

КИМБЕРЛИТОВАЯ ТРУБКА ИМ. В. СОБОЛЕВА (Якутия): ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И СОСТАВА

В.П. Серов, А.Д. Харьков*, В.И. Устинов, А.В. Уханов*

*АК „АЛРОСА“, Амакинская геолого-разведочная экспедиция,
678190, Мирнинский р-он, пос. Айхал, ул. Южная, 12, Россия
* ЦНИГРИ, 113545, Москва, Варшавское шоссе, 129Б, Россия*

Приведена характеристика геологического строения и вещественного состава кимберлитовой тр. им. В. Соболева и ряда других, расположенных поблизости от нее. Эти трубки погребены под толщей терригенно-осадочных пород верхнего палеозоя, интродуцированных трапными sillами. Общая мощность перекрывающих пород достигает 80 м. Кимберлиты трубок принадлежат к низкоспутниковой группе магниального типа. Они сложены обычными для кимберлитов Алакит-Мархинского поля автолитовыми брекчиями, имеют низкую алмазность. В состав тяжелой фракции кроме индикаторных минералов кимберлитов входит повышенное количество алмазина и железистого ильменита, источником которых являются кристаллические сланцы фундамента платформы.

Несмотря на низкую алмазность, среди магниальных гранатов, а также хромитов относительно часто встречаются субкальциевые кноррингитсодержащие пиропы и хромиты алмазной ассоциации. Это является типоморфным признаком гранатов и хромитов кимберлитов Далдыно-Алакитского района.

Кимберлитовые трубки, Алакит-Мархинское поле, индикаторные минералы кимберлитов.

V. SOBOLEV KIMBERLITE PIPE (Yakutia): STRUCTURE AND COMPOSITION

V.P. Serov, A.D. Khar'kiv, V.I. Ustinov, and A.V. Ukhanov

The geologic structure and lithology of the Sobolev kimberlite pipe and some other nearby pipes are considered. These pipes are buried beneath Upper Paleozoic terrigenous-sedimentary rocks intruded by trap sills. The total thickness of the overlying rocks reaches 80 m. The pipe kimberlites belong to a magnesian group. They are composed of autolith breccias typical of kimberlites of the Alakit-Markha field and have a low diamond potential. In addition to indicator minerals, the heavy fraction of kimberlites has elevated contents of almandine and ferriiferous ilmenite, which were transported from schists of the platform basement.

Despite the low diamond potential, the kimberlites often bear not only magnesian garnets and chromites but also subcalcic knorringite-bearing pyropes and chromites of diamond association. This is a typomorphic feature of garnets and chromites of kimberlites of the Daldyn-Alakite region.

Kimberlite pipes, Alakit-Markha field, indicator minerals of kimberlites

ВВЕДЕНИЕ

В конце 80-х годов прошлого века в центральной части Алакит-Мархинского кимберлитового поля был открыт куст кимберлитовых, погребенных под верхнепалеозойскими отложениями и траппами, трубок (5 тел): им. В. Соболева, им. В. Щукина, им. Н. Бобкова, ЦНИГРИ, Радиоволновая (рис. 1). Два последние открыты методом радиоволнового просвечивания межскважинного пространства, остальные — по структурно-тектоническим и шлихоминералогическим критериям по регулярной сети скважин. На кустовое расположение кимберлитовых трубок обратил внимание В.С. Соболев [1].

Следует подчеркнуть, что поиски кимберлитовых трубок, перекрытых толщами осадочных пород и траппами, — проблема исключительно сложная. Первые полностью погребенные трубки в Алакит-Мархинском поле и в мире вообще были открыты еще в начале 60-х годов — тр. Восток (1962 г.) и тр. Победа (1963 г.). Открытие этих трубок, а в более позднее время многих других (в том числе самой крупной в России промышленно-алмазносной тр. Юбилейная) стало возможным благодаря разработке авторами работ [2—4] основ методики поисков погребенных кимберлитовых трубок.

Все упомянутые выше кимберлитовые трубки и сопровождающие их дайковые (жильные) тела приурочены к единой рудовмещающей структуре северо-восточного простирания. Они имеют линейно-цепочное расположение, их длинные оси также ориентированы в северо-восточном направлении и, по-видимому, трассируют зону разломов на протяжении 7 км (см. рис. 1).

ТРУБКА ИМ. В. СОБОЛЕВА

Названная трубка была открыта в конце 80-х годов. Для ее оконтуривания пробурены 11 скважин по трем профилям: два ориентированы вкрест и один — вдоль длинной оси (рис. 2). В результате установ-

