



СЕРПЕНТИН-КАРБОНАТНАЯ АССОЦИАЦИЯ ОСНОВНОЙ МАССЫ КИМБЕРЛИТОВ ЯКУТИИ

Изучено соотношение компонентов серпентин-карбонатной ассоциации в основной массе кимберлитов трубок Интернациональная, Мир, Нюрбинская, Юбилейная, Айхал, Зарница, Удачная и кимберлитового тела Сьюльдюкарское с помощью рентгенографического, термогравиметрического и ИК-спектрометрического методов с количественным и полуколичественным подсчётом содержаний минералов. Выполнен анализ шлифов, химический состав определён атомно-эмиссионным (ИСП-АЭС) методом. Установлена устойчивая тенденция к существенному преобладанию серпентина над карбонатами за счёт его рентгеноаморфной фазы. Средние содержания карбонатов изменяются от 10 до 37 %, серпентина (включая рентгеноаморфную фазу) – от 21 до 80 %, рентгеноаморфного серпентина – от 16 до 72 %. Предполагается, что присутствие рентгеноаморфного серпентина обусловлено слабой степенью раскристаллизации коллоидной фазы, сформированной аморфными продуктами разложения оливина при низком давлении. Содержание карбонатов, вероятно, определяется количеством воды и углекислоты, участвующих во вторичных преобразованиях кимберлитов на заключительной стадии, а также уровнем их многоэтапности.

Ключевые слова: основная масса, кимберлиты, серпентин, карбонаты, рентгеноаморфная фаза, мезостазис, интерсертальный серпентин, вторичные преобразования, постмагматические преобразования.

Частью комплексного петролого-геохимического исследования кимберлитовых пород Якутии является изучение минерального состава основной массы кимберлитов. Полученные данные представляют интерес при определении типа породы по петрографической классификации кимберлитов, в которой учитываются структурные и минералогические особенности основной массы [2, 3]. Кроме того, степень вторичных преобразований породы под действием основных процессов – серпентинизации и карбонатизации – служит одним из признаков, используемых при выделении геолого-генетического типа коренных месторождений [14]. Соотношение силикатной и карбонатной составляющих может влиять на технологические свойства кимберлитов при обогащении [4]. Также обнаружение в обломках найденных пород ассоциации карбонатов и серпентина [12] может быть дополнительным признаком кимберлитов при поисках.

Основная масса кимберлитов (связующая масса, цемент, базис) – мелкозернистая однородная субстанция, заполняющая пространство между вкрапленниками разных размеров. Принято, что максимальный размер представляющих её минералов должен быть не более 1 мм [19]. Существуют разные представления о составе и образовании основной массы кимберлитов. По наиболее распространённой точке зрения основная масса кимберлитов сложена микролитами оливина, пироксена, флогопита, шпинели, перовскита, ильменита и апатита, изменёнными процессами сер-

Лисковая Людмила Валентиновна

кандидат геолого-минералогических наук
старший научный сотрудник
LiskovayaLV@alrosa.ru

Старкова Татьяна Семёновна

заместитель заведующего отделом
StarkovaTS@alrosa.ru

Аминов Алексей Вячеславович

младший научный сотрудник
AminovAV@alrosa.ru

Монхоров Ричард Владимирович

инженер-геолог 1-й категории
MonhorovRV@alrosa.ru

Научно-исследовательское
геологоразведочное предприятие
АК «АЛРОСА» (ПАО),
г. Мирный

пентинизации и карбонатизации вплоть до полного замещения [1, 2, 5, 8, 10]. Одни исследователи полагают, что в кимберлитовых породах, сохранивших реликтовое строение, цементирующая масса представлена субмикроскопическим серпентином, пелитоморфным карбонатом, стекловидным веществом [2]. Другие считают, что в основной массе кимберлитов присутствует мезостазис – первоначально расплавленный и затем раскристаллизованный в условиях земной коры мантийный материал карбонат-серпентинового состава с микролитами новообразованных оливина, флогопита и рудных минералов [16, 18]. Все эти представления об основной массе кимберлитов до настоящего времени остаются дискуссионными.

