

КИМБЕРЛИТЫ ЗИМБАБВЕ: КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАСПРОСТРАНЕННОСТИ И ОСОБЕННОСТЕЙ СОСТАВА

А.Д. Харькив, Е.Ф. Романько, Б.М. Зубарев

*Центральный научно-исследовательский геолого-разведочный институт цветных и благородных металлов,
113545, Москва, Варшавское шоссе, 129Б, Россия*

Впервые приведена характеристика вещественного состава кимберлитов трубка Шингвизи, QK1 и QK2, а также новые материалы по единственной на сегодняшний день эксплуатирующейся тр. Ривер Ранч. Описаны оригинальные калькретизированные кимберлиты, залегающие в верхних горизонтах тр. Шингвизи. Обращено внимание на исключительно редкое присутствие гранатов алмазной ассоциации ультраосновного парагенезиса и повышенное содержание пироп-альмандиновых гранатов этой же ассоциации эклогитового парагенезиса в трубках QK1 и QK2. Эти гранаты могут быть использованы при поисках алмазоносных трубок шлихоминералогическим методом. Показано, что кимберлитовые тела, располагающиеся в зонах подвижных поясов, по вещественному составу могут отличаться от им подобных, локализованных в пределах кратонов архейской активизации.

Кимберлиты, вещественный состав, алмазная ассоциация, Зимбабве.

KIMBERLITES OF ZIMBABWE: ABUNDANCE AND COMPOSITION

A.D. Khar'kiv, E.F. Roman'ko, and B.M. Zubarev

The composition of kimberlites from the Shingwidzi, QK1, and QK2 pipes is considered, and new data on a single operating pipe, River Ranch, are reported. Original calcretized kimberlites of the upper horizons of the Shingwidzi pipe are described. Garnets of ultrabasic paragenesis of diamond association are extremely scarce and pyrope-almandine garnets of eclogite paragenesis of the same association are abundant in QK1 and QK2. These garnets can serve as indicators in search for diamond pipes with the use of the heavy-concentrate-mineralogical method. Kimberlite bodies of mobile belts can differ in composition from those of Archean cratons.

Kimberlites, composition, diamond association, Zimbabwe

ВВЕДЕНИЕ

Значительную часть территории Зимбабве занимает кратон с одноименным названием. Согласно правилу Клиффорда [1], по всем параметрам регион весьма перспективен в отношении нахождения в его пределах алмазоносных кимберлитов. Тем не менее до сих пор на территории Зимбабвийского кратона и обрамляющих его подвижных поясов крупных коренных месторождений алмазов не найдено. По-видимому, это объясняется недостаточной изученностью территории этой страны.

В Зимбабве первые алмазы были обнаружены в 1903 г. южно-африканским изыскателем Х.Р. Мьюром в древних алмазоносных галечниках Самабула, толща которых разрабатывалась старателями вплоть до 1919 г.

Первые кимберлитовые трубки в Зимбабве открыты в начале прошлого века — это тр. Колосс и силл Вессельс, а потом в 30 и 50 км от этих тел были обнаружены тр. Фрейс, Клэр, Вурнэд и ряд даек.

Трубка Колосс и силл Вессельс разрабатывались в период 1907—1912 гг. Алмазы, извлеченные из них, мелкие, преимущественно технические. Трубка Колосс размером 900 × 500 м и занимает площадь 35 га. Силл Вессельс расположен в 35 км к северо-востоку от г. Булавайо, его длина не менее 300 м при мощности 1—2,5 м, падение под углом 16° на запад-юго-запад.

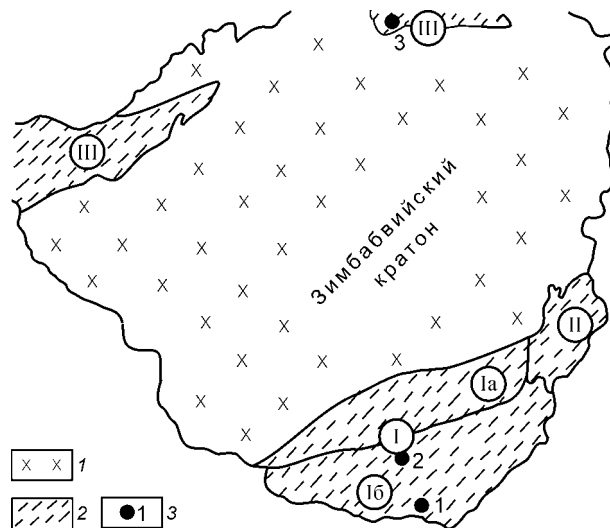
После длительного перерыва в 70—80-х годах в Зимбабве были возобновлены поиски алмазов. Ряд компаний, в том числе австралийская Reunion Mining, Auridium Consolidated, Де Бирс, российско-зимбабвийская ДТЗ-ОЗГЕО и другие получили лицензии на поиски алмазов, охватив при этом практически всю территорию Зимбабве. В результате к сегодняшнему дню в стране открыты несколько десятков кимберлитовых трубок и даек, некоторые из них содержат повышенное количество алмазов. К ним относятся, прежде всего, тр. Ривер Ранч, Шингвизи и трубки QK1 и QK2 около оз. Кариб, краткому описанию которых посвящена настоящая статья.

КРАТКИЙ ОЧЕРК ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ЗИМБАБВИЙСКОГО КРАТОНА

Зимбабвийский кратон обрамлен складчатыми поясами разного возраста. На юге и юго-востоке — это подвижный пояс Лимпопо с архейским фундаментом, на востоке — Мозамбикский пояс и на севере, северо-западе — пояс Замбези, включающий в себя северо-восточное окончание протерозойского Домар-

Рис. 1. Положение кимберлитовых тел в региональных структурах Замбабве.

1 — Зимбабвийский кратон; 2 — структуры обрамления: I — мобильный пояс Лимпопо (Ia — Северная, Ib — Центральная зоны), II — Мозамбийский пояс, III — пояс Замбези; 3 — кимберлитовые трубки: 1 — Ривер Ранч, 2 — Шингвизи, 3 — Квест.



ского пояса. Западная граница кратона скрыта под фанерозойскими отложениями систем Карру и Калахари (рис. 1).

