

Е.Р. ВАСИЛЬЕВА, Е.М. ВЕРИЧЕВ, В.К. ГАРАНИН, Г.П. КУДРЯВЦЕВА, П.А. ПИСАРЕВ

ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА ВАЖНЕЙШИХ МИНЕРАЛОВ-ИНДИКАТОРОВ ТЯЖЕЛОЙ ФРАКЦИИ ИЗ МЕСТОРОЖДЕНИЯ АЛМАЗОВ ИМ. В. ГРИБА (АРХАНГЕЛЬСКАЯ АЛМАЗОНОСНАЯ ПРОВИНЦИЯ)

Изложены новые данные, полученные в результате изучения особенностей химического состава минералов тяжелой фракции (граната, пироксена, хромшпинелида, ильменита) из кимберлитовой трубки им. В. Гриба. Систематизированы опубликованные и оригинальные полные электронно-зондовые анализы (более 1000) этих минералов из упомянутой трубки, которые обработаны с помощью химико-генетических классификаций.

Архангельская алмазоносная провинция (ААП) в последнее время привлекает внимание геологов в связи с активизацией поисков месторождений алмаза как в этом, так и в других районах европейской части России. Кроме того, ОАО «Севералмаз», основной инвестор которого АК «АПРОСА», начало осваивать месторождение им. М.В. Ломоносова, открытое еще в начале 80-х годов XX в. Толчком к прогнозно-поисковым работам в ААП послужило открытие в 1996 г. новой высокоалмазоносной трубки им. В. Гриба [1, 4, 7]. Данная трубка по особенностям минерального состава, распределению и составу минералов тяжелой фракции, наличию ксенолитов мантийных пород сходна с классическими кимберлитовыми трубками Якутии и Южной Африки [4].

Ряд публикаций, касающихся различных вопросов геологического строения, минерального состава, петрохимии, изотопно-геохимических характеристик пород трубки им. В. Гриба [1, 2, 4, 7] показали, что, в Архангельской провинции установлены два типа алмазных месторождений: месторождение им. М.В. Ломоносова, состоящее из шести кимберлитовых трубок (Золотицкое поле) и трубка им. В. Гриба (Верхотинское поле). Кроме того, выявлено, что по изотопно-геохимическим параметрам породы этих месторождений близки, но резко различаются по минеральному составу, соотношению минералов в тяжелой фракции и связующей массе пород. Породы трубок в целом высокомагнезиальные и по соотношению изотопов Nd и Sr занимают промежуточное положение между кимберлитами I и II групп, выделенных для пород Южной Африки [1]. При этом для трубок месторождения им. М.В. Ломоносова характерно преобладание в тяжелой фракции хромшпинелида над гранатом и клинопироксеном при полном отсутствии ильменита. В связующей массе пород этих трубок присутствуют оливин, флогопит, Ti-хромшпинелид, магнезиальная ульвешпинель, иногда перовскит и сфен [10]. В тяжелой фракции в трубке им. В. Гриба ильменит преобладает над гранатом и клинопироксеном при низком содержании хромшпинелида. В связующей массе пород этой трубки присутствуют оливин, флогопит, хромшпинелид, магнезиальная ульвешпинель, титаномагнетит, ильменит, Mn-ильменит и перовскит [10].

На сегодня алмазоносные породы в перечисленных типах месторождений определяют алмазоносный потенциал провинции и перспективы поиска новых месторождений. Месторождение им. М.В. Ломоносова и вся провинция подробно охарактеризованы в [1], а информация о кимберлитовых породах трубки им. В.Гриба пока не полная.

Авторы приводят новые данные, полученные в результате изучения особенностей химического состава важнейших минералов-индикаторов тяжелой фракции (граната, пироксена, хромшпинелида, ильменита). Первые данные о составе оливина, ортопироксена, флогопита приведены в [1]. Проанализировано значительное количество минералов-спутников и получены около 300 электронно-зондовых анализов, а также собраны представительные банки данных электронно-зондовых анализов. Систематизированы все опубликованные и оригинальные полные электронно-зондовые анализы минералов-спутников из тяжелой фракции трубки им. В. Гриба. Банки данных содержат анализы граната (638), ильменита (210), клинопироксена (147), хромшпинелида (82). Банки данных обработаны с помощью химико-генетических классификаций [1, 6], при этом выявлены парагенезисы минералов, отражающие спектр мантийных пород в трубке, дающие представление о разрезе пород и соотношении перидотитов, пироксенитов и эклогитов, в том числе и алмазоносных.

Геология, петрография, геохимии и минералогия пород из трубки им. В. Гриба

Верхотинское поле площадью около 300 км² расположено на северо-востоке Архангельской области, на территории Мезенского района, и объединяет 5 трубок (им. В. Гриба, Волчья, Майская, Верхотина, Осетинская). При этом только трубка им. В. Гриба промышленно алмазоносная.

В строении трубки выделяются кратерная и жерловая части. Первая (мощностью 110–130 м) сложена субгоризонтальными слоями и пачками разнообразных пород: от кварцевых песчаников и брекчий осадочных пород до туфов кимберли-

тов. Вторая представляет собой сравнительно однородную монокристаллическую серпентинизированную породу — кимберлит с обломочной структурой и массивной текстурой. Он состоит из крупных (2—8 мм) кристаллокластов измененного оливина неправильной или овальной формы (1 генерация), в значительно меньшем количестве присутствуют автолиты кимберлитов преимущественно ядерного или пленочного типа. Содержание ксеногенного материала небольшое (1—3%), причем ксенолиты терригенных пород сматы и имеют своеобразную «угловато-вогнутую» форму, характерную только для пород жерловой части трубок, в заметном количестве присутствуют также ксенолиты эклогитоподобных пород и гранулитов угловато-сглаженной формы. В большом количестве встречается глубинный материал, не менее 1—2% составляют минералы-спутники (ильменит, гранат, флогопит, клинопироксен), а также ксенолиты перидотитов, пироксенитов, эклогитов и метаморфических пород.

Породам трубки свойственен высокий выход минералов тяжелой фракции — до 20 кг на 1 т породы [7]. В кимберлитах жерловой фации содержание собственно кимберлитовых минералов от 0,6 до 20 кг на 1 т породы и связано с петрографическим типом пород, количеством в них магматического материала, степенью и характером изменений. Тяжелая фракция пород жерловой части трубок включает только глубинные минералы (оливин, ортопироксен, клинопироксен, пироп, пироп-альмандин, ильменит, хромшпинелид, флогопит). Качественный минеральный состав исключительно постоянен, хотя количественные соотношения минералов меняются. Колебания концентрации минералов обусловлены прежде всего степенью изменения породы, а также типом и количеством ксенолитов глубинных пород.

Таким образом, всем породам трубки им. В. Гриба свойственен пироп-ильменитовый состав тяжелой фракции. В соответствии с классификацией А.Д. Харькина [14], кимберлиты этой трубки по суммарному содержанию ильменита и альмандин-пиропа относятся к группе кимберлитов с повышенным содержанием индикаторных минералов; ильменит преобладает над альмандин-пиропом. В отличие от трубок Золотицкого поля в трубке им. В. Гриба содержание всех глубинных минералов в 30—50 раз больше, преобладает ильменит, мало содержание хромшпинелида.

Особенности химизма минералов тяжелой фракции и их минеральные парагенезисы

Гранат — один из самых распространенных минералов трубки. Он встречается в меньшем количестве, чем ильменит, хотя в некоторых пробах преобладает над ним. Размеры выделений граната от нескольких долей миллиметров до 10 мм, иногда встречаются ксенокристаллы 2—5 см. Форма зерен овально-уплощенная, изометричная, отмечаются осколки и обломки. Иногда зерна окружены келифитовыми каймами.