При изучении минерального состава основной массы кимберлитов Якутии до 2010 г. применялся преимущественно рентгенографический метод. Известно, что он имеет ограничения в оценке содержания минералов, поскольку их сумма нормируется к 100 %. Кроме того, довольно часто наблюдалось расхождение данных минерального и химического составов при пересчёте на компоненты по SiO_2 , MgO и CaO , что указывает на значимую неточность в оценке содержания минералов рентгенографическим методом. С развитием приборной базы и методов анализа кимберлитов появилась необходимость актуализации данных. Цель выполненной работы – комплексное изучение минерального состава основной массы кимберлитов Якутии для получения объективных сведений о соотношении серпентина и карбонатов. Последние могут учитываться при типизации кимберлитов, их переработке и поисках.

Анализировалась основная масса кимберлитов из трубок Интернациональная, Мир, Нюрбинская, Юбилейная, Айхал, Зарница, Удачная и кимберлитового тела Слюдякарское (отобрана с помощью бинокля). При этом использовались приборы: дифрактометр ARL X`TRA, Thermo Scientific (Швейцария); термоаналитическое устройство DTG-60AH (Shimadzu); эмиссионный спектрометр iCAP 6300-Duo Thermo Scientific (США); ИК-Фурье спектрометр Tensor 57 (Bruker); поляризационный микроскоп Nikon Microphot-FXA (Япония); модульный микроскоп Olympus BX 51 (Япония).

Минеральный состав основной массы кимберлитов изучен рентгенографическим, термогравиметрическим и ИК-спектрометрическим методами в комплексе с количественным и полуколиче-

ственным подсчётами содержаний минералов. Химический состав определён атомно-эмиссионным (ИСП-АЭС) методом. Количественный рентгенографический анализ выполнен по методу внутреннего стандарта, в качестве которого использован корунд. Петрографически изучены и описаны шлифы по утверждённой в АК «АЛРОСА» (ПАО) классификации кимберлитов [10]. Измерения характеризуются следующими среднеквадратичными отклонениями: 6 % – интенсивность линии отражения (дифрактометр); 7 % – потеря массы (термоаналитическое устройство); 1,9 и 3,2 % – содержание Si и Ca соответственно (атомно-эмиссионный спектрометр).

По результатам полуколичественного рентгенографического анализа, полученным до 2010 г. по 17 эксплуатируемым алмазным месторождениям Западной Якутии, сложилось представление о высокой карбонатизации основной массы кимберлитов. Так, в 47 % трубок карбонаты преобладали над серпентином – их среднее содержание изменялось в диапазоне от 37 до 67 %, а серпентина – от 11 до 35 %. Эти цифры не вполне точно характеризовали состав основной массы кимберлитов, поскольку имели полуколичественный характер и нормировались к 100 %. Кроме того, отмечалась расхождение результатов рентгенографического и химического анализов при пересчёте на компоненты. Так, наблюдались избыточное содержание SiO_2 и MgO , представляющих силикаты (преимущественно серпентин), и недостаток CaO , составляющего карбонаты.

Более объективное представление о соотношении серпентина и карбонатов получено при комплексном изучении состава основной массы кимберлитов с использованием термогравиметрического и рентгенографического методов, которое позволило обнаружить тонкодисперсный рентгеноаморфный серпентин. Эта фаза не фиксируется рентгенографическим методом в связи с малым размером частиц ($< 0,01$ мкм) и остаётся учётной, но определяется термогравиметрическим методом по потере массы при выходе группы OH^- . Постоянное присутствие такого серпентина было выявлено при валовых измерениях основной массы кимберлитов Якутии (рис. 1).

Как показали измерения, содержание карбонатов в разных трубках изменяется в пределах от 10 до 37 % (см. рис. 1), что существенно ниже, чем представлялось ранее. Серпентин значительно превосходит карбонаты по содержанию, которое ва-