Зимбабвийский кратон, вытянутый в северо-восточном направлении и охватывающий большую часть территории страны, имеет архейское основание, которое представляет древний гнейсовый комплекс и более молодые зеленокаменные пояса и гранитоиды [2—4].

Древние гнейсы с возрастом более 3500 млн лет повсеместно развиты в пределах кратона и занимают промежуточные пространства между гранитными интрузиями. Отличаясь довольно большим разнообразием, от сланцеватых и полосчатых серых гнейсов до темноцветных мигматитов, в целом они имеют преимущественно тоналитовый состав.

Древний гнейсовый комплекс послужил фундаментом для зеленокаменных поясов, проявившихся тремя генерациями с возрастом (млн лет): Себаквайская — 3500, Булавайская — 2900—2700 и Шамвайская — 2700. Пояса разобщены между собой и сконцентрированы главным образом в западной части кратона с преимущественным развитием Булавайского комплекса. В строении зеленокаменных поясов участвуют вулканиты, метаосадочные породы, джеспилиты и тела ультраосновных пород. Состав вулканитов меняется вверх по разрезу от коматиитов и базальтов в Себаквайской группе до фельзитов и кварцевых порфиров в группе Шамвай. Метаосадочный комплекс представлен преимущественно терригенными породами: конгломератами, песчаниками и сланцами, иногда известняками. Породы зеленокаменных поясов изменены в условиях зеленосланцевой и амфиболитовой фаций метаморфизма. В Себаквайской группе в реликтах обнаруживаются проявления более раннего гранулитового метаморфизма.

С зеленокаменными поясами тесно связаны гранитные интрузии, внедрение которых относится к позднему периоду становления комплекса основания. Граниты образуют батолиты и небольшие штоки. По составу среди них выделяются адамеллиты, наиболее распространенные, а также тоналитовые и редко встречающиеся калиевые граниты.

В осевой части кратон пересекается Великой Дайкой, вытянутой в субмеридиональном направлении более чем на 500 км.

Подвижный пояс Лимпопо, ограничивающий Зимбабвийский кратон с юга и отделяющий его от расположенного южнее Каапваальского кратона, простирается в восток-северо-восточном направлении. Относительно кратонов пояс более интенсивно метаморфизован до гранулитовой и высшей ступени амфиболитовой фаций. В его пределах выделяются Северная и Южная краевые и разделяющая их Центральная зоны. Переход от Зимбабвийского кратона к поясу постепенный и определяется увеличением степени метаморфизма.

В строении Северной зоны участвуют в основном образования кратона, переработанные процессами высокотемпературного метаморфизма. Это метаморфизованные в гранулитовой фации вулканиты и метаосадочные породы с телами основных и ультраосновных интрузий, которые, вероятно, являются продолжением Себаквайского зеленокаменного пояса. В настоящее время они представлены реликтами этих поясов в виде линз и прослоев железистых кварцитов, известково-силикатных, мафитовых и ультрамафитовых гранулитов, залегающих среди кварц-полевошпатовых гранулитовых гнейсов. Для южной границы Северной краевой зоны характерно уменьшение метаморфизма до амфиболитовой фации, а трассируется она сдвиговой зоной Тули-Саби.

Центральную зону отличает наличие фундамента и чехла. Фундамент слагают древние парагнейсы, сопоставимые по возрасту с гранитогнейсами фундамента кратона. Чехол представлен метаморфизованными морскими образованиями системы Бейтбридж — это гнейсы, мраморы и кварциты с подчиненными интрузиями анортозитов, серпентинитов и габбро.

Из более молодых образований в пределах пояса Лимпопо развиты пермско-триасовые осадочные отложения и перекрывающие их юрские базальты, относимые к системе Карру.

С севера и северо-запада Зимбабвийский кратон обрамлен складчатым поясом Замбези, в строении которого участвуют разобщенные и разновозрастные комплексы. Это протерозойские существенно тер-

ригенные образования систем Ломагунди и Пиривири, рифейский осадочный комплекс Макути-Рушинга, две системы вендского возраста: Тенгве — существенно карбонатного и Синджарира — терригенного состава. Очень широко распространены отложения системы Карру, представленные гравелитами, песчаниками, алевролитами и угленосными аргиллитами, перекрываемыми базальтами. Породы Карру прорваны кольцевыми интрузиями гранитов, нефелиновых сиенитов, монцонитов и габбро. С посткарруской интрузивной деятельностью связываются образования кимберлитов.

С востока к кратону примыкает протерозойский слабдеформированный карбонатно-терригенный комплекс Умкоидо, пронизанный многочисленными телами долеритовых даек и силлов.

На западе развиты континентальные кайнозойские осадки систем Калахари мощностью в несколько сотен метров, выполняющие восточную окраину синеклизы Калахари.

ТРУБКА ШИНГВИЗИ

Расположена она примерно в 30 км к северо-востоку от г. Мвенези, в Центральной зоне пояса Лимпопо, ближе к ее северной границе — линеamentу Тули-Саби (Трайангл). Размеры и форма кимберлитового тела точно не определены.

Трубка Шингвизи дважды (1993 и 1995 гг.) обследовалась одним из авторов настоящей статьи. В то время трубка была вскрыта неглубоким карьером (до 10 м), одна из стенок которого изображена на рис. 2. В поле развития кимберлитов обнажаются в неясных соотношениях с ними весьма измененные слюдястые габбро-диабазы. В их составе 45—50 % лабрадора, 35—40 % авгита, 10—12 % титаномагнетита, 5—7 % вермикулита. Состав пород нами определялся на микроанализаторе „Самебах-Микроbeam“ (ток электронного пучка 30 мА, ускоряющее напряжение 15 кВ). Чувствительность обнаружения Na_2O здесь и далее составила порядка 0,5 %. Химический состав породы (в %): 46,0—47,27 SiO_2 , 2,23—2,87 TiO_2 , 12,34—13,19 Al_2O_3 , 4,0—5,75 Fe_2O_3 , 11,25—11,85 FeO , 5,64—6,47 MgO , 6,44—7,61 CaO , 2,27—2,47 Na_2O , 1,43—1,86 K_2O и др. При этом повышенное содержание оксида калия может быть объяснено присутствием в породе вермикулита. Изученная в карьере порода представляет собой слой сильно карбонатизированного кимберлита → калькрета.

