

УДК 553.251:552.323.6

## ОСОБЕННОСТИ ПОРОДООБРАЗУЮЩИХ МИНЕРАЛОВ КИМБЕРЛИТОВ

**Н. Зинчук**

*Западно-Якутский научный центр АН Республики Саха (Якутия),  
Чернышевское шоссе, 16, Мирный, Якутия, Россия, 678170,  
e-mailnzninchuk@rambler.ru*

Показано, что для кимберлитовых диатрем характерны индивидуальные особенности состава основной массы слагающих их пород. Иногда эти различия свойственны не только конкретным трубкам, но даже отдельным телам и блокам. Процессы серпентинизации, карбонатизации, хлоритизации и бруситизации также имеют свои особенности в каждой диатреме. Индивидуальные свойства имеют и характерные для основной массы кимберлитов ассоциации вторичных образований, состоящие из двух и более минералов. Облик кимберлитовых пород в диатремах в значительной мере определен развитием комплекса вторичных минералов, возникших после консолидации пород в результате их эндо- и экзогенных преобразований. Анализ распределения в кимберлитах Сибирской платформы серпентина, флогопита, хлорита, талька, кальцита, доломита, пироаурита, брусита и их ассоциаций позволили рассмотреть условия формирования отдельных новообразований и оценить их роль в образовании индивидуального облика этих алмазосодержащих пород. Отличия этих пород обусловлены интенсивностью развития и неравномерностью распределения основных вторичных минералов и их разновидностей. Установлено, что кимберлиты в процессе становления претерпели неоднократные изменения, интенсивность которых на разных стадиях формирования диатрем имеет индивидуальный характер и зависит от конкретных условий минералообразования.

*Ключевые слова:* кимберлитовые трубки, серпентинизация, карбонатизация, хлоритизация, бруситизация, постмагматические и гипергенные изменения вторичных минералов.

Кимберлитовые трубки, дайки, жилы и силлы в большинстве случаев сложены [1–8, 11–13, 20–22] породами, которые в различной степени изменены постмагматическими и гипергенными (верхние части) процессами. Образовавшиеся при этом новообразования относятся к вторичным минералам, которые являются главными породообразующими компонентами, слагающими основную массу пород. Реальный облик кимберлитов в диатремах значительно определен развитием комплекса вторичных минералов, возникших после консолидации породы в результате эндо- и экзогенных преобразований [9–11, 14–19]. Несмотря на разрозненный характер предшествующих исследований, обнаружено многообразие процессов вторичной минерализации и возникающих при этом новообразований. К основным результатам этих исследований относят: а) определение диагностических признаков всех диагностируемых минералов-новообразований; б) определение наиболее распространенных их ассоциаций; в) установление факторов, влияющих на

постмагматические преобразования кимберлитов; г) определение роли вторичных минералов на решение прикладных задач (совершенствования прогнозно-поисковых критериев при поисках алмазов и влияние их на технологические процессы переработки пород). Новые сведения о процессах вторичного минералообразования получены нами в результате изучения разрабатываемых коренных месторождений алмазов (трубки Мир, Интернациональная, Дачная, имени 23-го съезда КПСС в Малоботуобинском; Удачная, Айхал, Сытыканская, Юбилейная в Далдыно-Алакитском; Нюрбинская и Ботуобинская в Средне-Мархинском алмазоносных районах) по опорным горизонтам, проведенные по изучению керна эксплуатационных скважин, пройденным по сетке  $40 \times 40$  м. Особенности распределения этих же новообразований на разведанную глубину месторождений изучали по керновому материалу из колонковых скважин, вскрывших нижние горизонты диатрем.

Для сравнения изучали также кимберлитовые породы из других (в том числе и не алмазоносных) трубок как Сибирской, так и Восточно-Европейской и Африканской платформ [9, 12, 13]. В результате получены сведения о том, что исследованные кимберлиты претерпели в процессе становления диатрем неоднократные изменения. Их интенсивность на разных стадиях формирования трубок имеет индивидуальный характер и зависит от конкретных условий минералообразования. К настоящему времени в кимберлитовых породах древних платформ Мира идентифицировано и комплексно изучено с помощью современных методов исследований более 60 минералов-новообразований, входящих в классы оксидов и гидроксидов, сульфидов, силикатов и алюмосиликатов, боратов, фосфатов, карбонатов и хлоридов [5, 10, 22].

Недостаточно изученным направлением в познании закономерностей преобразования кимберлитовых пород оставалось установление роли конкретных вторичных минералов, реконструкции последовательности их образования и устойчивости в различных условиях. С целью решения этих вопросов выполнено детальные комплексные исследования вещественного состава и процессов вторичного минералообразования на каменном материале из кимберлитовых диатрем Мирнинского, Далдынского, Алакит-Мархинского и Накынского кимберлитовых полей Сибирской платформы (СП). Это позволило получить новые данные о типоморфных особенностях всех идентифицированных вторичных минералов кимберлитов и, в первую очередь, входящих в основную массу этих образований. Важной при этом была задача разработки и адаптации рационального комплекса методов и приёмов изучения вещественного состава кимберлитов, дающая возможность получить количественную характеристику по содержанию вторичных минералов в основной массе пород.

Выполненные исследования позволили в определенной степени восполнить недостаточность сведений по изучению кимберлитовых пород в целом, так как практически все петрографические построения обычно проводят для первичных минералов и магматических образований, не затронутых (или слабо затронутых) процессами вторичного преобразования. Отметим, что нашими исследованиями показано значительную степень постмагматического и гипергенного преобразования кимберлитовых пород, которые из-за обилия вторичных минералов (до 95 %), по сути, являются апокимберлитами [5, 10]. Наибольшим изменениям в последних подвержена основная масса пород, в которой доминируют серпентин, кальцит и слюдястые образования. Геолого-минералогическое значение таких исследований обусловлено особенностями слоистой структуры, которая отражает физико-химические условия их образования. Эти минералы являются главными компонентами серпентинизации, хлоритизации и карбонатизации – основных процессов по-

стматгматических преобразований кимберлитовых пород, которые развиваются в каждой диатреме индивидуально, что вызвано различиями процессов привноса–выноса основных пороодообразующих оксидов. Отмеченную неравномерность распределения вторичных минералов в диатремах объясняют спецификой псевдоморфного замещения минералов. Закономерные изменения обычно связаны с выветриванием или влиянием на состав кимберлитов вмещающих диатрему пород.