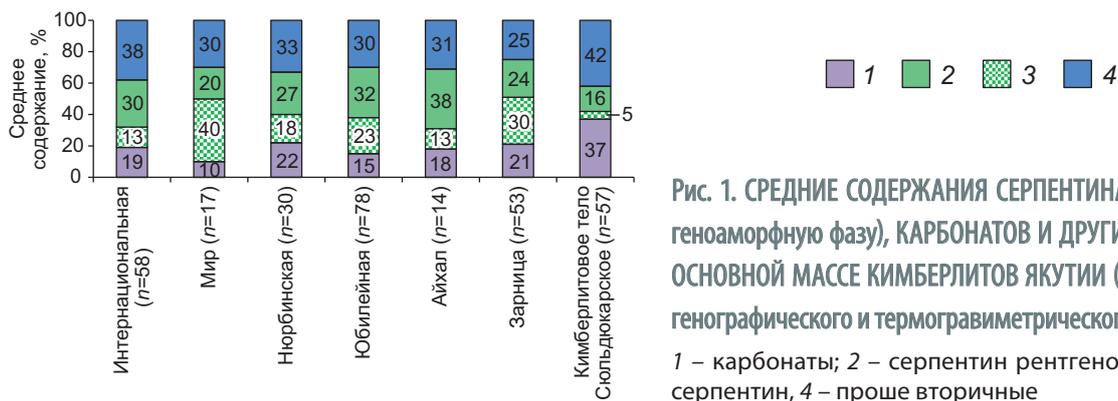


Рис. 1. СРЕДНИЕ СОДЕРЖАНИЯ СЕРПЕНТИНА (включая рентгеноаморфную фазу), КАРБОНАТОВ И ДРУГИХ МИНЕРАЛОВ В ОСНОВНОЙ МАССЕ КИМБЕРЛИТОВ ЯКУТИИ (по данным рентгенографического и термогравиметрического методов):

1 – карбонаты; 2 – серпентин рентгено-аморфный; 3 – серпентин, 4 – проше вторичные

рьюрует от 21 до 60 %, включая рентгеноаморфную фазу, количество которой изменяется от 16 до 38 %. Прочие вторичные минералы (хлорит, слюды, смектиты, тальк, ангидрит, гипс и др.) составляют 25–42 %.

Сравнение изученных объектов показывает, что кимберлитовое тело Слюдякарское отличается от остальных более высокой степенью карбонатизации и меньшим количеством серпентина, в том числе тонкодисперсного. При этом силикатная составляющая кимберлитов всё же остаётся доминирующей за счёт хлорита и сапонита, развивающихся по серпентину. Для этого тела характерно наиболее высокое содержание вторичных минералов, среди которых преобладают хлорит и смектиты. Это может быть связано с более высокой, чем в других трубках, степенью гидротермальных преобразований или их многостадийностью.

Для подтверждения наличия рентгеноаморфного серпентина проведено более детальное комплек-

сное исследование основной массы кимберлитов глубоких горизонтов трубок Юбилейная (порфиновые кимберлиты и кимберлитовые брекчии) и Удачная-Восточная (порфиновые кимберлиты) с привлечением ИК-спектроскопического, атомно-эмиссионного (ИСП-АЭС) методов и изучения шлифов.

Визуальное изучение шлифов кимберлитов тр. Юбилейная показало, что основная масса породы существенно карбонатизирована. Это видно на примере порфинового кимберлита (рис. 2, а) и автолитовой кимберлитовой брекчии (см. рис. 2, б), вскрытых скв. 438.1.2 на глубинах 1559,8 и 1537,7 м соответственно. Основная масса сложена тонкозернистым кальцитом и доломитом, а также варьирующими по количеству и соотношениям тонкодисперсным серпентином, псевдоморфозами серпентина по оливину второй генерации, флогопитом, рудным минералом. На фоне микрозернистой основной массы отмечаются псевдоморфозы оливина первой генерации, иногда крупные зёрна гранатов.