© В.П. Серов, А.Д. Харьков, В.И. Устинов, А.В. Уханов, 2005

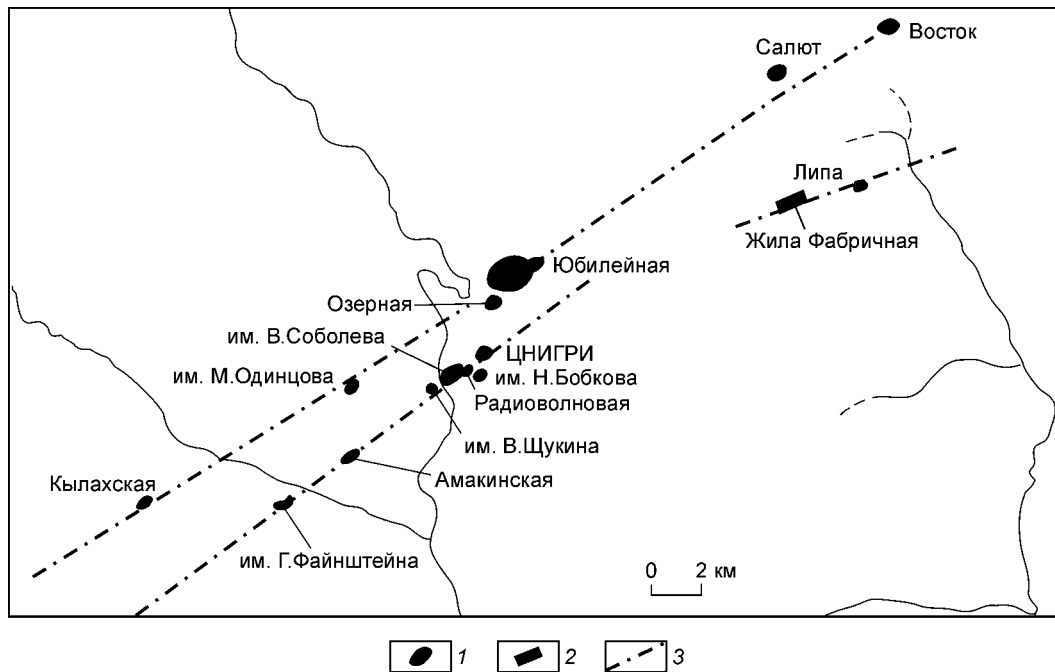


Рис. 1. Схема расположения трубки им. В. Соболева и ряда других из ее куста.

1 — кимберлитовые трубки; 2 — кимберлитовые жилы; 3 — рудовмещающие разломы, установленные по геолого-геофизическим данным.

лено, что трубка имеет форму эллипса, длинная ось которого ориентирована в направлении СВ — 50°. Ее размеры 470 × 230 м, площадь 7,2 га, что позволяет отнести ее к классу трубок среднего размера.

Трубка им. В. Соболева полностью перекрыта каменноугольными отложениями айхальской свиты, интродуцированными силлом траппов. Вмещающие породы, вскрытые скважинами, представлены терригенно-карбонатными отложениями ордовика и нижнего силура.

Внутреннее строение кимберлитовой тр. им. В. Соболева сравнительно простое: скважинами вскрыты две разновидности пород: автолитовая кимберлитовая брекчия (АКБ) и порфиновый кимберлит. Основной объем трубки сложен автолитовой брекчией. Размер автолитов 1—1,5 см. Центрами их зарождения чаще всего служат псевдоморфозы по оливину, а также ксеногенный материал. Собственно автолитовые оболочки имеют концентрическое строение и микрозернистую структуру, толщина их не превышает нескольких миллиметров. Основная связующая масса имеет отчетливо выраженную порфирокластическую структуру.

Порфиновые выделения представлены псевдоморфозами кальцита, серпентина и пироаурита по макро- и микрозернам оливина и редкими лейстами флогопита. Псевдоморфозы по макрозернам оливина имеют округлую форму, размер их от 0,6—1 до 4—8 мм (преобладают зерна размером 1—2 мм). Псевдоморфозы по микрозернам оливина идиоморфной формы размером от 0,01—0,02 до 0,7—0,9 мм. Зерна флогопита обычно таблитчатой и лейстовидной формы, размер их изменяется от 0,1—0,2 до 0,9—1,2 мм. Флогопит частично или полностью замещается хлоритом.

Структура сновной массы кимберлита микро- и тонкозернистая. Ее основными минералами являются кальцит и изотропный серпентин, в незначительных количествах присутствуют хлорит, пироаурит, а также тонкодисперсные рудные минералы, перовскит и единичные зерна апатита. В зонах гипергенеза связующая масса имеет карбонатно-глинистый (сапонитовый) состав и подвержена ожелезнению.

Порфиновый кимберлит вскрыт в северо-восточной части трубки одной скважиной до глубины 152 м от поверхности трубки; ниже по разрезу он сменяется автолитовой кимберлитовой брекчией. Очевидно, что этот участок представляет собой останец кимберлитовых пород первой фазы внедрения.

Ксеногенный материал составляет от 3 до 10 % и состоит в основном из обломков осадочных карбонатных пород, на долю которых приходится до 70 % от всего количества обломков (известняки, доломиты, мергели и разнообразные песчанистые и глинистые разности этих пород). Размер обломков от 0,5 до 3,5 см (обычно 1—1,5 см). Форма чаще всего неправильная, угловатая, реже округлая.

Обломки пород кристаллического фундамента составляют около 15 % от всего количества ксенолитов. Представлены они гранатовыми и безгранатовыми гнейсами и сланцами. Форма ксенолитов обычно овальная, округлая, иногда неправильная.

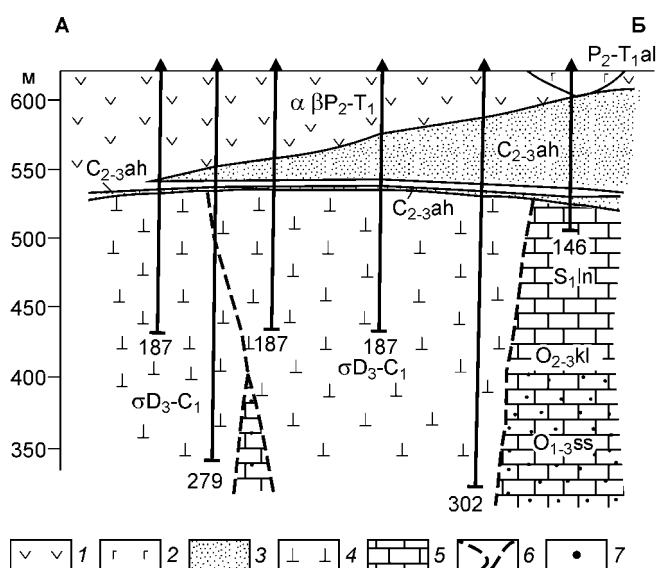
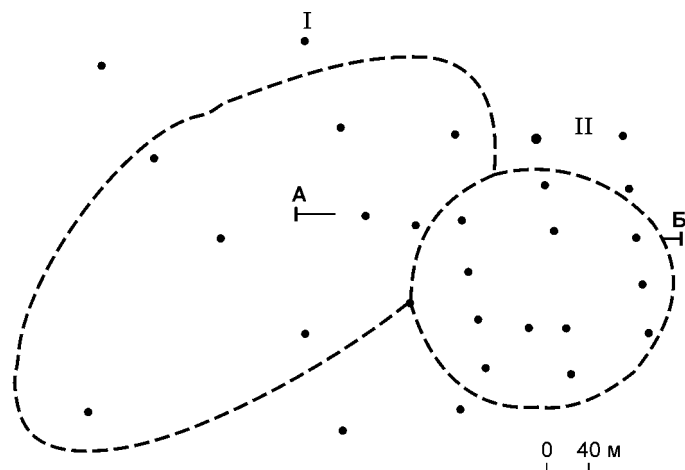


Рис. 2. План и разрез через кимберлитовые трубки им. В. Соболева (I) и Радиоволновая (II).

