

УДК 553.251:55.623.6

## СОДЕРЖАНИЕ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВТОРИЧНЫХ МИНЕРАЛОВ В КИМБЕРЛИТОВЫХ ТРУБКАХ В СВЯЗИ С ИХ ОТРАБОТКОЙ

**Н. Зинчук**

*Западно-Якутский научный центр АН Республики Саха (Якутия),  
ул. Ленина, 4/1, 678170 Мирный, РФ  
E-mail: nnzinchuk@rambler.ru*

Приведено основные направления и результаты изучения вторичных минералов кимберлитов Сибирской, Восточно-Европейской и Африканской платформ. Проанализировано распределение серпентина, флогопита, хлорита, талька, кальцита, доломита, пирроаурита, брусита и их ассоциаций в основной массе кимберлитов Сибирской платформы. Рассмотрено некоторые вопросы формирования серпентина и флогопита с использованием особенностей их кристаллической структуры. Общим для кимберлитовых пород Якутской алмазонасной провинции является преобладание серпентин-кальцитовых, кальцит-серпентиновых, хлорит-серпентиновых ассоциаций и уровень распространения Mg-Fe разновидностей флогопита. Кимберлитовые трубки отличаются между собой интенсивностью развития и равномерностью распределения основных вторичных минералов и их разновидностей: кальцита, доломита, пирроаурита, постмагматических магнезиальных и железистых разновидностей флогопита, лизардита, хризотила и Al-серпентина с различной степенью развития дефектов структуры.

*Ключевые слова:* кимберлит, постмагматические минералы, гипергенные минералы, Сибирская платформа, Восточно-Европейская платформа, Сибирская платформа.

Большинство кимберлитовых тел (трубок, даек и жил) – это породы, в разной степени измененные вторичными процессами. Образовавшиеся при этом постмагматические минералы, возникшие в результате пневматолитово-гидротермальных и гипергенных процессов, относятся к вторичным минералам [4, 9–13, 19]. Реальный облик кимберлитовых тел в значительной мере определяется развитием комплекса вторичных минералов, возникших после консолидации породы вследствие эндо- и экзогенных преобразований [11, 12]. Процесс изучения кимберлитовых пород позволил получить многочисленные сведения о вторичных минералах. В некоторых работах описано конкретные минералы, встреченные в отдельных трубках [1, 2, 5–8, 14, 15, 18, 20, 23], в других – освещены узкие вопросы, касающиеся свойств и генезиса вторичных образований [6, 16, 17, 19, 21, 22]. Несмотря на разрозненный характер накопленных результатов, они позволили обнаружить многообразие процессов вторичной минерализации и возникающих при этом новообразований. Полученная информация требовала дальнейшего анализа и обобщения, что предпринято ранее [4, 10–13]. Помимо выполненного анализа и систематизации материала, в этих работах впервые приведены данные комплексного исследования вторичных минералов, выполненные с целью решения вопросов как геологического, так и технологического плана.

Основные результаты этих исследований таковы:

- а) определение диагностических признаков силикатов, карбонатов, оксидов и гидроксидов, сульфидов, сульфатов, галогенидов, фосфатов, боратов;
- б) выявление наиболее распространенных ассоциаций в кимберлитовых породах;
- в) установление факторов, влияющих на постмагматические преобразования кимберлитов;
- г) обоснование роли вторичных минералов при поисках кимберлитовых трубок и влияния их на технологические процессы переработки породы.

Дальнейшее развитие представлений о процессах вторичного преобразования кимберлитов получено в исследованиях по выявлению закономерностей распределения минералов – новообразований основной массы кимберлитов трубок Мир, Удачная, Сытыканская [4, 11–13]. В результате получено свидетельства о том, что исследованные кимберлиты претерпели в процессе формирования неоднократные изменения. Их интенсивность на разных стадиях формирования трубок индивидуальна и зависит от конкретных условий минералообразования. Установлено, что существуют отличия в минеральном составе новообразований не только в разных трубках, но и в отдельных телах и блоках. Впервые охарактеризовано наиболее распространенные в кимберлитовых породах ассоциации новообразований, состоящие из двух и более минералов, большинство из которых является парагенетическими, что позволило решить некоторые вопросы постмагматического преобразования кимберлитовых пород [17]. Выполненные исследования показали сложность и контрастность минералогического облика реальных кимберлитовых пород, что обусловлено развитием комплекса вторичных минералов. К настоящему времени в кимберлитовых породах идентифицировано более 60 минеральных новообразований, входящих в различные классы существующих минералогических классификаций [4, 12, 13].

Однако недостаточно изученным направлением в исследовании закономерностей преобразования кимберлитовых пород оставалось установление роли каждого из вторичных минералов, реконструкция последовательности их образования, устойчивости в различных условиях. Для решения этих вопросов выполнено детальные комплексные исследования вещественного состава и процессов вторичного минералообразования на материале из кимберлитовых диатрем Мирнинского, Далдынского, Алакит-Мархинского, Верхнемунского и Накынского кимберлитовых полей Якутской алмазонасной провинции (ЯАП) [4, 12, 13]. Получен широкий спектр разнообразных выводов, в том числе касающихся типоморфных свойств минералов, среди которых особое внимание уделено серпентину, флогопиту и кальциту как доминирующим минералам кимберлитов. Детально рассмотрено магнетит, кварц, халцедон, брусит и новообразования класса сульфатов. Одним из результатов исследований стала разработка рационального комплекса изучения вещественного состава кимберлитов, позволяющего получить количественную характеристику по содержанию вторичных минералов в основной массе породы. Важным итогом выполненных работ явились рекомендации по возможностям использования вторичных минералов кимберлитов для определения эрозионного среза кимберлитовых диатрем. Также предложено различные варианты использования основных закономерностей выветривания силикатных пород, особенностей глинистых минералов, типоморфных особенностей слюдястых минералов в корках выветривания и осадочных породах на территории ряда древних платформ мира.

