

## ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЕ РАЗНОВИДНОСТИ АЛМАЗОНОСНЫХ КИМБЕРЛИТОВ ТРУБКИ ЛОРЕЛЕЙ (АНГОЛА)

Приведены результаты исследований минералого-петрографического состава кимберлитов, типоморфизма алмазов и минералов-спутников кимберлитовой трубки Лорелей (Ангола). Установлено, что кимберлитовое тело сложено автолитовыми кимберлитовыми брекчиями, массивными кимберлитами, ксенолитами горнблендитов, габбро и кристаллосланцев. Кристаллы алмазов, выявленные в кимберлитах, представлены в основном ромбододекаэдрами.

Наведені результати досліджень мінералого-петрографічного складу і типоморфізму алмазів кимберлітової трубки Лорелей (Ангола). Встановлено, що кимберлітове тіло складено автолітовими кимберлітовими брекчіями, масивними кимберлітами, ксенолітами горнблендітів, габбро і кристалосланців. Кристали алмазів, які встановлені в кимберлітах, представлені переважно ромбододекаедрами.

Data are given about results of mineralogic-petrographical composition and typomorphism of diamonds from kimberlite tube Loreley (Angola). It is substantiated that kimberlite tube consists of massive kimberlite, avtolite breccia, relicts of gornblendites, gabbro and shists. The crystals of diamonds from kimberlites are presented by rombododecaedres.

**Вступление.** Кимберлитовая трубка Лорелей обнаружена в северо-западной части Ангольского щита в процессе проведения исследований в рамках проекта «Ганго» (Слейд К., Вунда Т.М., Сантош А., Найсименто Е.).

В структурном отношении район исследований относится к северо-западной части Ангольского щита (район Муссенде). Кимберлитовая трубка Лорелей расположена в верховьях р. Муссе и приурочена к осевой линии разлома субширотного простирания. На уровне эрозионного среза трубка в плане имеет эллипсовидную форму. В вертикальном разрезе морфология трубки близка к диатреме с каналом цилиндрического типа.

В данной статье представлены результаты минералого-петрографических исследований по определению состава кимберлитов, изучению алмазов и их минералов-спутников трубки Лорелей, проведенные авторами.

**Цель исследования** – установление основных петрографических разновидностей кимберлитов района Муссенде (Ангольский щит), определение типоморфизма алмазов и их минералов-спутников трубки Лорелей.

**Изложение основного материала исследований.** Перекрывающие трубку породы представлены песчано-глинистыми разновидностями. Фрагментарно в пределах площади расположения трубки встречаются кремнисто-карбонатные породы с едва прослеживаемой слоистостью. Карбонатные породы, встречаемые в верхних частях кимберлитовых тел – это реликты кратерных образований, свидетельствующих о небольшом денудационном срезе. Кимберлитовое тело сложено разнообразными петрографическими типами пород – кимберлитовыми брекчиями, массивными кимберлитами порфириковой структуры, а также ксенолитами горнблендитов, габбро и биотит-гранат-плагноклазовых кристаллосланцев.

Основная масса кимберлитов состоит из мелких вкрапленников серпентинизированного оливина, ромбического пироксена, перовскита и граната, сцементированных массой карбонат-серпентинового состава (рис. 1).



Рис. 1. Зерна серпентинизированного оливина с келифитовыми оторочками в порфириновом кимберлите. Шлиф, николи +, ув. 120<sup>x</sup>

Порфиновый кимберлит представлен породой голубовато-зеленоватого цвета. Текстура кимберлита вкрапленная, иногда брекчиевидная, структура в основном порфириовидная, у отдельных разновидностей – кластически-порфириовидная и келифитовая. Размер вкрапленников варьирует от 2–3 мм до 1–2 см. Наблюдаются вкрапленники идиоморфной, овальной, уплощенно-овальной формы, встречаются также остроугольные обломки, определяющие кластическую структуру кимберлита. Вкрапленники с идиоморфными очертаниями принадлежат серпентинизированному оливиному и пироксену, наблюдаются также чешуйки биотита и флогопита. Остроугольные обломки, формирующие брекчиевидный облик породы, представлены фрагментами пород основного и ультраосновного состава.

При микроскопическом изучении установлено, что порфиновый кимберлит содержит до 30 % оливина, замещенного серпентином двух генераций. Форма псевдоморфоз округло-овальная. Вкрапленники зонально окрашены – по периферии развивается темно-зеленый боулингит, формирующий келифитовые каемки, а в ядре – серпентин двух генераций (серпофит и лизардит). Гранат наблюдается в виде трещиноватых зерен, содержащих включения магнетита и биотита. Вокруг зерен граната отмечаются келифитовые каемки, образованные агрегатами серпентин-карбонат-хлоритового состава, иногда – пылевидным рудным минералом (рис. 2).