При *серпентинизации* кимберлитов наблюдается псевдоморфное и непсевдоморфное замещение слагающих их минералов [8]. Минералы *группы серпентина* образуются: а) по основной массе пород; б) в результате метасоматических преобразований оливина I и II генераций, пироксенов и ксенолитов терригенно-карбонатных пород; в) за счет гидротермально-метасоматических процессов. В отличие от этого, серпентин основной массы кимберлитов отмечено в двух модификациях: интерсертальной (заполняющей промежутки между зернами кальцита и других минералов) и псевдоморфной (замещающей карбонаты и другие минералы основной массы). Наблюдаемые карбонат-серпентиновые псевдоморфозы по оливину формируются при замещении сначала серпентином, по которому затем развивается карбонат. Непсевдоморфный серпентин может возникать при повторной переработке кимберлитовых пород. В результате неоднократно проявляющихся процессов преобразования кимберлитов (на что указывают, например, многочисленные морфологические типы скаленоэдров кальцита) происходит полная смена первичных ассоциаций вторичными с образованием нового комплекса минералов. В кимберлитах установлены такие разновидности серпентина, как лизардит и хризотил, кристаллизующиеся в разных физико-химических условиях. Некоторые разновидности относятся к шестислойному униту [5–7, 10]. В кимберлитах зафиксирована также такая разновидность серпентиновых минералов, как Al-серпентин (септохлорит), характер распределения которого требует дополнительных комплексных структурных исследований.

Неравномерность распределения серпентинов (рис. 1, 2) связана со многими факторами: неоднородностью псевдоморфных замещений серпентина и состава кимберлитовых тел; трещиноватостью пород; характером вторичных процессов; количеством ксенолитов мантийных ультраосновных образований, которые одинаково серпентинизируются вместе с кимберлитами. Наименьшая степень встречаемости серпентина характерна для диатрем Накынского кимберлитового поля (Ботуобинская и Нюрбинская). Трубки Верхне-Мунского поля отличаются равномерным распределением серпентина и высокими (30–57 %) средними его концентрациями. Одновременность статистических характеристик серпентина в диатремах Далдынского поля несколько нарушена трубками Удачная и Зарница, где развитие минералов этой группы выражено менее интенсивно по сравнению с трубками этой территории. Это позволяет утверждать, что в целом процессы серпентинизации основной массы кимберлитов СП имеют схожий характер, за редким исключением (трубки Зарница, Удачная, Айхал и др.), когда встречаются (см. рис. 1) блоки слабо измененных пород.

В результате *карбонатизации* кимберлитов возникают такие распространенные минералы, как кальцит, доломит, арагонит и пироаурит. Кристаллизация широко распространенного в кимберлитах *кальцита* связана с различными этапами формирования диатрем [5, 10]. По способу образования минерал разделяют на: а) кальцит, слагающий вместе с серпентином и другими новообразованиями основную массу пород; б) метасоматический кальцит как продукт карбонатизации некоторых минералов кимберлитов; в) поздний гидротермальный кальцит, выполняющий пустотно-трещинные образования.

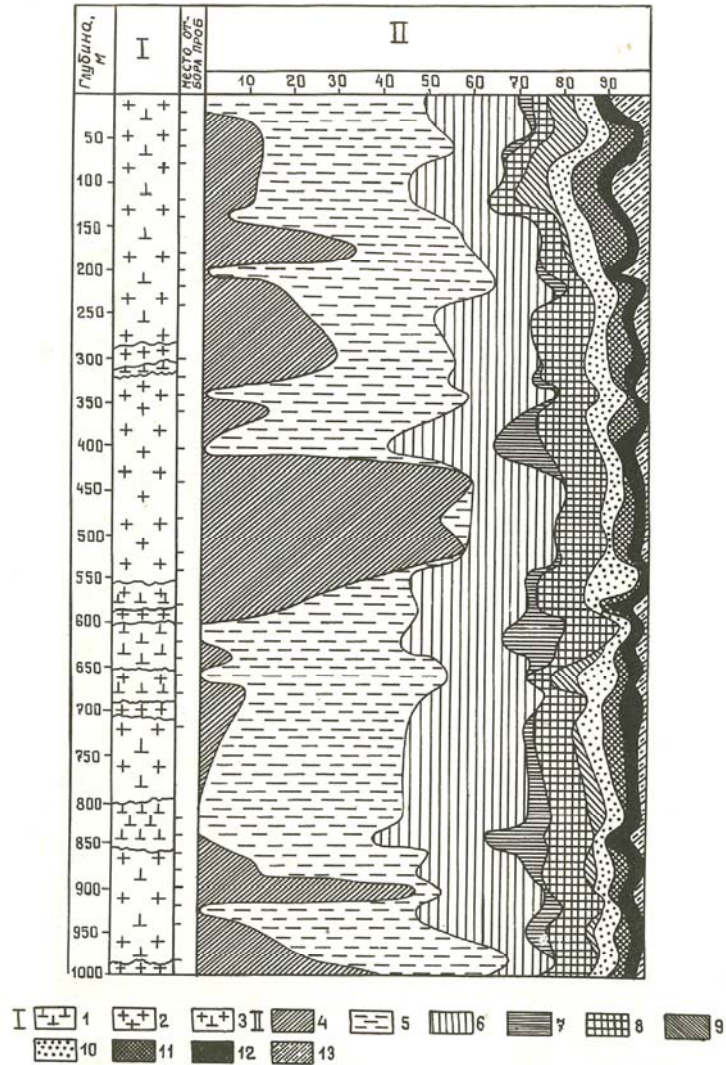


Рис. 1. Распределение преобладающих породообразующих минералов в основной массе кимберлитовых пород трубки Удачная (по разведочной скважине 203):

1 – петрографическая колонка: 1 – порфиновый кимберлит I этапа внедрения; 2 – кимберлитовая брекчия II этапа внедрения с автолитами первого; 3 – кимберлитовые брекчии II-го этапа внедрения с автолитами 1-го. Минералы: 4 – оливин; 5 – серпентин; 6 – кальцит; 7 – доломит; 8 – флогопит; 9 – хлорит; 10 – оксиды и гидроксиды железа; 11 – брусит; 12 – гипс + галит; 13 – прочие минералы.