Цвета гранатов: желтый, оранжевый, оранжево-красный, розовый, лиловый, фиолетовый, бу-

рый, коричневый, редко сиреневый. Оранжевые и желтые разновидности составляют до 20% всей массы гранатов, бурые, буро-коричневые и коричневые составляют до 25%. Наиболее распространены гранаты красного, красно-оранжевого и темно-красного цветов — до 40%. Менее распространены фиолетовые и лиловые пиропа (до 15%), сиреневых — до нескольких процентов. Гранаты в основном прозрачные, но обнаружены и совершенно непрозрачные зерна: чем больше размер зерен, тем хуже их качество (сильно трещиноватые и непрозрачные).

В результате применения химико-генетической классификации (ХГК) выделены 15 групп (табл. 1). На рис. 1 приведены диаграммы в координатах $\text{CaO}-\text{Cr}_2\text{O}_3$ и $\text{TiO}_2-\text{Cr}_2\text{O}_3$ с фигуративными точками гранатов выделенных групп. К гранатам ультраосновного парагенезиса относятся 93,7% (группы 1—14) всех анализов, а эклогитового парагенезиса (группы 19—24) — 6,3%.

К 1-й группе по ХГК — пиропам из высокоалмазоносных дунитов и гарцбургитов — отнесен 31 анализ (4,9% от всей выборки). Гранат характеризуется высоким содержанием хрома (от 8,52 до 14,57, среднее 10,90 мас.% Cr_2O_3) и пониженным кальция (от 1,97 до 8,52, среднее 4,79 мас.% CaO). На диаграмме (рис. 1) большая часть фигуративных точек анализов гранатов 1-й группы расположена в области пиропа из алмазоносных дунитов и гарцбургитов, выделенной Н.В. Соболевым [13]. По компонентному составу гранаты принадлежат к серии твердых растворов уваровит—альмандин—кноррингит—пироп.

Ко 2-й группе по ХГК — высоко- и среднехромистым гранатам из алмазоносных перидотитов — отнесены 4 анализа. По сравнению с гранатами 1-й группы отмечаются пониженные содержания хрома (от 7,20 до 9,62 мас.% Cr_2O_3) и повышенные кальция (5,40—6,08 мас.% CaO). На диаграмме $\text{CaO}-\text{Cr}_2\text{O}_3$ (рис. 1) фигуративные точки анализов гранатов 2-й группы лежат в области лерцолитов. В компонентном составе преобладают также уваровит—альмандин—кноррингит—пироп.

Наибольшее количество анализов (168—26,3%) связано с гранатами 3-й группы по ХГК — высокохромистым гранатом из алмазоносных равнозернистых лерцолитов. Для гранатов этой группы типичны широкие вариации концентрации хрома (от 6,07 до 12,80, среднее 8,08 мас.% Cr_2O_3) и кальция (от 3,55 до 7,96, среднее 6,05 мас.% CaO). На диаграмме (рис. 1) большая часть фигуративных точек составов гранатов этой группы лежит в области лерцолитов, а часть в области алмазоносных дунитов и гарцбургитов или вблизи их границы. Преобладают кноррингит, альмандин, уваровит, пироп.

В гранатах, отнесенных к 4-й (111, 17,4%) и 5-й группам (75, 11,8%) ХГК (алмазоносные равнозернистые лерцолиты со среднехромистым гранатом и с низко-, среднехромистым гранатом соответственно), отмечаются широкие колебания количеств хрома и кальция при постепенном понижении концентрации хрома (3,62—6,80, среднее 5,23 мас.% в 4-й и 1,52—6,97, среднее 4,95, мас.% Cr_2O_3 в 5-й) и незначительном изменении содержания кальция (3,30—6,47, среднее 5,34, мас.% CaO в 4-й и 2,64—6,11, среднее

4,95, мас.% CaO в 5-й). В компонентном составе резко уменьшается доля кноррингитового минала (почти в 3 раза), незначительно — уваровитого и увеличивается доля пиропового минала (табл. 1). На диаграмме CaO—Cr₂O₃ (рис.1) фигуративные точки гранатов 4-й и 5-й групп локализованы в области лерцолитов с пониженным содержанием Cr₂O₃, продолжая «лерцолитовый тренд».

Часть анализов (5, 0,8%) соответствует гранатам из алмазонасных верлитов (6-я группа по ХГК, табл. 1). Им присущи высокие содержания хрома (от 8,61 до 11,70 мас.% Cr₂O₃, среднее 10,72) и кальция (от 7,56 до 12,29 мас.% CaO, среднее 10,28). Установлено повышенное количество примеси титана (от 0,49 до 0,58, среднее 0,53 мас.% TiO₂). На диаграмме (рис. 1) четыре фигуративные точки, соответствующие рассматриваемой группе, лежат в области верлитов, а одна — в области лерцолитов. По компонентному составу гранат относится к твердому раствору кноррингит—альмандин—уваровит—пироп.

62% всей выборки анализов относятся к первым шести группам ХГК, что свидетельствует о распространении гранатов высокоалмазонасных и алмазонасных ультраосновных парагенезисов. Столь высокий процент встречаемости свидетельствует об очень высокой потенциальной алмазонасности трубки им. В. Гриба.

16 анализов (2,5% от общей выборки) в следующей группе показывают схожесть по составу с высокохромистым высокотитанистым высококальциевым гранатом из слабоалмазонасных равномернозернистых (иногда катаклазированных) лерцолитов 7-й группы ХГК. В гранатах при достаточно больших концентрациях хрома (от 6,86 до 10,90, среднее 8,08 мас.% Cr₂O₃) и кальция (от 5,69 до 7,47, среднее 6,26 мас.% CaO) отмечено высокое содержание примеси титана (от 0,63 до 1,24, среднее 0,80 мас.% TiO₂). Состав минералов соответствует уваровит—альмандин—кноррингит—пироповой изоморфной серии твердых растворов со значительной долей шорломитовой составляющей (до 3,42 мол.%).

Достаточно многочисленная группа из 138 анализов (21,6% всей выборки) по соотношению основных и примесных оксидов отнесена к 8-й группе по ХГК — низкохромистому титанистому гранату из слабоалмазонасных равномернозернистых (часто катаклазированных) ильменитовых лерцолитов. Минерал отличается низкой концентрацией хрома (от 0,02 до 6,62, среднее 2,89 мас.% Cr₂O₃) и максимальной примеси титана (от 0,34 до 1,56, среднее 0,94 мас.% TiO₂). На диаграмме в координатах Cr₂O₃—TiO₂ большая часть фигуративных точек гранатов рассматриваемой группы сконцентрирована в области распространения гранатов из ильменитовых гипербазитов (трубки Мир, Обнаженная и Удачная), а также в более высокохромистой области (рис.1). Кроме того, для граната рассматриваемой группы типично повышенное количество железа (от 7,56 до 10,95, среднее 9,11 мас.% FeO). Гранаты рассматриваемой группы можно визуальнo диагностировать по характерной коричневой и бурой окраскам. К этой же группе относятся и крупные зерна граната (желваки), иногда достигающие 5 см. Гранат принадлежит к изоморфной серии андрадит—альман-

дин—пироп со значительной долей шорломитовой составляющей (до 4,31 мол.%) (табл. 2).

Сравнительно большое количество анализов (47; 7,4 %) связано с 9-й группой по ХГК — низкохромистым гранатом из лерцолитов и вебстеритов, которым присущи пониженные содержания хрома (от 0,62 до 5,75, среднее 3,17 мас.% Cr₂O₃) и кальция (от 3,99 до 6,10, среднее 4,98 мас.% CaO). Доля примесных оксидов не велика (табл. 2). Гранаты на диаграмме (рис. 1) расположены в лерцолитовой области и по составу соответствуют изоморфной серии твердых растворов уваровит—альмандин—пироп.

В 13-й группе по ХГК только один анализ граната из магнезиально-кальциевых алькремитов, характеризующийся высокими содержаниями FeO (10,43 мас.%), CaO (9,02 мас.%) и очень низким количеством Cr₂O₃ (0,13 мас.%), принадлежит к серии альмандин—гроссуляр—пироп.

