранин В.К., Кудрявцева Г.П. Геология, состав, условия образования и методика разведки месторождения алмазов — кимберлитовой трубки им. В. Гриба (Архангельская алмазонасная провинция) // Геология рудных месторождений. 2003. Т. 45. № 5. С. 387–414.
- 4 Гаранин В.К., Кудрявцева Г.П., Марфунин А.С., Михайленко О.А. Включения в алмазе и алмазонасные породы. М.: Изд-во МГУ, 1991. 240 с.
- 5 Гаранин К.В. Щелочные ультраосновные магматиты Зимнего берега: их потенциальная алмазонасность и перспективы промышленного освоения: Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. М.: Изд-во МГУ, 2003. 26 с.
- 6 Саблуков С.М., Саблукова Л.И., Шавырина М.В. Мантийные ксенолиты из кимберлитовых месторождений округлых алмазов Зимнебережного района, Архангельская алмазонасная провинция // Петрология. 2000. Т. 8. № 5. С. 518–548.
- 7 Саблуков С.М., Саблукова Л.И., Веричев Е.М. Типы мантийного субстрата Зимнебережного района в связи с формированием кимберлитов с округлыми и плоскогранными алмазами (Архангельская алмазонасная провинция) // Глубинный метасоматоз и проблемы плюмов. Мат. межд. совещания. Иркутск—Владивосток, 2002. С. 134–150.
- 8 Соболев Н.В. Глубинные включения в кимберлитах и проблема состава верхней мантии. М.: Наука, 1974. 263 с.

Московский государственный университет
Рецензент — А.С. Марфунин