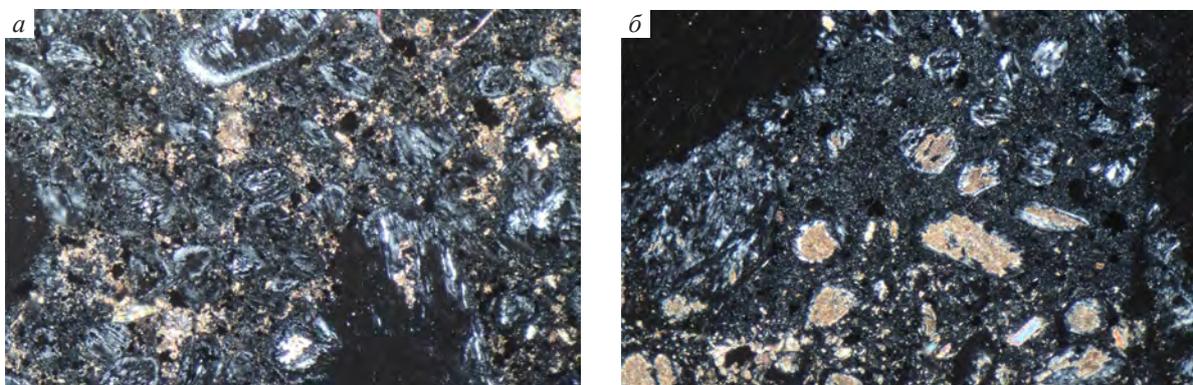


Рис. 2. ШЛИФЫ ОБРАЗЦОВ КИМБЕРЛИТОВ ТР. ЮБИЛЕЙНАЯ, ВСКРЫТЫХ СКВАЖИНОЙ 438.1.2 (ув. 40, с анализатором):

а – порфиновый кимберлит; б – автолитовая кимберлитовая брекчия

РЕЗУЛЬТАТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ СЕРПЕНТИНА И КАРБОНАТОВ, %

Трубки		Юбилейная				Удачная					
Номера скважин		438.1.1	438.1.2	438.1.2	438.1.2	514	514	514	514	507	
Глубина отбора, м		1531,1	1518,0	1537,7	1559,8	1050,0	1060,0	1080,0	1305,0	620,0	
Серпентин	Методы	Количественный рентгенографический	6	7	8	10	12	6	5	11	10
		Количественный термогравиметрический	75	65	80	77	53	52	55	59	71
		Атомно-эмиссионный ИСП-АЭС	63	63	67	72	58	56	63	56	57
	Рентгеноаморфная фаза		69	58	72	67	41	46	50	52	61
Карбонаты	Методы	Количественный рентгенографический	16	27	13	12	27	21	25	24	20
		Количественный термогравиметрический	12	18	12	7	21	13	28	28	34
		Атомно-эмиссионный ИСП-АЭС	22	25	18	11	25	29	30	36	41
		Полуколичественный ИК-спектрометрический	-	20	13	10	22	27	-	22	37
Содержание компонента (по данным химического анализа)		SiO ₂	27,62	28,13	29,41	32,08	25,70	27,40	28,00	24,50	25,30
		CaO	12,11	14,49	10,09	6,32	13,90	11,70	16,90	20,00	16,40

Порфиновый кимберлит глубоких горизонтов тр. Удачная-Восточная характеризуется как слабо изменённый. Основная масса имеет микрозернистое строение с содержанием микролитовых форм [13].

При изучении шлифов рентгеноаморфный серпентин, вероятно, трудно определить визуально, поскольку минимальный размер фиксируемых микроскопом частиц составляет 1–2 мкм при максимальном увеличении 1020. Поэтому данные визуального изучения шлифов могут не согласовываться с данными результатами измерений.

Вывод о присутствии рентгеноаморфного серпентина следует из содержаний, полученных рентгенографическим методом, – существенно заниженных по сравнению с данными термогравиметрического метода (таблица). Количество рентгеноаморфного серпентина оценивается по разности показаний этих двух методов и подтверждается атомно-эмиссионным и ИК-спектроскопическим – их данные согласуются между собой и с результатами термогравиметрического метода.

В порфиновых кимберлитах и кимберлитовых брекчиях глубоких горизонтов (1531–1560 м) тр. Юбилейная также преобладает серпентин в количестве 65–80 %, из них тонкодисперсная фаза состав-

ляет 58–72 %. Содержание карбонатов изменяется от 12 до 27 %.

В порфиновых кимберлитах глубоких горизонтов (620–1080 м) тр. Удачная-Восточная содержание серпентина составляет 52–71 %, из них 41–61 % – рентгеноаморфный. Содержание карбонатов колеблется от 20 до 37 %. Таким образом, в основной массе кимберлитов глубоких горизонтов трубок Удачная-Восточная и Юбилейная выявлено существенное преобладание серпентина над карбонатами за счёт его тонкодисперсной фазы с размером частиц < 0,01 мкм.