Два анализа относятся к 14-й группе по ХГК — это зональные гранаты с включениями хромшпинелидов, отличающиеся повышенным количеством хрома (5,74 и 12,91 мас.% Cr₂O₃). Состав этих гранатов соответствует альмандин—кноррингит—уваровит—пироповой изоморфной серии.

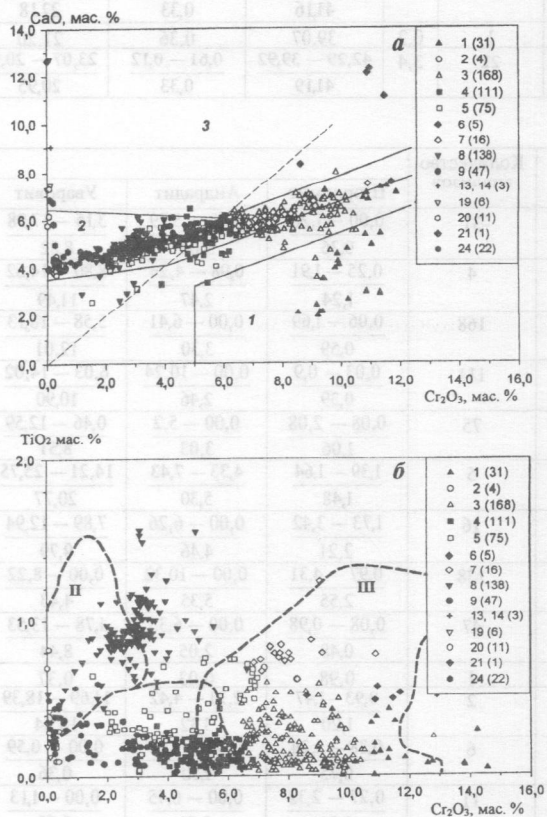


Рис. 1. Диаграммы составов гранатов из тяжелой фракции кимберлитовой трубки им. В. Гриба в координатах CaO—Cr₂O₃ (а) и TiO₂—Cr₂O₃ (б). Номера у фигуративных точек соответствуют ХГК (табл.1), в скобках — количество анализов. Поля составов гранатов нанесены по [13]: 1 — алмазонасные дуниты-гарцбургиты, 2 — равномернозернистые лерцолиты, 3 — верлиты (а); I — магнезиальные гипербазиты трубок Мир и Обнаженная, II — ильменитовые гипербазиты трубок Мир, Обнаженная и Удачная, III — магнезиальные гипербазиты трубки Удачная [5] (б)

Таблица 1

Вариации составов гранатов из тяжелой фракции кимберлитов трубки им. В.Гриба в выделенных ХГТ

ХГТ	Количество анализов	n, %	Оксиды, мас. %							
			SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO
1	31	4,9	42,30 — 40,07 41,07	0,43 — 0,00 0,14	17,24 — 11,65 14,94	14,57 — 8,52 10,90	9,61 — 5,50 6,74	0,47 — 0,24 0,36	22,98 — 17,98 20,56	8,07 — 1,97 4,79
2	4	0,6	41,48 — 40,53 41,07	0,70 — 0,09 0,45	17,30 — 16,52 16,87	9,62 — 7,20 8,23	7,10 — 6,55 6,82	0,21 — 0,16 0,19	20,70 — 19,55 20,09	6,08 — 5,40 5,83
3	168	26,3	41,92 — 39,92 41,15	0,61 — 0,02 0,21	18,85 — 13,64 16,82	12,80 — 6,07 8,08	10,00 — 6,12 7,04	0,55 — 0,14 0,39	21,94 — 17,30 19,50	7,96 — 3,55 6,05
4	111	17,4	42,39 — 40,19 41,65	0,33 — 0,01 0,14	20,86 — 17,28 19,28	6,80 — 3,62 5,23	9,44 — 6,24 7,39	0,56 — 0,20 0,40	22,46 — 18,14 20,06	6,47 — 3,30 5,34
5	75	11,8	42,76 — 39,82 41,80	0,76 — 0,03 0,39	21,9 — 17,13 19,66	6,97 — 1,52 4,35	8,75 — 6,03 7,50	0,48 — 0,21 0,36	22,60 — 19,06 20,49	6,11 — 2,64 4,95
6	5	0,8	40,91 — 39,74 40,21	0,58 — 0,49 0,53	15,92 — 13,13 13,90	11,70 — 8,61 10,72	8,35 — 6,38 7,19	0,39 — 0,25 0,33	17,68 — 15,18 16,22	12,29 — 7,56 10,28
7	16	2,5	41,71 — 40,57 41,13	1,24 — 0,63 0,80	18,09 — 13,86 16,22	10,9 — 6,86 8,08	7,66 — 6,12 6,78	0,43 — 0,20 0,33	20,95 — 18,10 19,77	7,47 — 5,69 6,26
8	138	21,6	43,72 — 40,76 41,77	1,56 — 0,34 0,94	22,7 — 13,96 19,97	6,62 — 0,02 2,89	10,95 — 7,56 9,11	0,52 — 0,12 0,33	22,77 — 18,35 20,49	6,13 — 2,71 4,90
9	47	7,4	42,6 — 40,88 41,80	0,36 — 0,03 0,18	23,29 — 18,59 20,87	5,75 — 0,62 3,17	9,85 — 7,30 8,70	0,62 — 0,26 0,44	21,18 — 18,21 19,69	6,10 — 3,99 4,98
13	1	0,2	41,20	0,36	23,09	0,13	10,43	0,04	15,60	9,02
14	2	0,3	39,22 — 38,81 39,02	0,51 — 0,33 0,42	17,99 — 12,15 15,07	12,91 — 5,74 9,33	8,28 — 7,36 7,82	0,66 — 0,44 0,55	19,69 — 16,30 18,00	8,86 — 5,52 7,19
19	6	0,9	40,50 — 38,88 39,65	0,43 — 0,13 0,26	22,58 — 21,18 21,88	0,20 — 0,00 0,12	18,97 — 17,90 18,33	0,82 — 0,29 0,49	14,56 — 7,91 11,96	12,72 — 3,80 6,56
20	11	1,7	42,14 — 40,49 41,16	0,82 — 0,10 0,33	22,90 — 20,97 22,18	0,39 — 0,00 0,23	17,47 — 11,20 14,54	0,49 — 0,20 0,37	19,04 — 14,10 16,21	7,32 — 3,70 4,78
21	1	0,2	39,07	0,36	21,20	0,01	17,07	0,20	8,65	12,65
24	22	3,4	42,29 — 39,92 41,19	0,61 — 0,12 0,33	23,07 — 20,97 20,95	1,68 — 0,05 0,44	11,31 — 7,94 8,83	0,42 — 0,03 0,25	21,84 — 18,09 19,24	6,86 — 3,88 4,36

