

Н. Н. Зинчук, д-р геол.-минерал. наук, проф., акад. АН РС(Я),
председатель Западно-Якутского научного центра Академии наук
Республики Саха (Якутия), г. Мирный, nnzinchuk@rambler.ru,
М. Н. Зинчук, научный сотрудник (Западно-Якутский научный центр
Академии наук Республики Саха (Якутия)), г. Мирный, nnzinchuk@rambler.ru

ОСНОВНЫЕ АССОЦИАЦИИ ВТОРИЧНЫХ МИНЕРАЛОВ В КИМБЕРЛИТАХ И ИХ ЗНАЧЕНИЕ

Проведённое комплексное изучение вторичных минералов и их основных ассоциаций в кимберлитовых породах показало, что существует круг нерешенных проблем, связанных с выявлением индивидуальных и общих свойств серпентинизации, карбонатизации и хлоритизации. Одним из способов решения этих проблем является анализ развития в основной массе кимберлитов серпентин-карбонатных ассоциаций и таких индикаторных минералов, как флогопит и серпентин. Предпосылкой для решения этих задач является обширный фактический материал, полученный в результате комплексного изучения вторичных минералов основной массы кимберлитов, и структурные особенности серпентинов и флогопитов. Статистический анализ распределения в основной массе кимберлитов серпентин-карбонатных ассоциаций, серпентинов и флогопитов с определёнными структурными характеристиками позволит обоснованно сравнивать кимберлитовые диаграммы (и в первую очередь коренные алмазные месторождения) различных древних платформ мира.

Ключевые слова: кимберлиты, ассоциации вторичных минералов, серпентинизация, карбонатизация, хлоритизация.

Ранее проведёнными исследованиями было установлено [1–5, 7–23, 25], что характерной чертой кимберлитовых тел древних платформ мира является в целом значительная изменчивость параметров их вещественного состава. Высокий градиент изменчивости вещественных признаков в объёме кимберлитовых тел во многом связан с полигенностью и гетерохронностью компонентов самих слагающих трубки пород, охватывающих диапазон условий образования от верхней мантии, через пневматолитово-гидротермальную стадию до гипергенеза. Нашими исследованиями показано [7–11, 16, 23], что сложность и контрастность минералогического облика кимберлитовых пород в значительной степени обусловлены

развитием комплекса вторичных минералов, которые существенно различаются в различных регионах мира [23]. Так, к настоящему времени в кимберлитовых породах Сибирской платформы идентифицировано более 50 минералов-новообразований, входящих в классы: силикатов (серпентин, флогопит, хлорит, вермикулит, тальк, монтмориллонит, сепиолит, таумасит), карбонаты (кальцит, доломит, арагонит, пироаурит, шортит, стронцианит, магнезит, гидромагнезит, хантит), оксиды и гидроксиды (магнетит, гематит, гётит, амакинит, кварц, халцедон, брусит), сульфиды (пирит, сфалерит, галенит, миллерит, пирротин, пентландит), сульфаты (ангидрит, гипс, целестин, барит, эпсомит, метабазалюминит, брошантит), галогени-

ды (галит), фосфаты (франколит), бораты (екатеринит, ферросайбелиит) и битумы. Под новообразованиями кимберлитов мы [2, 7–11, 16, 23] понимаем все минералы, сформировавшиеся из термальных растворов, под которыми подразумеваются не только постмагматические ювенильные, но и растворы, образовавшиеся как в период формирования трубки, так и на более поздних этапах её становления. Установление места и роли каждого из вторичных минералов, реконструкция последовательности их образования, устойчивости в различных условиях имеют важное значение для понимания природы и преобразования кимберлитовых пород, а также получения новых данных о типоморфизме новообразований, что является существенным вкладом в поисковую минералогию алмаза – главного минерала кимберлитов. Исследование различных аспектов типоморфизма вторичных минералов, возникающих в процессе становления и экзогенного преобразования кимберлитовых тел, должно позволить сформулировать рекомендации, в которых будет очерчен круг важных в поисковом отношении вторичных минералов и оценена степень их значимости для совершенствования минералогических методов поисков коренных месторождений алмазов [2, 8, 10].

