

ОСОБЕННОСТИ СЕРПЕНТИНИЗАЦИИ КИМБЕРЛИТОВЫХ ПОРОД

Н. Н. Зинчук

Западно-Якутский научный центр (ЗЯНЦ) Республики Саха (Якутия), г. Мирный

Поступила в редакцию 29 мая 2017 г.

Аннотация: приведены сведения о некоторых общих особенностях состава и формирования кимберлитовых пород, а также особенностях их серпентинизации. Показано, что в процессе происходящего вслед «за прострелом» осадочных толщ резкого падения давления и вызванного этим такого же спада температуры в верхней части кимберлитовых диатрем может образоваться только бедное магнием железистое стекло, которое в связи с ограниченным количеством кремнезема является малоустойчивым и может разрушаться наравне с оливином. Разрушение наименее устойчивого соединения – главного минерала кимберлитов оливина проходит под влиянием углекислоты одновременно по всему объему породы с последующей аморфизацией и переходом в коллоидное состояние с дальнейшей кристаллизацией и перекристаллизацией серпентина. Последний процесс проходит быстро, главным образом, по краям бывших зерен с формированием псевдоморфоз, вдоль трещин синерезиса и по наиболее плотным участкам геля, а также по трещинам оливина в частично разрушенном кимберлите. Охарактеризованы методы изучения постмагматического и гипергенного изменения кимберлитовых пород, а также идентификации вторичных минералов и их ассоциаций. Показано, что процессы вторичного минералообразования проходили в большом интервале температур и вызванного их спадом изменения реакции среды от щелочной к кислой с последующей нейтрализацией, что зафиксировалось в форме растворения, дораствания и возникновения новых генераций вторичных минералов.

Ключевые слова: кимберлиты, постмагматические и гипергенные процессы, вторичные минералы.

SPECIFIC FEATURES OF KIMBERLITES SERPENTINIZATION

Annotation: data about some general specific features of composition and formation of kimberlite rocks are provided. It is shown that in the process of occurring straight after “the shot” of sedimentary thick layers sharp pressure fall and caused by it the same temperature fall in the upper part of kimberlite diatremes only poor in magnesia ferriferous glass may form, which, due to limited quantity of silica, is slightly stable and can destroy equally with olivine. Destruction of the least stable compound – the main mineral of kimberlites, olivine, takes place under the influence of carbonic acid simultaneously over the whole volume of rock with subsequent amorphization and transfer to colloidal state with further crystallization and recrystallization of serpentine. The last process occurs fast, mainly over the edges of former grains with formation of pseudomorphs, along fissures of syneresis and on the most compact parts of gel, as well as along fractures of olivine in partially destroyed kimberlite. Methods of studying postmagmatic and hypergene alteration of kimberlite rocks, as well as identifying secondary minerals and their associations are characterized. It is shown that processes of secondary mineral formation took place in a large interval of temperatures and caused by their drop change of medium reaction from alkaline to acidic with subsequent neutralization, which was registered in the form of dissolution, additional growth and emergence of new generations of secondary minerals. Bibliography: 26 titles, 4 figures.

Key words: kimberlites, postmagmatic and hypergene processes, secondary minerals, petrological-mineralogical characteristic, geochemistry, diamondiferous provinces.

Характерной особенностью коренных промышленных месторождений алмазов, связанных с кимберлитами и лампроитами, является их приуроченность в основном к трубкам взрыва. В редких случаях экономически рентабельные концентрации алмазов наблюдаются и в дайках, связанных с кимберлитовыми диатремами. Среди кимберлитов выделены [1–8] магниезиальные и железисто-магнезиальные разновидности, а также обособлена кимберлит-лампроитовая группа

алмазоносных мантийных магматитов, занимающая промежуточное положение между кимберлитами и лампроитами. Основные различия между магниезиальными и железисто-магнезиальными кимберлитами заключается [9–12] в повышенной магниезиальности первых, низком содержании в них железа, калия, фосфора и некоторых других элементов. Магнезиальные кимберлиты локализованы преимущественно в центральных районах Якутской алмазоносной про-

винции (ЯАП) Сибирской платформы (СП), в то время как железисто-магнезиальные, характеризующиеся повышенными концентрациями перечисленных элементов, размещены в основном в северных районах этого региона. Проведенные комплексные исследования показали, что для магнезиальных кимберлитов типично также низкое содержание пикроильменита и малое количество низкохромистого пиропса, а в основной массе редко встречаются апатит, пикроильменит П, перовскит и слюды. Морфология кимберлитовых (как и лампроитовых) диатрем на земной поверхности зависит от целого ряда факторов: масштабов эрозионного среза, текстурно-структурных и литологических типов вмещающих пород, степени их трещиноватости и др. Большинство слабо эродированных трубок имеют изометрическую (часто почти округлую) форму (за исключением многокорневых тел). Если на поверхности трубки овальной формы имеют следы пережимов, то на глубине они обычно разъединяются, формируя самостоятельные тела. Фактически все дайкообразные трубки представляют собой сочленяющиеся самостоятельные тела. Внутреннее строение крупных диатрем СП обычно сложное, что отражается на их конфигурации присутствием нескольких фаз внедрения, определяя при этом их многофазность. Трубки небольшого размера (Дачная, имени XXIII съезда КПСС и др.) характеризуются обычно одной фазой внедрения кимберлитового флюида. Диатремы Восточно-Европейской платформы (ВЕП) в большинстве случаев сложены [10–12] двумя типами пород: кимберлитовым туфом (КТ) и автолитовой кимберлитовой брекчией (АКБ). Первые обычно приурочены к верхним частям диатрем, а вторые – к более глубоким горизонтам. Большинство кимберлитовых диатрем Южно-Африканской платформы (ЮАП) и других регионов этого континента также характеризуются сложным строением и состоят из четырех-шести типов кимберлитов. Однако не все разновидности имеют генетические особенности, а отличаются друг от друга по цвету, содержанию ксеногенного материала, степени измененности и др.