Выполненные исследования позволили в некоторой степени восполнить пробел в изучении кимберлитовых пород, когда все петрографические построения производят только для первичных магматических пород, не затронутых процессами вторичного преобразования. В то же время, как показал опыт изучения кимберлитовых пород, нельзя игнорировать процессы их постмагматического преобразования, так как в конечном итоге 90–95 % объема породы составляют вторичные минералы. Однако, несмотря на полученные результаты по комплексному исследованию вторичных процессов в кимберлитах и возникающих при этом минералов, их нельзя считать завершенными. Детальное выяснение характера вторичных преобразований кимберлитов должно быть основной задачей дальнейшего изучения вещественного состава трубок взрыва. Незаслуженно малая роль в этих исследованиях отведена основной массе кимберлитов, которая представлена преимущественно тонкоагрегатной смесью серпентина, карбонатов и флогопита. Особую роль при этом нужно отводить флогопиту и серпентину, которые являются индикаторными минералами кимберлитов. Их геолого-минералогическое значение обусловлено особенностями слоистой структуры, которая отражает физико-химические условия их образования. Кроме того, эти минералы – главные участники серпентинизации, карбонатизации и хлоритизации, основных процессов постмагматических преобразований кимберлитовых пород, которые развиваются в каждой трубке индивидуально. Следовательно, в кимберлитовых породах по-разному протекают процессы привноса–выноса основных породообразующих оксидов. При этом не в полной мере отработаны признаки изменения кимберлитовых пород, которые позволили бы сравнивать различные месторождения и выявлять их общие и индивидуальные черты. Для решения этих проблем следует усилить направление структурных исследований минералов с использованием комплекса современных физико-химических методов.

Установлено, что на распределение вторичных минералов влияют различные факторы. Неравномерность распределения вторичных минералов обусловлена псевдоморфными замещениями. Закономерные изменения связаны с выветриванием и влиянием вмещающих пород. Механизм образования псевдоморфоз серпентина по оливину, а также условия протекания реакций подробно рассмотрено в ряде публикаций [3, 4, 8, 12, 13]. При серпентинизации кимберлитов наблюдается псевдоморфное и непсевдоморфное замещение минералов [12]. Минералы группы серпентина образуются: 1) по основной массе породы; 2) в результате метасоматических преобразований оливина первой и второй генераций, пироксенов и ксенолитов карбонатных пород; 3) за счет гидротермальных процессов [4, 7–13].

Серпентин основной массы кимберлитов делят на две модификации – интерстициальную (заполняющую промежутки между зернами кальцита и других минералов) и псевдоморфную (замещающую карбонаты и другие минералы основной массы). Непсевдоморфный серпентин может возникать при повторной переработке кимберлитовых пород. При этом в условиях повышенной температуры он должен кристаллизоваться в виде антигорита. В результате неоднократно проявляющихся процессов преобразования кимберлитовых пород происходит полная смена первичных ассоциаций вторичными с образованием нового комплекса минералов. В кимберлитах установлено такие разновидности серпентина, как лизардит и хризотил, кристаллизующиеся в разных физико-химических условиях [12, 13]. Считают, что некоторые разновидности скорее относятся к шестислойному унститу [4]. В последнее время в кимберлитовых породах зафиксировано такую разновидность серпентиновых минералов, как Al-серпентин, называемый

ранее септохлоритом [13]. Его образование и развитие в кимберлитах на сегодня изучено слабо. Причины появления и характер распределения этой разновидности серпентина в кимберлитовых породах требуют исследования по нескольким причинам: во-первых, серпентин относится к индикаторным минералам кимберлитов, и изучение его типоморфных свойств является важной задачей поиска алмазных месторождений; во-вторых, процессы изменения Al-серпентина в коре выветривания кимберлитов могут исказить ход закономерных преобразований структуры, свойственных lizardиту и хризотилу.

В результате карбонатизации кимберлитов возникают такие распространенные минералы, как кальцит, доломит и пироаурит. Кристаллизация кальцита в кимберлитах связана с различными процессами формирования кимберлитовых тел [4, 7, 12, 18, 21]. По способу образования выделяют: 1) кальцит, составляющий основную массу; 2) метасоматический кальцит – продукт карбонатизации некоторых минералов кимберлитов; 3) поздний гидротермальный кальцит, выполняющий пустотно-трещинные образования. Кальцит – это полигенный минерал кимберлитов, его всестороннее исследование может дать новую информацию о природе и специфике процессов формирования минерала на разных этапах становления породы.

Кроме того, среди открытых или дискуссионных остаются вопросы об устойчивости и равновесности минерального состава кальцитсодержащих ассоциаций. Вопрос о том, являются ли они закономерным продуктом кристаллизации той или иной стадии кимберлитообразования или есть случайными неравновесными ассоциациями нескольких постмагматических стадий этого процесса, требует уточнения. Например, доломит в кимберлитах Якутии образует мелкозернистые агрегаты и ассоциирует с кальцитом и серпентином. Согласно классическим представлениям о закономерностях кристаллизации доломита, катализатором образования минералов является присутствие различных солей и сульфатов. Пироаурит развивается в основной массе кимберлитов, в псевдоморфозах по оливиному, в ксенолитах различных пород, наблюдается в прожилках. Иногда пироаурит – характерный минерал основной массы кимберлитов, образует блоки в различных месторождениях.

Для совершенствования методики поисков алмазных месторождений большое значение имеет как исследование процессов хлоритизации кимберлитов, так и исследование особенностей флогопита. Это связано с тем, что, как показали более ранние исследования [4, 12, 19], образование хлорита относится к твердофазовым превращениям, когда структура возникающего минерала сохраняет строение трехэтажного слоя исходного флогопита. В кимберлитах флогопит – один из наиболее распространенных минералов, представлен в основном позднемагматической и постмагматической генерациями [4, 12]. Несмотря на широкое распространение флогопита, он изучен недостаточно, что отмечают в публикациях [12, 18]. Некоторые вопросы взаимоотношения позднемагматического и постмагматического флогопита в кимберлитах рассмотрены ранее [19]. Отмечен факт обогащения железистой слюдой контактов с карбонатными ксенолитами и высказано предположение, что развитие постмагматического флогопита происходит не повсеместно, а лишь в породах, обогащенных алюминием и калием (они чаще распространены в периферийных зонах кимберлитовых провинций).

Из сказанного следует, что существует круг нерешенных проблем, связанных с выявлением индивидуальных и общих свойств процессов серпентинизации, карбонатизации и хлоритизации, протекающих в кимберлитовых диатремах. Одним из способов решения этих проблем является анализ развития в основной массе кимберлитов серпен-

тин-карбонатных ассоциаций и таких индикаторных минералов, как флогопит и серпентин. Предпосылка для решения этих задач – обширный фактический материал, полученный в результате рентгенографического изучения вторичных минералов основной массы кимберлитов и структурные исследования серпентина и флогопита [4, 12, 13]. Статистический анализ распределения в основной массе кимберлитов серпентин-карбонатных ассоциаций, серпентина и флогопита с определенными структурными характеристиками позволит сравнивать различные алмазные кимберлитовые трубки.