Существенная серпентинизация кимберлитов и более слабая степень карбонатизации, оцениваемые по содержаниям данных минералов, а также развитие рентгеноаморфной фазы серпентина укладываются в рамки условий формирования кимберлитов. Считается, что карбонат основной массы отделяется от силикатной составляющей до внедрения кимберлитов в осадочные толщи [8]. В дальнейшем в эксплозивных условиях, когда происходит интенсивный выход CO₂, образование кальцита, вероятно, ограничено или не протекает вообще. Для такого развития процесса необходимо постепенное остывание расплава, как в карбонатитах.

Последующее за этим постмагматическое изменение кимберлитов сопровождается серпентинизацией, карбонатизацией и хлоритизацией – основными процессами вторичного преобразования пород. Серпентин, образующийся по основной массе породы, отмечается в двух модификациях: интерсертальной (заполняющей промежутки между зёрнами кальцита и других минералов) и псевдоморфной (замещающей карбонаты и другие минералы основной массы) [6, 9]. Интерсертальный серпентин предполагает наличие мезостаза. По данным [15], кимберлитовый мезостазис представляет собой раскристаллизованные в условиях земной коры порции расплавленного мантийного материала, сложенного выделениями минералов второй генерации – оливина, хромшпинелида, ильменита, флогопита, монтичеллита, клинопироксена, рутила, перовскита, кальцита. Образование псевдоморфного серпентина и основной массы проходит через коллоидную фазу, сформированную аморфными продуктами разложения оливина и содержащую кремнекислородные группы [8]. Из этой фазы, вероятно, формируются микроскопические кристаллиты субизотропного серпентина и серпофита, чему способствует низкое давление. Этим могут быть обусловлены значительные содержания (до 70 %) рентгеноаморфного серпентина.

Карбонатная составляющая (кальцит, реже доломит) в кимберлитах образовалась под воздействием гидротермально-метасоматических процессов и вмещающих пород, которые являются основным источником CO_2 для формирования различных генераций кальцита [5, 7, 11]. Известны фактические данные, показывающие, что кальцит образуется позже, чем серпентин, замещая его по мере остывания породы [4, 8]. Экспериментальные данные показывают, что кальцит может формироваться по силикатным минералам при умеренном давлении в широком диапазоне температур – от 80 до 400 °C в зависимости от парциального давления CO_2 [17]. Кроме того, карбонаты в кимберлитах могут проходить многократную перекристаллизацию, так как постмагматические преобразования алмазоносных пород являются сложными и многоэтапными [4]. Выделение глубинных газов в период становления кимберлитов и их вторичные изменения носят периодический характер при изменяющихся давлении, температуре и количестве растворённого вещества в постмагматических растворах [4].

На основании выполненной работы можно заключить, что основная масса кимберлитов изученных трубок Якутии существенно серпентинизирована и в меньшей степени карбонатизирована. По степени уменьшения среднего содержания карбонатов трубки располагаются следующим образом: Слюдюкарская, Нюрбинская, Зарница, Интернациональная, Айхал, Юбилейная, Мир. Последние две по сравнению с предыдущими трубками представляются наименее карбонатизированными, возможно, из-за менее интенсивных процессов вторичных постмагматических преобразований при низких температурах. Доказанный факт существенной серпентинизации основной массы кимберлитов Якутии вписывается в механизм постмагматического преобразования породы. Рентгеноаморфный серпентин, является, скорее всего, преимущественно интерсертальным; его развитие можно объяснить слабой степенью раскристаллизации коллоидной фазы, сформированной аморфными продуктами разложения оливина при низком давлении. Последующая карбонатизация кимберлитов происходит при дальнейшем понижении температуры и давления под многоэтапным влиянием гидротермально-метасоматических процессов и терригенно-карбонатных вмещающих пород, которые служат источниками воды и CO_2 . Общее содержание образовавшихся при этом карбонатов – кальцита, доломита и пироаурита – изменяется от 10 до 37 %. Количество образовавшихся вторичных карбонатов, вероятно, зависит от количества воды и углекислоты, участвующих во вторичных преобразованиях кимберлитов, а также уровня их многоэтапности. Пример интенсивных вторичных изменений – кимберлитовое тело Слюдюкарское, где под воздействием гидротермальных процессов в основной массе породы широко распространены карбонаты, хлорит и сапонит, появившиеся на заключительной стадии постмагматических преобразований.