Большинство кимберлитовых тел (трубок, даек и жил) представляют собой породы, в разной степени изменённые вторичными процессами. Образовавшиеся при этом постмагматические минералы, возникшие в результате пневматолитово-гидротермальной деятельности, относятся к вторичным новообразованиям [7–11]. Реальный облик кимберлитовых тел в значительной мере определяется развитием комплекса вторичных минералов, возникших после консолидации породы в результате эндо- и экзогенных преобразований. Процесс извлечения кимберлитовых пород позволил получить многочисленные новые сведения о вторичных минералах. В некоторых работах приводилось описание конкретных минералов,

встреченных в отдельных трубках [1, 13, 16, 19–22], в других – освещались узкие вопросы, касающиеся свойств и генезиса вторичных образований [2–5, 8–12, 15–18]. Несмотря на разрозненный характер накопленных результатов, они позволили обнаружить многообразие процессов вторичной минерализации и возникающих при этом новообразований. По мере накопления аналитического материала требовалось его обобщение [8, 10, 11]. Помимо выполненного анализа и систематизации материала, нами впервые были проведены комплексные исследования вторичных минералов кимберлитов, выполненные с целью решения вопросов как геологического, так и технологического плана. К основным задачам этих исследований относятся: а) определение диагностических признаков всех установленных минералов; б) выявление наиболее распространенных ассоциаций новообразований в кимберлитах; в) установление факторов, влияющих на постмагматические преобразования кимберлитов; г) обоснование роли вторичных минералов при поисках кимберлитовых трубок и влияние их на технологические особенности переработки кимберлитов. Дальнейшее развитие представлений о процессах вторичного преобразования кимберлитов основано на проведённых нами исследованиях по выявлению закономерностей распределения новообразований основной массы пород трубок Мир, Интернациональная, Дачная, имени XXIII съезда КПСС, Удачная, Сытыканская, Юбилейная, Ботубинская, Нюрбинская и др. Были получены свидетельства того, что исследованные кимберлитовые породы претерпели в процессе формирования неоднократные изменения. Их интенсивность на разных стадиях формирования трубок имела индивидуальный характер и зависит от конкретных условий минералообразования. Установлено [9–11], что существуют отличия в минеральном составе новообразований не только в разных трубках, но и в объёме отдельных тел и блоков. Впервые охарактеризованы наиболее распро-

странённые в кимберлитовых породах ассоциации новообразований, состоящих из двух и более минералов, большинство из которых являются парагенетическими, что позволило решить некоторые вопросы постмагматического преобразования кимберлитов. Недостаточно изученным направлением в исследовании закономерностей преобразования кимберлитовых пород оставалось определение роли каждого из вторичных минералов, реконструкции последовательности их образования и устойчивости в разных условиях. Для решения этих вопросов проведены детальные комплексные исследования вещественного состава и процессов вторичного минералообразования на каменном материале из кимберлитовых диатрем Мирнинского, Далдынского, Алаakit-Мархинского, Верхнемунского и Накынского кимберлитовых полей Якутской алмазонасной провинции (ЯАП). Особое внимание уделено серпентинам, кальцитам и флогопитам как доминирующим вторичным новообразованиям кимберлитов. Детально комплексно изучены также магнетит, кварц, халцедон, брусит и новообразования класса сульфатов. Одним из результатов исследований стала разработка рационального комплекса методов изучения вещественного состава кимберлитов, позволяющего получить количественные оценки содержания вторичных минералов в основной массе породы. Важный итог выполненных работ – рекомендации по возможностям использования вторичных минералов кимберлитов для определения величины эрозионного среза кимберлитовых диатрем [8, 10]. Предложены различные варианты использования основных закономерностей выветривания силикатных пород, типоморфных свойств и особенностей глинистых и слюдяных минералов в корках выветривания и осадочных породах на территории Сибирской платформы [6, 8, 24]. Выполненные исследования позволили в некоторой степени восполнить пробел в изучении кимберлитовых пород, связанный с тем, что все петрографиче-

ские построения производились только для первичных магматических пород, не затронутых процессами вторичного преобразования. В то же время, как показали наши исследования, нельзя игнорировать процессы их постмагматического преобразования, так как нередко до 90–95 % объёма кимберлитов ЯАП составляют вторичные минералы, делая такие породы апокимберлитами [8–10].

Детальное исследование характера вторичных преобразований кимберлитов должно быть основной задачей дальнейшего изучения вещественного состава кимберлитовых диатрем. Незаслуженно малая роль в этих исследованиях отведена основной массе кимберлитов, которая представлена преимущественно тонкоагрегатной смесью серпентина, карбонатов и флогопита. Особая роль при этом должна отводиться флогопиту и серпентину, которые относятся [8, 10] к индикаторным минералам кимберлитов. Их геолого-минералогическое значение обусловлено особенностями слоистой структуры [6, 24], которая отражает физико-химические условия их образования. Кроме того, эти минералы являются главными участниками серпентинизации, карбонатизации, хлоритизации – основных процессов постмагматического преобразования кимберлитовых пород, которые развиваются в каждой трубке индивидуально [8–11]. В кимберлитовых породах по-разному протекают процессы привноса-выноса основных породообразующих оксидов. Однако не в полной мере установлены признаки изменения кимберлитовых пород, которые позволили бы сравнивать различные месторождения и выявлять их общие и индивидуальные черты. Для решения этой проблемы следует усилить направление структурных исследований минералов с использованием современных методик [6, 24]. На распределение вторичных минералов в кимберлитах влияют различные факторы. Неравномерность распределения вторичных минералов во многом обусловлена псевдоморфными замещениями. Закономерные изменения связаны также