Анализ развития вторичных минералов выполнен по результатам рентгенографического исследования состава основной массы кимберлитов. Изучение характера развития серпентина, слюды, хлорита, талька, кальцита, доломита, пироаурита, амакинита, брусита, кварца, гипса, галита и ангидрита в основной массе кимберлитов выполнено с использованием таких характеристик минералов, как встречаемость и среднее содержание [12, 13]. Встречаемость позволяют судить о равномерности распределения указанных минералов в различных кимберлитовых телах Якутии, среднее содержание – об интенсивности процессов вторичных преобразований, способствующих появлению того или иного минерала.

В основной массе кимберлитов Сибирской платформы наиболее распространенными минералами являются серпентин, кальцит, доломит, хлорит и слюда, в меньшей степени развиты пироаурит, брусит, кварц, тальк и гипс. Галит и ангидрит распространены не столь широко. Другие вторичные минералы кимберлитов встречаются в основной массе кимберлитов в единичных случаях.

Полученный фактический материал – это еще одно подтверждение выводов, сделанных в результате обобщения обширных материалов исследования кимберлитовых пород и минералов Якутии [1, 2, 4, 10–13, 20, 23]: серпентин, кальцит, доломит, слюда и хлорит относятся к наиболее распространенным минералам кимберлитовых пород Якутии, а процессы серпентинизации, карбонатизации и хлоритизации являются важнейшей составляющей гидротермального изменения пород. В целом наибольшее разнообразие вторичных минералов наблюдают в трубках Мирнинского и Накынского полей, а также в трубке Удачная Далдынского поля. Кроме свойственных кимберлитам серпентина, кальцита, доломита, хлорита, слюды, пироаурита и брусита, в основной массе кимберлитов трубок этих полей есть кварц, галит, гипс, тальк, ангидрит и амакинит. Это свидетельствует о проявлении более многообразных пневматолитово-гидротермальных процессов вторичного преобразования кимберлитовых пород указанных полей. Среди всех кимберлитовых месторождений Сибирской платформы трубка Нюрбинская Накынского поля имеет наиболее равномерное развитие основных вторичных минералов.

Неравномерность распределения серпентина связана со многими факторами: неоднородностью псевдоморфных замещений серпентина и состава кимберлитовых тел, трещиноватостью пород, характером вторичных процессов, количеством ксенолитов мантийных ультраосновных пород, которые, как и кимберлит, серпентинизируются одинаково. Большинство кимберлитовых трубок Сибирской платформы подобны по распределению и среднему содержанию серпентина, за исключением трубок Ботубинская и Нюрбинская Накынского и трубки Айхал Алакит-Мархинского полей. Наименьшую среди месторождений встречаемость серпентина имеют трубки Ботубинская и Нюрбинская, а для трубки Айхал зафиксировали самое низкое среднее содержание (11%), по сравнению с другими изученными кимберлитовыми диатремами. Все без исключения трубки Мунского поля отличаются равномерным распределением серпен-

тина (согласно 100 % встречаемости) и наибольшим значением средних содержаний (30–57 %). Однородность статистических характеристик серпентина в трубках Далдынского поля нарушают месторождения Зарница и Удачная, где минерал развит менее интенсивно по сравнению с другими кимберлитовыми телами этого поля. В соответствии с встречаемостью и средним содержанием серпентина в основной массе кимберлитов Якутии, можно предположить, что в целом процессы серпентинизации в различных трубках сходны, однако наибольшей неравномерностью отличаются Нюрбинская и Ботубинская трубки, а наименьшей интенсивностью – трубка Айхал.

Процессы развития кальцита в основной массе кимберлитов Сибирской платформы по распространенности и интенсивности сопоставимы с серпентинизацией, но отличаются большими вариациями встречаемости и средних содержаний. На распределение и интенсивность развития кальцита влияют: 1) количество ксенолитов в кимберлитах; 2) вмещающие породы; 3) интенсивность поступления в кимберлиты глубинных растворов, обогащенных Са и СО<sub>2</sub>. Наиболее интенсивно и стабильно кальцит развивался в основной массе кимберлитов Далдынского поля, где минерал встречается в 94–100 % изученных образцов, а среднее содержание колеблется от 81 до 92 %. В основной массе кимберлитов трубок Алакит-Мархинского поля кальцит распределен также равномерно, но в среднем содержание его меньше, чем в предыдущих месторождениях. Для кимберлитовых алмазных месторождений Мирнинского и Накынского полей не характерен тот уровень стабильности в развитии кальцита, который свойственен трубкам Алакит-Мархинского и Далдынского полей. Например, в основной массе кимберлитов трубки Интернациональная зафиксировано минимальное (8 %) среднее содержание из всех месторождений Сибирской платформы; кроме того, минерал отмечен лишь в 56 % рассмотренных образцов. В то же время для трубки Мир наблюдается несколько отличная картина по развитию кальцита: встречаемость составляет 94 %, а среднее содержание – 34 %. Однородная картина развития кальцита, не имеющая резких отличительных свойств относительно большинства коренных месторождений описываемой территории, отмечена в кимберлитовых породах Мунского поля.

Доломит в кимберлитах, как правило, ассоциирует с серпентином и кальцитом. Его образование связывают с избытком магния, не израсходованного при образовании серпентина и других магнезиальных минералов [4, 12]. С другой стороны, получены данные, что повышенные концентрации минерала обычно наблюдаются в приконтактных с вмещающими породами участках. Встречаемость минерала в основной массе кимберлитов и средние содержания в кимберлитовых породах Сибирской платформы отличаются значительными колебаниями по сравнению с кальцитом. Наиболее интенсивно доломит развит в основной массе кимберлитов трубок Айхал, Нюрбинская и Ботубинская. В трубках Мунского поля он развит значительно слабее по сравнению с остальными кимберлитовыми полями. Не обнаружены кимберлитовые тела, где доломита нет. Даже в малых содержаниях этот карбонат периодически фиксируют во всех кимберлитовых породах изученных трубок. Анализ связи развития доломита и серпентина в основной массе кимберлитов показывает наличие обратной связи между средними содержаниями серпентина и кальцита в различных месторождениях Сибирской платформы. Из сказанного следует, что в месторождениях Сибирской платформы наблюдается тенденция к увеличению среднего содержания доломита в породе при уменьшении количества серпентина в основной массе кимберлитов.

Пироаурит хотя и является характерным минералом основной массы кимберлитов, степень его развития в кимберлитовых телах неравномерна. Интенсивное формирование минерала нередко захватывает отдельные участки кимберлитовых тел. Наибольшее его распространение и относительно высокие содержания наблюдаются в основной массе кимберлитов Мунского поля и трубке Иреляхская Далдынского. Для месторождений Мирнинского и Накынского полей этот минерал не характерен.