ХГТ	Количество анализов	Минералы, мол. %							
		Шорломит	Андрадит	Уваровит	Гроссуляр	Спессартин	Кнорингит	Пироп	Альмандин
1	31	0,00 — 1,20 0,36	0,00 — 5,79 3,04	3,15 — 17,98 8,82	0,00	0,50 — 0,93 0,73	13,62 — 33,23 21,95	39,65 — 60,15 51,07	8,34 — 13,12 10,81
2	4	0,25 — 1,91 1,24	0,98 — 4,24 2,47	8,80 — 14,62 11,49	0,00	0,33 — 0,43 0,39	11,78 — 13,13 12,26	57,73 — 62,84 60,55	10,84 — 12,97 11,61
3	168	0,06 — 1,69 0,59	0,00 — 6,41 3,30	5,58 — 18,13 12,01	0,00	0,29 — 1,15 0,81	3,38 — 20,68 11,52	46,5 — 66,88 59,77	8,84 — 17,6 12,00
4	111	0,03 — 0,9 0,39	0,00 — 10,24 2,46	6,03 — 14,02 10,90	0,00 — 3,68 0,10	0,41 — 1,13 0,81	0,00 — 10,00 4,11	63,13 — 75,71 68,27	8,64 — 17,52 12,95
5	75	0,08 — 2,08 1,06	0,00 — 5,2 3,03	0,46 — 12,59 8,51	0,00 — 3,98 0,21	0,42 — 0,99 0,74	0,00 — 11,92 3,97	58,73 — 79,25 69,73	9,32 — 15,95 12,75
6	5	1,39 — 1,64 1,48	4,33 — 7,43 5,30	14,21 — 25,75 20,77	0,00	0,53 — 0,81 0,70	6,85 — 20,87 11,07	43,37 — 55,74 49,38	8,86 — 14,5 11,30
7	16	1,73 — 3,42 2,21	0,00 — 6,26 4,46	7,89 — 12,94 9,79	0,00	0,41 — 0,91 0,69	7,56 — 19,50 13,72	48,05 — 64,90 58,48	9,17 — 12,71 10,65
8	138	0,97 — 4,31 2,55	0,00 — 10,32 5,35	0,00 — 8,22 4,43	0,00 — 6,57 0,21	0,25 — 1,05 0,67	0,00 — 11,61 3,78	59,33 — 75,46 68,98	0,00 — 20,17 14,03
9	47	0,08 — 0,98 0,48	0,00 — 6,35 2,05	1,78 — 13,53 8,44	0,00 — 6,97 1,87	0,53 — 1,24 0,90	0,00 — 4,82 0,62	62,82 — 74,35 69,95	13,4 — 18,41 15,68
13	1	0,98	0,03	0,37	21,96	0,08	0,00	56,16	20,41
14	2	0,93 — 1,47 1,20	2,21 — 4,42 3,32	11,69 — 18,39 15,04	0,00	0,95 — 1,40 1,18	5,38 — 20,77 13,08	41,37 — 68,22 54,80	10,16 — 12,63 11,40
19	6	0,38 — 1,24 0,75	0,00 — 3,12 1,50	0,00 — 0,59 0,36	7,06 — 30,16 15,20	0,61 — 1,81 1,06	0,00	30,04 — 53,531 44,73	34,58 — 40,77 36,40
20	11	0,27 — 2,32 0,91	0,00 — 6,45 2,71	0,00 — 1,13 0,66	5,42 — 16,35 8,29	0,42 — 1,02 0,76	0,00	51,76 — 67,75 59,13	20,64 — 34,14 27,54
21	1	1,03	3,48	0,03	29,98	0,43	0,00	32,83	32,22
24	22	0,32 — 1,65 0,97	1,12 — 6,70 3,63	0,14 — 4,79 1,48	0,67 — 14,08 6,04	0,06 — 0,86 0,55	0,00	66,28 — 78,17 72,84	10,23 — 20,20 14,50

Примечание. ХГТ — химико-генетические группы: 1 — высокоалмазные дуниты и гарцбургиты; 2 — алмазные перидотиты с высоко- и среднехромистым гранатом, гранат-клино피роксен-хромшпинелиевые сростки; 3 — алмазные равномернозернистые лерцолиты с высокохромистым гранатом; 4 — алмазные равномернозернистые лерцолиты со среднехромистым гранатом; 5 — алмазные равномернозернистые лерцолиты с средне-, низкохромистым гранатом; 6 — алмазные вертиты; 7 — слабоалмазные равномернозернистые (иногда катаклазированные) лерцолиты с высокохромистым высококальциевым гранатом; 8 — слабоалмазные равномернозернистые (часто катаклазированные) ильменито-альмандинитовые лерцолиты с низкохромистым титанистым гранатом; 9 — лерцолиты и вебстериты с низкохромистым гранатом; 13 — магнезиально-кальциевые алькриты; 14 — зональные гранаты с включениями хромшпинелидов; 19 — алмазные ильменит-рутиловые магнезиально-железистые эклогиты; 20 — алмазные магнезиально-железистые эклогиты; 21 — алмазные глинозистые эклогиты; 24 — алмазные магнезиально-железистые ильменит-рутиловые эклогиты. Над чертой — минимум и максимум, под чертой — среднее содержание, n — частота встречаемости в процентах.

К гранатам эклогитового парагенезиса принадлежат шесть анализов — 19-я группа по ХГК алмазонасных ильменит-рутиловых магнезиально-железистых эклогитов. В 20-й группе 11 анализов (табл. 1) — алмазонасные магнезиально-железистые эклогиты. Гранат 19-й группы характеризуется повышенной концентрацией железа (от 17,90 до 8,97, среднее 18,33 мас.% FeO) и умеренными содержаниями магния (от 7,91 до 4,56, среднее 11,96 мас.% MgO) и кальция (от 3,80 до 12,72, среднее 6,56 мас.% CaO). В сравнении с гранатами ультраосновного парагенезиса увеличивается содержание примеси марганца (от 0,29 до 0,82, среднее 0,49 мас.% MnO). По составу гранат из 19-й группы соответствует гроссуляр—альмандин—пироповой серии. Гранатам 20-й группы свойственно более высокое содержание MgO (14,10—19,04 мас.%, среднее 16,21) и более низкое FeO (11,20—17,47, среднее 14,54 мас.%), они относятся к гроссуляр—альмандин—пироповой серии твердых растворов.

Едиственный анализ из представленной выборки отнесен к 21-й группе по ХГК — из алмазонасных глиноземистых эклогитов. В гранате максимальное содержание кальция (до 12,65 мас.% CaO) и высокое железа (17,07 мас.% FeO). Основные миналы — гроссуляр, альмандин и пироп (табл. 1).

24-й группе по ХГК — алмазонасных магнезиальных ильменит-рутиловых эклогитов — принадлежит наибольшее количество анализов из эклогитового парагенезиса (22, 3,4%). Гранату присущи высокие содержания магния (от 18,09 до 21,84, среднее 19,24 мас.% MgO), низкие содержания кальция (3,88—6,86, среднее 4,36 мас.% CaO) и хрома (0,05—1,68, среднее 0,44 мас.% Cr₂O₃). Минерал отнесен к гроссуляр—альмандин—пироповой серии при преобладающем количестве пиропового компонента (до 78 мол.%).

Гистограмма распределения анализов из выделенных ХГК показывает, что максимальное количество анализов принадлежит 3-й (алмазонасным равномернозернистым лерцолиты с высокохромистым гранатом) и 8-й (слабоалмазонасным равномернозернистым (часто катаклазированным) ильменитовым лерцолиты с низкохромистым титанистым гранатом) группам. Большинство анализов гранатов эклогитового парагенезиса относится к алмазонасным парагенезисам, что свидетельствует о высокой алмазонасности трубки.

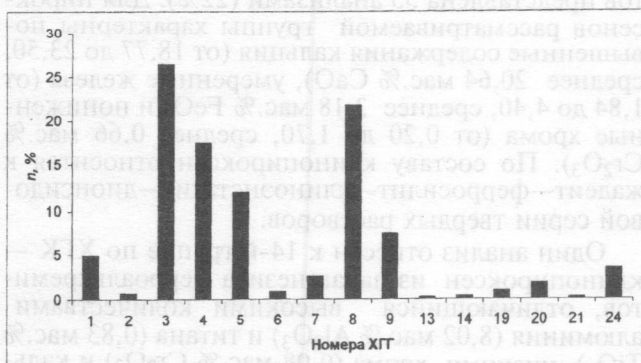


Рис. 2. Гистограмма распределения гранатов из тяжелой фракции кимберлитов трубки им. В. Гриба по ХГК

Клинопироксен встречается чаще, чем ортопироксен и хромшпинелид, но реже, чем ильменит и пироп, и присутствует как в породах кратерной, так и жерловой фаций. Клинопироксен — составная часть мантийных ксенолитов. В цементе кимберлитовых пород размеры зерен клинопироксена 1—2 мм. Зерна удлиненно-призматические и неправильные изометричные, обломочные; крупные обычно сильно трещиноваты и рассыпаются в руках. Цвет от изумрудно- до травяно- и грязно-зеленого. Единичные зерна прозрачные. В тяжелой фракции кимберлитов в основном встречается яркий изумрудно-зеленый хромдиопсид и травяно-зеленый железистый диопсид, химические составы которых резко отличаются. Особенности первого — повышенное содержание Cr₂O₃ (>1 мас.%), пониженное FeO. Отличительная черта железистого диопсида — низкая концентрация Cr₂O₃ (<1 мас.%), повышенная FeO (>2,3 мас.%). Хромдиопсиды генетически связаны с хромовой ассоциацией ультраосновного парагенезиса, а железистые диопсиды, по-видимому, с титановой ассоциацией ильменитовых ультрабазитов.