с выветриванием и влиянием вмещающих пород. Механизм образования псевдоморфоз серпентина по оливину, а также условия протекания таких реакций подробно рассмотрены в ряде наших предыдущих публикаций [10, 11], в которых охарактеризовано как псевдоморфное, так и непсевдоморфное замещение слагающих породу компонентов. Минералы группы серпентина (лизардит, хризотил и антигорит) образуются: по основной массе породы; в результате метасоматических преобразований оливина I и II генераций, пироксенов и ксенолитов карбонатных пород; за счёт пневматолитово-гидротермальных процессов. Отмечено также [10], что серпентин основной массы кимберлитов делится на две модификации – интерстициальную, заполняющую промежутки между зёрнами кальцита и других минералов, и псевдоморфную, замещающую карбонаты и другие минералы основной массы. При этом наблюдаемые карбонат-серпентиновые псевдоморфозы по оливину формируются при замещении сначала серпентином, по которому в свою очередь развивается карбонат. Непсевдоморфный серпентин может возникать при повторной переработке кимберлитовых пород, причём в условиях повышенных температур он обычно кристаллизуется в виде антигорита. В результате неоднократно проявляющихся процессов преобразования кимберлитовых пород происходит полная смена первичных ассоциаций вторичными с образованием нового комплекса минералов. Установленные в кимберлитах разновидности серпентина кристаллизуются в разных физико-химических условиях. В последнее время в кимберлитовых породах зафиксирована [10] такая разновидность минералов этой группы, как Al-серпентин, образование и развитие которого в кимберлитах пока слабо изучено.

Серпентиновые минералы характерны и для кимберлитовых пород Африканской платформы. Так, в детально изученных нами кимберлитах верхних частей трубки Катока (Ангола) серпентины представле-

ны в основном лизардитом, который характеризуется параметром $b = 0,9225$ нм. Чёткие рефлексы 20l, 13l на втором эллипсе электронограмм от текстур соответствуют политипной группе A с небольшой примесью группы D. Слабые размытые рефлексы 02l, 11l на первом эллипсе указывают на присутствие структуры 1T с нарушениями регулярного чередования слоёв [6]. Для лизардитов из более глубоких горизонтов трубки Катока установлена смесь двух политипов – 1T и 3R (при небольшом преобладании первого), относящихся к группе A. Отмечена структурная неупорядоченность таких образцов, которая указывает на присутствие в них двух сложных (нестандартных) ортогональных типов лизардита, впервые установленного нами при изучении верхних горизонтов трубки Катока, подвергшихся глубокому химическому гипергенному преобразованию. Здесь впервые нами, совместно с А. П. Жухлистым (ИГЕМ РАН), установлено также развитие по лизардиту упорядоченного лизардит-сапонитового смешанослойного образования.

В результате карбонатизации кимберлитов возникают такие распространённые минералы, как кальцит, доломит и пироаурит. Кристаллизация кальцита в кимберлитах связана с различными процессами формирования кимберлитовых тел. Минерал по способу образования разделяется на кальцит, слагающий основную массу, метасоматический кальцит – продукт карбонатизации некоторых минералов кимберлитов и поздний гидротермальный кальцит, выполняющий пустоты и трещины в породах диатрем. Кальцит относится к полигенным минералам кимберлитов, всестороннее исследование которых может дать новую информацию о природе и специфике процессов формирования минерала на разных этапах становления породы. Кроме того, в числе дискуссионных остаются вопросы устойчивости и равновесности минерального состава кальцит-содержащих ассоциаций. Вопрос о том, являются ли они закономерным продуктом кристаллизации той или иной стадии

кимберлитообразования или представляют собой случайные неравновесные ассоциации нескольких постмагматических стадий этого процесса, требует серьёзного изучения. Доломит в кимберлитах ЯАП 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, а нередко и в прожилках. Иногда [7, 9, 10, 19] он является породообразующим минералом основной массы кимберлитов, образуя блоки в различных месторождениях и в первую очередь в диатремах Далдыно-Алакитского алмазонасного района (трубки Удачная, Сытыканская, Юбилейная и др.).