По определению Ламплафа, впервые предложившего этот термин, калькрет — это карбонатная порода, образующаяся у поверхности Земли в засушливых районах в результате испарения грунтовых вод, выносящих на поверхность карбонаты (преимущественно карбонат кальция) [5].

Породы из карьера трубки представляют собой плотные образования желвакового строения, участками ноздреватые, белого, бело-розового цвета. Калькретовая порода — сильно карбонатизированный кимберлит, в котором порой с трудом угадываются первичные текстурно-структурные особенности. Основной составной частью породы служат измененные обломки кимберлитов, многочисленные карбонатизированные ксенолиты и ксенозерна вмещающих кристаллических сланцев, габбро-сиенитов, диабазов. Последние два типа пород, кроме мелких измененных обломков, представлены мегаксенолитами, достигающими первых метров в поперечнике.

Цементом обломочного материала являются агрегаты пелитоморфного и криптозернистого кальцита с сохранившимися гнездами серпентина.

Кальцитизированные обломки кимберлита сложены псевдоморфозами карбоната и серпентина чешуйчатого и волокнистого строения по оливину, погруженными в кальцитовый агрегат. В редких случаях в измененном кимберлите встречаются трещиноватые зерна пирропа 0,5—2 мм в поперечнике с обрывками келифитовой каймы. В калькрете присутствуют также дезинтегрированные, рассыпающиеся на мелкие осколки зерна микроильменита. В серпентининовом агрегате одного из изученных шлифов сохранились реликты свежего оливина. В цементирующей кальцитовой массе отмечаются зернышки (0,01—0,1 мм) перовскита. Часто встречаются карбонатизированные ксеногенные зерна плагиоклаза, амфибола, алмадина. Мегаксенолиты вмещающих пород изменены относительно слабо.

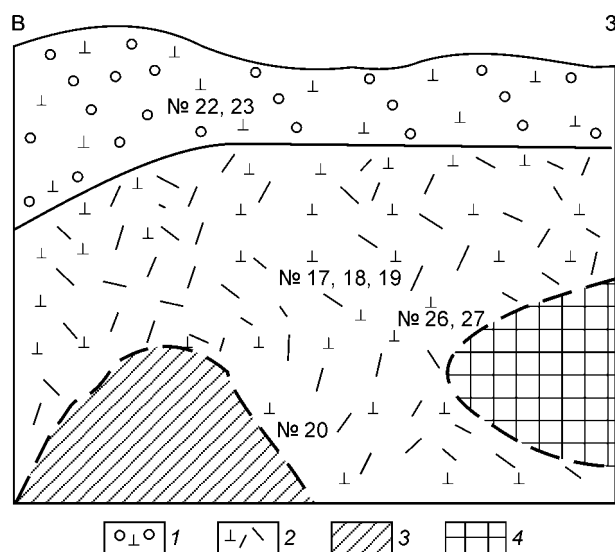


Рис. 2. Зарисовка стенки карьера на кимберлитовой тр. Шингвизи.

1 — плотная желвакового строения белесая, бело-розовая порода — калькрет; 2 — относительно рыхлый, ноздреватый калькрет, содержащий сильно разрушенный микроильменит; 3 — мегаксенолит габбро-сиенита; 4 — мегаксенолит диабаза. Цифры — номера образцов, см. табл. 1 (пояснения в тексте).

Таблица 1. Химический состав (мас. %) измененных кимберлитов и ксенолитов вмещающих пород

Оксид	R-23	R-22	R-24	R-19	R-18	R-17	R-20	R-21	R-26
SiO ₂	21,27	8,92	10,46	15,74	12,66	8,62	52,31	49,66	46,00
TiO ₂	0,22	0,83	0,45	0,66	0,78	0,87	0,94	1,08	2,87
Al ₂ O ₃	2,15	1,86	1,73	2,54	1,50	1,60	12,28	9,82	12,34
Fe ₂ O ₃	3,46	2,63	1,77	3,39	3,80	4,08	4,40	3,39	5,75
FeO	0,16	Не обн.	0,14	0,15	Не обнаружено		3,86	2,00	11,85
MnO	0,04	0,02	0,04	0,03	0,06	0,06	0,11	0,16	0,23
MgO	14,51	17,97	3,88	15,81	16,94	16,99	8,13	13,51	5,64
CaO	25,36	24,87	41,56	22,76	23,65	27,04	2,74	5,91	6,44
Na ₂ O	0,03	0,20	0,20	0,43	0,31	0,06	4,81	3,86	2,27
K ₂ O	0,18	0,18	0,42	0,50	0,25	0,18	2,00	0,69	1,86
CO ₂	24,35	37,73	36,00	33,37	34,96	35,85	Не обнаружено		
H ₂ O ⁺	6,06	2,12	2,37	2,35	2,15	2,25	5,00	4,96	1,10
H ₂ O ⁻	2,08	2,16	0,82	2,08	2,80	1,75	3,25	4,60	0,51
Сумма	99,87	99,51	99,84	99,81	99,86	99,35	99,83	99,64	96,86

Примечание. Обр. R-17, 18, 19, 22, 23, 24 — калькредовый кимберлит, R-20, 21, 26 — мегаксенолиты габбросиенитов и диабазов.

В табл. 1 приведен химический состав калькредового кимберлита и мегаксенолитов изверженных пород. В обр. R-23 из самой верхней части разреза карьера, кроме преобладающего кальцита, отмечается значительная примесь серпентина. Содержание последнего снижается на более глубоких горизонтах калькредитизированного кимберлита, где количество кальцита достигает 80 % и более объема породы. В составе большинства проб, кроме кальцита, присутствует доломит. Несмотря на сплошную кальцитизацию кимберлита, мегаксенолиты габбро-сиенитов и диабазов (ан. R-20, R-21, R-26) карбонатизированы слабо.

Индикаторные минералы кимберлитов (ИМК). Из верхнего горизонта калькредового кимберлита тр. Шингвизи были отобраны пробы рыхлой породы, из которых извлечены зерна пиропы, пикроильменита, хромдиоксида и хромшпинелида для электронно-зондового анализа, но предварительно они были изучены под бинокулярном.