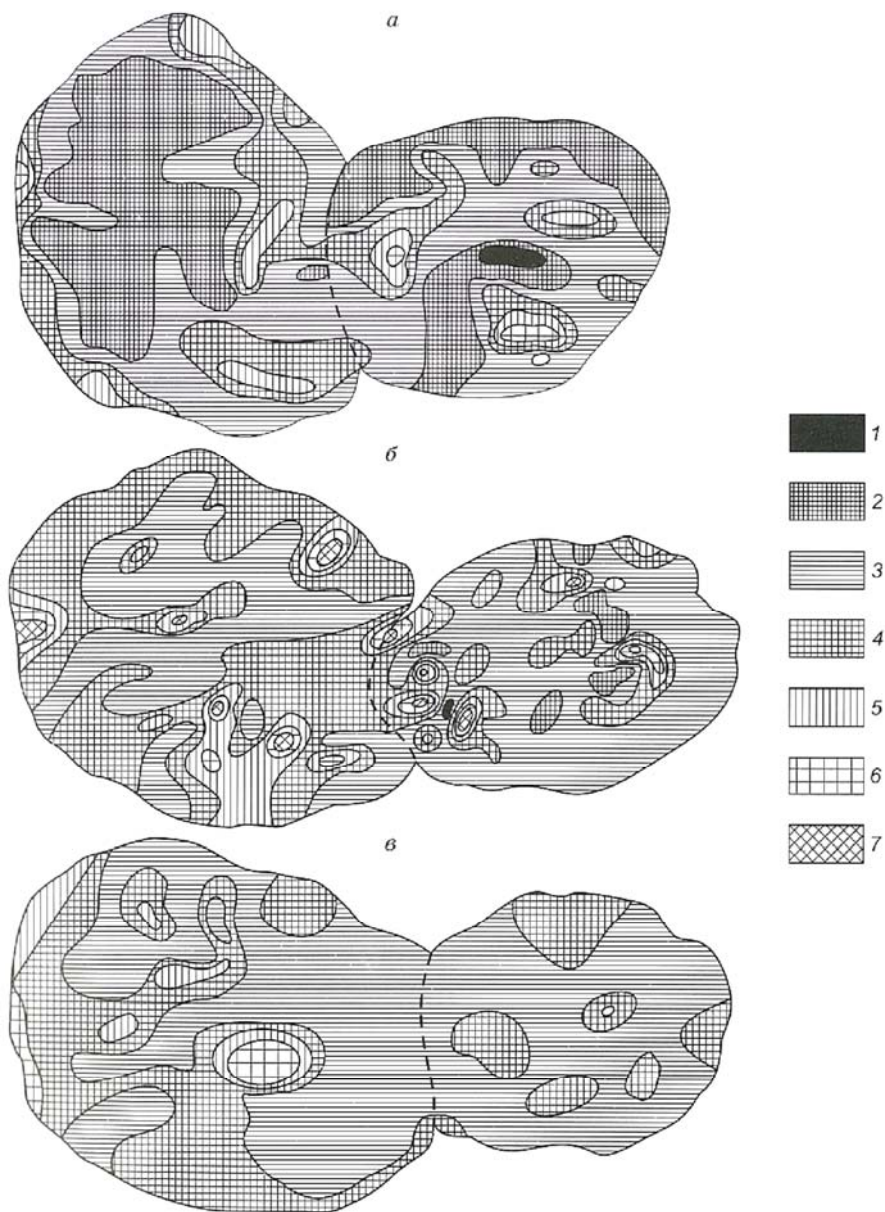


Рис. 2. Карта распределения серпентина в кимберлитовых породах трубки Удачная.  
Горизонты, м н. у. м.: *a* – 295, *б* – 250, *в* – 190. Концентрация серпентина, %: 1 – >70, 2 – 60–70, 3 – 50–60, 4 – 40–50, 5 – 30–40, 6 – 20–30, 7 – <20.



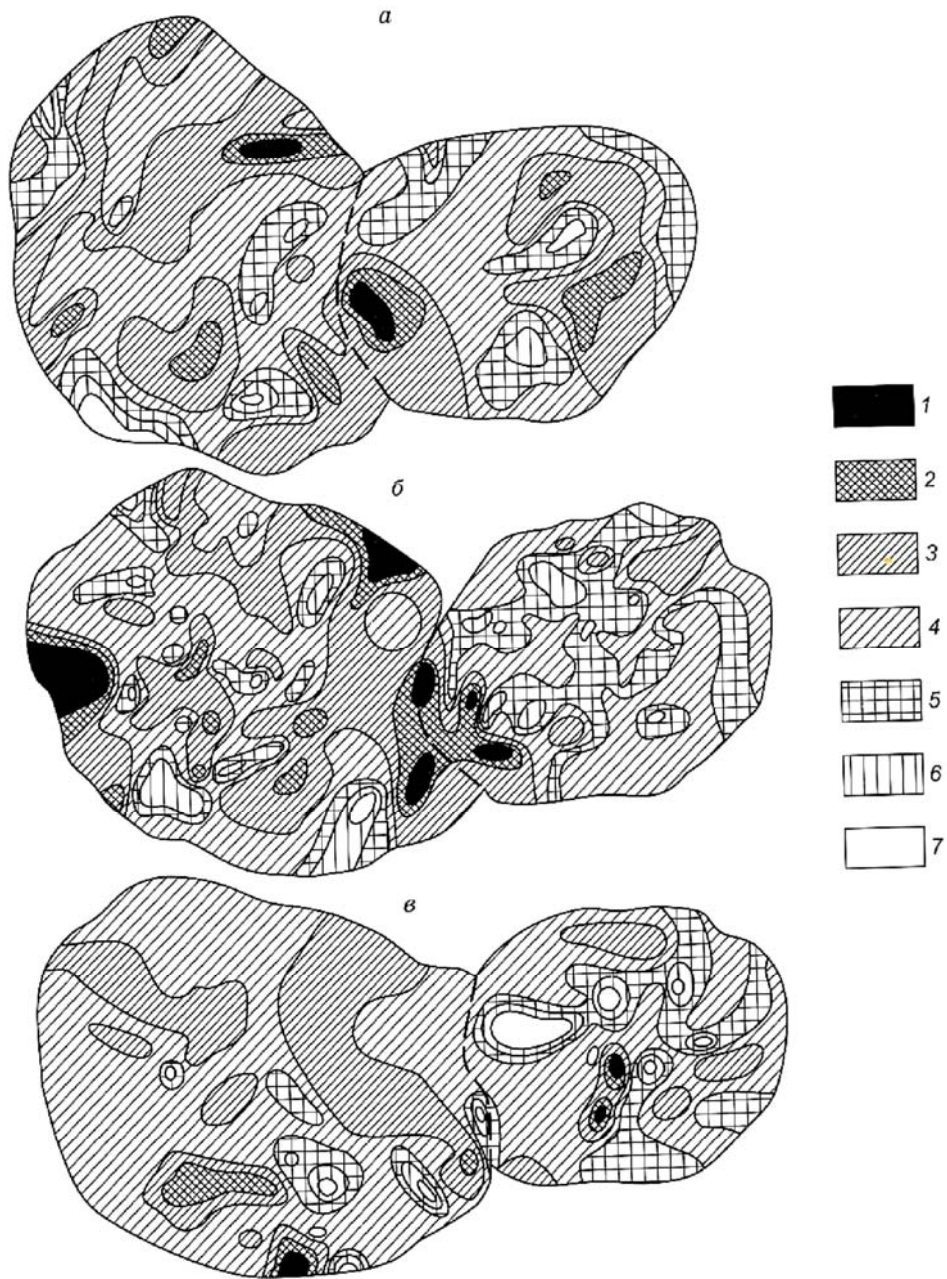


Рис. 3. Карта распространения кальцита в кимберлитовых породах трубки Удачная. Горизонты, м н. у. м.: *а* – 295, *б* – 250, *в* – 190. Концентрация кальцита, %: 1 – 30-35, 2 – 25 – 30, 3 – 20-25, 4 – 15-20, 5 – 10-15, 6 – 5-10, 7 – 0-5.