I — траппы; 2 — туфы основного состава; 3 — каменноугольные отложения альхальской свиты; 4 — кимберлиты; 5 — терригенно-карбонатные отложения нижнего палеозоя; 6 — контуры трубок; 7 — буровые скважины.

Включения мантийных пород серпентинизированы. Количество их достигает 6 % от массы ксеногенного материала. Размер обломков от 2,5 до 5—7 см, форма их неправильная.

Порфировыми выделениями служат псевдоморфозы серпентина по макро- и микрочастицам оливина, иногда пирропа. Распределены они в породе неравномерно. Отмечается увеличение количества порфировых вкрапленников с глубиной — от 5—7 % в верхней части разреза и до 25 % в нижней. Размер порфировых выделений колеблется от нескольких миллиметров до 1—1,5 см.

Пирроп встречается в виде редких мелких овальных зерен и их обломков темно-красного, красно-лилового цвета, сильно трещиноватых. Вокруг зерен отмечается тонкая келифитовая оболочка.

Основная масса кимберлита представляет собой серпентин-карбонатный микрочастистый агрегат, пропитанный гидроксидами железа.

Кимберлиты тр. им. В. Соболева и ряда других, расположенных недалеко от названной, принадлежат к высокомагнезиальным породам, характеризующимся низким содержанием железа, титана и фосфора (табл. 1). По существующей классификации они относятся к подгруппе IA первой группы, т. е. к

убогоалмазоносным породам с низким содержанием индикаторных минералов [5].

Таблица 1. Химический состав кимберлитов трубок, %

Оксид	Трубка			
	им. В. Соболева	Радиоволновая	ЦНИГРИ	им. В. Щукина
SiO ₂	34,49	30,66	26,57	30,97
TiO ₂	1,67	1,21	1,21	2,07
Al ₂ O ₃	2,82	1,83	2,32	2,68
FeO _{общ}	7,61	6,67	5,00	5,03
NiO	0,15	0,14	0,14	0,11
MnO	0,25	0,06	0,11	0,19
MgO	35,33	30,21	27,98	32,45
CaO	2,60	9,53	14,25	7,47
Na ₂ O	Не обн.	Не обн.	Не обн.	0,05
K ₂ O	0,12	0,39	0,26	0,26
P ₂ O ₅	0,43	0,37	0,41	0,53
S _{общ}	0,02	0,02	0,14	0,06
CO ₂	1,53	8,11	1,50	5,57
П.п.п.	13,52	11,34	8,90	12,83
Сумма	100,54	100,54	98,79	100,28

Примечание. Алмазоносность кимберлитов тр. им. В. Соболева убогая и составляет 0,03 кар/т. Качество алмазов достаточно высокое.

КИМБЕРЛИТОВАЯ ТР. РАДИОВОЛНОВАЯ

В ноябре 1989 г. при заверке аномалии РВП была вскрыта кимберлитовая тр. Радиоволновая. Она своим западным бортом примыкает к тр. им. В. Соболева, образуя как бы сдвоенное кимберлитовое тело, по типу трубок им. Г. Файнштейна, Удачная (см. рис. 2). На трубке пройдено три профиля скважин.

В плане тр. Радиоволновая имеет округлую форму. Размеры ее 200 × 218 м, площадь 3,6 га, она, согласно существующей классификации, относится к средним по размеру телам, имеет довольно крутые контакты и площадь ее сечения с глубиной изменяется незначительно. Контакт с тр. им. В. Соболева проведен на основании петрографических и петрофизических данных.

Трубка Радиоволновая полностью перекрыта терригенными отложениями карбона, силлом долеритов и туфогенными образованиями алакитской свиты. Суммарная мощность перекрывающих пород составляет 85—90 м. Вмещающие породы, вскрытые в районе трубки, представлены терригенно-карбонатными породами ордовика и нижнего силура.

Внутреннее строение кимберлитовой трубки простое — она сложена автолитовой кимберлитовой брекчией. Макроскопически АКБ тр. Радиоволновая очень похожа на АКБ тр. им. В. Соболева. Незначительные отличия отмечаются в содержании ксеногенного материала и его размерности, а также в более высоком содержании обломков порфирированных кимберлитов. Цвет породы часто меняется в зависимости от содержания и состава ксеногенного материала и степени ее выветрелости. Преобладают буровато- и зеленовато-серые тона, иногда с голубоватым оттенком.

Обломочная текстура АКБ проявлена менее отчетливо, чем в тр. им. В. Соболева, так как ксеногенного материала здесь значительно меньше 5—10 % от объема породы и только в редких случаях 15—17 %. Ксеногенный материал в основном представлен карбонатными породами вмещающей толщи. К ним обносятся обломки известняков, мергелей, глинистых и песчаных известняков угловатой, округло-угловатой формы размером от 0,5—1 до 3—6 см.

Изредка отмечаются ксенолиты пород фундамента (до 5 % от массы всех обломков), представленные гранатовыми и безгранатовыми гнейсами и сланцами. Форма их округлая, овальная, размеры от нескольких миллиметров до 1—3 см.

Глубинные включения встречаются очень редко (единичные обломки); они имеют округлую форму, сложены сильно измененной (серпентинизированной) породой. Размер их достигает 1—2 см.