Кимберлитовые породы – сложная гетерогенная система, состоящая из различных порций мантийного и корового вещества. Мантийный материал представлен ассоциацией глубинных минералов и ксенолитов пород мантии, а также расплавленной частью глубинного вещества, слагающего мезостазис. Коровую составляющую образуют ксенозерна и ксенолиты вмещающих пород, а также переотложенный из них растворенный материал. При изучении кимберлитов главное внимание исследователями уделяется реликтовым структурам и текстурам исходной породы, по которым построены практически все классификации кимберлитовых пород, кратко рассмотренные нами раньше [13–25]. Основное внимание обычно уделяется также изучению псевдоморфоз, их формы и расположения в породе. В то же время незаслуженно малая роль отводится исследованию цементирующей массы этих уникальных природных магматитов, преобразо-

вания которых существенно отличаются от аналогичных пород, имеющих другое происхождение и формы выделения [1, 4, 6–8, 26]. В кимберлитовых породах, в которых сохранилось реликтовое строение, цементирующая масса в основном представлена: а) субмикроскопическим серпентином; б) пелитоморфным карбонатом; в) стекловатым веществом. Многие исследователи считают, что и серпентин цемента представляет собой апостекло, хотя в свежем виде в кимберлитах оно никем и никогда не описывалось. Стекло не обнаружено также в обломочном материале этих пород. Под новообразованиями кимберлитов мы понимаем все минералы, сформировавшиеся из термальных растворов, под которыми подразумеваются не только постмагматические ювенильные, но и образовавшиеся как в период формирования трубок, так и на более поздних этапах их становления, в том числе и в гипергенных условиях. Полученные при пересчете химических анализов с рентгеновским контролем минеральных фаз количественные данные по каждому из преобладающих минералов основной массы кимберлитов нами наносились на планы погоризонтальных опорных горизонтов, построенных обычно по материалам эксплоразведочных горных выработок, пройденных по сетке 40 м x 40 м (рис. 1), а также на геолого-петрографические разрезы, построенные по результатам комплексного изучения керна разведочных скважин (рис. 2), что позволило получить количественные данные по распределению серпентина и выделению геолого-технологических типов руд. Вторичные минералы кимберлитов составляют обычно более 90% объема пород и представлены более 50 минеральными видами.

Распределение одного из характернейших вторичных минералов – *серпентина* (рис. 1 и 2) в телах кимберлитовых трубок зависит не только от состава исходной магматической породы, но и от количества и природы ксенолитов, а также вторичных инфильтрационных процессов. Ксенолиты мантийных ультраосновных пород серпентинизируются одинаково: как и в целом кимберлит, его первичные оливины и пироксены частично или полностью замещаются серпентином, содержание которого определяется количеством этих исходных минералов в породе и степенью замещения. Для определения влияния на серпентинизацию кимберлитов гипергенных процессов, проводилось сравнение минералогических карт различных опорных горизонтов. Так, по трубке Удачная построены такие карты (рис. 1) для горизонтов 190 (нижний), 250 (средний) и 295 (верхний) метров, по сути представляющие собой, соответственно, плотные, частично дезинтегрированные и выветрелые породы. Пространственное распределение серпентина в породах нижнего горизонта восточного тела трубки Удачная свидетельствует о достаточно равномерном содержании его в центральной части тела. При этом повышенные значения тренда приурочены к контактам с вмещающими породами. К центру трубки содержание минерала постепенно уменьшается.