Изучение характера развития серпентинов, слюд, хлорита, талька, кальцита, доломита, пироаурита, амакинита, брусита, кварца, гипса, галита и ангидрита в основной массе кимберлитовых пород выполнено нами с использованием таких характеристик, как встречаемость и среднее содержание. Первая позволяет судить о равномерности распределения указанных минералов в различных кимберлитовых диатремах, вторая – об интенсивности процессов вторичных преобразований, способствующих появлению того или иного минерала. В основной массе кимберлитов ЯАП наиболее распространёнными минералами являются серпентин, кальцит, доломит, слюды и хлорит, в меньшей степени развиты пироаурит, брусит, кварц, тальк и гипс. Такие минералы, как галит и ангидрит, не имеют широкого распространения. Другие минералы-новообразования встречаются в кимберлитах сравнительно реже и обычно не имеют породообразующего значения. Полученный обширный фактический материал подтверждает ранее сделанные [7–11] выводы, что серпентин, кальцит, доломит, слюда и хлорит относятся к наиболее распространённым

минералам кимберлитов Сибирской платформы, а процессы серпентинизации, карбонатизации и хлоритизации являются важнейшей составной частью пневматолитово-гидротермального изменения этих пород. В целом наибольшее разнообразие вторичных минералов наблюдается в трубках Мирнинского и Накынско-го кимберлитовых полей и в трубке Удачная Далдынского поля. Кроме свойственных кимберлитам серпентинов, кальцита, доломита, слюды, хлорита, пироаурита и брусита, слагающих в основном породы диатрем этих полей, присутствуют кварц, гипс, тальк, ангидрит и амакинит. Это свидетельствует о проявлении более многообразных пневматолито-гидротермальных процессов вторичного преобразования кимберлитовых пород указанных полей.

Неравномерность распределения серпентинов в описываемых диатремах 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. Большинство кимберлитовых месторождений ЯАП подобны по распределению и среднему содержанию серпентинов, за исключением трубок Ботуобинская и Нюрбинская (Накынское кимберлитовое поле), где оно самое низкое, а также трубки Айхал Алакит-Мархинского поля (около 11 %). Все изученные кимберлитовые трубки Мунского поля отличаются равномерным распределением серпентина и наибольшим его содержанием. При однородных в целом статистических характеристиках серпентина в трубках Далдынского поля отмечается, что в месторождениях Зарница и Удачная образование минерала выражено менее интенсивно по сравнению с другими кимберлитовыми телами этого же поля. В соответствии с встречаемостью и средними содержаниями серпентина в основной массе кимберлитов ЯАП можно

предположить, что процессы серпентинизации в различных трубках имеют схожий характер.

Процессы развития кальцита в основной массе кимберлитов ЯАП по распространённости и интенсивности сопоставимы с серпентинизацией, но отличаются большими вариациями встречаемости и средних содержаний. На распределение и интенсивность развития кальцита сказываются количество ксенолитов в кимберлитах, влияние вмещающих пород, а также интенсивность поступления в кимберлитовые диатремы растворов, обогащённых Са и CO_2 . Наиболее интенсивно и стабильно развитие кальцита происходило в кимберлитах Далдынского поля, где минерал встречен в 94 до 100 % изученных образцов, а среднее содержание иногда достигает 92 об. %. В кимберлитах трубок Алакит-Мархинского поля кальцит в целом распределен равномерно, но в среднем содержание его меньше, чем в месторождениях Далдынского поля. В отличие от этого, для месторождений Мирнинского и Накынского полей не характерен тот уровень стабильности и распространения кальцита, который свойственен трубкам Далдыно-Алакитского алмазоносного района и в первую очередь Алакит-Мархинского и Далдынского полей. Так, в основной массе кимберлитов трубки Интернациональная зафиксировано минимальное среднее содержание минерала (8 об. %) из всех месторождений ЯАП и, кроме того, минерал отмечен лишь в 56 % от общего числа изученных образцов. В то же время для кимберлитов трубки Мир наблюдается несколько отличная картина по развитию кальцита, где его встречаемость составляет 94 %, а среднее содержание достигает 34 %. Однородное распределение кальцита отмечается и в кимберлитовых породах Мунского поля [10].

Доломит в кимберлитах обычно ассоциирует с серпентином и кальцитом. Его образование связывают [2, 7–11] с избытком в растворах магния, неизрасходованного при образовании серпентина и других магниевых минералов. В то