В АКБ тр. Радиоволновая присутствуют обломки порфирированных кимберлитов (до 7,15 % объема породы) округлой и округло-угловатой формы; их размер в среднем составляет 1,5—2 см, иногда достигая 5—6 см.

Распределение автолитов в породе неравномерное: отмечаются интервалы почти полного отсутствия и участки, где их содержание достигает 30 % объема породы.

Автолиты состоят из центра формирования, представленного псевдоморфозами по аксессуарным минералам кимберлитов или по ксенолитам вмещающих пород, и концентрически-зональной оболочки. Размеры их колеблются от 0,5 до 1,5—2 см.

Кимберлит-цемент имеет порфировую структуру с микрозернистой основной массой.

Порфирированные выделения представлены главным образом псевдоморфозами по макро- и микрозернам оливина (до 10—12 % от массы цемента), очень редко флогопитом, хромшпинелидом, пиропом и пикроильменитом.

Псевдоморфозы по макрозернам оливина размером от 0,8—1 мм до 0,5—1,5 см (преобладают зерна размером 3—4 мм) имеют округлую и овальную форму, по микрозернам — изометричную форму, размеры их от 0,1—0,5 до 1—5 мм и более. Они сложены кальцитом, серпентином, реже пирроауритом. Наблюдается определенная зональность в строении псевдоморфоз — центральные части зерен сложены кальцитом, периферические — изотропным серпентином и лейстами пирроаурита.

Доминирующими минералами связующей массы являются кальцит и серпентин, с преобладанием последнего. Помимо этих минералов широко развиты вторичный хлорит, пирроаурит, встречается также флогопит и апатит. Весь материал пропитан рудной пылью.

Алмазоносность трубки изучена до глубины 212,5 м. Среднее содержание в ней алмазов составляет 0,2 кар/т.

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ И ДРУГИЕ ОСОБЕННОСТИ АЛМАЗОВ И СОСТАВ ПИРОПА, ПИКРОИЛЬМЕНИТА И ХРОМШПИНЕЛИДОВ

Как уже отмечалось, алмазоносность кимберлитов рассматриваемых трубок низкая. Хотя в кимберлитах тр. Радиоволновая количество алмазов повышенное, тем не менее оно не достигает промышленных значений. Подавляющее большинство алмазов бесцветны, изредка встречаются дымчато-коричневые камни. В тр. Радиоволновая наиболее продуктивным является класс $-2...+1$ мм, на долю которого приходится свыше половины от всей массы алмазов при примерно равных весовых долях кристаллов класса

Таблица 2.

Кристалломорфологические особенности изученных алмазов

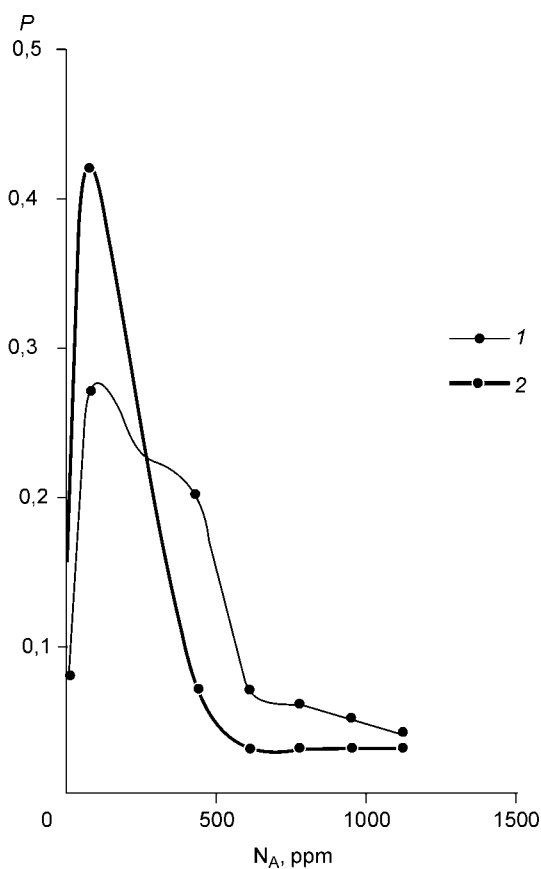
Трубка	Кол-во алмазов	Октаэдры	Комбинационные	Ламинарные ромбодекаэдры	Округлые	Кубы
		%				
им. В. Соболева	94	30,9	24,2	8,5	30,2	1,2
Радиоволновая	169	29,0	27,2	12,4	31,4	1,2
им. Н. Бобкова	44	79,5	4,6	4,5	11,4	—
ЦНИГРИ	19	50,0	25,0	10,0	15,0	—

–1...+0,5 и –4...+2 мм. Наиболее крупная находка алмаза — 33,6 мг представляет собой полупрозрачный дымчато-коричневый додекаэдр с полосами пластической деформации. В названной трубке качество алмазов более высокое, чем в тр. Юбилейная и Краснопресненская. Они приближаются в этом отношении к алмазам из тр. Комсомольская, обладающим наиболее высоким качеством по сравнению с другими разведанными месторождениями Алакит-Мархинского кимберлитового поля.

По степени прозрачности преобладают в основном камни категории „прозрачные“, составляющие свыше половины от общего количества, при значительном (свыше 1/4) суммарном содержании кристаллов „весьма прозрачные“ и „чистой воды“. Твердые включения в алмазах представлены в основном эпигенетическим графитом, реже сульфидами.

Данные о морфологии кристаллов алмаза из кимберлитов тр. им. В. Соболева и ряда других тел, приведенные в табл. 2, указывают, что особенностью изученных алмазов является повышенное содержание округлых камней, а это, по данным В.И. Коптиля, характерно для кимберлитовых тел с низкой алмазоносностью.