Пироп. Его зерна размером от 0,5 до 2 мм большей частью представлены осколками, встречаются также обломки овальных зерен с реликтами первичной магматической поверхности в виде гребенчато-волнистых тонкоматированных скульптур. Ряд зерен сохраняют фрагменты келифитовых кайм: у фиолетово-красных и малиновых они (0,1—0,3 мм) окрашены в бурый и светло-белесый цвета, у оранжевых (2 мм) — в грязно-зеленый. Строение кайм малиновых и фиолетово-красных пиропов тонкоагрегатное землистое, оранжевых — радиально-лучистое. В одном зерне фиолетового цвета содержится мелкое включение хромшпинелида.

Состав десяти проанализированных зерен пиропы приведен в табл. 2 и показан на рис. 3, а (здесь и далее диаграммы по Н.В. Соболеву [6, 8]). Шесть из них принадлежат к субкальциевой (CaO = 0,49—2,99 %), умеренно-хромистой (Cr₂O₃ = 5,17—6,50 %), низкожелезистой (FeO = 5,21—6,24 %) и низкотитанистой (TiO₂ = 0,01—0,17 %) разновидностям. Повышенное содержание TiO₂ (0,69 %) отмечено в

Таблица 2. Химический состав (мас. %) пиропов из кимберлитов тр. Шингвизи

Оксид	Номер образца									
	28	29	36	38	43	44	47	49	50	51
SiO ₂	42,07	42,36	41,94	42,37	42,04	42,01	42,53	41,77	42,41	42,06
TiO ₂	0,04	0,01	0,11	0,01	0,11	0,16	0,06	0,17	0,00	0,69
Al ₂ O ₃	19,42	19,36	20,86	19,66	19,48	20,39	19,59	20,32	20,34	21,01
Cr ₂ O ₃	6,32	5,8	4,19	6,50	6,03	5,01	5,96	4,63	5,17	2,78
FeO	6,23	6,20	5,42	6,10	6,24	5,21	5,69	5,64	6,16	6,97
MgO	24,62	24,20	22,37	24,49	22,69	23,23	22,92	22,30	24,60	21,17
MnO	0,20	0,33	0,38	0,27	0,32	0,29	0,33	0,22	0,35	0,22
CaO	0,49	0,69	3,88	0,54	2,99	3,33	2,86	4,15	0,55	4,97
Сумма	99,39	99,07	99,15	99,96	99,90	99,63	99,94	99,20	99,58	99,87

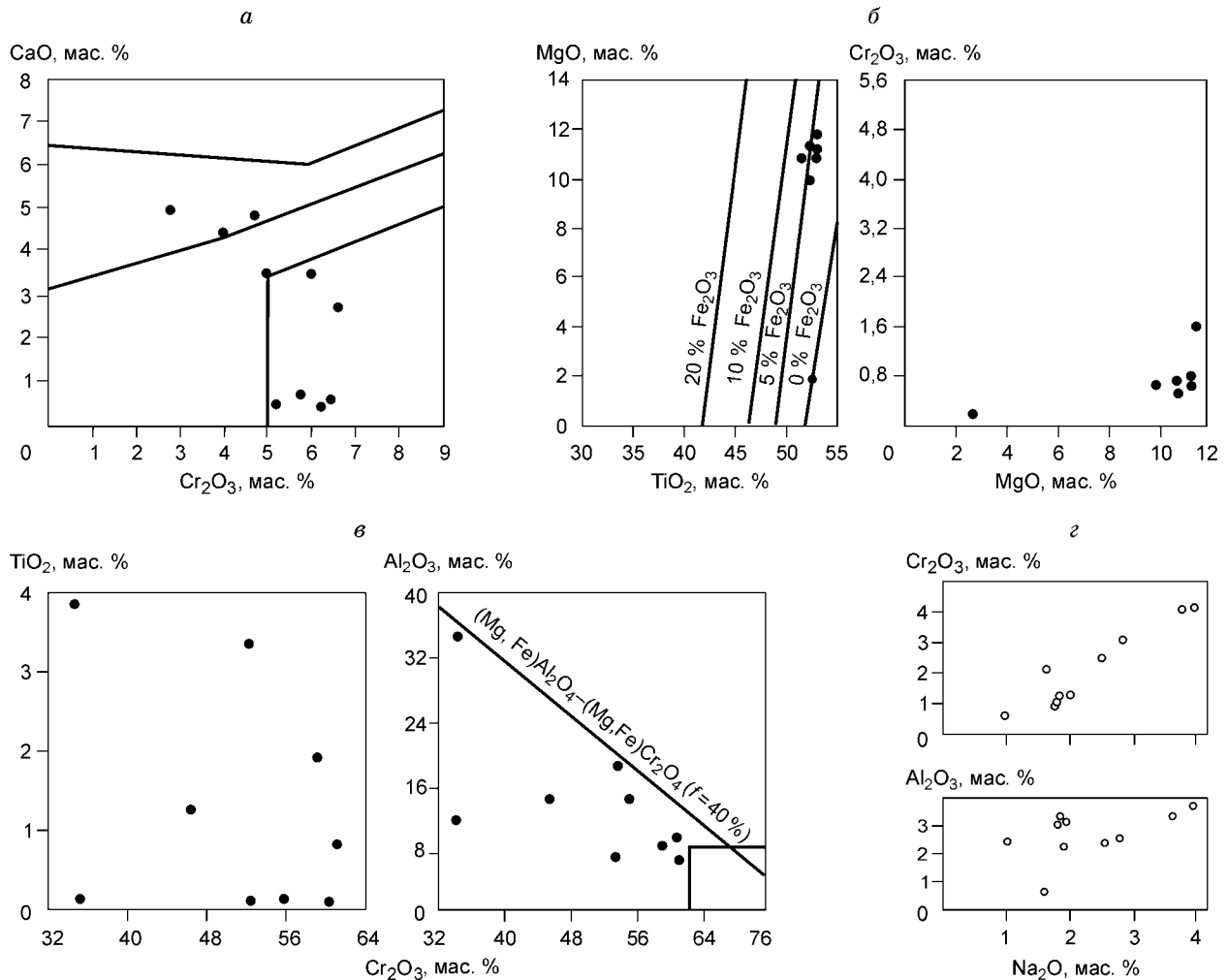


Рис. 3. Состав кимберлитов тр. Шингвизи:

a — пироп, *б* — пикроильменита, *в* — хромшпинелида, *г* — клинопироксена.