Таким образом, в результате комплексного изучения основной массы кимберлитов Якутии показана устойчивая тенденция к преобладанию серпентина и продуктов его изменения над карбонатами за счёт рентгеноаморфной фазы. Её содержание изменяется в пределах от 5 до 72 %. Сложившееся ранее представление о существенной карбонатизации основной массы кимберлитов Якутии не всегда соответствует действительности. Для получения точного соотношения серпентина и карбонатов в

основной массе кимберлитов необходимо комплексное изучение с применением рентгенографического и термогравиметрического методов. Факт преобладания силикатной составляющей кимберлитов над карбонатной, значительная часть кото-

рой представлена тонкодисперсной рентгеноаморфной фазой, необходимо учитывать при технологических процессах обогащения кимберлитов и анализе обломков пород в целях определения их принадлежности к алмазоносным породам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белов С. В. Минерагения платформенного магматизма (траппы, карбонатиты, кимберлиты) / С. В. Белов, А. В. Лапин, А. В. Толстов, А. А. Фролов. – Новосибирск: СО РАН, 2008. – 537 с.
2. Владимиров Б. М. Кимберлиты и кимберлитоподобные породы: Кимберлиты – ультраосновная формация древних платформ / Б. М. Владимиров, Л. В. Соловьева, А. Н. Кисилев [и др.]. – Новосибирск : Наука, Сибирское Отделение, 1990. – 184 с.
3. Геология и генезис алмазных месторождений : монография : в 2 книгах / под ред. Б. М. Зубарева. – М. : ЦНИГРИ, 1989. – 424 с.
4. Зинчук Н. Н. Вторичные минералы кимберлитов / Н. Н. Зинчук, А. Д. Харьков, Ю. М. Мельник, Н. П. Мовчан. – Киев : Наукова думка, 1987. – 284 с.
5. Зинчук Н. Н. Карбонатизация кимберлитов при постмагматических процессах / Н. Н. Зинчук // Вестник Воронежского государственного университета : Серия Геология. – 2017. – № 4. – С. 63–71.
6. Зинчук Н. Н. О составе основной массы кимберлитов / Н. Н. Зинчук, М. Н. Зинчук // Актуальные проблемы и перспективы развития геологии: наука и производство: тезисы IV Международного геологического форума (Одесса, Украина, 19–24 июня, 2017). – Киев : УкрДГРИ, 2017. – С. 135–140.
7. Зинчук Н. Н. Особенности серпентинизации кимберлитовых пород / Н. Н. Зинчук // Вестник Воронежского государственного университета. Серия Геология. – 2017. – № 3. – С. 66 – 74.
8. Зинчук Н. Н. Постмагматические минералы кимберлитов / Н. Н. Зинчук. – М. : Недр Бизнес-центр, 2000. – 538 с.
9. Илупин И. П. Геохимия кимберлитов / И. П. Илупин, Ф. В. Каминский, Е. В. Францессон. – М. : Недр, 1978. – 352 с.
10. Корнилова В. П. Атлас текстур и структур кимберлитовых пород / В. П. Корнилова, К. Н. Никишов, В. В. Ковальский, Г. В. Зольников. – М. : Наука, 1983. – 157 с.
11. Костровицкий С. И. Минералогия и геохимия кимберлитов Западной Якутии : специальность 25.00.05 «Минералогия, кристаллография» : автореф. дис. на соискание учён. степ. д-ра геол.-минерал. наук / Костровицкий Сергей Иванович. – Иркутск, 2009. – 44 с.
12. Лисковая Л. В. Распределение и некоторые свойства преобладающих минералов основной массы кимберлитов и кимберлитоподобных пород / Л. В. Лисковая, А. Я. Ротман, И. Н. Богуш, О. В. Данилова // Проблемы прогнозирования и поисков месторождений алмазов на закрытых территориях : материалы конференции, посвящённой 40-летию ЯНИГП ЦНИГРИ АК «АЛРОСА». – Якутск : ЯНЦ СО РАН, 2008. – С. 81–87.
13. Маршинцев В. К. Эндогенные карбонаты Якутии / В. К. Маршинцев, Г. В. Зольников, К. Н. Никишов : под ред. В. В. Ковальского. – Новосибирск : Наука, 1980. – С. 5–18.
14. Подчасов В. М. Геология, прогнозирование, методика поисков и разведки коренных месторождений алмазов. Книга 1. Коренные месторождения / В. М. Подчасов, В. Е. Минорин, И. Я. Богатых [и др.]. – Якутск : ЯФГУ Изд-во СО РАН, 2004. – 548 с.
15. Ротман А. Я. Кимберлиты и вопросы их алмазоносности / А. Я. Ротман // Материалы XI Всероссийского петрографического совещания «Магматизм и метаморфизм в истории земли» (Екатеринбург, 24–28 августа, 2010) : тезисы докладов. – Екатеринбург, 2010. – Т. 2. – С. 183–184.
16. Сарсадских Н. Н. Петрографические и петрогенетические отличия кимберлитов от пород, сходных с ними по некоторым признакам / Н. Н. Сарсадских, В. А. Благулькина // Записки Всесоюзного минералогического общества. – 1969. – Ч. 98, вып. 1. – С. 415–421.
17. Сушенцова Б. Ю. Взаимодействие углекислого газа с силикатными минералами при умеренных температурах и давлениях: экспериментальное и термодинамическое моделирование / Б. Ю. Сушенцова, С. Н. Шилобреева, Д. В. Гричук, В. В. Колташев // Школа экологической геологии и рационального недропользования : материалы Одиннадцатой межвузовской молодежной научной конференции. – СП., 2011. – С. 281–282.
18. Францессон Е. В. Кимберлитовый магматизм древних платформ / Е. В. Францессон, Б. Г. Лутц. – М. : Нац. геофиз. ком., 1995. – 342 с.
19. Mitchell R. H. Kimberlites. Mineralogy, Geochemistry, and Petrology / R. H. Mitchell. – New York : London : Plenum Press, 1986. – 442 p.