Содержание азота в А-форме в алмазах тр. Радиоволновая и им. В. Соболева меняется в широких пределах: от 10 до 1100 ppm, при значительном преобладании кристаллов с концентрацией этой примеси 10—180 ppm, что сближает их с алмазами из большинства трубок Далдыно-Алакитского района Якутии (рис. 3). Однако алмазы тр. Радиоволновая в отличие от алмазов тр. им. В. Соболева характеризуются



двумодальным распределением по содержанию А-центров, причем вторая мода более высокоазотная (350—520 ppm). Приведенные значения концентраций азота, согласно данным Г.К. Хачатрян, не типичны для алмазов этого района и более характерны для трубок Малоботубинского района Якутии. В целом же содержания азота в А-форме свыше 300 ppm зафиксированы в кристаллах с включениями эклогитового парагенезиса и малохарактерны для алмазов ультраосновного парагенезиса.

Другой интересной особенностью алмазов из тр. Радиоволновая и им. В. Соболева является значительное количество кристаллов „безазотных“ по А-центрам (8—16%), что позволяет прогнозировать повышенное содержание в этих трубках алмазов типа IIa [6].

В кимберлитовых породах трубок им. В. Соболева и Радиоволновая содержание индикаторных минералов (ИМК) низкое (табл. 3). Это же относится и к кимберлитам других, рядом расположенных трубок: им. В. Щукина, им. Н. Бобкова, ЦНИГРИ, им. Г. Файнштейна.

С помощью рентгеновского микроанализатора проанализированы ИМК из концентрата проб, представленные гранатом, ильменитом и хромшпинелидом. При этом установлено, что в кимберлите большинства перечислен-

Рис. 3. Кривые распределения алмазов трубок Радиоволновая (1) и им. В. Соболева (2) по содержанию в них азота в А-форме (P — частота).

Таблица 3.

Состав минералов тяжелой фракции кимберлитовых трубок, кг/т

Минерал	им. В. Соболева	Радиоволновая
Общая масса тяжелой фракции	4,45	8,58
Пироп	0,02	0,054
Пикроильменит	0,045	0,015
Хромшпинелид	0,073	0,18
Хромдиопсид	0,001	0,0004
Оливин	0,04	0,011
Альмандин	0,025	0,004
Магнетит	0,427	0,694
Ильменит с низким содержанием MgO	0,001	0,002
Лимонит	0,143	0,32
Сидерит	0,002	0,001

ных трубок присутствует значительное количество зерен граната и ильменита, генетически не связанных с мантийными породами. Первоисточником определенной (в некоторых из перечисленных трубок значительной) части гранатов являются кристаллические породы фундамента платформы. Эти гранаты обычно представлены пироп-альмандином. Первоисточником части проанализированных зерен ильменита также являются кристаллические сланцы и гнейсы фундамента платформы, а часть зерен ильменита высвободилась из трапповых пород.

На диаграмму Н.В. Соболева [8, 9] (рис. 4) в координатах Cr_2O_3 —CaO нанесены точки составов гранатов из концентрата кимберлитов тр. им. В. Соболева и им. Н. Бобкова. Из 112 проанализированных зерен лишь 32 отнесены к гранатам ультраосновного парагенезиса, из них 5 принадлежат к алмазной ассоциации. Как видно из рис. 4, значительное количество точек состава гранатов из кимберлитов тр. им. Н. Бобкова характеризуются очень низким содержанием Cr_2O_3 , т. е. их источником являются кристаллические породы фундамента платформы.

Для сравнения на рис. 5 показаны точки состава гранатов из кимберлитов тр. Радиоволновая. Часть зерен граната из этой трубки имеет пироп-альмандиновый состав. Гранаты ультраосновного парагенезиса представлены 137 зернами, из которых 16 принадлежат к алмазной ассоциации, что составляет 9,1 % от всей выборки (табл. 4).

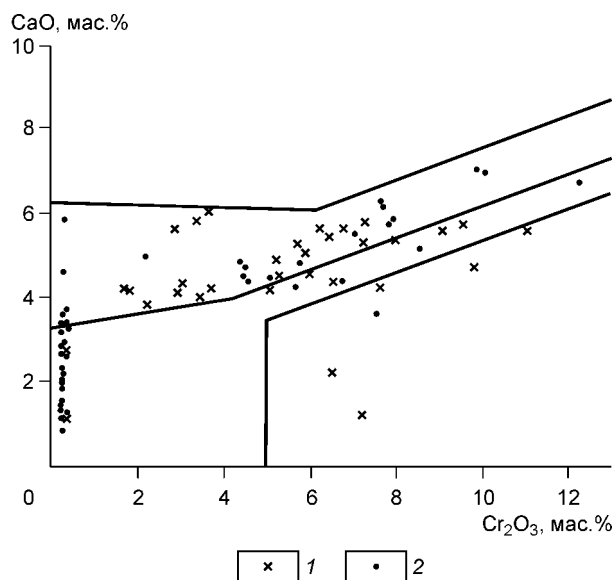


Рис. 4. Состав граната из концентрата кимберлитов трубок:

1 — им. В. Соболева, 2 — им. Н. Бобкова.

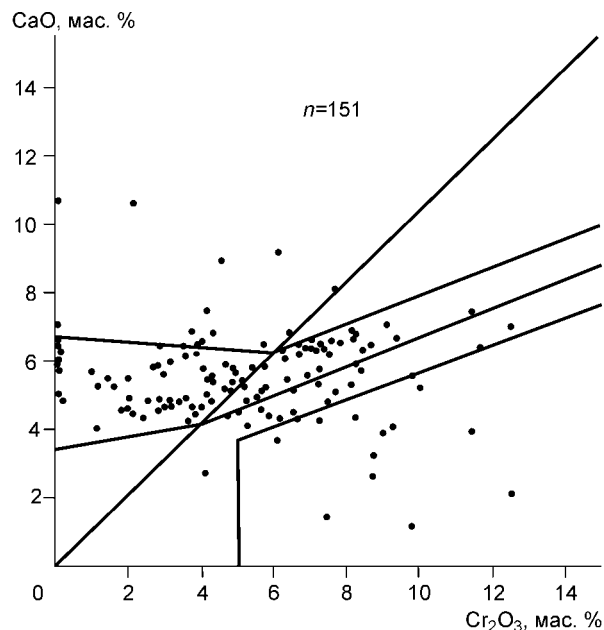


Рис. 5. Состав граната из концентрата кимберлитов тр. Радиоволновая.