низкохромистом пиропе оранжевого цвета. Необычно высокая доля пиропов алмазной ассоциации и приуроченность их точек состава к низкохромистой части диаграммы (см. рис. 3, *a*) отличает их от пиропов алмазной ассоциации из концентрата кимберлитов тр. Мир и большинства других трубок мира [9].

Пикроильменит. Среди его зерен преобладают обломки с реликтами тонкоматированной первичной поверхности, большинство имеют зернистое строение. Зерна заключены в тонкую прерывистую пленку желто-бежевого цвета, представленную анатазом, в одном из них присутствует включение оранжевого пироп, в другом — серпентинизированного пироксена(?). Химический состав семи зерен пикроильменита приведен в табл. 3, а содержания MgO, TiO₂ и Cr₂O₃ нанесены на диаграммы (см. рис. 3, *б*). Проанализированные зерна пикроильменита имеет близкий состав по всем основным оксидам, только одно зерно

Таблица 3. Химический состав (мас. %) пикроильменита из кимберлитов тр. Шингвизи

Оксид	Номер образца						
	1	2	3	4	5	6	7
TiO ₂	53,83	52,90	53,82	52,51	53,44	52,71	53,42
Al ₂ O ₃	0,07	0,89	0,42	0,47	0,62	0,44	0,58
Cr ₂ O ₃	0,11	0,59	1,54	0,52	0,63	0,55	0,76
FeO	42,14	33,26	31,36	34,90	32,89	35,54	33,14
MgO	2,66	10,94	12,03	10,91	11,75	10,15	11,45
MnO	0,60	0,16	0,24	0,20	0,26	0,27	0,17
Сумма	99,41	98,74	99,41	99,51	99,59	99,66	99,52

Таблица 4.

Химический состав (мас. %) хромшпинелидов из кимберлитов тр. Шингвизи

Оксид	Номер образца								
	18	19	20	21	23	24	25	26	27
TiO ₂	1,28	0,09	3,47	0,01	2,02	0,05	0,11	3,92	0,84
Al ₂ O ₃	14,17	34,60	7,37	9,66	8,22	18,84	14,83	9,89	7,69
Cr ₂ O ₃	46,04	34,88	53,32	61,69	60,37	52,27	55,92	32,58	61,44
FeO	27,63	11,14	23,13	15,09	16,38	14,90	14,58	42,75	17,91
MgO	9,30	18,86	11,66	12,65	11,84	13,27	13,91	7,64	11,56
MnO	0,41	0,10	0,26	0,36	0,28	0,16	0,32	0,21	0,33
Сумма	98,83	99,67	99,21	99,46	99,11	99,49	99,67	96,99	99,77

отличается низким содержанием MgO (2,66 %), а другое — повышенным Cr₂O₃ (1,54 %). Пикроильмениты тр. Шингвизи по сравнению с таковыми из концентрата кимберлитов тр. Мир имеют более высокое содержание MgO и низкую окисленность железа. Точки состава всех зерен пикроильменита располагаются в интервале 5—10 % Fe₂O₃, тогда как точки состава парамагнитного пикроильменита из тр. Мир концентрируются в интервале 10—20 % Fe₂O₃, а содержание Fe₂O₃ в ферримагнитном пикроильмените этой трубки превышает 20 %. Точки состава подавляющего большинства зерен пикроильменита из кимберлитов Далдыно-Алакитского района располагаются в интервале 10—20 % Fe₂O₃ [9].

Интересно отметить, что пикроильменит из кимберлитов тр. Шингвизи по составу близок к этому минералу, образующему включения в алмазе, и отличается лишь более высоким содержанием Fe₂O₃ и Cr₂O₃.

Из приведенных данных следует, что пикроильменит тр. Шингвизи сформировался в условиях низкого окислительного потенциала, а это, по мнению авторов работы [10], является благоприятным фактором сохранности алмазов в мантийных условиях.

Хромшпинелид представлен целыми кристаллами как октаэдрического габитуса, обычно осложненными вицинальными поверхностями, так и комбинационными формами. Поверхность кристаллов тонкошероховатая, матированная, размер зерен 0,8—1 мм. Химический состав девяти зерен хромшпинелида приведен в табл. 4, а содержание оксидов Cr₂O₃, Al₂O₃ и TiO₂ показано на рис. 3, в. Большинство проанализированных зерен этого минерала принадлежат к относительно высокохромистой разновидности (Cr₂O₃ = 52,27—61,60 %), хотя особо высокохромистых зерен алмазной ассоциации не обнаружено. Максимальное содержание TiO₂ достигает 3,92 %.

Клинопироксен имеет форму обломков расколотых овализованных зерен и их осколков размером 0,5—1,5 мм. Цвет минерала изумрудно-зеленый. В табл. 5 приведен состав 10 зерен хромистого клинопироксена, из которых 9 по составу отвечают хромдиопсиду, типичному для кимберлитов, одно соответствует хромсодержащему диопсиду некоторых разновидностей мантийных лерцолитов (см. рис. 3, г).

Сравнительная характеристика основных ИМК тр. Шингвизи (Зимбабве) и алмазоносных тр. Мир и Интернациональная (Якутия) показывает, что, несмотря на ограниченное число анализов минералов из тр. Шингвизи, по большинству признаков они соответствуют или близки к аналогичным минералам

Таблица 5.