В кимберлитах трубки им. В. Гриба отмечены три типа парагенезиса клинопироксенов: ультраосновной хромовой ассоциации, ультраосновной титановой ассоциации, а также основной эклогитовой. Это достаточно грубое визуальное деление. Анализы клинопироксена из выборки (147) разделены в соответствии ХГК клинопироксенов из кимберлитов [6]. Выделены девять ХГГ (табл. 2, рис. 3). К 1-й группе по ХГК отнесены 9 анализов (6%), соответствующих клинопироксенам из включений в алмазе ультраосновного парагенезиса. Минералу этой группы присущи повышенные содержания хрома (от 0,69 до 2,84, среднее 1,78 мас.% Cr₂O₃), алюминия (от 1,09 до 2,74, среднее 1,69 мас.% Al₂O₃) и железа (от 1,68 до 3,84, среднее 2,92 мас.% FeO). Клинопироксен по составу соответствует изоморфной серии твердого раствора юриит—ферросилит—клиноэнстатит—диопсид. К 6-й группе по ХГК принадлежат

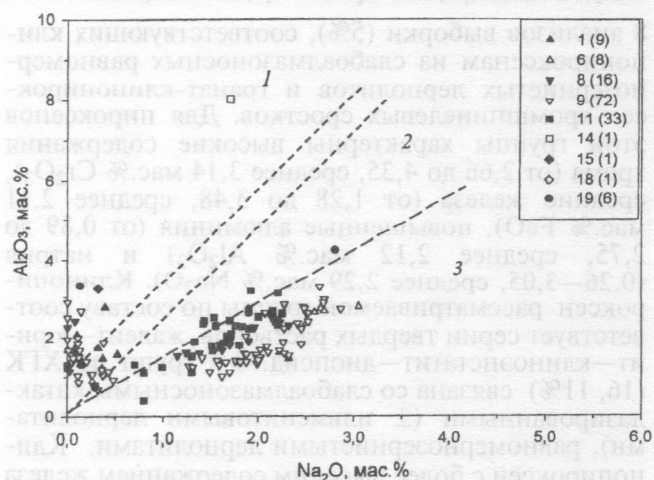


Рис. 3. Диаграмма составов клинопироксенов из ХГГ из тяжелой фракции кимберлитовой трубки им. В. Гриба в координатах Na₂O — Al₂O₃. Номера фигуративных точек соответствуют ХГГ (табл. 2), в скобках — количество анализов; области составов клинопироксенов из включений: 1 — шпинель-пироксеновой фации и шпинель-пироповой субфации; 2 — гроссидитовой субфации; 3 — коэситовой субфации [12]

Вариации составов клинопироксенов из тяжелой фракции кимберлитов трубки им. В. Гриба в выделенных ХГГ

ХГГ	Количество анализов	n, %	Оксиды, мас. %								
			SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O
1	9	6	54,13 — 55,86	0,17 — 0,41	1,09 — 2,74	0,69 — 2,84	1,68 — 3,84	0,00 — 0,23	15,40 — 18,23	19,07 — 20,95	0,00 — 0,52
			55,23	0,29	1,69	1,78	2,92	0,08	16,34	20,12	0,28
6	8	5	52,97 — 55,05	0,05 — 0,56	0,89 — 2,75	2,66 — 4,35	1,28 — 3,48	0,00 — 0,24	15,18 — 17,35	18,15 — 19,4	0,26 — 3,05
			54,53	0,19	2,12	3,14	2,11	0,08	16,07	19,07	2,29
8	16	11	53,61 — 56,85	0,00 — 0,4	1,52 — 2,6	0,15 — 2,73	1,84 — 4,65	0,00 — 0,16	16,67 — 19,83	15,35 — 19,59	0,00 — 2,50
			55,07	0,27	1,96	1,06	3,25	0,08	17,85	18,50	1,45
9	72	49	51,65 — 57,05	0,07 — 0,36	0,68 — 3,29	0,73 — 3,09	1,50 — 3,14	0,00 — 0,28	14,84 — 17,82	18,84 — 22,49	0,00 — 2,86
			54,83	0,19	1,70	2,04	2,36	0,09	16,28	20,59	1,34
11	33	22	53,04 — 55,35	0,01 — 0,5	0,40 — 3,16	0,20 — 1,7	1,84 — 4,40	0,00 — 0,20	15,60 — 17,90	18,77 — 23,50	0,29 — 2,25
			54,51	0,24	1,95	0,66	3,18	0,09	16,83	20,64	1,55
14	1	1	50,25	0,83	8,02	0,08	6,85	0,08	16,56	15,74	1,32
15	1	1	52,28	0,22	3,22	0,10	8,85	0,13	11,13	21,36	0,32
18	1	1	55,66	0,31	10,02	0,01	7,53	0,14	7,49	11,52	7,12
19	6	4	53,57 — 55,37	0,12 — 0,30	1,21 — 4,25	0,05 — 0,50	3,50 — 9,93	0,00 — 0,12	13,41 — 15,99	16,91 — 22,19	0,00 — 2,80
			54,56	0,22	2,56	0,24	5,32	0,06	15,09	20,59	1,15

ХГГ	Количество анализов	Миналы, мол. %						
		диопсид	юриит	жадеит	эгириин	ферросилит	клиноэнстатит	волластонит
1	9	67,93 — 86,17	0,00 — 3,79	0,00	0,00	5,39 — 11,36	2,69 — 20,86	0,00
		79,24	2,03			8,88	9,86	
6	8	65,48 — 71,79	1,72 — 8,44	0,00 — 9,51	0,00 — 4,88	0,00 — 9,94	6,30 — 21,90	0,00
		71,8	7,18	6,44	1,43	3,68	11,91	
8	16	48,37 — 72,45	0,00 — 6,39	0,00 — 9,06	0,00 — 3,76	0,28 — 12,07	16,01 — 38,78	0,00
		63,27	2,25	4,85	1,29	7,02	21,33	0,00
9	72	66,16 — 92,08	0,00 — 8,54	0,00 — 11,24	0,00 — 6,02	0,00 — 9,84	0,00 — 16,76	0,00 — 2,21
		77,96	4,18	3,54	1,16	5,33	7,72	0,11
11	33	64,49 — 88,57	0,51 — 4,64	0,00 — 11,14	0,00 — 4,46	0,13 — 9,92	0,00 — 17,4	0,00 — 3,07
		74,16	1,68	5,98	2,06	6,15	9,87	0,09
14	1	52,85	0,20	7,82	0,00	14,64	24,49	0,00
15	1	53,66	0,26	1,75	0,00	23,95	0,00	20,38
18	1	36,65	0,03	38,77	4,99	15,68	0,00	3,88
19	6	57,81 — 87,06	0,00 — 1,35	0,00 — 14,00	0,00 — 2,94	7,35 — 26,54	0,00 — 10,33	0,00 — 8,79
		74,38	0,54	5,62	1,22	13,55	3,06	1,64

Примечание. ХГГ — химико-генетические группы: 1 — включения в алмазе; 6 — слабоалмазоносные равномернозернистые лерцолиты и гранат-клинопироксен-хромшпинелевые сростки; 8 — слабоалмазоносные катаклазированные ± ильменитовые лерцолиты, равномернозернистые лерцолиты; 9 — слабоалмазоносные равномернозернистые ± ильменитовые лерцолиты, вебстериты и пироксениты; 14 — ферроалькремиты; 15 — алмазоносные магнезиально-железистые высокотитанистые эклогиты; 18 — алмазоносные глиноземистые эклогиты; 19 — слабоалмазоносные биминеральные эклогиты. Над чертой — минимум и максимум, под чертой — среднее содержание, n — частота встречаемости в процентах.