же время получены данные, что повышенные концентрации минерала обычно наблюдаются в приконтактных с вмещающими породами участках. Наиболее интенсивно доломит развит в основной массе кимберлитов трубок Айхал, Нюрбинская и Ботуобинская, значительно слабее – в диатремах Мунского поля. Кимберлитовых тел, в которых отсутствует доломит, нами не встречено. Даже в малых количествах этот карбонат фиксируется во всех изученных нами породах диатрем ЯАП. Анализ развития доломита и серпентина в основной массе кимберлитов показывает [10] наличие обратной связи между средними содержаниями этих минералов в различных коренных месторождениях алмазов Сибирской платформы. Из сказанного следует, что в последних 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 отдельных алмазоносных районов Сибирской платформы, но степень его развития в кимберлитовых диатремах неравномерна. Интенсивное формирование минерала нередко захватывает отдельные участки кимберлитовых тел [10, 11, 19]. Наибольшее его распространение и относительно высокие содержания отмечены в кимберлитах Мунского и в трубке Иреляхская Далдынского полей. В целом для коренных месторождений алмазов Мирнинского и Накынского полей этот минерал не характерен, хотя и установлен нами в повышенном количестве при изучении вещественного состава кимберлитов глубоких горизонтов трубки Мир, где он придаёт отдельным участкам голубоватую окраску.

Слюдистые образования, представленные в кимберлитах в основном флогопитом (или продуктами его изменения – хлоритом и вермикулитом), относятся к наиболее часто встречаемым в диатремах ЯАП, но распределены они не столь равномерно, как серпентин и кальцит. Фло-

гопит обычно образуется в результате позднемагматических и постмагматических процессов. Для хлоритизации минерала необходимо наличие условий слабого водообмена и восстановительной среды с избытком Mg^{2+} [11, 24]. Среднее содержание флогопитов в изучаемых кимберлитах изменяется от полного отсутствия (трубки Деймос и Долгожданная) до 19 % (трубка Нюрбинская), а у хлоритов – от 1 % (трубка Интернациональная) до 10 % (трубка Фестивальная). Наиболее равномерно флогопит распределён в кимберлитах Мирнинского (трубки Мир и Интернациональная), Накынского (трубки Ботубинская и Нюрбинская), Алакит-Мархинского (трубки Юбилейная и Айхал) и Далдынского (трубка Удачная) полей. Неоднородность распределения флогопита и продуктов его изменения хлорита свойственна большинству кимберлитовых тел Мунского и Далдынского полей, из которых трубки Зарница и Долгожданная выделяются чрезвычайно слабым развитием хлорита при практически полном отсутствии флогопита. Кимберлитовых тел, в которых отсутствует хлорит, нами не отмечено, что в свою очередь свидетельствует о присутствии во всех их и флогопита. Наиболее хлоритизированы кимберлитовые породы трубок Нюрбинская, Ботубинская, Фестивальная, Снегурочка и Деймос, но в двух последних хлорит распределён менее равномерно. Исходя из количества в основной массе кимберлитов слюдястых образований и их средних содержаний, можно считать, что часть флогопита, входящего в состав основной массы кимберлитов трубок Нюрбинская и Ботубинская, хлоритизирована. Для большинства же трубок Алакит-Мархинского, Далдынского и Мунского полей свойственна хлоритизация слюд; в частности в трубках Сытыканская, Фестивальная и Деймос произошла полная трансформация слюд в хлорит.

В виде примеси во многих кимберлитовых трубках ЯАП и других алмазоносных регионах мира отмечается монтмориллонит. Наиболее высокие концентрации

его зафиксированы в верхних горизонтах коры выветривания на многих диатремах. В кимберлитовых породах Сибирской платформы доминируют Ca-Mg-, Mg-Fe- и Ca-Fe-монтмориллониты, отличающиеся от сравнительно редко встречающейся натриевой разновидности минерала ($d_{001}=1,23-1,24$ нм). В то же время для кимберлитовых диатрем Восточно-Европейской платформы (ВЕП), где кимберлитовыми являются отложения, обогащённые кремнезёмом, характерен сапонит [10], который установлен и в диатремах Африканской платформы.

К минералам, довольно часто встречающимся в кимберлитах, но содержащимся в небольших количествах, следует отнести тальк. Последний может образоваться при сравнительно небольшом парциальном давлении CO_2 во флюиде при определённых соотношениях $MgO:CaO:SiO_2$. Единственное коренное месторождение алмазов в ЯАП, где наблюдаются наиболее интенсивные процессы формирования талька, – трубка Нюрбинская. Такие минералы, как амакинит, брусит, кварц, гипс, галит, ангидрит и барит, не имеют устойчивых тенденций по распространению в основной массе кимберлитов различных трубок и полей. Исключением является брусит, наиболее интенсивное образование которого приурочено к трубкам Мунского поля (особенно сильно проявленное 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 [10, 11].