Процессы развития кальцита в основной массе кимберлитов СП по распространенности и интенсивности сопоставимы с серпентинизацией, но отличаются большими вариациями и средних содержаний [5–7]. На распределение и интенсивность развития кальцита (рис. 1, 3) существенно влияет количество ксенолитов в кимберлитах, вмещающие породы и интенсивность поступления в диатремы глубинных растворов, обогащенных Са и  $\text{CO}_2$ .

Наиболее интенсивно и стабильно развитие кальцита отмечено в основной массе кимберлитов Далдынского поля (см. рис. 3), где минерал идентифицирован в 95 % изученных проб, достигая в отдельных образцах до 90 %. В основной массе соседнего Алакит-Мархинского поля кальцит распределен также равномерно, но при значительно меньших концентрациях. Наименьшее количество минерала зафиксировано в кимберлитах трубки Интернациональная (в среднем до 8 %) и встречен он в 55 % изученных проб. В находящихся в этом же Малоботуобинском районе кимберлитах трубки Мир, где встречаемость минерала составляет 95 % проб, среднее содержание его не превышает 35 %. Однородная картина развития кальцита, не имеющая резких отличительных свойств, по отношению к большинству коренных месторождений алмазов СП, отмечена в кимберлитовых породах Верхне-Мунского поля.

В целом кальцит относится к полигенным минералам кимберлитов, всестороннее исследование которых на разных этапах становления породы позволяет получить сведения о генезисе этих пород. В числе открытых или дискуссионных остаются вопросы об устойчивости и равновесности минерального состава кальцитсодержащих ассоциаций. Требуется дополнительных исследований и уточнений вопрос о том, являются ли они закономерным продуктом кристаллизации той или иной стадии кимберлитобразования или являются собой случайные неравновесные ассоциации нескольких постмагматических стадий этого процесса.

*Доломит* в кимберлитовых породах СП образует мелкозернистые агрегаты и ассоциирует с кальцитом и серпентином. Катализатором генезиса минерала в кимберлитах является присутствие различных солей и сульфатов. Образование доломита связывают с избытком магния, не израсходованного при образовании серпентина и других магниезальных минералов. Повышенные концентрации минерала обычно наблюдают (рис. 4) в приконтактных с вмещающими породами участках. Встречаемость минерала в основной массе кимберлитов и средние содержания в кимберлитовых породах СП отличаются более значительными колебаниями по сравнению с кальцитом. Наиболее интенсивно доломит развит в основной массе кимберлитов трубок Ботуобинская и Нюрбинская (Накынское поле), а также Айхал (Алакит-Мархинское поле). В диатремах Верхне-Мунского поля доломит развит слабее, по сравнению с остальными кимберлитовыми полями СП. Пока не встречены кимберлитовые трубки, не содержащие доломит, хотя во многих случаях он зафиксирован в виде переменной примеси. Анализ взаимоотношений распространения доломита и серпентина в основной массе кимберлитов показал наличие между ними обратной связи, что объясняется различным влиянием на состав пород материала вмещающих диатремы терригенно-карбонатных образований [5, 12].

*Арагонит* встречается в виде различных выделений в жилах и прожилках, почковидных агрегатов радиально-лучистого и сноповидного строения, друз игольчатых кристаллов; в основной массе он отмечен в качестве незначительной примеси. В отдельных случаях (трубки Юбилейная, Мир, Заполярная, Поисковая, Новинка и др.) мелкие прожилки в основной массе сложены агрегатами арагонита, близкими к сферическим. Булгорчатая поверхность таких микропрожилков напоминает натечные агрегаты. Минерал

обычно бесцветный, а в агрегатах белый с шелковистым блеском. Между отдельными сферами установлены агрегаты серпентина, кальцита и других новообразований.

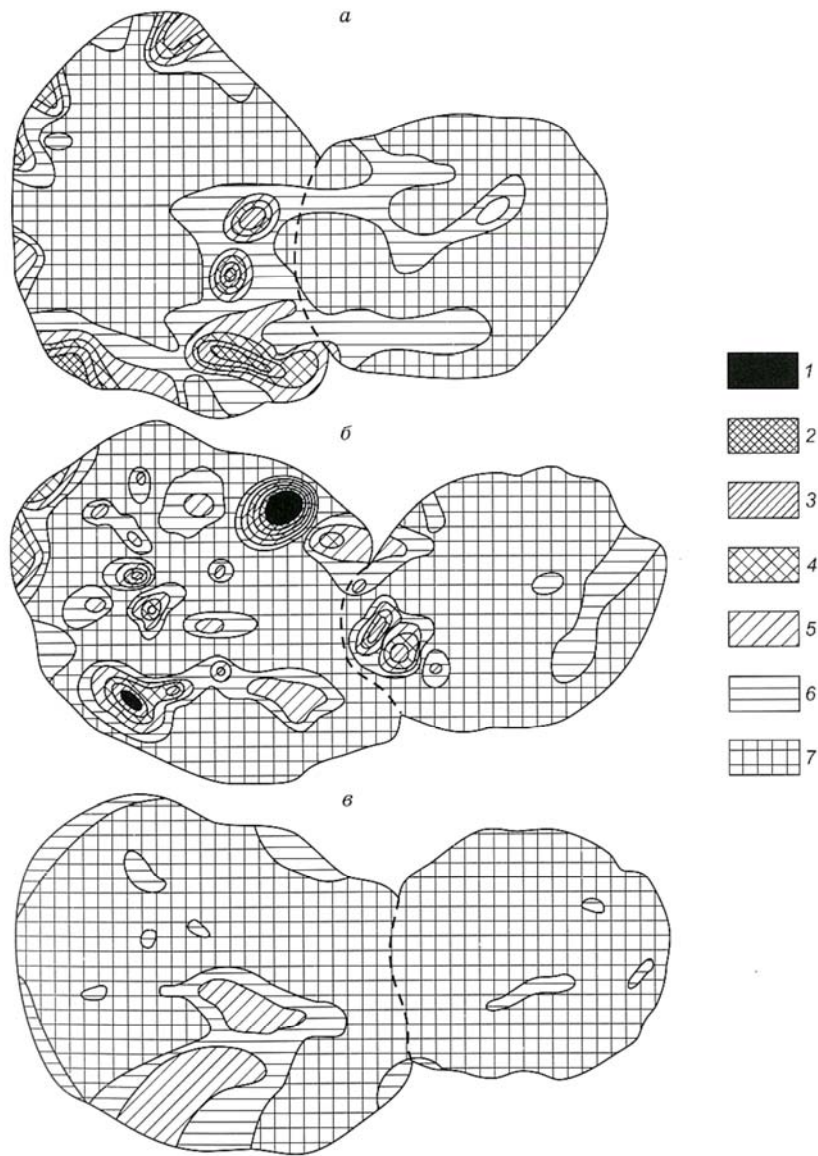


Рис. 4. Карта распределения доломита в кимберлитовых породах трубки Удачная.  
Горизонты, м н. у. м.: *а* – 295, *б* – 250, *в* – 190. Концентрация доломита, %: 1 – >30, 2 – 25–30, 3 – 20–25, 4 – 15–20, 5 – 10–15, 6 – 5–10, 7 – 0–5.