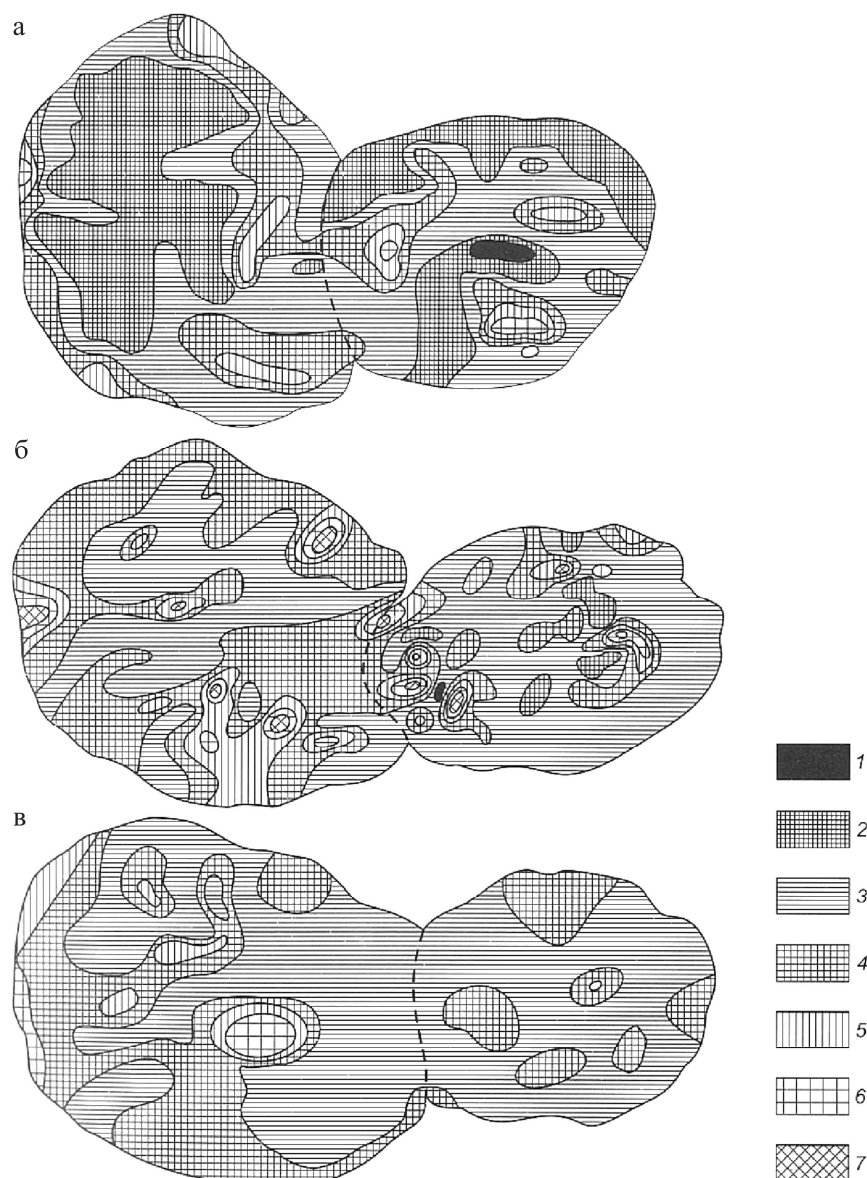


Рис. 1. Распределение серпентина в кимберлитовых породах трубки Удачная: горизонты, м: а – 295, б – 250, в – 190. Концентрация серпентина (в %): 1 – >70, 2 – 60-70, 3 – 50-60, 4 – 40-50, 5 – 30-40, 6 – 20-30, 7 – <20.

Отчетливо фиксируется субширотная зона с более низкими значениями тренда, достигающими минимумов к контактам с западным телом и вмещающими породами на востоке. В западном теле содержание серпентина постепенно возрастает к контактам с восточным телом и убывает к юго-западным и западным границам. Вверх по разрезу (горизонт 250 м) содержание серпентина в восточном теле в среднем несколько уменьшается, но существенно возрастает неоднородность и разброс значений (дисперсия увеличивается более чем в два раза). Кимберлиты западного тела на этом опорном горизонте характеризуются некоторыми общими снижениями концентрации серпентина, при этом меняется его распределение (рис.1). Заметное уменьшение концентрации минерала в восточном теле самого верхнего сравниваемого горизонта по сравнению с более глубокими его ча-

стями характеризуется одновременно и сменой специфики его распространения по площади. Верхний горизонт пород западного тела характеризуется более высокой степенью серпентинизации и четко выраженной концентрической зональностью распределения минерала с максимумом в центре трубки с постепенным снижением к периферии. Распределение серпентина на глубину трубки (рис. 2) подчеркивает степень серпентинизации оливина и других включений ксенолитов в кимберлитовой диатреме. Количество серпентина в ксенолитах осадочных пород определяется ролью в исходном материале силикатов (особенно со слоистой структурой), подчеркивая содержание в кимберлите как сумму количеств в различных по происхождению составляющих компонентов данной довольно сложной породы. Морфология агрегатов серпентина определяет структуру мономинеральной

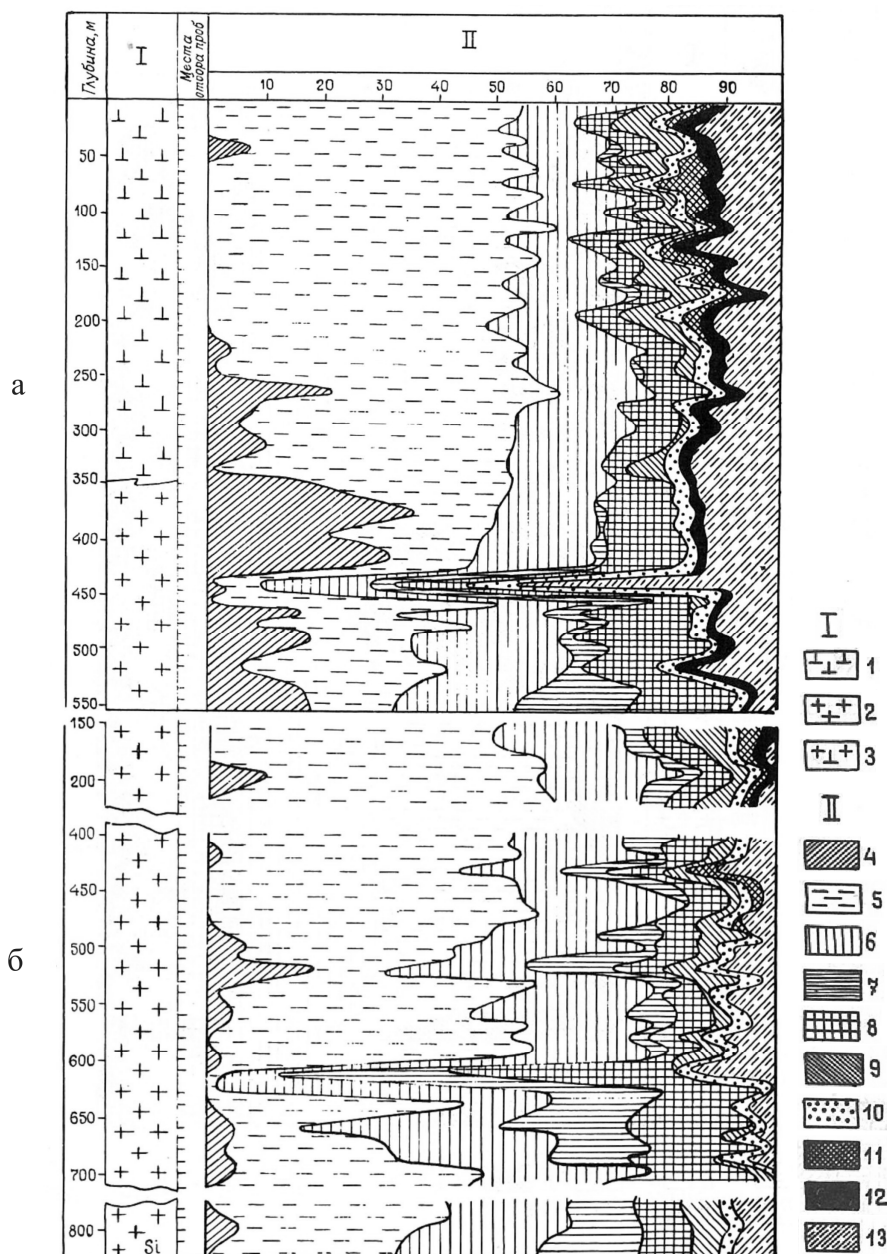


Рис. 2. Распределение преобладающих минералов в основной массе кимберлитовых пород трубки Удачная, вскрытых разведочными скважинами 225 (а) и 207 (б): 1 – 3 – петрографическая колонка: 1 – порфировый кимберлит первого этапа внедрения, 2 – кимберлитовая брекчия второго этапа внедрения, 3 – кимберлитовая брекчия второго этапа внедрения с автолитами первого этапа; 4 – 13 – Минералы (в мас. %): 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.