Химический состав (мас.%) клинопироксенов из кимберлитов тр. Шингвизи

Оксид	Номер образца									
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
SiO ₂	55,47	55,28	55,08	54,90	54,30	54,93	54,29	54,48	55,01	54,23
TiO ₂	0,12	0,30	0,13	0,33	0,40	0,39	0,42	0,37	0,22	0,26
Al ₂ O ₃	3,64	2,50	3,38	3,04	3,14	2,29	3,41	2,11	0,58	2,42
Cr ₂ O ₃	4,13	3,08	4,11	1,12	1,08	2,86	1,06	1,32	2,17	0,68
FeO	1,95	1,85	2,28	1,92	2,06	2,02	2,14	4,03	2,29	1,25
MgO	14,15	15,88	14,78	15,57	15,42	15,98	15,31	16,12	15,90	16,91
MnO	0,05	0,08	0,15	0,04	0,02	0,10	0,06	0,11	0,00	0,01
CaO	16,42	17,92	16,35	21,22	21,49	18,77	21,49	18,60	22,19	22,90
Na ₂ O	3,96	2,80	3,63	1,78	1,83	2,55	1,79	1,88	1,56	0,99
K ₂ O	0,01	0,00	0,01	0,03	0,01	0,00	0,00	0,03	0,03	0,00
Сумма	99,90	99,69	99,90	99,95	99,75	99,89	99,97	99,05	99,95	99,65

Таблица 6. Химический состав (мас. %) гранатов эклогитового парагенезиса из кимберлитов тр. QK1

Оксид	Номер образца																															
	1	2	3	4	5	6	7	9	10	11	15	16	17	18	19	20	24	25	32													
SiO ₂	41,2	41,7	41,3	41,7	41,6	41,7	41,1	41,58	41,5	41,6	41,5	41,3	41,3	41,7	41,1	41,2	41,4	40,4	41,5													
TiO ₂	0,53	0,53	1,19	0,63	0,41	0,44	0,48	0,33	0,35	0,58	0,35	0,30	0,82	0,76	1,01	0,34	1,43	0,15	1,41													
Al ₂ O ₃	22,7	22,8	22,1	22,4	22,8	22,6	22,6	23,0	22,7	22,4	22,4	22,9	22,5	22,9	22,3	22,7	22,3	22,4	22,3													
Cr ₂ O ₃	0,04	0,04	0,05	0,09	0,05	0,39	0,06	0,05	0,05	0,06	0,06	0,04	0,00	0,15	0,20	0,09	0,03	0,06	0,00													
FeO	13,7	13,4	13,1	13,3	14,3	13,4	14,04	14,5	14,3	13,3	14,8	14,7	13,9	12,7	13,4	14,4	13,3	19,0	12,9													
MgO	17,2	17,8	18,7	17,8	17,0	17,3	17,3	16,8	17,1	17,4	16,4	16,7	17,1	19,4	17,5	16,5	19,3	12,9	19,4													
CaO	4,52	4,59	3,78	4,79	4,45	4,70	4,67	4,58	4,62	4,93	4,51	4,54	4,76	2,90	4,94	4,50	3,00	5,39	2,88													
Na ₂ O	0,10	0,07	0,06	0,07	0,06	0,06	0,06	0,04	0,05	0,09	0,06	0,06	0,07	0,05	0,06	0,09	0,07	0,06	0,07													
Сумма	100,0	100,9	100,3	100,9	100,7	100,6	100,4	100,8	100,7	100,4	100,0	100,5	100,5	100,7	100,5	99,9	100,9	100,43	100,5													

Примечание. Содержание MnO не определялось.

алмазонасных кимберлитов Якутии. Однако по ряду характеристик ИМК тр. Шингвизи индивидуальны. Это касается, прежде всего, граната—пиропа и пикроильменита. Среди проанализированных пиропов преобладают субкальциевые гранаты алмазной ассоциации с пониженным содержанием Cr₂O₃. Пиропы алмазной ассоциации подобного состава в якутских кимберлитах редки. Пикроильменит из кимберлитов тр. Шингвизи принадлежит к малоокисленной разновидности, характеризующейся повышенным содержанием и узкими пределами колебания MgO.

КИМБЕРЛИТОВЫЕ ТРУБКИ В РАЙОНЕ ОЗЕРА КАРИБ

В июне 1992 г. австралийской компанией Reunion Mining в районе оз. Кариб были обнаружены две кимберлитовые трубки: QK1 площадью 5 га и QK2 — около 11 га. Они фигурируют под общим названием Квест. Трубки расположены в 300 км на запад от г. Хараре на границе между северным краем Зимбабвийского кратона и средней частью бассейна р. Замбези на расстоянии 1,5 км друг от друга. В районе их расположения была выявлена шихо-минералогическая аномалия, где кроме минералов-спутников были обнаружены алмазы, в том числе ювелирного качества. Магнитной съемкой на территории распространения кимберлитовых минералов выявлены несколько аномалий, заверка двух из них привела к открытию кимберлитовых трубок. Кимберлит обеих трубок принадлежит к I группе, по классификации [11]. По составу они почти идентичны (в тр. QK2 содержится больше индикаторных минералов). Кроме двух заверенных магнитных аномалий, здесь известны еще более десяти других, однако сведения об их природе нам неизвестны.

Кимберлиты трубок QK1 и QK2 содержат микроалмазы, хотя в четвертичных отложениях района обнаружены макроалмазы. Анализ многочисленных зерен граната из кимберлитов названных трубок показал, что в ультраосновной группе минерала высокохромистые субкальциевые разновидности (G10) исключительно редки (встречено всего лишь одно зерно), кроме того, установлено повышенное количество зерен пироп-альмандинов, в том числе натрийсодержащих (Na₂O > 0,09 %). Как известно, еще в начале 70-х годов Н.В. Соболевым [6—8] было доказано, что гранат из алмазонасных эклогитов и пироп-альмандиновая разновидность этого минерала, включенного в алмазах, содержат примесь Na₂O, превышающую 0,09 %. В итоге изучения состава пироп-альмандиновых гранатов из кимберлитов трубок Квест было установлено: в тр. QK1 20 % этого минерала алмазной ассоциации, а в тр. QK2 — 40 % (табл. 6, 7). Источником этих гранатов в названных трубках, несомненно, являются дезинтегрированные алмазонасные эклогиты верхней мантии, вынесенные на поверхность кимберлитовой магмой.