Сравнить различные месторождения при всём многообразии развития вторичных минералов позволяет рассмотрение минеральных ассоциаций, полученных по средним содержаниям минералов в основной массе кимберлитовых пород ЯАП. Анализ полученных ассоциаций позволил нам выделить ряд их типов, наиболее распространёнными среди которых являются хлорит-серпентин, тальк-серпентин и

пирротин-серпентин. При этом среднее содержание хлорита, пироаурита и талька в них не превышает 13 %. Эти ассоциации формируются практически во всех кимберлитовых породах ЯАП, независимо от продуктивности и принадлежности к полям, в отличие от карбонат-серпентиновых. Кальцит-серпентиновая с примесью доломита ассоциация зафиксирована во всех коренных месторождениях алмазов Сибирской платформы, в то время как серпентин-кальцитовая с примесью доломита свойственна только трубкам Далдынского и Мунского полей. Для этих территорий характерно также интенсивное развитие брусит-серпентиновой ассоциации, наиболее интенсивно развитой в трубке Новинка. Для трубок Мирнинского, Накынского и Алакит-Мархинского полей наблюдается широкий набор карбонат-серпентиновых ассоциаций, в отличие от Далдынского и Мунского полей, где он более однороден.

Наблюдается тенденция к преимущественному развитию некоторых типов карбонат-серпентиновых ассоциаций в кимберлитовых трубках различной продуктивности. Так, промышленные месторождения алмазов имеют широкий набор серпентин-карбонатных ассоциаций, за исключением серпентин-кальцитовой с примесью доломита, что и отличает их от непромышленных, где последняя преобладает. Все среднеалмазоносные коренные месторождения алмазов имеют кальцит-серпентиновую с примесью доломита ассоциацию. Рассмотрение преобладающих ассоциаций в различных типах пород трубки Ботуобинская показало особенность, заключающуюся в последовательном уменьшении доли серпентина и возрастания кальцита и доломита при переходе от порфировых кимберлитов к автолитовым кимберлитовым брекчиям и далее к порфировым туфобрекчиям. Для трубок Заполярная и Айхал различие ассоциаций в порфировых кимберлитах и автолитовых кимберлитовых брекчиях не установлено. В непромышленных месторождениях наблюдается преобладание серпентино-

кальцитовых с примесью доломита ассоциаций вторичных минералов.

Для более детального исследования закономерностей распределения вторичных минералов в основной массе кимберлитов рассмотрено [10] около двух десятков ассоциаций, представленных серпентином, кальцитом, доломитом, пироауритом, хлоритом и бруситом. Анализ показал, что к общим свойствам всех месторождений следует отнести преобладание ассоциаций: кальцит-серпентин, серпентин-кальцит и хлорит-серпентин. Другие ассоциации вторичных минералов не имеют столь выраженной стабильности распространения в основной массе кимберлитов. Кимберлитовые диатремы Накынского и Алакит-Мархинского полей обнаруживают многообразие ассоциаций, из которых серпентин-хлоритовая наиболее характерна. Для основной массы кимберлитов трубки Нюрбинская наблюдается тенденция к возрастанию доломитовой компоненты по сравнению с трубкой Ботуобинская. В основной массе кимберлитов Мунского поля не зафиксированы ассоциации с преобладанием доломита. Кимберлиты и апокимберлитовые породы Анабарского щита выделяются относительно небольшим набором ассоциаций по сравнению с кимберлитовыми породами ЯАП в целом.

Сравнение ассоциаций вторичных минералов из кимберлитовых пород разной продуктивности показывает, что их качественное разнообразие уменьшается при переходе от более алмазоносных к менее алмазоносным породам. Так, для высокопродуктивных кимберлитов трубок Айхал, Интернациональная, Удачная, Мир, Ботуобинская и Нюрбинская, наряду с наиболее распространёнными, характерны также доломит-серпентин-кальцитовые, серпентин-доломит-кальцитовые и кальцит-серпентин-доломитовые ассоциации. В среднеалмазоносных диатремах указанные ассоциации менее проявлены. Для этих трубок характерно преобладание серпентина, что выражается в преимущественном распространении каль-

цит-серпентиновых ассоциаций. Такие ассоциации, как серпентин-доломитовая и кальцит-серпентин-доломитовая, отсутствуют в слабоалмазоносных и непродуктивных диатремах – Зарница, Фестивальная, Долгожданная, Деймос и Поисковая. В этих трубках более интенсивно развит кальцит, что привело к широкому распространению ассоциаций с преобладанием этого минерала.