Кимберлитовые брекчии интенсивно переработаны вторичными процессами: карбонатизацией, серпентинизацией, оталькованием. Карбонаты представлены тремя разновидностями: кальцитом, доломитом и стронцианитом. Доломит диагностирован по единичным ромбовидным сечениям карбонатных зерен с ориентировкой полисинтетических двойников параллельно короткой диагонали ромбовидных сечений. Кальцит формирует агрегаты таблитчатых зерен, а иногда развивается в прожилках, совместно с тальком. Тальк наблюда-

ется в составе прожилков, замещающих основную ткань породы и зерна серпентинизированного оливина.



Рис. 2. Зерно граната с келифитовой оторочкой. Шлиф, николи +, ув. 120<sup>x</sup>

Связующая масса кимберлитов представлена тонкозернистым агрегатом сложного состава: серпентин, перовскит, карбонаты, брусит и единичные зерна амфибола. Иногда вокруг отдельных вкрапленников кимберлита отмечаются скопления игольчатых зерен апатита. Карбонатные минералы в кимберлите замещают как вкрапленники, так и связующую массу породы.

Среди кимберлитов трубки Лорелей отмечены некоторые разновидности, обогащенные флогопитом. В их составе отмечаются единичные порфиоровые вкрапленники флогопита, серпентинизированные зерна оливина, оплавленные зерна трещиноватого граната.

Трещины выполнены рудным минералом, биотитом и хлоритом. По периферии гранатовых зерен наблюдается оболочка келифита серпентин-карбонат-хлоритового состава. Форма серпентиновых псевдоморфоз в основном округлая, а у отдельных вкрапленников – правильная, с унаследованными кристаллографическими очертаниями, свойственными оливины. Серпентинизация оливина сопровождалась выделением пылевидного магнетита, нередко образующего каемку вокруг псевдоморфоз.

Совместно с магнетитом и серпентином развивается карбонат. На отдельных участках наблюдаются фрагменты измененного порфирита. В составе карбонат-серпентиновых псевдоморфоз наблюдаются реликты бутылочно-зеленого минерала, с таблитчатой формой зерен, вероятно хромдиопсида.

Практически все вкрапленники окружены келифитовыми каемками, представленными агрегатом серпентин-хлоритового состава. В составе вкрапленников наблюдаются зерна рудного минерала и псевдоморфозы боулингита по оливины. Основная масса – карбонат-серпентинового состава с флогопитом.

Ксенолиты кимберлитовых брекчий содержат фрагменты горнблендитов и интенсивно измененного габбро. Минеральный состав габбро представлен гранатом (до 15 %), биотитом и флогопитом (совместно до 10 %), плагиоклазом (35 %), хлорофеем и карбонатом (совместно до 40 %). Структура породы ре-

ликтовая габбровая. В результате вторичных изменений плагиоклаз был каолинизирован, а по зернам исходного пироксена развивался хлорофеит.

Некоторые разновидности изученных кимберлитовых брекчий могут быть отнесены к типу автолитовых, сформировавшихся в результате смешения нескольких мантийных выплавок различных по составу дифференцированных пород, залегающих на разных уровнях верхней мантии [1]. В пользу данного предположения свидетельствует наличие в составе вкрапленников кимберлита т.н. автолитов – агрегатов, состоящих из идиоморфных зерен серпентинизированного оливина, окруженных каймой мелкопорфирового кимберлита.

У автолитовых фрагментов наблюдается идиоморфный характер псевдоморфоз, унаследовавших форму замещенного оливина. Наряду с автолитами в составе брекчий отмечаются и округло-овальные псевдоморфозы серпентинизированного оливина, а также обломки горнблендита и гранат-биотитового слюдита. Структура породы брекчиевидная.

В процессе опробования трубки Лорелей были обнаружены кристаллы алмаза. Эти алмазы представлены кристаллами или осколками кристаллов, а также сростками двух и более индивидов. Преобладают осколки и поврежденные зерна. Алмазы в основной массе бесцветные или с незначительным желтым нацветом, коричневые кристаллы встречаются реже. В трубке Лорелей большинство образцов алмаза представлены ромбододекаэдрами или их осколками (VI группа по классификации З.В. Бартошинского) [2]. По классификации Ю.Л. Орлова [3], все обнаруженные кристаллы были отнесены к I группе. Значительная их часть обладает нарушенной симметрией, для большинства характерно сильное уплощение по осям симметрии L3 и L2. Следов износа не наблюдается.

В зоне выветривания кимберлитовые породы представлены в основном двумя разновидностями:

1) желтовато-бурой с белесым оттенком породой, сохранившей реликтовую, кластически-порфировидную структуру, текстура породы – комбинированная, представленная сочетанием брекчиевидной, ячеистой (у петрокластических вкрапленников) и на отдельных участках – порошокватой (за счет замещения каолинит-монтмориллонит-гидрослюдистыми минеральными агрегатами). В породе наблюдаются идиоморфные и овальные вкрапленники измененного оливина с келифитовыми каемками, а также фрагменты пород основного и ультраосновного состава. Цементирующая масса представлена мелкозернистым кимберлитом. Вторичные минералы представлены карбонатом, каолинитом, монтмориллонитом и гидроокислами железа;

2) вторая разновидность выветрелых кимберлитов представлена породой желто-бурого цвета, преимущественно порошокватой текстуры, на отдельных участках наблюдается пористая и ячеистая текстуры. Структура породы в целом афанитовая, редко – реликтовая кластически-порфировидная. При микроскопическом изучении установлено, что кимберлиты зоны выветривания представлены тонкозернистым минеральным агрегатом, состоящим из таблитчатых зерен кальцит-доломитового состава, «погруженных» в тонкодисперсный агрегат каолинит-гидрослюдисто-монтмориллонитового состава. На отдельных

участках наблюдаются колломорфноподобные скопления кальцита и сфероли-  
товые образования, состоящие в основном из халцедона.