породы, то есть серпентинитов, представляющих в отдельных трубках (Ботубинская, Нюрбинская и др.) продукты преобразования ультраосновных нодулей (рис. 3), а в большинстве случаев – только определенных участков породы, поскольку значительная ее часть сложена другими минералами, имеющими свою форму индивидов и агрегатов. Чисто серпентиновые агрегаты чаще всего видны у большинства псевдоморфоз по оливину, а также на некоторых участках цементирующей массы. Полностью серпентиновыми являются многие жилы, прожилки и неправильной формы выделения серпофита. Морфология агрегатов

серпентина определяется размером частиц, их формой, расположением и взаимодействием между собой. Подавляющее большинство частиц серпентина представлено субмикроскопических размеров индивидами. Исключение составляет антигорит. Размер частиц хризотила и особенно лизардита бывает настолько малым, что приближается к микронному, а агрегаты становятся оптически изотропными или субизотропными. И только рентгенограммы фиксируют наличие упорядоченности в расположении отдельных слагающих данные частицы атомов и позволяют проводить уверенную диагностику этого составного компонента

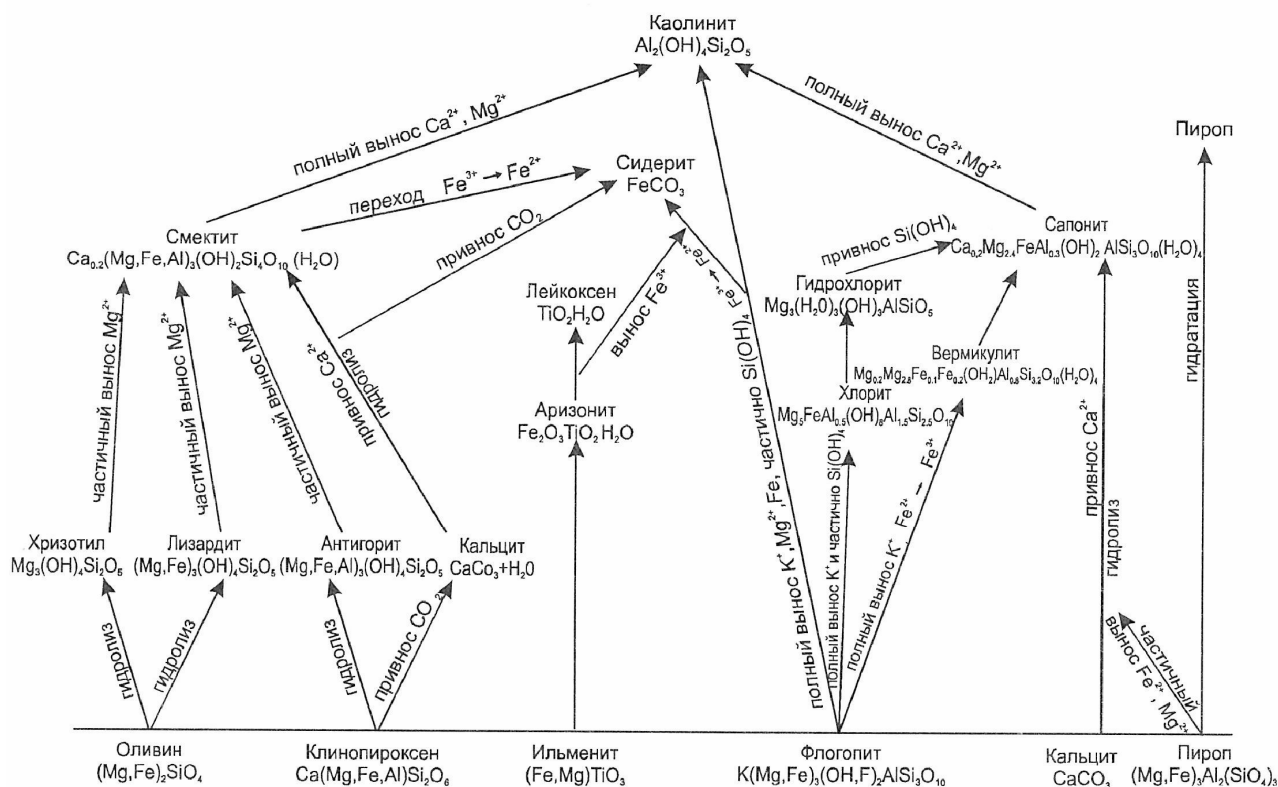


Рис. 3. Схема преобразования минералов в коре выветривания на кимберлитовых породах диатрем Накынского поля СП.

кимберлитов. Зачастую серпентин представлен смесью хризотила и лизардита, при этом доля первого выше в верхних часто выветрелых частях диатрем, а его выделения сосредоточены в жильных серпофитах, лизардит – в ядрах псевдоморфоз. В целом форма частиц серпентина в измененных кимберлитах определяется его кристаллической структурой [10–16]. В удлиненных по оси *a* волнистых слоях антигорита отмечается как в кимберлитах, так и других ультраосновных породах других регионов [1, 4, 6, 8, 26] сильное взаимодействие атомов на одних участках индивидов и слабое – на других, что приводит к возникновению дополнительной спаянности. Лизардит, который практически всегда содержит примеси катионов, обычно с меньшим ионным радиусом и большим зарядом, с элементарной ячейкой, состоящей из одного слоя, кристаллизуется в виде плоских частиц. Магнезиальный хризотил из-за несоответствия тетраэдрических и октаэдрических сеток образует [11–14] рулоны, ось которых всегда ориентирована в определенном направлении структуры минерала, что проявляется в расположении оптической индикатрисы. У чистого гидроксида магния – немалита, отмеченного в ряде диатрем СП, наблюдается удлинение в одном направлении, свидетельствующее о том, что главными являются условия кристаллизации минерала. Расположение и взаимодействие частиц в породе определяют её физические свойства и являются главным элементом структуры породы, хотя все частицы имеют различную ориентировку. Обычно совершенно дезори-