*Пироаурит* развивается в основной массе кимберлитов, в псевдоморфозах по оливину, в ксенолитах различных пород, а также в прожилковых выделениях [4, 16]. Нередко (особенно в диатремах Малоботуобинского и Далдыно-Алакитского алмазодносных районах) пироаурит – характерный минерал основной массы кимберлитовых пород (рис. 5), образуя с другими породообразующими компонентами (серпентином, кальцитом и др.) отдельные блоки голубоватой окраски. Пироаурит хотя и является характерным минералом основной массы кимберлитов, но отмечено неравномерное его развитие в диатремах с интенсивным распространением в отдельных участках. Наибольшее его распространение и относительно высокие концентрации отмечены в основной массе кимберлитов Верхне-Мунского и Далдынского полей, в отличие от Мирнинского и Накынского, для которых он менее характерен. На глубоких горизонтах месторождений, в зонах влияния высокоминерализованных растворов (трубки Мир, Интернациональная, Юбилейная и др.) пироаурит – довольно характерен минерал, отмеченный в виде тонких волосовидных прожилков, а также агрегатов различной формы и размеров. Нередко он вместе с серпентином слагает крупные (до 6 см) зеленовато-серые жеоды. Иногда отмечается зональное строение таких псевдоморфоз серпентина. Обычно центральная часть таких выделений имеет темно-зеленую густую окраску, а периферическая – более светлую или серовато-зеленую. Часто минерал отмечается в парагенетической ассоциации с кальцитом и серпентином, встречаясь в виде отдельных голубовато-зеленых ромбических кристаллов, а также сферических и волокнистых агрегатов.

*Стронцианит* встречается в кимберлитовых породах многих диатрем СП. Наиболее часто минерал образует веерообразные друзы или сплошные скопления игольчатых кристаллов, часто ассоциируя с целестином, обычно нарастая на поверхности первого.

*Магнетит* установлен в верхних горизонтах многих кимберлитовых диатрем северной части СП в смеси с другими новообразованиями. Нередко он ассоциирует с хантитом, где слагает тонкие прожилки в основной массе пород или встречается в бруситизированных кимберлитах.

*Гидромагнетит* встречается в виде белых натечных рыхлых агрегатов на различных минералах и новообразованиях диатрем северной части СП, ассоциируя с артинитом [5]. Кроме рассеянных выделений минерала в основной массе пород, отмечены водяно-прозрачные жеоды гидромагнетита размером до нескольких миллиметров, имеющие удлиненно-таблитчатый лейстовидный облик.

*Хантит* обнаружен в ряде кимберлитовых диатрем (Сытыканская, Заполярная, Новинка, Молодость, Комсомольская-Магнитная, Поисковая и др.), где в верхних горизонтах выполняет мелкие трещинки в основной массе и многочисленные трещины. В отдельных трубках (Заполярная, Новинка и др.) прожилки встречаются в большом количестве до глубины около 100 м от поверхности. Минерал рассеян в основной массе, где уверенно диагностирован рентген-дифрактометрическими исследованиями, а в прожилках представлен тонкодисперсным белым порошкообразным агрегатом, макроскопически напоминающим мел. В приповерхностных участках диатрем он окрашен гидроксидами железа в буроватые и кремовые тона. Нередко хантит встречается в смеси с магнетитом, где его диагностика возможна только с помощью точных физических методов исследований.

Слюдитые образования, представленные флогопитом и хлоритом, относятся к наиболее часто встречаемым в кимберлитовых породах как Сибирской, так и других древних платформ Мира, но распределены они в основной массе не столь равномерно, как серпен-

тин и кальцит. В кимберлитовых породах СП *флогопит* относится к одному из наиболее распространенных минералов, где он представлен в основном позднемагматической и постмагматической генерациями [5, 19, 20]. Большая часть минерала в основной массе хлоритизирована, что происходило в условиях слабого водообмена и восстановительной среды с избытком  $Mg^{2+}$ . Отмечены случаи обогащения железистой слюдой контактов с карбонатными ксенолитами, что позволило высказать предположение о развитии постмагматического флогопита не повсеместно, а лишь в породах, обогащенных алюминием и калием, которые чаще распространены в периферийных зонах кимберлитовых провинций. Средние содержания флогопита изменяются от 0 (трубки Деймос и Долгожданная) до 20 % (Нюрбинская), а у хлоритов – от 1 (Интернациональная) до 10 % (Фестивальная). Однако наиболее равномерно флогопит распределен в основной массе трубок Мирнинского (Мир и Интернациональная), Накынского (Ботуобинская и Нюрбинская), Алакит-Мархинского (Айхал и Юбилейная) и Далдынского (Удачная) полей.

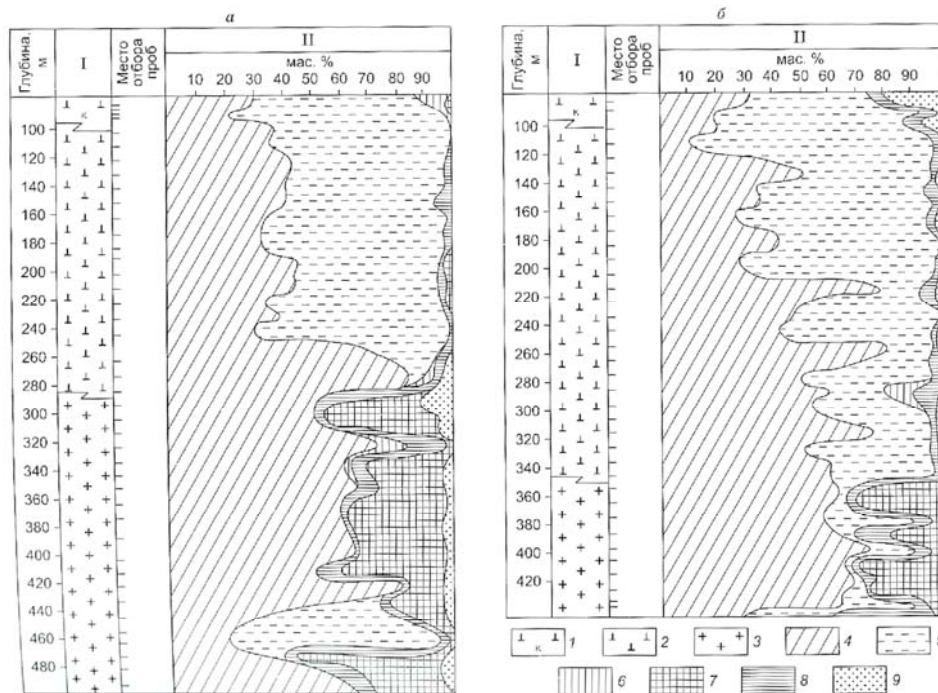


Рис. 5. Распределение вторичных минералов в основной массе кимберлитов трубки Сытыканская по разведочным скважинам 98 (а) и 112 (5102):

I – петрографическая колонка: 1 – выветрелые кимберлиты, 2 – кимберлитовая брекчия с массивной текстурой цемента, 3 – кимберлитовые брекчии; II – минеральный состав, %: 1 – серпентин, 2 – кальцит, 3 – доломит, 4 – измененный флогопит и хлорит, 5 – пирроаурит, 6 – другие минералы.