По имеющимся сведениям, это первый случай обнаружения алмазонасных кимберлитов, где основным индикатором алмазонасности является натрийсодержащая разновидность гранатов эклогитового парагенезиса. Даже в тр. Премьер (ЮАР) и Орапа (Ботсвана), где среди включений в алмазах резко доминирует эклогитовый парагенезис граната, в кимберлитовом концентрате преобладают гранаты ультраосновных пород, а содержание гранатов

Таблица 7. Химический состав (мас. %) гранатов эклогитового парагенезиса из кимберлитов тр. QK2

Оксид	Номер образца																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	19	
SiO ₂	41,6	41,6	41,9	41,8	41,9	41,6	41,7	42,1	41,8	41,7	41,5	41,7	41,9	42,0	42,1	41,7	41,9	41,6	
TiO ₂	0,55	0,57	0,71	0,60	0,44	0,37	0,57	0,80	0,53	0,63	0,23	0,30	0,42	0,35	0,51	0,50	0,30	0,36	
Al ₂ O ₃	22,6	22,8	22,5	22,8	22,82	22,8	22,7	22,8	22,7	22,7	22,7	22,9	22,9	23,1	23,2	22,8	23,1	22,9	
Cr ₂ O ₃	0,06	0,00	0,00	0,04	0,00	0,05	0,00	0,05	0,09	0,00	0,06	0,00	0,08	0,08	0,05	0,05	0,29	0,06	
FeO	13,5	13,4	13,5	13,3	14,2	14,2	13,1	12,6	13,1	13,5	14,60	13,6	13,3	14,3	11,4	12,1	14,1	14,7	
MgO	17,4	17,7	17,1	17,7	17,3	17,1	17,6	18,3	17,8	17,7	16,7	17,1	17,7	17,0	18,9	17,7	17,2	16,9	
MnO	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
CaO	4,60	4,61	4,77	4,71	4,51	4,51	4,75	4,61	4,57	4,68	4,64	4,62	4,71	4,57	4,70	4,77	4,71	4,57	
Na ₂ O	0,07	0,07	0,06	0,07	0,06	0,06	0,00	0,06	0,06	0,07	0,06	0,06	0,06	0,04	0,08	0,07	0,05	0,05	
Сумма	100,4	100,8	100,6	101,1	101,1	100,8	100,4	101,3	100,7	101,1	100,6	100,3	101,1	101,4	100,9	99,8	101,7	101,2	

Оксид	20	21	22	23	24	25	26	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
SiO ₂	42,0	41,8	42,1	41,5	41,9	42,1	42,1	41,9	41,7	41,9	41,81	41,9	41,7	41,1	41,7	41,2	42,0
TiO ₂	0,54	0,60	0,06	0,97	0,49	0,70	0,74	0,81	0,63	0,63	0,37	0,63	0,38	0,68	0,86	0,90	0,7
Al ₂ O ₃	22,9	22,9	22,9	22,5	23,4	22,6	22,8	22,4	22,8	22,9	23,1	22,8	23,1	22,7	22,4	22,4	22,8
Cr ₂ O ₃	0,07	0,41	0,05	0,06	0,00	0,13	0,59	0,69	0,05	0,00	0,06	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
FeO	14,9	13,2	13,4	13,7	13,8	12,8	11,5	11,9	13,6	13,7	14,3	13,3	14,5	12,5	13,2	13,5	12,4
MgO	17,5	18,0	17,9	17,7	17,7	18,1	19,2	18,9	17,7	18,1	17,2	17,8	17,2	18,7	17,5	17,9	18,0
MnO	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,34	0,44	0,36	0,36
CaO	4,65	4,63	4,71	5,34	4,84	4,80	4,88	4,94	4,68	4,75	4,80	4,63	4,55	4,55	4,94	4,86	4,52
Na ₂ O	0,06	0,06	0,07	0,04	0,06	0,07	0,07	0,08	0,07	0,06	0,05	0,50	0,06	0,06	0,12	0,08	0,08
Сумма	101,7	101,3	101,8	101,9	102,1	101,2	101,8	101,6	101,2	102,0	101,7	101,1	101,6	100,7	101,2	101,2	101,0

Примечание Прочерк — содержание не определялось.

группы G10 составляет первые проценты [9]. Несмотря на высокие концентрации пироп-альмандиновых гранатов алмазной ассоциации в трубках QK1и QK2 (20 и 40 % соответственно), они являются убогоалмазонасными, так как в них установлены лишь микроалмазы.

Обнаружив высокие концентрации гранатов пироп-альмандинового состава алмазной ассоциации в трубках, геологи компании Reunion Mining при поисках новых алмазонасных кимберлитов в районе оз. Кариб стали ориентироваться на гранаты алмазной ассоциации эклогитового парагенезиса.

ТРУБКА РИВЕР РАНЧ

Трубка Ривер Ранч у границы с ЮАР является единственным разрабатываемым в настоящее время месторождением коренных алмазов в Зимбабве. С поверхности кимберлитовое тело прикрыто гранитогнейсовой дресвой или маломощной (до нескольких метров) покрывкой коренных гранитогнейсов. Форма тела серповидная, размеры его около 500 × 100 м, площадь — 4,2 га.

Есть сведения о базитовой дайке, секущей кимберлит. Это измененный диабаз с содержанием (%): 44,55 SiO₂, 15,80 Al₂O₃, 8,34 Fe₂O₃, 3,76 FeO, 6,47 MgO, 1,65 Na₂O, 2,35 K₂O. По данным анализов устанавливается привнос K, Rb, Ca, P, Fe, Mn на фоне выноса Ni, Zn, Cr и др.

Для этой трубки М.Г. Копыловой и др. [12] изучены включения в алмазах. Доминирующими являются включения минералов ультраосновного парагенезиса (99,7 %) — оливина, ортопироксена, хромита, пироба, сульфидов с повышенным содержанием Ni. Эклогитовый парагенезис представлен оранжевым гранатом. Также найдены включения магнезиовюстита, пирротина, пентландита, амфибола, перовскита, гидроксидов железа и серпентина. Кроме того, обнаружен минерал, содержащий много тория и редких земель. Он радиоактивен, содержит до 9 % Cr₂O₃ (Cr-Sr-лопарит, Cr-чевкинит). Вокруг включений этих минералов в алмазе образуется галло синевато-зеленоватого цвета, возникшее под воздействием радиоактивного облучения. М.Г. Копылова считает эти минералы вторичными, сформировавшимися по какому-то первичному минералу (возможно, хромиту). К сожалению, сведения о геологическом строении трубки и вещественном составе кимберлитов отсутствуют.