Таблица 4. Результаты статистической обработки данных частичного микронзондового анализа гранатов (мас. %) из кимберлитовых пород куста тел в районе тр. им. В. Соболева

Трубка	Всего зерен	Пироп-альмандин	Лерцолитовый парагенезис	Дунит-гарцбургитовый парагенезис		Cr ₂ O ₃						CaO			FeO			Cr ₂ O ₃		
				Всего	Алмазонные	Ультраосновной парагенезис					\bar{X}	min	max	\bar{X}	min	max	\bar{X}	min	max	
						n ₁	n ₂	n ₃	n ₄	n ₅										n ₃ /(n-n ₃)
им. В. Соболева	112	74,1	16,1	9,8	4,5	6,9	31	65,5	31	3,4	1,9	3,35	0,2	10,31	21,33	6,63	36,33	1,65	0,03	11,01
Радиоволновая	151	56,8	32,8	11	9,4	10,9	12,7	76,3	45,5	10,9	3,23	4,77	0,1	7,18	18,85	6,67	36,47	2,39	0,02	11,61
ЦНИГРИ	47	10,6	51,1	38,3	19,1	11,9	28,6	71,4	28,6	7,1	2,5	4,8	0,82	7,96	9,58	5,82	29,49	5,7	0,07	12,29
им. В. Щукина	28	Нет	85,5	14,5	7,9	9,4	50	34	13,8		0,52	7,75	3,99	7,64	7,48	5,92	10,7	4,33	1,46	8,76
им. Н. Бобкова	123	86,5	9,8	3,7	0,75	11,1	33,3	55,6	33,3	5,6	1,25	2,93	0,47	7,14	22,09	5,39	28,98	0,93	0,99	12,2

Примечание. Количество гранатов с содержанием Cr₂O₃ (%): n₁ — менее 2, n₂ — от 2 до 5, n₃ > 5, n₄ > 7, n₅ > 10; n₃/(n - n₃) — коэффициент хромистости.

Доминирующим минералом (без учета минералов группы железа и сульфидов) в обеих трубках является хромшпинелид (среднее содержание в тр. им. В. Соболева — 0,073 кг/т, в тр. Радиоволновая — 0,18 кг/т), который значительно преобладает над пиропом и пикроильменитом. В тр. Радиоволновая его содержание самое высокое среди других тел куста. Что же касается пироба, то в тр. им. В. Соболева его меньше, чем пикроильменита, а в тр. Радиоволновая, наоборот, больше.

С помощью рентгеновского микроанализатора выполнен частичный анализ (MgO, Cr₂O₃ и TiO₂) ильменита из кимберлитов тр. им. В. Соболева (15 зерен), им. В. Щукина (84 зерна) и им. Н. Бобкова (39 зерен) (табл. 5). Судя по среднему содержанию MgO, в проанализированных выборках ильменита тр. им. Н. Бобкова и В. Соболева присутствует определенное количество зерен ильменита корового происхождения. Особенно много корового ильменита оказалось в выборке из концентрата тр. им. Н. Бобкова, где среднее содержание MgO равно 1,48 мас. %. Лишь анализы из кимберлитов тр. им. В. Щукина представлены в основном пикроильменитом мантийного происхождения.

Таблица 5. Состав ильменита (мас. %) из кимберлитовых тел трубок, расположенных рядом

Трубка	Кол-во зерен	MgO			Cr ₂ O ₃			TiO ₂		
		\bar{X}	min	max	\bar{X}	min	max	\bar{X}	min	max
им. В. Соболева	15	5,78	1,60	9,47	1,52	0,04	4,71	46,34	39,93	53,06
им. В. Щукина	84	8,73	5,74	14,32	2,19	0,62	5,23	47,15	39,81	57,70
им. Н. Бобкова	39	1,48	0,61	2,63	0,12	0,02	0,27	53,95	49,19	55,83

Таблица 6. Состав хромшпинелидов (мас. %) из кимберлитов

Трубка	Кол-во зерен	Al ₂ O ₃			Cr ₂ O ₃			TiO ₂		
		\bar{X}	min	max	\bar{X}	min	max	\bar{X}	min	max
им. В. Соболева	41	9,22	4,54	24,85	50,13	34,72	63,35	1,89	0,08	7,04
Радиоволновая	99	13,35	3,86	32,89	48,33	30,56	62,84	1,35	0,02	5,78
им. Н. Бобкова	72	9,26	1,60	29,76	49,52	28,02	60,96	1,30	0,11	5,00
ЦНИГРИ	68	11,06	4,29	25,20	52,51	41,39	62,35	0,92	0,04	5,56
им. В. Щукина	61	11,05	2,05	31,57	51,85	24,24	63,83	1,26	0,01	9,94

Таблица 7. Химический состав микрозерен (~10 мкм) хромшпинелида из основной массы кимберлитов гр. им. В. Соболева, мас. %