8 анализов выборки (5%), соответствующих клинопироксенам из слабоалмазоносных равномернозернистых лерцолитов и гранат-клинопироксен-хромшпинелевых сростков. Для пироксенов этой группы характерны высокие содержания хрома (от 2,66 до 4,35, среднее 3,14 мас.% Cr₂O₃), средние железа (от 1,28 до 3,48, среднее 2,11 мас.% FeO), повышенные алюминия (от 0,89 до 2,75, среднее 2,12 мас.% Al₂O₃) и натрия (0,26—3,05, среднее 2,29 мас.% Na₂O). Клинопироксен рассматриваемой группы по составу соответствует серии твердых растворов жадеит—юриит—клиноэнстатит—диопсид. 8-я группа по ХГК (16, 11%) связана со слабоалмазоносными катаклазированными (± ильменитовыми лерцолитами), равномернозернистыми лерцолитами. Клинопироксен с более высоким содержанием железа (от 1,84 до 4,65, среднее 3,25 мас.% FeO) и низким хрома (от 0,15 до 2,73, среднее 1,06 мас.% Cr₂O₃), отнесен к жадеит—ферросилит—клиноэнстатит—диопсидовой серии твердых растворов.

Самая многочисленная 9-я группа включает 79 анализов выборки (49%) пироксенов из слабо-

алмазоносных равномернозернистых лерцолитов (± ильменитовых лерцолитов), вебстеритов и пироксенитов. Это — диопсид с небольшими долями юриитового, ферросилитового, клиноэнстатитового миналов (табл. 2). 11-я группа по ХГК — клинопироксены из слабоалмазоносных вебстеритов, пироксенитов и ильменитовых перидотитов представлена 33 анализами (22%). Для пироксенов рассматриваемой группы характерны повышенные содержания кальция (от 18,77 до 23,50, среднее 20,64 мас.% CaO), умеренные железа (от 1,84 до 4,40, среднее 3,18 мас.% FeO) и пониженные хрома (от 0,20 до 1,70, среднее 0,66 мас.% Cr₂O₃). По составу клинопироксен относится к жадеит—ферросилит—клиноэнстатит—диопсидовой серии твердых растворов.

Один анализ отнесен к 14-й группе по ХГК — клинопироксен из парагенезиса ферроалькремитов, отличающийся высокими количествами алюминия (8,02 мас.% Al₂O₃) и титана (0,83 мас.% TiO₂), низкими хрома (0,08 мас.% Cr₂O₃) и кальция (15,74 мас.% CaO), жадеит—ферросилит—клиноэнстатит—диопсидовой серии. По одному

Вариации составов хромшпинелидов из тяжелой фракции кимберлитов трубки им. В.Гриба в выделенных ХГГ

ХГГ	Количество анализов	n, %	Оксиды, мас. %						
			MgO	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Cr ₂ O ₃	MnO	FeO	Fe ₂ O ₃
1	20	24	11,07 — 13,48	4,13 — 10,31	0,04 — 1,22	60,52 — 65,76	0,21 — 0,45	13,04 — 16,64	1,33 — 5,23
			12,16	6,14	0,44	62,50	0,32	14,98	3,44
3	50	61	8,31 — 13,61	3,25 — 17,16	0,12 — 3,18	50,79 — 60,24	0,22 — 0,51	14,51 — 21,44	0,07 — 8,53
			10,81	7,81	1,39	56,54	0,34	17,55	5,45
4	6	7	9,42 — 12,97	14,30 — 25,90	0,17 — 0,52	43,91 — 50,39	0,24 — 0,35	15,97 — 21,04	0,00 — 8,44
			11,89	17,23	0,28	48,15	0,29	17,47	4,63
10	6	7	9,64 — 10,83	3,61 — 4,03	3,25 — 3,38	53,8 — 55,85	0,27 — 0,51	17,39 — 18,48	8,25 — 9,30
			10,35	3,80	3,33	55,20	0,39	17,83	8,78

ХГГ	Количество анализов	Миналы, мол. %							
		шпинель	герцинит	Мп-ульвош.	манганохром	кванделит	пикрохромит	хромит	магнетит
1	20	8,18 — 4,03	0,00	0,10 — 0,64	0,00 — 0,68	0,00 — 2,62	39,94 — 54,65	28,35 — 40,80	1,93 — 6,93
		11,96		0,37	0,17	0,72	46,65	35,12	5,01
3	50	6,58 — 32,31	0,00	0,29 — 0,73	0,00 — 0,17	0,00 — 7,83	16,26 — 46,49	26,10 — 53,40	0,00 — 10,41
		15,17		0,48	0,01	3,06	32,25	42,21	6,83
4	6	26,74 — 47,98	0,00	0,32 — 0,47	0,00	0,00 — 0,92	4,88 — 31,77	29,14 — 47,04	0,00 — 12,89
		32,28		0,39		0,27	23,51	36,52	7,03
10	6	7,41 — 8,02	0,00	0,40 — 0,73	0,00	7,63 — 8,53	26,07 — 31,24	42,19 — 48,87	8,63 — 10,19
		7,65		0,56		7,99	29,02	45,46	9,33

Примечание. ХГГ — химико-генетические группы: 1 — высокоалмазные дуниты и гарцбургиты (включения в алмазе); 3 — лерцолиты с высокохромистым шпинелидом, гранат-клинопироксен-шпинелевые сростки; 4 — лерцолиты с среднехромистым шпинелидом; 10 — гранат-клинопироксен-шпинелевые сростки, катаклазированные лерцолиты. Над чертой — минимум и максимум, под чертой — среднее содержание, n — частота встречаемости в процентах.

анализу принадлежат к 15-й и 18-й группам ХГК. Минерал 15-й группы связан с алмазонасными магнезиально-железистыми высокотитанистыми эклогитами и характеризуется повышенным содержанием железа (8,85 мас.% FeO) и пониженным магния (11,13 мас.% MgO). По составу это — волластонит—ферросилит—диопсид. 18-я группа представлена клинопироксеном из парагенезиса алмазонасных глиноземистых эклогитов с повышенной концентрацией железа (7,53 мас.% FeO), высокой алюминия (10,02 мас.% Al₂O₃), низкой хрома (0,01 мас.% Cr₂O₃) и пониженными количествами магния (7,49 мас.% MgO) и кальция (11,52 мас.% CaO). Состав минерала отвечает эгирин—ферросилит—диопсид—жадеитовой серии. Шесть анализов (4%) клинопироксена из слабоалмазонасных биминеральных эклогитов принадлежат к 19-й группе по ХГК. Здесь типичны повышенные содержания алюминия (от 1,21 до 4,25, среднее 2,56 мас.% Al₂O₃), железа (от 3,50 до 9,93, среднее 5,32 мас.% FeO) и натрия (до 2,80 мас.% Na₂O). По составу клинопироксен отвечает жадеит—ферросилит—диопсидовой серии твердых растворов.

Таким образом, большинство анализов клинопироксена из кимберлитовой трубки им. В. Гриба генетически связано с слабоалмазонасными лерцолитами, в том числе и ильменитовыми, а также с вебстеритами и пироксенитами (9,11-я группы по ХГК). Очень небольшая часть анализов относится к эклогитовому парагенезису.