Слюдистые образования (флогопит и хлорит) относятся к наиболее часто встречаемым в кимберлитовых породах Сибирской платформы минералам, но распределены они в основной массе не столь равномерно, как серпентин и кальцит. Флогопит в основной массе кимберлитов образуется в результате позднемагматических и постмагматических процессов. Для хлоритизации минерала необходимо наличие условий слабого водообмена и восстановительной среды с избытком  $Mg^{2+}$  [12, 19]. Среднее содержание флогопита изменяются от 0 (трубка Долгожданная и Деймос) до 19 % (трубка Нюрбинская), а хлорита – от 1 (трубка Интернациональная) до 10 % (трубка Фестивальная). Наиболее равномерно флогопит распределен в основной массе кимберлитов трубок Мирнинского, Накынского полей, Юбилейная и Айхал Алакит-Мархинского, Удачная Далдынского полей. Неоднородность распределения флогопита и хлорита свойственна большинству кимберлитовых пород Мунского и Далдынского полей, причем в трубках Зарница и Долгожданная хлорит развит чрезвычайно слабо при практическом отсутствии флогопита. В целом кимберлитовых пород без хлорита не зафиксировано. Наиболее хлоритизированы кимберлитовые породы трубок Нюрбинская, Ботуобинская, Фестивальная, Сытыканская, Деймос, но в двух последних хлорит распределен менее неравномерно [12, 19]. Исходя из количества сформировавшихся в основной массе слюдистых образований и их средних содержаний, считаем, что половина флогопита, входящего в состав основной массы кимберлитов трубок Нюрбинская и Ботуобинская, хлоритизирована. Для большинства же трубок Алакит-Мархинского, Далдынского и Мунского полей свойственна хлоритизация слюд, которая наиболее интенсивно протекала в трубках Сытыканская, Фестивальная и Деймос, в результате чего произошла полная трансформация слюд в хлорит.

К минералам, довольно часто встречающимся в кимберлитах, но содержащихся в небольшом количестве, нужно отнести тальк, который может возникать при сравнительно небольшом парциальном давлении  $CO_2$  во флюиде при определенных соотношениях  $MgO : CaO : SiO_2$ . Единственным месторождением кимберлитов Якутии, где наблюдаются наиболее интенсивные процессы формирования талька, является трубка Нюрбинская.

Такие минералы, как амакинит, брусит, кварц, гипс, галит, ангидрит и барит, не имеют устойчивых тенденций к распространению в основной массе кимберлитов различных трубок и полей. Исключение – брусит, наиболее интенсивное образование которого приурочено к трубкам Мунского поля, особенно сильно – в месторождениях Новинка и Поисковая. В кимберлитах брусит возникает как при серпентинизации породы, так и в результате воздействия гидротермально-метасоматических растворов на заключительных этапах постмагматической переработки кимберлитов [4, 11–13].

Сравнить различные месторождения при всем многообразии развития вторичных минералов позволит рассмотрение минеральных ассоциаций, полученных по средним содержаниям минералов в основной массе кимберлитовых пород Якутии. Анализ этих ассоциаций позволил детализировать их и выделить десять типов [13, 17].

Наиболее распространенными являются такие ассоциации: хлорит–серпентин, тальк–серпентин и пироаурит–серпентин. При этом среднее содержание хлорита, пироаурита и талька не превышает 13 %. Эти ассоциации формируются практически во всех кимберлитовых породах Якутии, независимо от продуктивности и принадлежности к полям, в отличие от карбонат–серпентиновых. Кальцит–серпентиновая с примесью доломита ассоциация зафиксирована во всех месторождениях Якутии, а серпентин–кальцитовая с примесью доломита свойственна только трубкам Далдынского и Мунского полей. Для этих территорий характерно интенсивное развитие брусит–серпентиновой ассоциации, особенно в трубке Новинка. Для трубок Малоботуобинского, Накынского и Алакит–Мархинского полей наблюдается широкий набор карбонат–серпентиновых ассоциаций, в отличие от Далдынского и Мунского, где он более однороден.

Наблюдается тенденция к преимущественному развитию некоторых типов карбонат–серпентиновых ассоциаций в кимберлитовых трубках определенной продуктивности [13]. Например, промышленные месторождения алмазов содержат широкий набор серпентин–карбонатных ассоциаций, за исключением серпентин–кальцитовой с примесью доломита, что отличает их от непромышленных, где она преобладает. Все среднеалмазные месторождения имеют кальцит–серпентиновую с примесью доломита ассоциацию. Рассмотрение преобладающих ассоциаций в различных типах пород трубки Ботубинская показал отличие, заключающееся в последовательном уменьшении доли серпентина и возрастании кальцита и доломита при переходе от порфировых кимберлитов к автолитовым кимберлитовым брекчиям и далее к кимберлитовым туфобрекчиям. Для трубок Заполярная и Айхал различие ассоциаций в порфировых кимберлитах и автолитовых кимберлитовых брекчиях не установлено. В непромышленных месторождениях фиксируют преобладание серпентин–кальцитовых с примесью доломита ассоциаций вторичных минералов.

Для более детального исследования закономерностей распределения вторичных минералов в основной массе кимберлитов рассмотрено 17 ассоциаций, представленных серпентином, кальцитом, доломитом, пироауритом, хлоритом и бруситом. Анализ различных ассоциаций, из которых серпентин + кальцит является парагенетической, показал, что к общим свойствам всех месторождений Сибирской платформы следует отнести преобладание ассоциаций кальцит–серпентин, серпентин–кальцит и хлорит–серпентин [13, 17]. Другие ассоциации вторичных минералов не имеют столь выраженной стабильности распространения в основной массе кимберлитов по сравнению с предыдущими. Трубки Накынского и Алакит–Мархинского полей обнаруживают многообразие ассоциаций, из которых серпентин–хлоритовая встречается наиболее часто. Для основной массы кимберлитов трубки Нюрбинская наблюдается тенденция к возрастанию доломитовой компоненты по сравнению с трубкой Ботубинская. В основной массе кимберлитов Мунского поля не зафиксированы ассоциации с преобладанием доломита. Кимберлиты и кимберлитоподобные породы Анабарского щита выделяются относительно небольшим набором ассоциаций по сравнению с кимберлитовыми породами Сибирской платформы.