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 же время в автолитовых кимберлитовых брекчиях их количество снижается и возрастает число серпентин-кальцитовых и доломит-серпентин-кальцитовых ассоциаций. Так, в кимберлитах трубки Ботуобинская в порфировых кимберлитах фиксируются ассоциации с преобладанием серпентиновой составляющей. В автолитовых кимберлитовых брекчиях они сменяются на ассоциации с преобладанием кальцитовой, а в кимберлитовых туфобрекчиях – доломитовой составляющей. 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 последнем типе пород увеличивается чисто серпентин-доломит-кальцитовых, а также серпентин-доломитовых и хлорит-серпентиновых ассоциаций. Для трубки Заполярная так же, 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 Сибирской платформы с использованием таких характеристик, как встречаемость, средние содержания минералов и анализ их ассоциаций показало, что различия коренных месторождений алмазов обусловлены преимущественно интенсивностью развития и равномерностью распределения карбонатов, флогопитов и хлоритов при относительно однородной картине развития серпентинов. В кимберлитовых породах ЯАП определённую роль во вторичном минералообразовании сыграл сероводород, связавший железо в сульфиды и тем самым заблокировавший образование не свойственных кимберлитам карбонатов железа. Сероводород в некоторых случаях послужил источником возникновения серной кислоты, сыгравшей важную роль в процессе вторичного минералообразования. Однако образование гипса, например, происходило не только в результате воздействия серной кислоты на карбонатные породы, но и при выпадении этого минерала из раствора сульфата кальция в связи с его пересыщением из-за испарения или вымерзания воды. Исследования показали, что среда вторичного минералообразования была сравнительно бедна CO_2 , в связи с чем возникли основные водные карбонаты (пироаурит и гидромагнезит). Углекислота в первую очередь расходовалась на образование карбонатов кальция и кальций-магниевого минералов. Чисто магниевые безводные карбонаты в целом для кимберлитов не характерны. Излишек магния в системе минералообразования определил образование более богатых им слоистых силикатов (серпентина вместо талька), а также гидроксидов (брусита). Повышенные кальций-магниевые отношения во многих случаях способствовали образованию вместе с доломитом карбоната кальция, обычно представленного арагонитом, возникновение которого в данном случае энергетически более выгодно, чем кальцита.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Антонюк Б. П.* Кристалломорфологическая эволюция кальцита в кимберлитах Якутии//Геология, закономерности размещения, методы прогнозирования и поисков алмазных месторождений. Мирный: Изд-во Мирнинск. типографии, 1998. С. 84–85.
2. *Афанасьев В. П., Зинчук Н. Н., Похиленко Н. П.* Понсковая минералогия алмаза. Новосибирск: Гео, 2010. 650 с.
3. *Бобривич А. П., Илупин И. П., Козлов И. Т.* и др. Петрография и минералогия кимберлитовых пород Якутии. М.: Недра, 1964. 192 с.
4. *Василенко В. Б., Зинчук Н. Н., Кузнецова Л. Г.* Петрохимические модели алмазных месторождений Якутии. Новосибирск: Наука, 1997. 574 с.
5. *Галимов Э. М.* Природа карбонатного компонента в кимберлитах//Геохимия. 1989. № 3. С. 337–348.
6. *Звягин Б. Б.* Электронография и структурная кристаллография глинистых минералов. М.: Недра, 1964. 280 с.
7. *Зинчук Н. Н.* Распределение вторичных минералов в кимберлитовых породах Якутии//Известия АН СССР. Серия геолог. 1990. № 5. С. 70–83.
8. *Зинчук Н. Н.* Коры выветривания и вторичные изменения кимберлитов Сибирской платформы. Новосибирск: НГУ, 1994. 240 с.
9. *Зинчук Н. Н.* Влияние вторичных минералов на облик и состав кимберлитовых пород//Геология и геофизика. 1998. Т. 39. № 12. С. 1704–1715.
10. *Зинчук Н. Н.* Постмагматические минералы кимберлитов. М.: Недра, 2000. 538 с.
11. *Зинчук Н. Н., Харьков А. Д., Мельник Ю. М., Мовчан Н. П.* Вторичные минералы кимберлитов. Киев: Наукова думка, 1987. 284 с.
12. *Илупин И. П.* Распространение и генезис некоторых гидротермальных и гипергенных минералов в кимберлитах Якутии//Советская геология. 1962. № 3. С. 152–156.
13. *Кузнецов Г. В., Мацюк С. С., Зинчук Н. Н., Серенко В. П.* Гидротермальный кальцит из кимберлитов Якутии//Записки ВМО. 1995. № 6. С. 87–100.
14. *Лебедев А. А.* О гидротермальной стадии серпентинизации кимберлитов в связи с находкой в них брусита//Тр. ЯФ СО АН СССР. Изд. АН СССР, 1962. С. 74–86.
15. *Маршинцев В. К., Зольников Г. В., Никишов К. Н.* Карбонаты кимберлитов Сибирской платформы//Эндогенные карбонаты Якутии. Новосибирск: Наука, 1980. С. 18–35.
16. *Мельник Ю. М., Зинчук Н. Н., Харьков А. Д.* О морфологии кристаллов карбонатов кальция из кимберлитов Якутии//Минерал. сборник Львовского ун-та. 1983. № 38. Вып. 1. С. 106–109.
17. *Милашев В. А.* Вторичные изменения кимберлитов//Труды НИИГА. 1962. Т. 121. С. 165–185.
18. *Подвысоцкий В. Т.* Серпентин-карбонатная минерализация в кимберлитах//Зап. ВМО. 1985. Ч. 114. Вып. 2. С. 234–248.
19. *Ровша В. С., Футенгендлер С. И.* Пироаурит из кимберлитов Якутии//Зап. ВМО. 1963. Ч. 92. Вып. 3. С. 354–359.
20. *Смирнов Г. И., Харьков А. Д.* Таумасит в кимберлитах Якутии//Геология и геофизика. 1960. № 12. С. 116–118.
21. *Стешин В. А., Мацюк С. С., Зинчук Н. Н., Харьков А. Д.* Особенности люминесценции кварца из кимберлитовой трубки Удачная (Западная Якутия)//Минерал. сб. Львовск. ун-та. 1980. № 40. Вып. 2. С. 66–71.
22. *Харьков А. Д.* Брусит из кимберлитов Якутии//Геология и геофизика. 1961. № 8. С. 98–102.
23. *Харьков А. Д., Зинчук Н. Н., Крючков А. И.* Коренные месторождения алмазов мира. М.: Недра, 1998. 555 с.
24. *Чухров Ф. В., Звягин Б. Б., Соболева С. В.* О типоморфности кристаллических структур слоистых силикатов//Состав и структура минералов как показатель генезиса. М.: Наука, 1978. С. 5–10.
25. *Шамшина Э. А.* Коры выветривания кимберлитовых пород Якутии. Новосибирск: Наука, 1979. 185 с.