Оксид	Зерна треугольной формы	Сростки с перовскитом	Вростки в перовските			Изометрические зерна					Анализ 12	
SiO ₂	0,27	0,68	0,37	0,39	0,73	0,24	0,34	0,43	0,28	0,23	0,32	0,63
TiO ₂	5,01	6,38	4,19	4,77	5,3	5,68	5,57	4,91	5,84	7,89	7,85	12,15
Al ₂ O ₃	5,44	6,37	10,48	9,68	10,03	11,54	10,63	12,28	8,85	7,22	7,16	7,61
Cr ₂ O ₃	51,26	41,23	46,17	46,48	44,48	43,35	44,88	44,02	41,33	37,95	30,32	17,7
FeO	25,54	32,8	23,33	21,99	22,54	22,99	22,85	22,22	29,45	31,95	40,64	42,54
MnO	0,41	0,58	0,37	0,38	0,28	0,32	0,4	0,43	0,48	0,49	0,67	0,62
MgO	12,77	10,65	15,02	14,32	15,23	14,45	13,48	14,08	13,49	12,26	11,68	17,55
CaO	0,05	0,51	0,21	0,18	0,23	0,71	0,34	0,45	0,17	0,65	0,23	0,22
Сумма	100,75	99,2	100,14	98,18	98,82	99,28	98,49	98,82	99,89	98,64	98,87	99,02

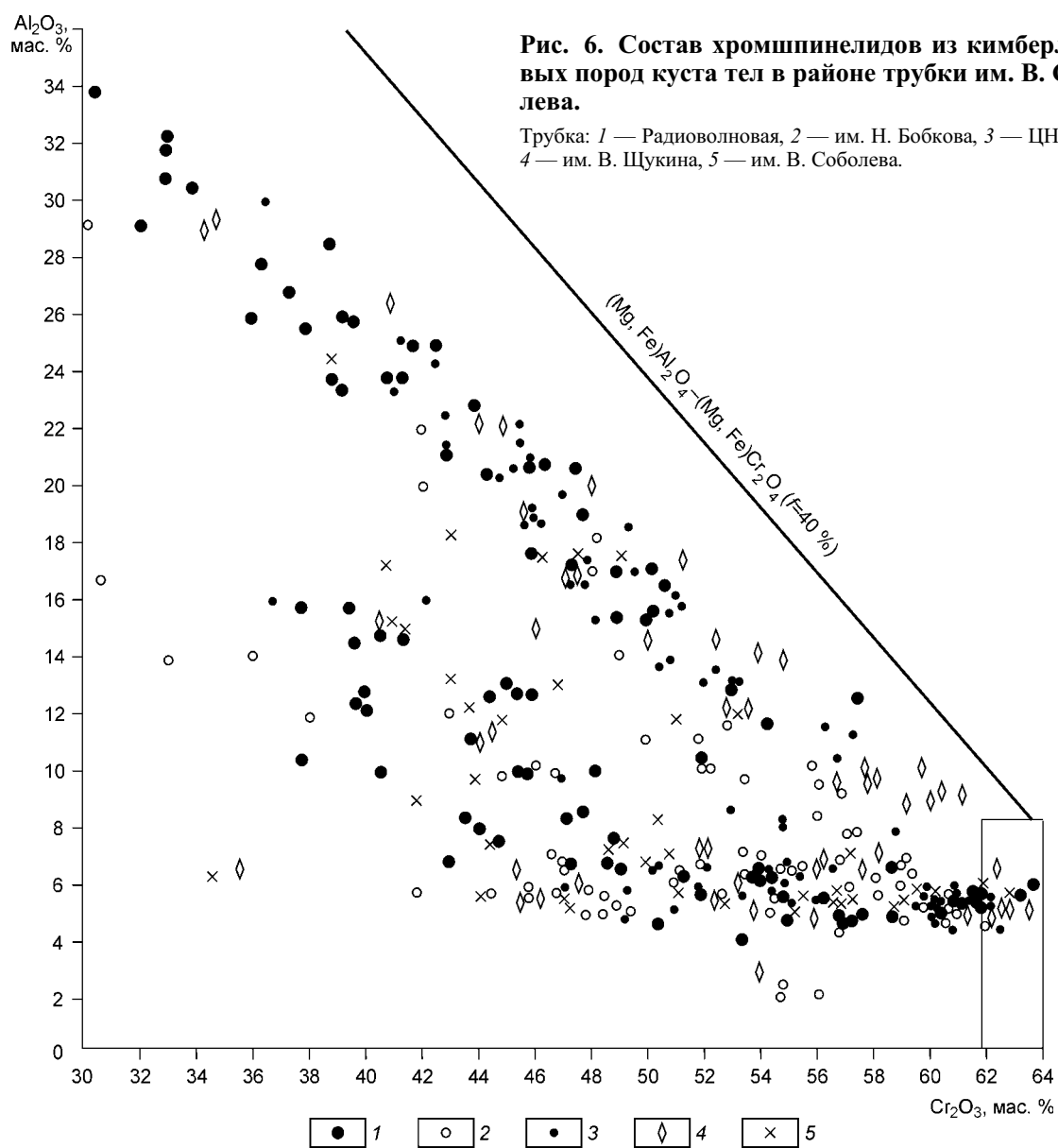


Таблица 8. Химический состав микрозерен минералов основной массы кимберлитов тр. Радиоволновая, мас. %

Оксид	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
SiO ₂	0,38	0,07	0,13	0,39	0,30	0,41	0,31	0,56	0,49	0,34	0,33	0,29	0,15	0,30	0,18	0,12	0,84	1,10	0,89	0,92	0,11
TiO ₂	2,94	2,44	5,62	4,49	5,53	5,61	5,64	5,82	6,42	7,13	7,38	10,01	55,68	56,67	55,91	55,31	90,03	89,26	86,59	80,23	55,75
Al ₂ O ₃	6,08	3,68	4,98	7,58	10,23	9,77	9,12	8,82	7,77	8,51	8,19	6,04	0,15	0,17	0,16	0,11	0,00	0,00	0,00	0,01	0,14
Cr ₂ O ₃	56,64	45,26	48,98	53,44	47,13	46,98	49,75	45,08	40,75	47,14	40,31	31,29	0,46	1,01	0,43	0,7	0,31	0,47	0,29	1,59	0,76
FeO	21,48	41,25	27,29	21,97	22,96	23,68	21,36	24,78	28,71	23,23	28,15	39,12	1,19	1,30	1,28	1,10	1,82	2,09	2,09	4,39	1,30
MnO	0,37	0,58	0,38	0,39	0,39	0,30	0,35	0,32	0,54	0,39	0,47	0,43	0,01	0,07	0,04	0,04	0,03	0,03	0,05	0,06	0,02
MgO	12,30	6,20	10,46	12,30	13,61	13,65	12,19	13,37	14,84	12,16	13,82	11,61	0,19	0,36	0,25	0,19	0,39	0,37	0,35	0,57	0,18
NiO	0,03	0,27	0,07	0,12	0,19	0,26	0,15	0,19	0,06	0,14	0,09	0,11	0,05	0,00	0,00	0,01	0,02	0,04	0,01	0,06	0,01
Ca	0,31	0,01	0,77	0,53	0,49	0,25	0,63	0,73	0,54	0,69	0,45	0,71	37,86	36,62	37,90	36,42	1,42	2,26	3,50	3,95	37,53
Σ	100,53	99,76	98,68	101,21	100,83	100,91	99,50	99,67	100,12	99,73	99,19	99,61	95,74	96,67	96,15	94,00	94,81	95,62	93,72	91,85	95,80