Сравнение ассоциаций из кимберлитовых пород разной продуктивности показывает, что их качественное разнообразие уменьшается при переходе от более алмазоносных к менее алмазоносным породам. Например, для высокопродуктивных кимберлитов трубок Айхал, Интернациональная, Удачная, Мир, Ботубинская и Нюрбинская, наряду с наиболее распространенными, характерны также доломит–серпентин–кальцитовая, серпен-



тин-доломит-кальцитовая и кальцит-серпентин-доломитовая ассоциации. В среднеалмазоносных трубках Сытыканская, Заполярная, Юбилейная, Новинка, Комсомольская, Иреляхская и Зарница предыдущие ассоциации менее проявлены. Для этих трубок характерно преобладание серпентина, что выражается в преимущественном распространении кальцит-серпентиновых ассоциаций. Такие ассоциации, как серпентин-доломит и кальцит-серпентин-доломит, отсутствуют в непродуктивных кимберлитовых телах Зарница, Фестивальная, Долгожданная, Деймос, Поисковая. В этих слабоалмазоносных коренных месторождениях интенсивнее развит кальцит, что привело к широкому распространению ассоциаций с преобладанием этого минерала.

Характер распределения рассмотренных ассоциаций вторичных минералов в основной массе кимберлитов не противоречит данным, полученным с помощью среднего содержания минералов [13, 17]. То есть, алмазоносные кимберлитовые породы Якутии имеют широкий набор ассоциаций, в которых немаловажную роль играет доломит и тальк. В среднеалмазоносных кимберлитовых породах интенсивность развития доломита снижается, а серпентина, напротив, возрастает, что отличает их от высоко- и слабоалмазоносных трубок. Для непродуктивных месторождений характерно наиболее слабое развитие доломита при значительном влиянии кальцита, что приводит к увеличению количества серпентин-кальцитовых ассоциаций.

Анализ распределения ассоциаций в различных типах пород позволил выявить тенденцию к относительному уменьшению роли серпентина с одновременным увеличением влияния кальцита и доломита при переходе от порфировых кимберлитов к автолитовым кимберлитовым брекчиям и далее к кимберлитовым туфобрекчиям. В порфировых кимберлитах преобладают кальцит-серпентиновые ассоциации, в то время как в автолитовых кимберлитовых брекчиях их количество снижается и возрастает количество серпентин-кальцитовых и доломит-серпентин-кальцитовых ассоциаций. Например, для трубки Ботуобинская в порфировых кимберлитах фиксируют ассоциации с преобладанием серпентиновой составляющей. В автолитовых кимберлитовых брекчиях они сменяются ассоциацией с преобладанием кальцитовой составляющей, а в кимберлитовых туфобрекчиях – доломитовой. Кроме того, в автолитовых кимберлитовых брекчиях и кимберлитовых туфобрекчиях развиты тальк-серпентиновые ассоциации, отсутствующие в порфировых кимберлитах. Порфировые кимберлиты и автолитовые кимберлитовые брекчии трубки Айхал имеют подобный характер распределения ассоциаций, но в брекчиях увеличивается количество серпентин-доломит-кальцитовых, серпентин-доломитовых и хлорит-серпентиновых ассоциаций. Для трубки Заполярная, как и для трубки Айхал, общая тенденция в распределении ассоциаций, характерная в целом для месторождения, не нарушается ни в порфировых кимберлитах, ни в автолитовых кимберлитовых брекчиях.

Таким образом, рассмотрение особенностей развития вторичных минералов в основной массе кимберлитов Якутии с использованием таких характеристик, как встречаемость, среднее содержание минералов и анализ их ассоциаций, показало, что отличие месторождений обусловлено, преимущественно, интенсивностью развития и равномерностью распределения карбонатов, флогопита и хлоритов при относительно однородной картине развития серпентинов. Основные ассоциации в кимберлитовых породах Якутии – серпентин-кальцитовые, кальцит-серпентиновые и серпентин-хлоритовые. Различие в характере распределения ассоциаций на месторождениях связано с наличием доломита, пироаурита, брусита и талька.

Характер и интенсивность развития вторичных минералов в основной массе кимберлитов Сибирской платформы показывает разнообразие процессов карбонатизации и хлоритизации, но не раскрывает всех особенностей формирования кимберлитовых пород, связанных с образованием серпентина и флогопита. Подробнее проанализируем развитие этих минералов в основной массе кимберлитов с привлечением структурных исследований. Необходимость детального изучения вызвана тем, что серпентин и флогопит – это индикаторные минералы кимберлитов; кроме того, они имеют слоистую структуру, способную отражать условия образования, что дает возможность использовать их для анализа постмагматических преобразований кимберлитовых пород.

Обширный материал минералого-петрографических исследований кимберлитов позволил отчетливо наблюдать, что процессы серпентинизации в каждой трубке индивидуальны. При этом не совсем конкретно определено, насколько и чем отличаются различные кимберлитовые месторождения. Полуколичественных характеристик содержания минерала в породе недостаточно для выявления индивидуальных черт различных месторождений. Одним из способов, позволяющих в некоторой степени решить имеющуюся проблему, является использование структурных особенностей серпентина и анализ разновидностей, представляющих серпентиновые минералы в основной массе кимберлитов. Практика рентгенографического изучения кимберлитов дала возможность выявить не отмеченные ранее особенности дифракционных характеристик серпентинов, связанные как с их кристаллическим строением, так и с видовым разнообразием.

**Серпентиновые минералы** в кимберлитах представлены лизардитом, хризотилом и Al-серпентином (обнаружен благодаря использованию современной измерительной аппаратуры). Лизардит и хризотил являются индикаторами условий образования. Считают [3, 8], что серпентинизация оливиновых пород происходит при температуре не выше 500 °C даже при высоком давлении. При этом лизардит образуется в интервале 400–500 °C, хризотил – при более низкой температуре. Имеют значение рН-условия среды. Проведение опытов по воспроизведению процесса серпентинизации [3, 13] выявило основные факторы, благоприятствующие образованию разновидностей серпентинов. Оказалось, что в кислой среде 30 % оливина замещается лизардитом, в кремне содержащей щелочной – антигоритом и хризотилом, в нейтральной – лизардитом и хризотилом. Для кимберлитов установлено закономерное изменение среды метасоматизирующих растворов от кислой к нейтральной и далее – щелочной. Кроме лизардита и хризотила в кимберлитах образуется Al-серпентин, который диагностируют по характерному сдвигу базальных линий дифракции в малоугловую область. Такая особенность дифракционной характеристики возникает вследствие сжатия кристаллической решетки минерала, вызванного изоморфными замещениями Al в тетраэдрическом и октаэдрическом слоях [13]. Серпентин с замещениями такого рода называют Al-серпентином (или септохлоритом). Эта разновидность сравнительно широко распространена в основной массе кимберлитов [13].