Рукопис отримано 14.02.2014.

М. М. Зінчук, д-р геол.-мінерал. наук, проф., акад. АН РС(Я), голова Західноякутського наукового центру Академії наук Республіки Саха (Якутія), м. Мирний, nnzinchuk@rambler.ru,
М. М. Зінчук, науковий співробітник (Західноякутський науковий центр Академії наук Республіки Саха (Якутія)), м. Мирний, nnzinchuk@rambler.ru

ОСНОВНІ АСОЦІАЦІЇ ВТОРИННИХ МІНЕРАЛІВ У КІМБЕРЛІТАХ ТА ЇХ ЗНАЧЕННЯ

Проведене комплексне вивчення вторинних мінералів та їх основних асоціацій у кімберлітових породах показало, що існує коло невирішених проблем, пов'язаних з виявленням індивідуальних і загальних властивостей серпентинізації, карбонатизації та хлоритизації. Одним із засобів вирішення цих проблем є аналіз розвитку в основній масі кімберлітів серпентин-карбонатних асоціацій і таких індикаторних мінералів, як флогопіт і серпентин. Передумовою для вирішення цих завдань є значний фактичний матеріал, отриманий у результаті комплексного вивчення вторинних мінералів основної маси кімберлітів, і структурні особливості серпентинів і флогопітів. Статистичний аналіз розподілу в основній масі кімберлітів серпентин-карбонатних асоціацій, серпентинів і флогопітів з певними структурними характеристиками дасть можливість обґрунтовано порівнювати кімберлітові діатреми (передусім корінні алмазні родовища) різних древніх платформ світу.

Ключові слова: кімберліти, асоціації вторинних мінералів, серпентинізація, карбонатизація, хлоритизація.

N. N. Zinchuk, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, prof., acad. West-Yakutia Scientific Centre of the Sakha (Yakutia) Republic Academy of Sciences, nnzinchuk@rambler.ru

M. N. Zinchuk, scientist West-Yakutia Scientific Centre of the Sakha (Yakutia) Republic Academy of Sciences, nnzinchuk@rambler.ru

BASIC ASSOCIATIONS OF SECONDARY MINERALS IN KIMBERLITES AND THEIR SIGNIFICANCE

Carried out complex investigation of secondary minerals and their basic associations in kimberlite rocks indicated that there exists a number of unsolved problems related with revelation of individual and general properties of serpentinization, carbonatization and chloritization. Analysis of development of serpentine-carbonate associations and such indicator minerals as phlogopite and serpentine in the basic mass of kimberlites is one of the methods to solve these problems. Vast actual material received in the result of complex investigation of secondary minerals of the basic mass of kimberlites and structural specific features of serpentines and phlogopites serve as prerequisite for solving these tasks. Statistic analysis of distribution in the basic kimberlite mass of serpentine-carbonate associations, serpentines and phlogopites with definite structural characteristics will allow carrying out reasoned comparison of kimberlite diatremes (and in the first turn primary diamond deposits) of various ancient platforms of the world.

Keywords: kimberlites, associations of secondary minerals, serpentinization, carbonatization, chloritization.