ентированное расположение частиц может быть [1, 14, 26] только в аморфных веществах. Силикаты со слоистой структурой всегда стремятся к более плотному сочленению в плоскости листа, достаточному для того, чтобы в этом направлении проходила общая их ориентировка. Наиболее ориентированными являются параллельно-чешуйчатые агрегаты, образующие различные выделения в общей слабоориентированной массе кимберлитов (как и других ультраосновных пород), определяя тип этих образований. Волокнистые агрегаты хризотила также состоят из ориентированных в одном направлении свернутых чешуек, которые между собой взаимодействуют по-другому, чем плоские слои. Встречаются также волокна серпентина, состоящие не из рулонов, а из лейст, подтверждая влияние ионов магния в октаэдрической сетке хризотила, носящие направленный характер. Вхождение в структуру минерала катионов приводит к дезориентации и изменению данного направления. Можно утверждать, что подвергшийся серпентинизации оливин из кимберлитов представлял собой полнокристаллическую фазу, что подтверждается также остатками не полностью разложенных индивидов и реликтов огранки материнского минерала. В случае образования плотной каймы серпентина вокруг индивидов и развития минерала по трещинам, остаются также реликты оливина, которые разрушаются в последнюю очередь. При превращении в субизотропный агрегат, представленный в основном лизардитом.

В процессе многолетних исследований установлены отличия в минеральном составе новообразований не только в разных трубках, но и в плане отдельных тел или блоков одной и той же трубки. Так, в кимберлитах западного тела трубки Удачная вторичные процессы проявились более интенсивно (рис. 1), отчего породы здесь иногда полностью переработаны. Вторичные изменения пород восточного тела выражены слабо, что подчеркивается неполной серпентинизацией оливина в отдельных блоках, меньшим содержанием других вторичных минералов и сравнительно небольшим приконтактовым изменением. По-разному ведут себя вторичные минералы и на разведанную глубину коренных месторождений алмазов (рис. 2). В одних случаях (трубка Удачная) пока не установлены четкие закономерности смены ассоциаций как породообразующих компонентов, так и минералов-примесей. Однако установлена неравномерность серпентинизации оливина, связанная с чередованием в разрезах блоков пород с различной трещиноватостью. Это привело к слабому замещению реликтовых минералов в одних блоках и более интенсивной их серпентинизации – в других. Существенно меняется состав

кимберлитовых пород в процессе их гипергенного изменения. Так, в КВ кимберлитов трубок Нюрбинская и Ботуобинская присутствуют (рис. 3) минералы различного происхождения: а) относящиеся только к ксенолитам фундамента или траппов (полевые шпаты); б) гидротермального происхождения (серпентины, хлориты и тальк); в) экзогенные образования (смектиты, каолинит, большинство мелкозернистого кварца и халцедон, гидроксиды железа и сидерит). Такие генетические новообразования характерны и для других диатрем алмазоносных регионов. Серпентинизация зерен и кристаллов оливина там, где сохранились реликты первичного минерала, свидетельствует о том, что она обычно происходит (рис. 4, а – г) с краев зерна или по трещинам с возникновением агрегатов или чешуй lizardita, расположенных параллельно друг к другу. Главными условиями подобного роста должно быть появление огромного количества зародышей и одностороннее питание растущих кристаллических фаз. Каждое зерно или отдельные выколки оливина обрастают каёмкой вторичного минерала, напоминая аналогичные новообразования на первичных минералах кимберлитов (пиропе и др.).