Наблюдаются случаи полного разрешения линий Al-серпентина и лизардита, как, например, в отдельных горизонтах трубки Ботуобинская, вскрытых скважиной 1/1 с глубины 364 м [13]. Для этого образца изучено изменение характеристик разновидностей серпентина при прокаливании в диапазоне  $T = 600\text{--}720$  °C с интервалом 40 °C, в результате чего выяснено, что разрушение структуры Al-серпентина происходит медленнее и при более высокой температуре, чем лизардита. Полученный факт подтверждает диагностику септохлорита, так как известно, что вхождение Al в структуру серпентина по-

вышает его устойчивость к воздействию температуры [12, 17]. Условия, способствующие появлению септохлорита в кимберлитах, на настоящий момент не выявлены. Образование этой разновидности за счет изменения оливина исключено в связи со структурными особенностями минерала. Некоторые предположения можно сделать, используя результаты известных опытов по гидротермальному преобразованию лизардита в септохлорит в присутствии геля  $Al_2O_3$  при  $T = 300\text{--}600\text{ }^\circ\text{C}$  и  $P_{H_2O} = 1\ 000$  атм [13]. Эксперименты показали, что при  $T = 400\text{ }^\circ\text{C}$  появляется Фд-серпентин, при  $500\text{ }^\circ\text{C}$  Al-серпентин преобладает над лизардитом, а при  $600\text{ }^\circ\text{C}$  формируется только Al-серпентин. Согласно этим данным, Al-серпентин в кимберлитах может образовываться по лизардиту, но температура при этом не должна превышать  $640\text{ }^\circ\text{C}$ , так как при таких условиях в основной массе кимберлитов начинает кристаллизоваться оливин.

Как показал анализ степени распространения Al-серпентина в основной массе кимберлитовых пород Якутии, различные поля отличаются по этому признаку. Например, наиболее часто эта разновидность серпентина встречается в трубках Далдынского поля, далее по мере снижения степени распространения располагаются трубки Мунского, Мирнинского, Накынского и Алакит-Мархинского полей. Минерал не обнаружен в основной массе кимберлитов трубок Сытыканская, Новинка, в единичных случаях его фиксируют в кимберлитах трубки Мир. Больше всего Al-серпентина в трубках Зарница (69 % от общего количества изученных образцов) и Фестивальная (64 %).

На примере трубок Ботубинская, Нюрбинская, Айхал и Заполярная выявлено тенденцию к последовательному увеличению количества образцов, содержащих Al-серпентин при переходе от порфировых кимберлитов к автолитовым кимберлитовым брекчиям и далее к кимберлитовым туфобрекчиям [13]. Однако породы одного и того же типа разных месторождений могут существенно различаться по степени распространения Al-серпентина.

Столь широкое распространение Al-серпентина в основной массе кимберлитов требует уточнения типоморфных признаков серпентина из кимберлитов, установленных ранее [4, 12, 13]. Важно также учитывать присутствие Al-серпентина в породе, так как это может исказить закономерную картину преобразования серпентинов в процессе выветривания [10] в силу особенностей состава тетраэдрического слоя минерала.

Опыт рентгенографического изучения основной массы кимберлитов дал возможность обнаружить и изучить такую дифракционную особенность серпентина, как неустойчивость базальных отражений. Серия исследований и экспериментов позволила установить причину этого явления: развитие дефектов O–OH-связей в структуре серпентина. Результаты выполненных нами исследований [13] и данные предшествующих работ [4, 12] дают возможность утверждать, что установленные нарушения в структуре серпентина отражают механизм преобразования оливина с многоэтапной сменой условий среды от кислой через нейтральную к щелочной. Многократная смена pH условий среды в период становления кимберлитов является основной причиной развития дефектов в структуре серпентина, связанных с увеличением количества нарушений O–OH-связей. Значительная нестабильность условий образования серпентина приводит к формированию индивидов с высокой степенью дефектности структуры, рентгенографическим признаком чего является относительное ослабление линий дифракции минерала от серии плоскостей 00 $l$ . Использование этого признака позволило разработать способ качественной оценки степени дефектности серпентинов [12, 13], который применяют при анализе дифракционных характеристик минералов основной массы кимберлитов.

При этом предполагают, что количество серпентинов с низкой, средней и высокой степенью дефектности косвенно характеризует уровень стабильности постмагматических преобразования кимберлитовых пород.

Наиболее часто дефектные серпентины встречаются в основной массе кимберлитов трубок Айхал и Нюрбинская [13]. Эти месторождения, кроме того, подобны по степени распространения Al-серпентина, но отличаются по уровню развития лизардита и хризотила. Например, в основной массе кимберлитов трубки Айхал преобладает хризотил, а в трубке Нюрбинская – лизардит. Прямо противоположная картина зафиксирована в трубках Заполярная и Новинка, принадлежащих к Мунскому полю, где существенно преобладают серпентины с низкой степенью развития дефектов. Но эти трубки тоже различаются между собой по развитию лизардита и хризотила.

В кимберлитовых породах Мирнинского поля чаще встречается лизардит со структурой низкой и средней степени дефектности. Кимберлитовые тела трубок Мир и Интернациональная отличаются относительным увеличением в основной массе пород Al-серпентина и хризотила. В трубках Накынского поля, напротив, возрастает доля дефектных разновидностей серпентина. Устойчивых направлений в распространении серпентинов с определенным уровнем развития дефектов в различных кимберлитовых полях Сибирской платформы не выявлено. Этот признак является локальным для каждого месторождения и отражает индивидуальный характер процессов серпентинизации.

Для различных типов пород трубок Ботубинская, Заполярная и Айхал установлено тенденцию к увеличению количества дефектных серпентинов в автолитовых кимберлитовых брекчиях по сравнению с порфиловыми кимберлитами при соответствующем уменьшении количества серпентинов с низкой степенью развития дефектов [13]. Это подтверждает вывод о связи развития дефектов в структуре серпентинов с уровнем стабильности постмагматических преобразований кимберлитовых пород.

Статистический анализ распространения лизардита, хризотила и септохлорита в основной массе кимберлитов и качественная оценка развития дефектов структуры этих минералов позволяет сравнивать различные месторождения Сибирской платформы. Поскольку формирование определенных разновидностей серпентина и возникновение разнообразных нарушений их кристаллического строения связано с конкретными условиями образования, то установленные характеристики коренных алмазных месторождений дают возможность сравнивать процессы серпентинизации, протекающие в различных кимберлитовых породах. Количество участков в кимберлитовых телах, где происходит образование серпентинов с рассматриваемыми свойствами, отражает особенности процессов серпентинизации и, в конечном итоге, формирует индивидуальный облик каждого месторождения.