Примечание. 1—12 — хромпинелиды; 13—16 — перовскиты; 21 — средний состав из 9 алмазов перовскита; 17—20 — рутиловые каймы на перовските. Зерна: 2 — крупное (~1,5 мм), 3 — край того же зерна, 4 — мелкие идиоморфные (7...+12, 8...+14, 10...+15, 12...+20...+16) сростания; 18 — кайма вокруг зерен 13...+7; 16 — кайма вокруг зерен 12...+20; 19 — кайма вокруг зерен 7...+13.

Изучен также частичный состав двух генетических типов хромшпинелидов: макрозерна, источником которых являются дезинтегрированные породы верхней мантии (табл. 6), и микрозерна основной массы (табл. 7, 8), кристаллизация которых происходила в условиях земной коры во время внедрения кимберлитового расплава.

Макрозерна хромшпинелида характеризуются средним повышенным содержанием Cr₂O₃, низким TiO₂ и Al₂O₃, среди проанализированных присутствуют зерна алмазной ассоциации (рис. 6).

В отличие от макрозерен микрозерна хромшпинелидов зачастую имеют зональное строение и всегда высокое содержание TiO₂, причем край одного проанализированного зерна хромшпинелида из кимберлитовой тр. им. В. Соболева по составу приближается к хромистому титаномagnetиту (см. табл. 7, ан. 12). Общим для всех проанализированных микрозерен наряду с высоким содержанием TiO₂ (4,19—7,89 мас. % в тр. им. В. Соболева и 2,94—10,01 мас. % — в тр. Радиоволновая) является повышенная железистость, узкие пределы колебания содержаний MgO (10,65—15,23 мас. % — в тр. им. В. Соболева и 10,46—14,84 мас. % — в тр. Радиоволновая; в последней лишь одно зерно из 12 проанализированных имеет содержание MgO — 6,20 мас. %) и низкое содержание Al₂O₃ (5,44—12,28 мас. % — в первой и 3,68—10,23 мас. % — во второй). В кимберлитах тр. Радиоволновая помимо микрозерен хромшпинелида проанализированы микрозерна перовскита и каймы рутила на перовските (см. табл. 8).

Различные зерна каждого из этих минералов имеют близкий состав и повышенное содержание Cr₂O₃ (0,43—1,01 мас. % у перовскита и 0,39—1,59 мас. % — у рутила).

Подводя итог изучению вещественного состава кимберлитов и их индикаторных минералов тр. им. В. Соболева и других, следует констатировать.

1. Кимберлиты изученных трубок принадлежат к магниальной группе и относятся к низкоспутниковому типу.
2. Несмотря на низкую алмазоносность трубок, среди пиропов и хромшпинелидов довольно часто встречаются зерна алмазной ассоциации, хотя провести объективное сопоставление между содержанием последних и содержанием алмазов невозможно из-за малого количества изученных проб.
3. Микрозерна хромшпинелида основной массы имеют повышенное содержание TiO₂, повышенную железистость, низкое содержание Al₂O₃ и узкие пределы колебания содержания этого оксида и MgO.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Соболев В.С.** Геология месторождений алмазов Африки, Австралии, острова Борнео и Северной Америки. М., Геолтехиздат, 1951, 126 с.
2. **Харькив А.Д.** Новые данные о возрасте кимберлитовых трубок Далдыно-Алакитского района // Геология и геофизика, 1967, № 4, с. 124—128.
3. **Харькив А.Д., Зинчук Н.Н., Зуев В.М.** История алмаза. М., Недра, 1997, 601 с.
4. **Харькив А.Д., Черный Е.Д.** Поиски перекрытых кимберлитовых трубок по минералам-спутникам алмаза // Геология и условия образования алмазных месторождений. Пермь, Перм. кн. изд-во, 1970, с. 331—336.
5. **Харькив А.Д., Зинчук Н.Н., Крючков А.И.** Геолого-вещественные модели алмазоносных магматитов // Проблемы прогнозирования, поисков и изучения месторождений полезных ископаемых на пороге XXI века. Воронеж, Изд-во Воронеж. ун-та, 2003, с. 55—67.
6. **Соболев Е.В.** Тверже алмаза. Новосибирск, Наука, 1989, 192 с.
7. **Серов В.П.** Некоторые особенности минерального состава кимберлитов трубок и древних шлиховых ореолов Алакит-Мархинского кимберлитового поля // Отечественная геология, 1997, № 1, с. 51—56.
8. **Соболев Н.В.** О минералогических критериях алмазоносности кимберлитов // Геология и геофизика, 1971, № 3, с. 70—80.
9. **Соболев Н.В.** Глубинные включения в кимберлитах и проблема состава верхней мантии. Новосибирск, Наука, 1974, 264 с.

*Рекомендована к печати 9 августа 2004 г.
Н.В. Соболевым*

*Поступила в редакцию 16 октября 2003 г.,
после доработки — 17 июля 2004 г.*