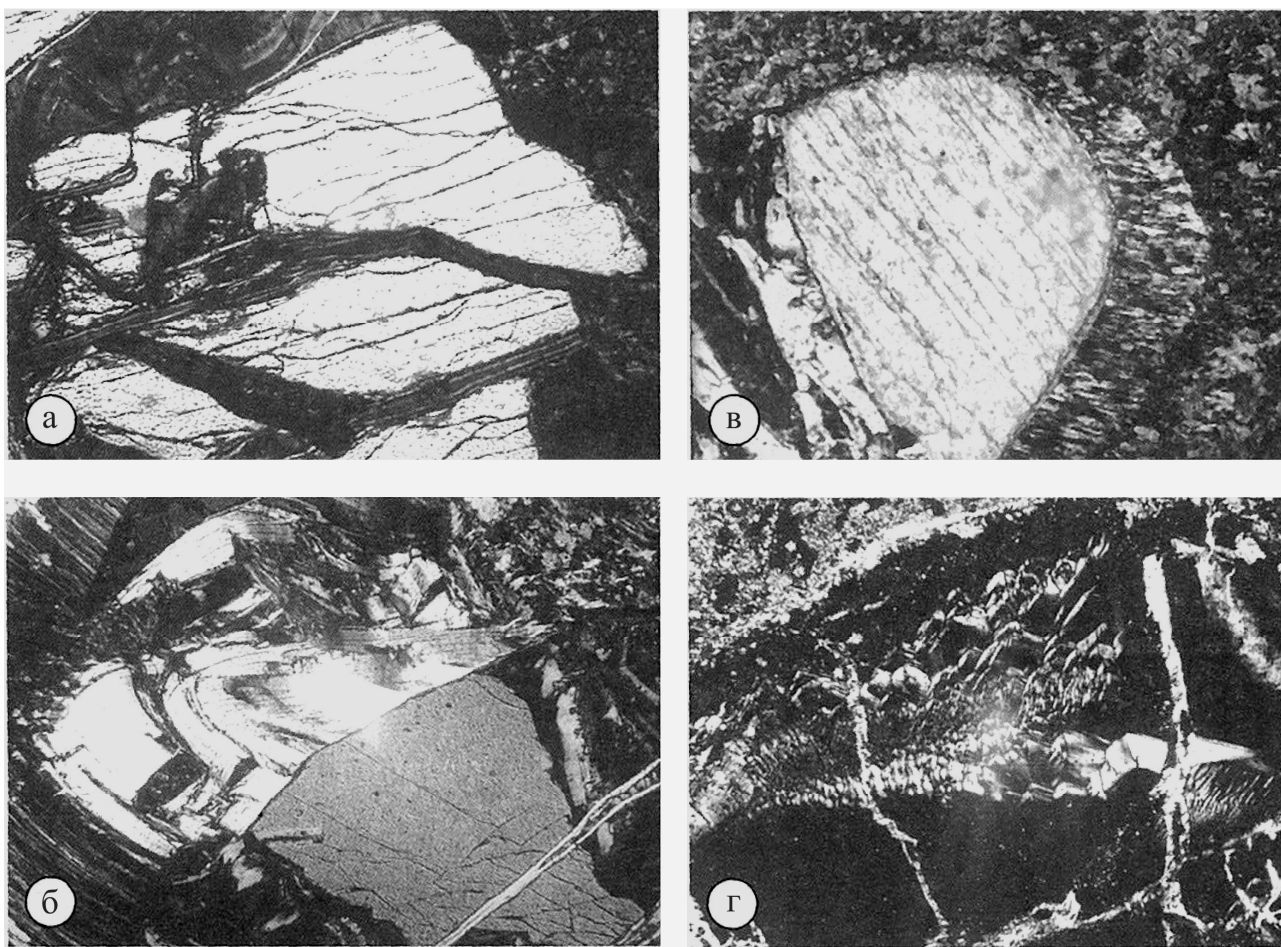


Рис. 4. Замещение оливина различными новообразованиями в кимберлитах трубки Удачная: а – замещение оливина (белое) серпентином (шнуры), шлиф У-4-1А; б – замещение оливина (серое, шагренё) бруситом (белое), шлиф У-36-2; в – замещение оливина (светло-серое, шагренё) серпентином (тонкая серая кайма) и бруситом (белое и кайма волокнистого агрегата), шлиф У-39-3; з – серпофит с гребенчатой структурой, шлиф У-1-3; а – г – шлифы с анализатором, увеличение 60.

Расположение в ядре псевдоморфоз отдельных лент отличается от такого в частично серпентинизированном оливине. Возникновение субизотропных агрегатов на заключительной стадии серпентинизации этого минерала маловероятно, поскольку подобные явления не наблюдались при изучении зерен сохранившихся реликтов оливина. Образование в пределах псевдоморфоз секториальных структур еще раз подчеркивает, что подобного рода агрегаты могли появиться только после полного замещения исходного (материнского) зерна вторичными образованиями, в процессе синтеза которых шла интенсивная кристаллизация вторичного минерала вдоль возникающих трещин и более слабая – в остальном объеме. Взаимоотношение между частицами таких новообразований осуществляется на атомном (ионном) уровне, а поэтому агрегаты в тонких сколах визуальнo просвечивают, становятся прозрачными или полупрозрачными (особенно в серпофитах). Между отдельными, определенно ориентированными агрегатами существует визуальнo невидимая плоскость раздела, которая наблюдается в шлифах (при анализаторном просмотре). В случаях появления второй плоскости размежевания более крупных частиц или агрегатов порода становится мутной (прозрачность визуальнo не наблюдается), но более макроскопически светлой. Аналогичный эффект наблюдается и в случае присутствия в серпентиновых агрегатах других фаз, существенно отличающихся по физическим свойствам. Возникновение определенных структур у агрегатов серпентина всегда зависит от условий их кристаллизации и тем самым в известной степени отражает происходящие процессы минералообразования и серпентинизации кимберлитовых пород.

Существенно отличающийся тип и направленность гипергенно-метасоматического преобразования кимберлитов (и в том числе оливина) отмечен нами [13, 19] в условиях тропического климата Африканского континента. В процессе литолого-минералогического изучения кимберлитовой трубки Катока (Ангола), рудный столб которой представлен АКБ, переходящей в самых верхах в кимберлитовую брекцию (КБ), где на глубинах около 300 м встречен прослой с ассоциацией слоистых минералов, отличающийся от подстилающих и перекрывающих пород этой диатремы. Доминирующими слоистыми силикатами в этой части трубки Катока являются сапонит, ассоциирующий в отдельных интервалах с впервые идентифицированным упорядоченным лизардит-сапонитовым смешанослойным образованием (ЛССО). Электронографическими исследованиями по положению и интенсивности отражений с $k=3n$ ($20l$ и $13l$), характеризующихся заметной диффузностью и отсутствием рефлексов с $k/=3n$ ($02l$ и $11l$) отмечен лизардит структурного типа *A*, который в низах толщи ассоциирует с небольшой примесью модификации *1T* и клинохризотила. Рассчитанная формула идентифицированного ЛССО имеет следующий вид: $(\text{Si}_2\text{Mg}_3)[\text{CaO}_{0,25}(\text{Mg}_{2,6}\bullet\text{Fe}_{0,4})(\text{Si}_{3,5}\text{Al}_{0,5})\text{xxO}_{15}(\text{OH})_6\text{xlH}_2\text{O}$.