Хромшпинелид — наименее распространенный глубинный минерал в кимберлитовой трубке им. В.Гриба. В породах кратерной части он встречается в единичных знаках, а в жерловой его количество возрастает до нескольких десятков зерен (0,2—3 мм) на пробу. Встречены все морфологические разновидности, свойственные хром-

шпинелидам из кимберлитов: плоскогранные остросереберные октаэдры; октаэдры, осложненные по ребрам и вершинам дополнительными гранями; комбинационные кристаллы с блоковым строением и др. На всех зернах отмечены признаки магматической коррозии.

Существенных отличий хромшпинелидов из пород жерловой и кратерной частей не наблюдается, для хромшпинелидов из кратерной части в целом характерно большее количество зерен с содержанием Cr₂O₃ < 50%. Анализы хромшпинелидов (82) из тяжелой фракции кимберлитов также в соответствии с ХГК [6] разделены на четыре группы (табл. 3, рис. 4).

Из всех анализов 24% (20) относится к 1-й группе по ХГК — хромшпинелиду из включений в алмазе и из высокоалмазонасных дунитов и гарцбургитов. Для минерала типичны высокие содержания хрома (от 60,52 до 65,76, среднее 62,50 мас.% Cr₂O₃), магния (от 11,07 до 13,48, среднее 12,16 мас.% MgO), низкие содержания Fe³⁺ (от 1,33 до 5,23, среднее 3,44 мас.% Fe₂O₃) и TiO₂ (от 0,04 до 1,22, среднее 0,44 мас.% TiO₂). В компонентном составе преобладают хромит и пикрохромит. На диаграммах (рис. 4) фигуративные точки хромшпинелидов этой группы локализируются вблизи вершины Cr₂O₃.

Самая многочисленная (60%) — 3-я группа по ХГК — высокохромистый шпинелид из лерцолитов и гранат-клинопироксеновых сростков. Минералу присущи высокие концентрации хрома, хотя и более низкие, чем в 1-й группе (от 50,79 до 60,24, среднее 56,54 мас.% Cr₂O₃) и магния (от 8,31 до 13,61, среднее 10,81 мас.% MgO), повышенное титана (от 0,12 до 3,18, среднее 1,39 мас.% TiO₂). Среди миналов преобладают шпинель, пикрохромит и хромит.

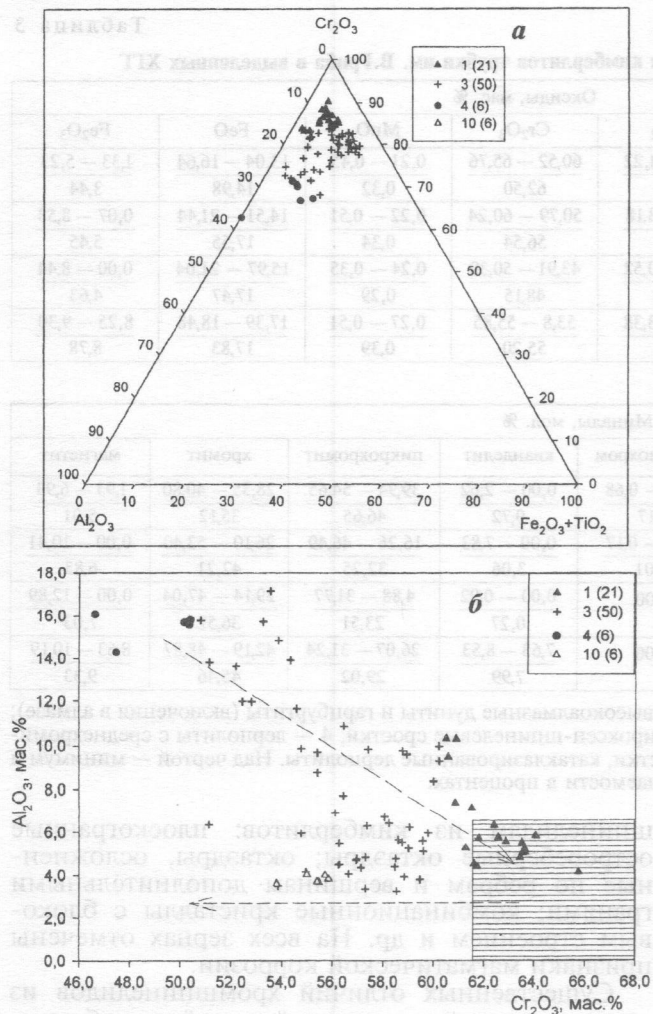


Рис. 4. Диаграмма составов хромшпинелидов тяжелой фракции кимберлитов трубки им. В. Гриба в координатах $Cr_2O_3-Al_2O_3-Fe_2O_3+TiO_2$ (а) и $Cr_2O_3-Al_2O_3$ (б). Номера фигуративных точек соответствуют ХГК (табл. 3), в скобках — количество анализов; заштриховано поле составов хромшпинелидов алмазной ассоциации, стрелки — направления трендов, характерных для хромшпинелидов из кимберлитов [16]

В следующих группах — 4-й (среднехромистый шпинелид из лерцолитов) и 10-й (хромшпинелид из гранат-клинопироксеновых-шпинелевых сростков и катаклазированных лерцолитов) по шесть анализов. Хромшпинелид из 4-й группы отличается повышенным количеством алюминия (от 14,3 до 25,9, среднее 17,23 мас.% Al_2O_3) и пониженными хрома (от 43,91 до 50,39, среднее 48,15 мас.% Cr_2O_3) и титана (от 0,17 до 0,52, среднее 1,28 мас.% TiO_2). Минерал принадлежит к изоморфной серии твердых растворов состава пикрохромит — шпинель — хромит. Хромшпинелиду 10-й группы свойственны максимальные содержания титана (от 3,25 до 3,38, среднее 3,33 мас.% TiO_2) и суммарного железа (от 17,39 до 18,48, среднее 17,83 мас.% FeO), пониженные хрома (от 53,8 до 55,85, среднее 55,20 мас.% Cr_2O_3). Хромшпинелид 10-й группы принадлежит к серии твердых растворов шпинель—кванделлит—пикрохромит—хромит. Наблюдаются два тренда (рис. 4), отмечаемые также для хромшпинелидов из кимберлитов Якутии и Африки.

Ильменит — один из самых распространенных глубинных минералов кимберлитов трубки им. В. Гриба. В целом он заметно преобладает над гранатом и другими минералами (табл. 4). Размер зерен колеблется от нескольких долей миллиметра до 20 мм, редко 30 мм. Форма зерен округлая, овальная и овально-уплощенная, обломки угловатые. Большинство зерен — монокристаллы, реже встречаются агрегаты ильменита. Часть зерен с поверхности лейкоксенизирована, по трещинкам развиты рутил и гематит. Отличий в составе ильменита из пород кратерной и жерловой частей не установлено. Все анализы (210) ильменитов разбиты в соответствии с ХГК на три генетические группы [6] (табл. 4). Ильменит характеризуется очень высокими магнезиальностью (9—17 мас.% MgO) и хромистостью (до 8 мас.% Cr_2O_3).