Неоднородность распределения флогопита и хлорита свойственна большинству кимберлитовых тел Верхне-Мунского и Далдынского полей, из которых трубки Зарни-

ца и Долгожданная выделяются слабым развитием как флогопита, так и хлорита. Наиболее хлоритизированы кимберлитовые породы трубок Ботубинская, Нюрбинская, Фестивальная, Сытыканская, Деймос и др. Исходя из числа возникших в основной массе слюдястых образований и их средних содержаний, можно утверждать, что не менее половины флогопитов, входящих в состав основной массы кимберлитов Накынского поля (трубки Нюрбинская, Ботубинская и тело Майское) хлоритизированы. Для большинства трубок Алакит-Мархинского, Далдынского и Верхне-Мунского полей свойственна обильная хлоритизация слюд, которая наиболее интенсивно протекала в диатремах Сытыканская, Фестивальная и Деймос, в результате чего произошла полная трансформация слюд в хлорит.

К минералам, довольно часто встречающимся в небольшом количестве в кимберлитах, следует отнести *тальк*, возникающий при сравнительно небольшом парциальном давлении  $\text{CO}_2$  во флюиде при определенных значениях  $\text{MgO}:\text{CaO}:\text{SiO}_2$ . Наиболее интенсивные процессы формирования талька отмечены нами [10] в трубке Нюрбинская. Часто минерал отмечается в сильно измененных приконтактных участках диатрем. В отдельных случаях минерал встречен в составе серовато-белых новообразованных прожилков (трубки Мир, Интернациональная и др.), где его концентрации превышают 5 %.

В переменных и в целом незначительных количествах в основной массе кимберлитовых пород идентифицированы [5–7, 10] *оксиды* (магнетит, гематит, кварц, халцедон) и *гидроксиды* (амакинит, брусит, гётит, каолинит), не имеющие устойчивых тенденций к распространению в различных трубках и полях. Исключением является *брусит*, наиболее интенсивное проявление которого отмечено в диатремах Далдынского (Удачная) и Верхне-Мунского (Новинка и Поисковая) полей. В кимберлитовых трубках брусит возникает [5, 9, 21] как при серпентинизации породы, так и в результате воздействия гидротермально-метасоматических растворов на заключительных этапах постмагматической переработки кимберлитов. Брусит либо развивается по оливину непосредственно, либо между ними образуется узкая прокладка серпентина. Нередко брусит замещает не только зерна оливина, но и частично другие глубинные минералы кимберлитов (гранаты и пироксены), основную массу породы, а также ксенолиты глубинных и осадочных вмещающих пород. Обычно агрегаты брусита ориентированы в одном направлении. В отличие от серпентинизации, в процессе полного замещения бруситом исходных минералов кимберлитов реликтовые текстуры и структуры почти не сохраняются. Остаются только реликты некоторых устойчивых минералов, а также расплывчатые очертания вкрапленников оливина, что свидетельствует о полной перекристаллизации исходной породы, сопровождаемой выносом кремнекислоты [5].

*Магнетит* широко распространен в кимберлитах многих трубок, где зачастую распылен в основной массе пород; отмечается он и в виде неправильных выделений, конкреций и жеод, а также в отдельных серпентиновых псевдоморфозах. Образует минерал также мелкие (до 2,5 мм) или ветвящиеся прожилки (до 5 мм) с нечеткими очертаниями. В жеодах и конкрециях октаэдрические кристаллы этого минерала обычно ассоциируют с кальцитом, баритом и серпентином. Вокруг вкрапленников и по краям прожилков серпентина обычно также отмечается пелитоморфный магнетит. Зафиксировано две важнейшие морфологические разновидности магнетита: а) крупнозернистые агрегаты (нередко радиально-лучистого строения) или сростки кристаллов, реже отдельные кристаллы; б) скопления мелкозернистого магнетита, которые либо образуют неправильные гнезда, полосы и линзы, либо равномерно распределены в основной массе.

*Гематит* в кимберлитовых трубках присутствует в концентрациях, редко превышающих первые проценты. Чаще всего он встречается в основной массе кимберлитов или покрывает тонкой коркой кристаллы кальцита или других минералов.

*Гётит* является довольно распространенным новообразованием в кимберлитовых породах многих алмазоносных регионов. Особенно много минерала в верхних частях ряда диатрем СП, где он окрашивает породы в светло-коричневый (охристый) цвет. Иногда пылевидные выделения его рассеяны в основной массе пород или заполняют пространство между кристаллами кальцита, магнетита и других минералов. В виде сферолитов гётит в ассоциации с гематитом часто нарастает на гранях других минералов. В верхних горизонтах кимберлитовых трубок, где развита кора выветривания, гидроксиды железа пропитывают в различной степени измененные породы, окрашивая их в различные коричневые оттенки.

*Амакинит* встречен нами в основной массе ряда кимберлитовых диатрем СП в виде зеленоватых кристаллов или их ростков размером до 5 мм. На дневной поверхности он быстро изменяется и покрывается буровой корочкой гидроксидов железа. Отмечен амакинит в виде самостоятельных выделений на стенках отдельных трещин, где он обычно ассоциирует с пироауритом, кальцитом и серпентином.

*Кварц* и *халцедон* являются характерными вторичными минералами кимберлитовых пород СП, неравномерно распределяясь как в основной массе, так и в трещинах, прожилках и в виде отдельных новообразований. Повышенные концентрации этих минералов приурочены не только к самым верхним, затронутым гипергенными процессами, частям диатрем, но и к приконтактным зонам на более глубоких горизонтах. Кварц часто встречается вместе с кальцитом и другими новообразованиями, образуя щётки, жилы и прожилки. Нередко кристаллы кварца на кварц-опал-халцедоновой подложке наблюдаются в различной степени измененной кимберлитовой породе. Размеры, форма и морфология кварцевых индивидов самые разнообразные [5, 9, 10], с примесями гидроксидов железа (бурые) или микровключениями сульфидов железа (серые). Присутствие среди кварцев из верхних горизонтов диатрем значительного количества аметистовидных образований позволяет отнести этот минерал к низкотемпературным образованиям, которыми является большинство природных аметистов. На низкотемпературный характер кристаллизации кварца в кимберлитах указывает также присутствие во многих изученных кристалликах включений гётита – минерала, образующегося при температурах ниже 200 °С. Эти данные согласуются и с результатами исследований температур гомогенизации газовой-жидких включений в кимберлитах [5, 10], по которым верхний температурный интервал кристаллизации кальцита обычно не превышает 350 °С, а кварца – намного ниже.