Таким образом, проведенными исследованиями установлено влияние различных факторов на состав и особенности распределения доминирующих вторичных минералов (и в первую очередь серпентинов) в кимберлитовых породах диатрем. Одной из главных стадий изменения оливинсодержащих пород является серпентинизация, происходящая в основном при температурах не выше 500°C. Особенности серпентинизации кимберлитов, в отличие от других типов ультраосновных пород, занимающих более широкое и площадное распространение, является существенное влияние вмещающих диатремы пород. Сравнительно более интенсивно серпентинизированы кимберлиты СП, где вмещающими трубки в их верхних частях являются терригенно-карбонатные породы нижнего палеозоя, обогащающие образования диатрем своими разноразмерными ксенолитами и ксенозернами. Присутствие в застывающей кимберлитовой магме повышенного содержания карбонатных компонентов не позволяет образовываться в значительных количествах типичного для массовой серпентинизации оливина брусита, который установлен на СП только в отдельных диатремах в породах обычно обедненных карбонатами. Судя по диаграммам фазовых равновесий системы $\text{CaO-MgO-SiO}_2\text{-CO}_2\text{-H}_2\text{O}$, образование парагенезиса серпентина с карбонатами (без брусита) возможно в довольно узких интервалах парциальных давлений H_2O и CO_2 , которые должны быть для воды сравнительно высокими, а для уголекислоты – соответственно низкими. При постоянном соотношении компонентов с повышением температуры область данного парагенезиса смещается в сторону увеличения обоих компонентов. В случае сравнительно небольшого парциального давления уголекислоты во флюиде в зависимости от соотношений MgO:CaO:SiO_2 в твердых фазах и $\text{H}_2\text{O:CO}_2$ во флюидах при температуре 300–400°C могут возникать парагенезисы – серпентин+кальцит, тальк+кальцит и тремолит+кальцит. Для образования серпентина наиболее подходящим является соотношение $\text{MgO:SiO}_2=2:1$ (такое же как и в оливине). В случае повышения количества уголекислоты во флюиде магнезий связывается в карбонат, а вместо серпентина отлагается тальк. Это позволяет утверждать, что серпентинизация больших масс кимберлитовых пород в пределах их внедрения в диатремах проходила под воздействием на них флюида с довольно узким диапазоном значений отношения $\text{H}_2\text{O:CO}_2$. При образовании более поздней модификации серпентина с офитовой структурой могли возникнуть различные соотношения главных компонентов. Поскольку формирования выделений серпофита происходили при более низких температурах, то новообразования талька в кимберлитах СП являются довольно редкими, хотя отмечены они более широко в аналогичных породах других древних платформ мира. При избытке в остывающей кимберлитовой магме магнезии, кроме отмеченных выше минералов, получали развитие доломит и брусит, а также другие магнезиальные минералы (или же магнезий выносился

пневматолитово-гидротермальными растворами из остывающей системы).

При серпентинизации кимберлитов отмечен следующий порядок выделения отдельных политипов: при температурах, максимальных для кристаллизации серпентина, оливин замещается антигоритом, при более низких – лизардитом, а в конце процессов вторичного минералообразования может выделяться и хризотил. Поскольку в кимберлитовых породах СП, ВЕП и ЮАП отмечено преобладание лизардита и хризотила, то их образование происходило при температурах, значительно меньших верхнего предела серпентинизации. Лизардит, отличающийся заметным количеством изоморфных примесей (преимущественно железа и алюминия), формировался из офитового аморфного или слабо раскристаллизованного вещества при более высоких температурах, чем хризотил. В результате кристаллизации (или перекристаллизации) происходило очищение новообразований от примесей, что привело к возникновению параллельно слоистых агрегатов, растущих из этого же вещества или раствора. Хризотил, образующийся при более низких, чем лизардит, температурах, содержит мало изоморфных примесей, что отражается и на морфологической форме его индивидов. Поскольку хризотил – наиболее низкотемпературная разновидность серпентина, то при его кристаллизации железо почти полностью удаляется, переходя в состав других новообразований (магнетит и др.). Хризотилом сложен слабо окристаллизованный серпофит, отлагавшийся преимущественно из коллоидных растворов.

В тропических условиях африканского континента на ранней стадии гипергенно-метасоматического изменения кимберлитов протекают в основном два процесса. Первый – политипное превращение высокотемпературных разновидностей серпентина в относительно низкотемпературные. Второй процесс представляет деградацию серпентина с одновременным возникновением серии разбухающих минералов, в первую очередь сапонита через ряд промежуточных метастабильных смешанослойных образований, из которых впервые идентифицированная упорядоченная разновидность лизардит-сапонита является относительно наиболее устойчивой, по сравнению с другими смешанослойными фазами (хлорит-сапонитов и хлорит-вермикулитов). В нижних частях метасоматически-гипергенно измененных кимберлитовых пород среди слоистых силикатов доминирует лизардит политипных модификаций $A+1T$ с примесью клинохризотила, который замещает изометричные, короткостолбчатые и удлинённые зеленого цвета кристаллы оливина (размером 1–3 мм). В отдельных частях диатрем, где лизардит составляет основную массу породы, минерал представлен агрегатами тонкозернистых бесцветных и светло-зеленых частиц. Сапонит в этой массе составляет участки более крупнозернистых агрегатов светло-коричневого и светло-серого цвета с характерными более высокими интерференционными окрасками. Одновременно с возникновением за счет