SERPENTINE-CARBONATE ASSOCIATION OF KIMBERLITE MATRIX, YAKUTIA

L. V. Liskovaya, T. S. Starkova, A. V. Aminov, R. V. Monkhorov
(Research geological prospecting company JSC ALROSA (PJSC), Mirny)

The ratio of serpentine-carbonate association components in kimberlite matrix of International, Mir, Nyurbinskaya, Yubileynaya, Aikhal, Zarnitsa, Udachnaya pipes and Syuldyukarskoye kimberlite body was studied using X-ray examination, thermogravimetric and IR spectrometric methods involving quantitative and semiquantitative mineral content estimation. Thin sections were analyzed, chemical composition was determined using atomic emission (ICP-AS) method. A steady trend to essential prevalence of serpentine over carbonates due to its X-ray amorphous phase was established. Average carbonate content varies from 10 % to 37 %, serpentine (including X-ray amorphous phase) – 21–80 %, X-ray amorphous serpentine – 16–72 %. It is suggested that X-ray amorphous serpentine presence is caused by poor crystallization of colloid phase formed by amorphous products of olivine decomposition at low pressure. Carbonate content is probably determined by the amount of water and carbon dioxide involved in secondary kimberlite transformations at the final stage as well as their multiple stages.

Key words: matrix, kimberlites, serpentine, carbonates, X-ray amorphous phase, intersertal serpentine, secondary transformations, postmagmatic transformations.

АВТОРАМ

1. Статьи направляются на e-mail: rudandmet@tsnigri.ru, rudandmet@yandex.ru. К тексту прилагаются сведения об авторе (авторах) – имя, отчество, фамилия, место работы, должность, учёная степень, учёное звание, телефон, e-mail. В конце статьи ставятся подписи всех авторов.
2. Плата с авторов за публикацию не взимается. Автор, подписывая статью и направляя её в редакцию, тем самым предоставляет редакции право на её опубликование в журнале и размещение в сети «Интернет».
3. Обязательно наличие УДК, аннотации (500–600 знаков) и ключевых слов на русском и английском языках.
4. Максимальный объём статьи – 20 страниц в редакторе MS Word, включая таблицы, графику, список литературы. Таблицы и рисунки помещаются в отдельные файлы (их максимальный размер 23×16 см).
5. Иллюстративные материалы (не более 5–7) представляются в цветном или чёрно-белом вариантах в одном из следующих форматов: CDR для векторной графики, JPG, BMP, TIFF для фотографий, диаграмма MS Excel. Подрисовочные подписи прилагаются на отдельной странице после списка литературы.
6. Направление в редакцию работ, опубликованных ранее или же намеченных к публикации в других изданиях, не допускается.