Довольно распространен в кимберлитовых диатремах (особенно в приконтактных их частях) и халцедон, отмеченный как в составе основной массы пород, так и в псевдоморфозах и друзах. Псевдоморфозы халцедона вместе с находящимися в них минералами образуются в сильно измененных кимберлитах. В результате наложения различных процессов произошли сильные изменения не только в самих кимберлитах, но и в образовавшихся по трещинам жилах. Порода обычно стает светлой в связи с содержанием значительного количества гипса и уменьшением роли гидроксидов железа. Стенки такой породы нередко покрыты друзами мелких кристаллов, которые обычно окутаны гипсом.

Характер и интенсивность развития вторичных минералов в основной массе кимберлитовых пород СП отображают разнообразие процессов карбонатизации и хлоритизации, но не раскрывают всех особенностей их, связанных с образованием серпентинов

и флогопитов. Последние относятся к индикаторным минералам кимберлитов (ИМК), имеющим слоистую структуру, способную отражать условия их образования и даёт возможность использовать их и для анализа постмагматического преобразования кимберлитовых пород. Поскольку полуколичественных характеристик содержания минералов в породе недостаточно, то для выявления индивидуальных черт различных месторождений важным становится установление структурных особенностей минералов (серпентинов, слюдистых образований и др.) основной массы кимберлитов. Это позволяет также выявлять и отмечаемые ранее структурные характеристики этих минералов, связанные или с их структурно-морфологическими, или с видовыми особенностями. Например, серпентиновые минералы в кимберлитах представлены в основном лизардитом, хризотилом и Al-серпентином (септохлоритом).

Признано, что серпентинизация оливина происходит при температурах не выше 500 °С даже при высоких давлениях. При этом лизардит образуется при температуре 400–500 °С, а хризотил – при более низких температурах. Большое значение на течение этого процесса имеет рН условий среды. Проведенными экспериментальными исследованиями процессов серпентинизации установлено, что в кислой среде большая часть оливина замещается лизардитом, в кремнесодержащей щелочной – антигоритом и хризотилом, в нейтральной – лизардитом и хризотилом. Судя по этим и другим минералам, для кимберлитов отмечается закономерное изменение среды метасоматизирующих растворов от кислой через нейтральную до щелочной. Различные кимберлитовые поля СП существенно различаются по содержанию отдельных разновидностей серпентинов. Например, наиболее часто Al-серпентин встречается в трубках Далдынского поля, постепенно снижаясь в диатремах в направлении от Верхне-Мунского, Мирнинского, Накынского до Алакит-Мархинского полей. Наибольшие концентрации минерала отмечены в кимберлитах трубок Зарница и Фестивальная, где он диагностирован в 70 % изученных проб.

На примере трубок Ботуобинская, Нюрбинская, Заполярная и Айхал выявлена [5–10] тенденция к последовательному увеличению количества проб, содержащих Al-серпентин при переходе от порфировых кимберлитов к автолитовым кимберлитовым брекчиям и далее к кимберлитовым туфобрекчиям. Однако в отдельных диатремах одни и те же типы пород, относящиеся к разным диатремам, могут существенно различаться по степени распространения Al-серпентина. Многократная смена рН условий среды в период становления кимберлитов является основной причиной развития дефектов в структуре серпентинов. Количество серпентинов с низкой, средней и высокой степенью дефектности может в определенной мере характеризовать уровень стабильности постмагматических преобразований кимберлитов. Наиболее часто дефектные серпентины встречаются в основной массе кимберлитов трубок Айхал (Алакитское поле) и Нюрбинская (Накынское поле). Эти месторождения подобны по степени распространения Al-серпентина, но существенно отличаются по уровню развития лизардита и хризотила. Например, в основной массе кимберлитов трубки Айхал преобладает хризотил, в то время как в диатреме Нюрбинская более развит лизардит.

Проведенными исследованиями показано, что для основной массы каждой кимберлитовой диатремы наблюдается доминирование индивидуального характера развития минералов над их общими свойствами, главными среди которых являются преобладание серпентин-кальцитовых, кальцит-серпентиновых, хлорит-серпентиновых ассоциаций и уровень распространения Mg-Fe-разновидностей флогопита в основной массе кимберлитовых пород. Отличие кимберлитовых тел обусловлено интенсивностью развития и равномерностью распределения доминирующих вторичных минералов и их



разновидностей (кальцита, доломита, пироаурита, флогопита, хлорита, лизардита и хризотила). Существуют отличия в составе основной массы и вторичных минералов кимберлитов не только в разных трубках, но и в плане их отдельных тел и даже блоков. Охарактеризованы наиболее распространенные в кимберлитовых породах ассоциации новообразований, состоящие из двух и более минералов, большинство из которых являются парагенетическими, что позволило решить некоторые вопросы их постмагматического преобразования.

Обширный материал проведенных минералого-петрологических исследований кимберлитовых пород дал возможность установить, что процессы серпентинизации, карбонатизации, хлоритизации и бруситизации в каждой диатреме имеют индивидуальный характер. Важными результатами проведенных исследований являются рекомендации по возможностям использования вторичных минералов кимберлитов для определения величины эрозионного среза диатрем. Предложены также различные варианты использования основных закономерностей выветривания силикатных пород, типоморфных особенностей глинистых и слюдистых минералов в древних корах выветривания на образованиях различного генезиса и состава. Получены новые данные о свойствах флогопита и продуктов его твердофазовых превращений (хлорита), что имеют важное значение для совершенствования методики прогнозирования и поисков алмазных месторождений.

Для совершенствования методики и повышения эффективности технологии обогащения кимберлитов и извлечения из них полезного компонента рекомендовано использовать установленные особенности вещественного состава пород, получаемые в результате предварительного минералогического картирования, позволяющего делать прогнозную оценку руд. Важно при этом использовать структурно-морфологические и физические свойства как породообразующих, так и сравнительно редко встречающихся в кимберлитовых породах минералов. В частности, установлено широкое распространение в кимберлитах СП пироаурита и брусита, наиболее характерное для глубоких горизонтов коренных алмазных месторождений, где минералы нередко являются породообразующими компонентами. Учитывая большую роль этих минералов в процессе технологической отработки месторождений, вопросам изучения пироауритизации и бруситизации кимберлитовых диатрем следует уделять пристальное внимание. Не менее важными являются задачи по изучению процессов серпентинизации, хлоритизации и карбонатизации, приводящие к изменению физико-механических свойств пород, которые в последующем влияют на состав шихты и извлекаемость из неё полезного компонента. Практическая реализация этих задач возможна только при комплексном изучении вещественного состава кимберлитовых руд с использованием современных физико-химических методов исследований.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бобриевич А. П. Петрография и минералогия кимберлитовых пород Якутии / А. П. Бобриевич, И. П. Илупин, И. Т. Козлов [и др.]. – М. : Недра, 1964. – 190 с.
2. Василенко В. Б. Петрохимические модели алмазных месторождений Якутии / В. Б. Василенко, Н. Н. Зинчук, Л. Г. Кузнецова. – Новосибирск : Наука, 1997. – 568 с.