**Флогопит**, наряду с кальцитом и серпентином, значительно распространен в основной массе кимберлитовых пород Якутии [4, 12, 13], где представлен магматической и постмагматической генерациями. Характер развития каждой генерации флогопита изучен недостаточно. Между тем это представляет интерес как для анализа процессов постмагматических преобразований кимберлитов, так и для сравнения различных месторождений алмаза. Выполнить такого рода исследования позволяют данные структурных исследований флогопита различных генераций из кимберлитов [12, 13], примененные при интерпретации результатов статистического анализа дифракционных характеристик минерала в основной массе кимберлитов. По ним дополнительно к встречаемости и средним содержаниям минерала в каждом из месторождений получены значения

$I_{004}/I_{005}$ , характеризующие Mg-Fe состав [13]. Согласно оцененному составу, в породах есть Mg, Mg-Fe и Fe разновидности флогопита. Как показали предварительно выполненные структурные исследования флогопита различного генезиса из кимберлитов, состав минерала отражает различие условий образования [19]. Выявлено, что среди магнезиально-железистых разновидностей преобладает позднемагматический флогопит. Постмагматический флогопит, как правило, существенно магнезиальный или преимущественно железистый. Большинство магнезиальных постмагматических разновидностей образовалось в гидротермальных условиях, так как им свойственен смешанный политип  $1M_1 + 2M_1$ . Железистые разновидности относятся в ряду флогопит–тетраферрифлогопит со значительным количеством  $Fe^{3+}$  в тетраэдрической позиции. Согласно условиям, способствующим формированию этого типа слюд в карбонатитах и щелочных метасоматитах [13], постмагматический тетраферрифлогопит в кимберлитовых породах, вероятнее всего, образуется по ксенолитам карбонатных пород.

Как показывают опыты по гидротермальному синтезу [13, 19], флогопит образуется при температуре 900–950 °С. Кристаллизации же тетраферрифлогопита способствует обедненная алюминием среда, имеющая щелочную реакцию и содержащая достаточное количество  $Fe^{3+}$ ; в этом случае нижняя граница температуры находится в области 280–300 °С. Эти данные и результаты выполненных нами исследований флогопита дают возможность предположить: постмагматический тетраферрифлогопит является более низкотемпературным и, следовательно, более поздним образованием по сравнению с магнезиальными разновидностями этой же генерации. Предполагают, что образование постмагматической слюды происходит вместе с кальцитом под влиянием  $CO_2$ , что создает кислую среду, в то время как необходимое условие для формирования тетраферрифлогопита – наличие щелочной среды [13]. Вторичные процессы в кимберлитах происходят при последовательном изменении среды от кислой через нейтральную к щелочной [12]. И эту закономерность можно использовать для обоснования более позднего происхождения постмагматического тетраферрифлогопита. Это предположение подтверждено также петрологическими выводами о том, что высокомагнезиальные минералы, в том числе слюды, вследствие изменения термодинамических условий сменяются позднее более железистыми разновидностями [19]. Полученные выводы позволяют интерпретировать распределение Mg, Mg-Fe и Fe разновидностей флогопита в кимберлитах с генетической точки зрения.

Изучение распределения флогопита различного магнезиально-железистого состава в основной массе кимберлитов показало, что Mg-Fe разновидность является наиболее стабильной частью общего количества флогопита, представляющего изученные месторождения. В кимберлитовых породах Якутии количество встреченного Mg-Fe флогопита изменяется в относительно узких пределах – от 22 до 38 % от общего количества рассмотренных разновидностей [13]. В отличие от Mg-Fe группы, количество постмагматического магнезиального флогопита и железистого тетраферрифлогопита изменяется в более широких пределах: от 22 до 52 % и от 10 до 59 %, соответственно.

Изученные месторождения различаются по характеру распределения флогопита разного состава. Наибольшее количество постмагматического магнезиального флогопита в основной массе кимберлитов отмечено в трубках Нюрбинская, Ботуобинская и Айхал, что отличает их от Юбилейной, Удачной и Заполярной, где больше распространен постмагматический тетраферрифлогопит. Отсюда следует, что в кимберлитовых месторождениях Сибирской платформы доля позднемагматического флогопита существенно

не меняется, в отличие от постмагматических генераций различного состава. Следуя особенностям условий образования гидротермального Mg-флогопита и тетраферрифлогопита, можно предположить, что большая часть постмагматической слюды в кимберлитах трубок Айхал, Ботуобинская и Нюрбинская образовалась в более ранний высокотемпературный период становления пород [12, 13]. В отличие от них, в трубках Юбилейная, Удачная и Заполярная преобладает низкотемпературный тетраферрифлогопит.

Анализ распространения в основной массе кимберлитов Якутии флогопита Mg, Mg-Fe и Fe состава показал, что общей чертой рассмотренных месторождений является стабильность относительного количества Mg-Fe разновидностей, большинство из которых относится к позднемагматической генерации [19]. Индивидуальные признаки месторождений кимберлитов обусловлены характером распределения постмагматических Mg и Fe разновидностей флогопита, количество которых изменяется существенно по сравнению с Mg-Fe разновидностями.

Из вышесказанного следует, что для основной массы кимберлитов каждого из кимберлитовых тел наблюдается доминирование индивидуального характера развития вторичных минералов над их общими свойствами. Среди общих свойств – преобладание серпентин-кальцитовых, кальцит-серпентиновых, хлорит-серпентиновых ассоциаций и уровень распространения Mg-Fe разновидностей флогопита в основной массе кимберлитов. Отличие месторождений обусловлено интенсивностью развития и равномерностью распределения таких вторичных минералов и их разновидностей, как кальцит, доломит и пироаурит, магнезиальный и железистый постмагматический флогопит, лизардит, хризотил и Al-серпентин с различной степенью развития дефектов структуры.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алмазные месторождения Якутии / [А. П. Бобриевич, М. И. Бондаренко, М. А. Гневушев и др.]. – М. : Госгеолтехиздат, 1959. – 527 с.
2. Благулькина В. А. К минералогии связующей массы кимберлита / В. А. Благулькина, В. С. Ровша, Н. Н. Сарсадских // Зап. Всесоюз. минерал. об-ва. – 1965. – Ч. 94, вып. 1. – С. 471–476.
3. Варлаков А. С. Породообразующие минералы группы серпентина / А. С. Варлаков. – Свердловск : Изд-во УНЦ АН СССР, 1983. – 81 с.
4. Вторичные минералы кимберлитов / Н. Н. Зинчук, А. Д. Харьков, Ю. М. Мельник, Н. П. Мовчан. – Киев : Наук. думка, 1987. – 284 с.
5. Галимов Э. М. Природа карбонатного компонента в кимберлитах / Э. М. Галимов // Геохимия. – 1989. – № 3. – С. 337–348.
6. Гидротермальный кальцит из кимберлитов Якутии / Г. В. Кузнецов, С. С. Мацюк, Н. Н. Зинчук, В. П. Серенко // Зап. Всерос. минерал. об-ва. – 1995. – № 6. – С. 87–100.
7. Егоров К. Н. Изменение изотопного состава углерода и кислорода в процессе метасоматических преобразований кимберлитов / К. Н. Егоров // Докл. АН СССР. – 1986. – Т. 286, № 2. – С. 429–433.
8. Звягин Б. Б. Кристаллохимические особенности серпентиновых минералов / Б. Б. Звягин // Изв. АН СССР. Сер. геол. – 1981. – № 11. – С. 106–117.
9. Зинчук Н. Н. Распределение вторичных минералов в кимберлитовых породах Якутии / Н. Н. Зинчук // Изв. АН СССР. Сер. геол. – 1990. – № 5. – С. 70–83.