Качество алмазов в трубке высокое. В процессе пробной эксплуатации было найдено несколько крупных ювелирных камней (более 15 кар). Компания Reunion Mining объявила, что присутствие крупных алмазов (до 75 кар.) высочайшего качества (почти чистой воды) является доказательством перспективности тр. Ривер Ранч.

Кимберлитовая тр. Ривер Ранч была открыта компанией Де Бирс еще в 70-х годах, однако впоследствии, не достигнув договоренности с правительством Зимбабве относительно сбыта продукции, компания потеряла право на разработку. Разведанные запасы руды в трубке составляют 17,5 млн т (до глубины 150 м).

Разработка месторождения Ривер Ранч началась в 1992 г. За три месяца (до конца 1992 г.) было добыто алмазов 10 481 кар., 10 тыс. кар. были сразу проданы в Антверпене, что принесло компании Reunion Mining 1,5 млн австралийских дол., т. е. цена алмазов составила 150 дол. за карат.

Алмазный рудник на тр. Ривер Ранч официально открыт в ноябре 1995 г. В то время его годовая производительность составляла 150 тыс. кар. в год, в 1996 г. — 437,3 тыс. кар., в 1997 г. — 421,3 тыс. кар. Проектная производительность должна составить 500 тыс. кар. в год.

ВЫВОДЫ

Каждая из описанных в настоящей статье трубок представляет определенный поисковый интерес. Изложенные в ней результаты могут быть использованы для совершенствования методики поисков алмазных месторождений как в пределах африканского континента, так и любого другого алмазоносного региона.

1. Кимберлиты тр. Шингвизи необычны тем, что их верхние горизонты представлены существенно карбонатной породой — калькретом. Это фактически первое описание калькретового кимберлита, который по текстурно-структурным особенностям и вещественному составу отличается от выветрелых кимберлитов верхних горизонтов трубок африканского континента и настоящей коры выветривания якутских кимберлитов [9]. Сохранность индикаторных минералов в калькретовом кимберлите, в том числе неустойчивых в условиях гипергенеза хромдиопсида и отчасти пиропы, свидетельствует о возможности использования при поисках подобных трубок шлихоминералогического метода. Химический состав породы (содержание около 90 % карбонатного материала) следует учитывать при диагностике столь необычного калькретизированного кимберлита. Состав ИМК тр. Шингвизи также характеризуется определенными индивидуальными чертами, которые могут оцениваться как признак повышенной алмазоносности данных кимберлитов.

2. Оригинальность кимберлитовых трубок Квест заключается в том, что это практически первые находки кимберлитов, содержащих алмазы (хотя и мелкие), где концентрация пиропов алмазной ассоциации ультраосновного парагенезиса ничтожно мала, а количество натрийсодержащего пироп-альмандин алмазоносного эцлогитового парагенезиса составляет десятки относительных процентов. При оценке потенциальной алмазоносности подобных кимберлитовых трубок необходимо ориентироваться на натрийсодержащие пироп-альмандиновые гранаты.

3. Кимберлитовая тр. Ривер Ранч располагается не в пределах классической геоструктурной позиции, по Клиффорду [1] — в центре архейского кратона, а в мобильном поясе Лимпопо. Отрывочные сведения о вещественном составе кимберлитов тр. Ривер Ранч показывают, что если алмазоносные кимберлиты располагаются в пределах подвижных поясов, то они характеризуются специфическими особенностями минерального состава [9]. Например, в кимберлитах описываемой трубки отмечается очень низкое содержание пикроильменита. Это же характерно для пород рядом расположенных трубок Венеция, также приуроченных к подвижному поясу Лимпопо. В них не только низки концентрации пикроильменита, но и других ИМК (пиропы, хромшпинелида и др.).

ЛИТЕРАТУРА

1. **Clifford T.N.** A structure framework of Africa // African magmatism and tectonics. Edinburgh, Oliverand Boyd, 1970, p. 1—26.
2. **Cambell S.D.G., Oesterlen P.M., Blenkinsop T.G. et al.** A provisional 1:2 500 000 scale tectonic map and the tectonic evolution of Zimbabwe // Annals Zimbabwe Geol. Surv. Depart. / S.M.N. Ncube(Edit). 1992, v. XVI, p. 31—50.
3. **Крей Р.М., Кренер А.** Южная Африка // Тектоника континентов и океанов: Объясн. зап. к Междунар. тектонич. карте мира, м-б 1:15 000 000 / Под. ред. В.Е. Хаина, Ю.Г. Леонова. М., Наука, 1988, с. 122—128.
4. **Хаин В.Е., Божко Н.А.** Историческая геотектоника. Докембрий. М., Недра, 1988, 383 с.
5. **Геологический словарь.** Т. 1. М., Недра, 1973, 486 с.
6. **Соболев Н.В.** О минералогических критериях алмазоносности кимберлитов // Геология и геофизика, 1971, № 3, с. 70—80.

7. **Соболев Н.В.** Глубинные включения в кимберлитах и проблема состава верхней мантии. Новосибирск, Наука, 1974, 264 с.
8. **Sobolev N.V., Lavrentyev Yu.G.** Isomorphic sodium admixture in garnets formed at high pressures // Contr. Miner. Petrol., 1971, v. 31, p. 1—12.
9. **Харькив А.Д., Зинчук Н.Н., Крючков А.И.** Коренные месторождения алмазов мира. М., Недра, 1998, 555 с.
10. **Герни Дж.Дж., Мур Р.О.** Геохимическая корреляция между минералами кимберлитов и алмазами кратона Калахари // Геология и геофизика, 1994, т. 35, № 2, с. 12—24.
11. **Skinner E.M. and Clement C.R.** Mineralogical classification of southern African kimberlites // Kimberlites, diatremes and diamonds: their geology, petrology and geochemistry. Washington, Amer. Geophys. Union, 1979, p. 129—139.
12. **Копылова М.Г., Рикард Р.С., Клейнстюбер А. и др.** Первая находка стронциевого К-Ст-лопарита и Ст-чевкинита в алмазах // Геология и геофизика, 1997, т. 38, № 2, с. 382—398.

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

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