3. Владимиров Б. М. Классификация кимберлитов и внутреннее строение кимберлитовых трубок / Б. М. Владимиров, С. И. Костровицкий, Л. В. Соловьева [и др.]. – М. : Наука, 1981. – 136 с.
4. Зинчук Н. Н. Особенности состава и распределения слюдястых образований в кимберлитовых породах Якутии / Н. Н. Зинчук // Изв. вузов. Геология и разведка. – 1991. – № 7. – С. 58–66.
5. Зинчук Н. Н. Постмагматические минералы кимберлитов / Н. Н. Зинчук. – М. : Недра, 2000. – 538 с.
6. Зинчук Н. Н. О преобразовании серпентина в процессе выветривания минералов кимберлитов Якутии / Н. Н. Зинчук, Д. Д. Котельников // Докл. АН СССР. – 1980. – Т. 250, № 3. – С. 697–702.
7. Зинчук Н. Н. Вторичные минералы основной массы кимберлитов Якутии / Н. Н. Зинчук, Л. В. Лисковая // Геология алмазов – настоящее и будущее (геологи к 50-летию юбилею г. Мирный и алмазодобывающей промышленности России). – Воронеж : ВГУ, 2005. – С. 824–847.
8. Зинчук Н. Н. Пироаурит в кимберлитовых породах Якутии и его генезис / Н. Н. Зинчук, Ю. М. Мельник, А. Д. Харьков // Докл. АН СССР. – 1982. – Т. 267, № 3. – С. 722–728.
9. Зинчук Н. Н. Кимберлитовая трубка Удачная (вещественный состав и условия формирования) / Н. Н. Зинчук, З. В. Специус, В. В. Зуенко, В. М. Зуев. – Новосибирск : НГУ, 1993. – 147 с.
10. Зинчук Н. Н. Вторичные минералы кимберлитов / Н. Н. Зинчук, А. Д. Харьков, Ю. М. Мельник, Н. П. Мовчан. – Киев : Наук. думка, 1987. – 287 с.
11. Илупин И. П. Распространение и генезис некоторых гидротермальных и гипергенных минералов в кимберлитах Якутии / И. П. Илупин // Сов. геология. – 1962. – № 3. – С. 152–156.
12. Маршинцев В. К. Некоторые вопросы серпентинизации кимберлитов / В. К. Маршинцев, Ю. П. Барашков // Геология и геофизика. – 1979. – № 11. – С. 54–57.
13. Мельник Ю. М. Основные ассоциации вторичных минералов в кимберлитовых породах Якутии / Ю. М. Мельник, Н. Н. Зинчук, А. Д. Харьков // Минер. сб. – 1982. – № 36, вып. 2. – С. 76–83.
14. Милашев В. А. Вторичные изменения кимберлитов / В. А. Милашев // Труды НИИГА. – 1962. – Т. 121. – С. 165–185.
15. Милашев В. А. Парагенетические ассоциации вторичных минералов в кимберлитовых породах / В. А. Милашев // Геохимия. – 1963. – № 6. – С. 557–564.
16. Ровша В. С. Пироаурит из кимберлитов Якутии / В. С. Ровша, С. И. Футенгендлер // Зап. Всесоюз. минерал. об-ва. – 1963. – Ч. 92, вып. 3. – С. 354–359.
17. Свиридов В. Ф. Новые данные об амакините из кимберлитовой трубки Удачная / В. Ф. Свиридов, Т. А. Яковлевская // Изв. АН СССР. Сер. геол. – 1973. – № 10. – С. 144–147.
18. Смирнов Г. И. Таумасит в кимберлитах Якутии / Г. И. Смирнов, А. Д. Харьков // Геология и геофизика. – 1960. – № 12. – С. 116–118.
19. Соболева С. В. Особенности флогопита мантийного происхождения / С. В. Соболева, А. Д. Харьков, Н. Н. Зинчук, Д. Д. Котельников // Зап. Всесоюз. минерал. об-ва. – 1979. – Ч. 108, вып. 6. – С. 678–685.
20. Соболева С. В. Динамика изменения флогопита в процессе формирования кимберлитовых пород Якутии / С. В. Соболева, А. Д. Харьков, Н. Н. Зинчук, Д. Д. Котель-

- ников // Рентгенография минерального сырья и строение минералов. – М. : ВИЭМС, 1981. – С. 147–155.
21. Харьков А. Д. Брусит из кимберлитов Якутии / А. Д. Харьков // Геология и геофизика. – 1961. – № 8. – С. 98–102.
22. Харьков А. Д. Коренные месторождения алмазов Мира / А. Д. Харьков, Н. Н. Зинчук, А. И. Крючков. – М. : Недра, 1998. – 556 с.

*Стаття: надійшла до редакції 10.09.2016  
прийнята до друку 19.10.2016*

## **SPECIFIC FEATURES OF BASIC KIMBERLITE MASS COMPOSITION**

**N. Zinchuk**

*West-Yakutian Scientific Centre of AS Sakha Republic (Yakutia),  
16, Chernyshevskoye highway, Mirnyj, Yakutia, Russia,  
nnzinchuk@rambler.ru*

Carried out investigations indicated, that individual specific features of the basic mass composition of forming them rocks are typical for kimberlite diatremes. Sometimes these differences are proper not only to definite pipes but even to individual bodies and blocks. Processes of serpentinization, carbonate formation, chloritization and brucite formation also have their specific features in each diatreme. Associations of secondary formations, consisting of two and more minerals, also have individual properties typical for the basic mass of kimberlites. Appearance of kimberlites rocks in diatremes to a significant degree is determined by development of a complex of secondary minerals, which emerged after consolidation of rocks as the result of their endo- and exogenous transformations. Analysis of distribution in kimberlites of the Siberian platform of serpentines, phlogopite, chlorite, talc, calcite, dolomite, pyroaurite, brucite and their associations, allowed considering generation conditions of separate new formations and assess their role in creation of individual habit of these diamond-bearing rocks. Distinctions of the latter are conditioned by intensity of development and irregularity of distribution of basic secondary minerals and their varieties. It was established that kimberlites underwent repeated changes in the course of formation, intensity of which at different stages of diatremes formation has individual character and depends on specific conditions of minerogenesis. Bibliography 22 titles, fig 5.

*Key words:* kimberlites pipes, secondary minerals, serpentinization, carbonate formation, chloritization, brucite formation, postmagmatic and hypergene changes secondary minerals.