К 1-й группе по ХГК принадлежат 35% — среднехромистый ильменит из включений в алмазе и алмазоносных перидотитов. Ильменитам этой группы свойственны высокие содержания

Таблица 4

Вариации составов ильменитов из тяжелой фракции кимберлитов трубки им. В.Гриба в выделенных ХГК

ХГК	Количество анализов	n, %	Оксиды, мас. %					
			MgO	Al_2O_3	TiO_2	Cr_2O_3	FeO	Fe_2O_3
1	73	35	11,23 — 15,64	0,00 — 1,15	53,39 — 56,92	0,90 — 3,20	20,22 — 29,16	0,00 — 8,27
			13,98	0,60	54,89	2,06	24,18	4,07
2	29	14	11,37 — 16,68	0,28 — 0,80	51,46 — 55,06	1,62 — 7,78	17,80 — 25,70	3,08 — 9,16
			15,41	0,68	54,14	2,81	21,03	5,95

ХГК	Количество анализов	Минералы, мол. %					
		гейкелит	пирофанит	ильменит	корунд	эсколаит	гематит
1	72	39,15 — 52,36	0,00 — 0,93	37,98 — 57,06	0,00 — 1,59	0,82 — 2,97	0,00 — 7,00
		47,44	0,31	46,16	0,80	1,87	3,42
2	28	39,31 — 55,28	0,17 — 0,61	33,10 — 49,87	0,38 — 1,06	1,44 — 7,14	2,69 — 7,67
		51,67	0,39	39,52	0,90	2,51	5,02
3	110	34,56 — 50,01	0,00 — 0,80	39,34 — 55,36	0,19 — 1,38	0,75 — 6,11	0,00 — 11,63
		45,88	0,45	45,61	0,75	2,38	4,93

Примечание. ХГК — химико-генетические группы: 1 — среднехромистый пикроильменит из включений в алмазе и алмазоносных перидотитов; 2 — высокохромистый пикроильменит из сростков с алмазом, алмазоносных лерцолитов и метасоматизированных перидотитов; 3 — высокохромистый пикроильменит из включений в алмазе и преидотитов, в том числе и метасоматизированных. Над чертой — минимум и максимум, под чертой — среднее содержание, n — частота встречаемости в процентах.

магния (от 11,23 до 15,64, среднее 13,98 мас.% MgO) и повышенные хрома (от 0,90 до 3,20, среднее 2,06 мас.% Cr₂O₃). Во 2-ю группу — ильменит из сростков с алмазом, алмазоносных лерцолитов и метасоматизированных перидотитов по ХГК — включены 29 анализов (14%), здесь типичны высокие содержания магния (от 11,37 до 16,68, среднее 15,41 мас.% MgO) и повышенные хрома (от 0,9 до 3,2, среднее 2,81 мас.% Cr₂O₃). Более 51% относится к 3-й группе по ХГК (108) — ильмениты из включений в алмазе и перидотитов. Для последней группы характерны меньшие содержания магния (от 9,93 до 14,81, среднее 13,51 мас.% MgO), высокие хрома (от 0,83 до 6,69, среднее 2,64 мас.% Cr₂O₃).

Выводы можно сформулировать следующим образом:

1. В результате применения ХГК к полученным банкам данных по минералам-спутникам выделены минералы следующих основных парагенезисов:

по гранату — наибольшим распространением пользуются алмазоносные равномернозернистые лерцолиты с высокохромистым гранатом (26,3%), слабоалмазоносные равномернозернистые (часто катаклазированные) ильменитовые лерцолиты с низкохромистым титанистым гранатом (21,6%), алмазоносные равномернозернистые лерцолиты с среднехромистым гранатом (17,4%), алмазоносные равномернозернистые лерцолиты со средне-, низкохромистым гранатом (11,8%), лерцолиты и вебстериты с низкохромистым гранатом (7,4%), высокоалмазоносные дуниты и гарцбургиты (4,9%), алмазоносные магнезиальные ильменит-рутиловые эклогиты (3,4%);

по ильмениту — резко преобладают ильмениты, подобные по составу минералу из включений в алмазе и перидотитов (51%), на втором месте — среднехромистый пикроильменит из включений в алмазе и алмазоносных перидотитов (35%), реже встречается пикроильменит из сростков с алмазом, алмазоносных лерцолитов и метасоматизированных перидотитов (14%);

по клинопироксену — наиболее распространены клинопироксены из слабоалмазоносных равномернозернистых ± ильменитовых лерцолитов, вебстеритов и пироксенитов (49%), в меньшей степени развиты клинопироксены из слабоалмазоносных вебстеритов, пироксенитов и ильменитовых перидотитов (22%), клинопироксены из слабоалмазоносных катаклазированных ± ильменитовых лерцолитов, равномернозернистых лерцолитов (11%), еще меньшие распространены клинопироксены из включений в алмазе (6%) и из слабоалмазоносных равномернозернистых лерцолитов и гранат-клинопироксен-хромшпинелевых сростков (5%);

по хромшпинелиду — 61% отнесен к хромшпинелиду с высоким содержанием хрома из лерцолитов и гранат-клинопироксен-шпинелевых сростков, 24% связано с хромшпинелидом из включений в алмазе и высокоалмазоносных дунитов и гарцбургитов и по 7% анализов соответствуют среднехромистому хромшпинелиду из лерцолитов и хромшпинелиду из гранат-клинопироксен-шпинелевых сростков и катаклазированных лерцолитов.

2. Обнаружено большое количество минералов из высокоалмазоносных и алмазоносных парагенезисов.

ЛИТЕРАТУРА

- Архангельская алмазоносная провинция (геология, петрография, геохимия и минералогия) / Под ред. О.А. Богатикова. М.: Изд-во МГУ, 1999. 521 с.
- Богатиков О.А., Кононова В.А., Первов В.А., Журавлев Д.З. Источники, геодинамическая обстановка образования и перспективы алмазоносности кимберлитов северной окраины Русской плиты (Sr-Nd изотопия и ISP-MS геохимия) // Петрология. 2001. Т. 9. №3. С. 227—240.
- Веричев Е.М., Ггаранин В.К., Гриб В.П. и др. Геологическое строение и петрологические особенности кимберлитов Архангельской провинции // Изв. вузов. Геология и разведка. 1991. №4. С.88—94.
- Веричев Е.М., Саблуков С.М., Саблукова Л.И., Журавлев Д.З. Новый тип алмазоносных кимберлитов Зимнего берега (Архангельская алмазоносная провинция) // Докл. РАН. 1999. Т. 368. № 2. С. 226—229.
- Ггаранин В.К., Кудрявцева Г.П., Сошкина Л.Т. Ильменит из кимберлитов. М.: Изд-во МГУ, 1984. 239 с.
- Ггаранин В.К., Кудрявцева Г.П., Марфуни А.С., Михайличенко О.А. Включения в алмазе и алмазоносные породы. М.: Изд-во МГУ, 1991. 240 с.
- Ггаранин В.К., Кудрявцева Г.П., Посухова Т.В. и др. Два типа алмазоносных кимберлитов Архангельской провинции // Изв.вузов. Геология и разведка. 2001. № 4. С. 36—50.
- Джейкс А., Луис Дж., Смит К. Кимберлиты и лампроиты Западной Австралии. М.: Мир, 1989. 430 с.
- Доусон Д. Кимберлиты и ксенолиты в них. М.: Мир, 1983. 301 с.
- Кротков В.В., Кудрявцева Г.П., Богатиков О.А. и др. Новые технологии разведки алмазных месторождений. М.: ГЕОС, 2001. 310 с.
- Маркушев А.А. Минеральные ассоциации алмаза и проблема образования алмазоносных магм. Очерки физико-химической петрологии. М.: Наука, 1985. 201 с.
- Саблуков С.М., Саблукова Л.И., Шавырина М.В. Мантийные ксенолиты из кимберлитовых месторождений округлых алмазов Зимнебережного района, Архангельская алмазоносная провинция // Петрология. 2000. Т. 8. № 5. С. 518—548.
- Соболев Н.В. Глубинные включения в кимберлитах и проблема состава верхней мантии. М.: Наука, 1974. 263 с.
- Харькив А.Д. Минералогические основы поисков алмазных месторождений. М.: Недра, 1978. 136 с.
- Haggerty H. The chemistry and genesis of opaque minerals in kimberlites. // Phy. Chem. Earth. V. 9. № 5. 1975. P. 295—307.
- Mitchell R.H. Kimberlites: their mineralogy, geochemistry and petrology. Plenum. Publications Inc. New York, 1986. 436 p.

Московский государственный университет
Рецензент — А.С. Марфуни