10. Зинчук Н. Н. Коры выветривания и вторичные изменения кимберлитов Сибирской платформы / Н. Н. Зинчук. – Новосибирск : Изд-во НГУ, 1994. – 240 с.
11. Зинчук Н. Н. Влияние вторичных минералов на облик и состав кимберлитовых пород / Н. Н. Зинчук // Геология и геофизика. – 1998. – Т. 39, № 12. – С. 1704–1715.
12. Зинчук Н. Н. Постмагматические минералы кимберлитов / Н. Н. Зинчук. – М. : Недра, 2000. – 538 с.
13. 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 : Изд-во ВГУ, 2005. – С. 824–847.
14. Илупин И. П. Распространение и генезис некоторых гидротермальных и гипергенных минералов в кимберлитах Якутии / И. П. Илупин // Сов. геология. – 1962. – № 3. – С. 152–156.
15. Классификация кимберлитов и внутреннее строение кимберлитовых трубок. – М. : Наука, 1981. – 136 с.
16. Лебедев А. А. Серпентинизация в кимберлитах / А. А. Лебедев, Г. И. Смирнов // Тр. ЯФ СО АН СССР. – 1963. – № 9. – С. 103–105.
17. Мельник Ю. М. Основные ассоциации вторичных минералов в кимберлитовых породах Якутии / Ю. М. Мельник, Н. Н. Зинчук, А. Д. Харьков // Минерал. сб. – 1982. – № 36, вып. 2. – С. 76–83.
18. Милашев В. А. Вторичные изменения кимберлитов / В. А. Милашев // Тр. НИИГА. – 1962. – Т. 121. – С. 165–185.
19. 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. Петрография и минералогия кимберлитовых пород Якутии / [А. П. Бобриевич, И. П. Илупин, И. Т. Козлов и др.]. – М. : Недра, 1964. – 192 с.
21. Подвысоцкий В. Т. Серпентин-карбонатная минерализация в кимберлитах / В. Т. Подвысоцкий // Зап. Всесоюз. минерал. об-ва. – 1985. – Ч. 114, вып. 2. – С. 234–248.
22. Рожков И. С. Древняя кора выветривания кимберлитов трубки имени XXIII съезда КПСС (Якутия) / И. С. Рожков, А. Д. Харьков, Ю. М. Мельник // Докл. АН СССР. – 1969. – Т. 188, № 5. – С. 1130–1133.
23. Харьков А. Д. Коренные месторождения алмазов мира / А. Д. Харьков, Н. Н. Зинчук, А. И. Крючков. – М. : Недра, 1998. – 555 с.

*Стаття: надійшла до редакції 20.02.2012  
прийнята до друку 29.05.2012*

## GRADE AND DISTRIBUTION OF SECONDARY MINERALS IN KIMBERLITE PIPES IN CONNECTION WITH THEIR MINING

**M. Zinchuk**

*West-Yakutian Scientific Centre of RS (Y) AS,  
4/1, Lenin St., 678170 Myrnyi, Republic Sakha (Yakutiya), Russian Federation  
E-mail: nnzinchuk@rambler.ru*

Basic guidelines and studying results of secondary minerals of the Siberian, East-European and African platforms kimberlites are cited. Distribution analysis of serpentines, phlogopite, chlorite, talc, calcite, dolomite, pyroaurite, brucite and their associations in groundmass of the Siberian platform kimberlites has been made in more detail. Predominance of serpentine-calcite, calcite-serpentine, chlorite-serpentine associations and distribution level of Mg-Fe varieties of phlogopites are general properties of Yakutian diamondiferous province kimberlites. The role of each mineral in formation of individual image of kimberlite pipes is shown. Distinctions of the latter ones are conditioned by development intensity and distribution uniformity of basic secondary minerals and their varieties: calcite, dolomite, pyroaurite, Mg and Fe phlogopite, lizardite, chrysotile and Al-serpentine.

*Key words:* kimberlites, postmagmatic minerals, hypogene minerals, Siberian platform, East-European platform, African platform.

## ВМІСТ І РОЗПОДІЛ ВТОРИННИХ МІНЕРАЛІВ У КІМБЕРЛІТОВИХ ТРУБКАХ У ЗВ'ЯЗКУ З ЇХНІМ ВІДПРАЦЮВАННЯМ

**М. Зінчук**

*Західноякутський науковий центр АН Республіки Саха (Якутія),  
вул. Леніна, 4/1, 678170 Мирний, РФ  
E-mail: nnzinchuk@rambler.ru*

Наведено головні напрями та результати вивчення вторинних мінералів кімберлітів Сибірської, Східноєвропейської та Африканської платформ. Детально проаналізовано розподіл серпентину, флогопіту, хлориту, тальку, кальциту, доломіту, піроауриту, бруситу та їхніх асоціацій в основній масі кімберлітів Сибірської платформи. Спільним для кімберлітових порід Якутської алмазонасної провінції є переважання серпентин-кальцитових, кальцит-серпентинових, хлорит-серпентинових асоціацій та рівень поширення Mg-Fe різновидів флогопіту. Кімберлітові трубки відрізняються за інтенсивністю розвитку й рівномірністю розподілу головних вторинних мінералів та їхніх різновидів – кальциту, доломіту, піроауриту, післямагматичних Mg і Fe різновидів флогопіту, лїзардиту, хризотилу та Al-серпентину з різним ступенем розвитку дефектів структури.

*Ключові слова:* кімберліти, післямагматичні мінерали, гіпергенні мінерали, Сибірська платформа, Східноєвропейська платформа, Африканська платформа.