преобразования оливина указанной последовательности слоистых минералов в измененных породах этого континента может происходить синтез ряда железо содержащих фаз. Начиная с наиболее ранней стадии изменения оливина (т.е. развития по нему лизардита) многие зерна оливина, ильменита и магнетита окружены плотной каймой пылевидных скоплений рудных минералов. Возникновение упорядоченного ЛССО происходило, вероятно, в закрытой системе при низких термобарических параметрах среды и медленно протекающем процессе деструкции первичных и синтезе вторичных минералов. Изолированность системы минералообразования определяла возможность сохранения в ней восстановительных условий, что сопровождалось перераспределением химических элементов между гипогенными минералами, поровыми растворами и гипергенными новообразованиями. Относительно низкие значения давления и температуры в зоне возникновения ЛССО обусловили значительное содержание в его структуре разбухающих слоев. Невысокая динамика массопереноса вещества в системе минералообразования способствовала тенденции развития упорядоченного чередования неразбухающих и разбухающих слоев в структуре этого впервые идентифицированного смешанослойного образования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Артемов, В. Р. Современное состояние проблемы серпентинизации / В. Р. Артемов, Р. В. Колбанцев, В. Н. Кузнецов // Сб.: Проблемы петрологии гипербазитов складчатых областей. – Новосибирск: Наука. 1973. – С.213–226.
2. Бобривич, А. П. Петрография и минералогия кимберлитовых пород Якутии / А. П. Бобривич, И. П. Илупин, И. Т. Козлов и др. – М.: Недра, 1964. – 190 с.
3. Богатилов, О. А. Архангельская алмазоносная провинция (геология, петрография, геохимия и минералогия) / О. А. Богатилов, В. К. Гаранин, В. А. Кононова и др. – М.: МГУ, 1999. – 524 с.
4. Варлаков, А. С. Породообразующие минералы группы серпентина / А. С. Варлаков. – Свердловск: УНЦ АН СССР. 1983. – 81 с.
5. Зинчук, Н. Н. Апокимберлитовые породы / Н. Н. Зинчук, Ю. М. Мельник, В. П. Серенко // Геология и геофизика. 1987. – №10. – С.66–72.
6. Зинчук, Н. Н. Особенности серпентинов из кимберлитов и ассоциирующих с ними пород / Н. Н. Зинчук, А. Д. Харьков, Д. Д. Котельников, А. Д. Дзюбло // Новые данные о минералах. Вып 31. – М.: Наука. 1983. – С.65–81.
7. Зинчук, Н. Н. Вторичные минералы кимберлитов / Н. Н. Зинчук, А. Д. Харьков, Ю. М. Мельник, Н. П. Мовчан. – Киев: Наукова думка. 1987. – 282 с.
8. Wicks, F. J. Serpentine mineralogy, petrology and paragenesis / F. J. Wicks // Can. Miner. 1979. – P.673–677.
9. Василенко, В. Б. Петрохимические модели алмазных месторождений Якутии / В. Б. Василенко, Н. Н. Зинчук, Л. Г. Кузнецова. – Новосибирск: Наука. 1997. – 574 с.
10. Зинчук, Н. Н. Коры выветривания и вторичные изменения кимберлитов Сибирской платформы (в связи с проблемой поисков и разработки алмазных месторождений) / Н. Н. Зинчук – Новосибирск: НГУ. 1994. – 240 с.
11. Зинчук, Н. Н. Влияние вторичных минералов на облик и

состав кимберлитовых породах / 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. Жухлистов, А. П. Ассоциация простых (1Т3R) и сложных поли типов лизардита в кимберлитовой трубке Катока (Ангола) / А. П. Жухлистов, Н. Н. Зинчук, Д. Д. Котельников // Докл. РАН. 2004. – Т.2004. – Т.396. №3. – С.383–388.

14. Звягин, Б. Б. Высоковольтная электронография в исследовании слоистых минералов / Б. Б. Звягин, З. В. Врублевская, А. П. Жухлистов и др. – М.: Наука. 1979. – 224 с.

15. Зинчук, Н. Н. Распределение вторичных минералов в кимберлитовых породах Якутии / Н. Н. Зинчук // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1990. – № 5. – С.70–83.

16. Зинчук, Н. Н. Коры выветривания и вторичные изменения кимберлитов Сибирской платформы (в связи с проблемой поисков и разработки алмазных месторождений) / Н. Н. Зинчук // Новосибирск: НГУ. 1994. – 240 с.

17. Зинчук, Н. Н. Влияние вторичных минералов на облик и состав кимберлитовых породах / Н. Н. Зинчук // Геология и геофизика. 1998. – Т.39. – №12. – С.1704–1715.

18. Зинчук, Н. Н. Постмагматические минералы кимберлитов / Н. Н. Зинчук // М.: Недра.2000. – 538 с.

19. Зинчук, Н. Н. О преобразовании серпентина в процессе выветривания кимберлитов Якутии / Н. Н. Зинчук, Д. Д. Котельников // Докл. АН СССР. 1980. – Т.250. №3. – С.697–

702.

20. Зинчук, Н. Н. Идентификация и генезис лизардит-сапонитового смешанослойного образования в кимберлитах одной из трубок Южной Африки / Н. Н. Зинчук, Д. Д. Котельников, А. И. Горшков // Литология и полезные ископаемые. 2003. – №1. – С.87–96.

21. Зинчук, Н. Н. Серпентины из кимберлитов / Н. Н. Зинчук, Ю. М. Мельник // БМОИП. Сер. геологич., 1998. – Т.73. – Вып.3. – С.56–68.

22. Зинчук, Н. Н. Некоторые особенности формирования кимберлитов / Н. Н. Зинчук, Ю. М. Мельник // Вестник ВГУ. Сер. геологич., 1999. – №8. – С.211–217.

23. Зинчук, Н. Н. Апокимберлитовые породы / Н. Н. Зинчук, Ю. М. Мельник, В. П. Серенко // Геология и геофизика. 1987. – №10. – С.66–72.

24. Зинчук, Н. Н. Особенности серпентинов из кимберлитов и ассоциирующих с ними пород / Н. Н. Зинчук, А. Д. Харьков, Д. Д. Котельников, А. Д. Дзюбло // Новые данные о минералах. Вып 31.-М.: Наука. 1983. –С.65–81.

25. Зинчук, Н. Н. Вторичные минералы кимберлитов / Н. Н. Зинчук, А. Д. Харьков, Ю. М. Мельник, Н. П. Мовчан. – Киев // Наукова думка. 1987. –282 с.

26. Велинский, В. В. Серпентинизация гипербазитов (новые представления о природе процесса) / В. В. Велинский // Геология и геофизика. 1978. – №3. – С.52–62.

Западно-Якутский научный центр (ЗЯНЦ) АН Республики Саха (Якутия), Мирный

*Зинчук Николай Николаевич, председатель, д. г.-м. н., профессор, академик АН РС (Я), заслуженный геолог России
E-mail: nnzinchuk@rambler.ru
Тел.: 8-980-663-01-86*

West Yakut scientific center (WYSC) AS Republic of Sakha (Yakutia), Mirny

*Zinchuk N. N., Chairman, doctor of the Mineralogical and Geological Sciences, Professor, Academician of Academy of Science RS (Y), Celebrated Geologist of Russia
E-mail: nnzinchuk@rambler.ru
Tel.: 8-980-663-01-86*