Минералы-спутники алмаза в изучаемом регионе представлены гранатом  
нескольких разновидностей, хромдиопсидом (рис. 3), пикроильменитом, пири-  
том, хромшпинелидами.



Рис. 3. Зерна хромдиопсида (район Муссенде)

Гранаты представлены угловатыми, округлыми зернами и обломками пи-  
ропов размером до 7 мм. Рельеф поверхности зерен коррозионный, что свиде-  
тельствует об их растворении в неравновесных системах. Показатель прелом-  
ления – 1,74–1,76, уд. вес – 3,75 г/см<sup>3</sup>. Пиропы представлены 3 основными раз-  
новидностями – фиолетово-красной, красной и красно-коричневой. Фиолетово-  
красный пироп содержит расплавные включения округлой формы, температура  
гомогенизации колеблется в пределах 1150°–1200°. Зерна красного пироба со-  
держат включения рутила, клинопироксена и биотита. Отмечаются включения  
рутила двух видов – удлиненно-призматические и гексагональные. Длинно-  
призматические (эпигенетические) кристаллы рутила выходят за пределы зерен  
минерала-хозяина и, как правило, ориентированы под углом 120° по отноше-  
нию друг к другу, вероятно проявляя элементы структуры распада твердого  
раствора. Сингенетические кристаллики рутила с гексагональной формой ог-  
ранки (вероятно унаследованной от минерала-хозяина) имеют высокие цвета  
интерференции. Наличие включений рутила в гранате свидетельствует о тита-  
нистой специализации минералообразующей среды.

По времени образования удалось выделить две основных группы пироба:

- ранняя, фиолетово-красная, высокохромистая;
- поздняя, красно-оранжевая, отличающаяся от первой группы большими  
размерами зерен, пониженным содержанием хрома при повышенном содержа-  
нии титана и железа.

Клинопироксен, представленный хромдиопсидом, довольно редко встре-  
чается в кимберлитах трубки Лорелей и представлен отдельными обломками,  
реже зернами округло-овальной формы с фрагментами каймы, выполненной  
тонкозернистым кальцитом. По цвету прослеживаются 2 разновидности – с

желтовато-зеленым и изумрудно-зеленым оттенком. По результатам минералогических исследований установлено, что клинопироксен относится к хромдиопсидам хромовой минеральной ассоциации. Клинопироксен титановой и эклогитовой ассоциаций не обнаружен.

Пикроильменит в кимберлитах присутствует в виде угловатых обломков крупных зерен округло-овальной формы. Около 30 % пикроильменита представляют собой поликристаллический агрегат, зерна с монокристалльным строением имеют характерную шиповидную поверхность с кристалликами анатаза и примазками лейкоксена. Общей особенностью пикроильменитов являются вариации содержания магния и титана, а также низкое содержание хрома, за исключением нескольких зерен. Согласно химико-генетической классификации пикроильменит относится к низкохромистым разновидностям из перидотитов и пироксенитов.

Пирит в кимберлитах встречен в виде стяжений серо-желтого цвета, округлой формы, размером до 1,5 см. Шаровые стяжения образованы пластинчатым пиритом. Кристаллики пирита кубической формы как бы цементируют шаровые стяжения. Таким образом, кубические кристаллы пирита относятся к более поздней генерации.

Шпинелиды являются наиболее распространенными глубинными минералами в изучаемой кимберлитовой трубке. Форма зерен в основном округлая, размер варьирует от 0,2 до 8 мм. На поверхности многих зерен отмечаются признаки магматической коррозии 1 и 2 типа по В.П. Афанасьеву. Коррозия первого типа характеризуется развитием параллельно-ступенчатого рельефа по ребрам и вершинам кристаллов. Коррозия второго типа представлена матировкой поверхности зерен. Изучение минералов-спутников алмаза позволяет определить их место в многофазном процессе формирования кимберлита – магматическом, пневматолитовом, аутометасоматическом.

**Выводы.** Таким образом, результаты минералого-петрографических исследований позволяют сделать следующие выводы:

- основные петрографические разновидности кимберлитов района Муссенде представлены кимберлитовыми брекчиями, массивными кимберлитами порфировой структуры, а также ксенолитами горнблендитов, габбро и биотит-гранат-плаггиоклазовых кристаллосланцев;

- минералы-спутники алмаза в изучаемом регионе представлены гранатом нескольких разновидностей, хромдиопсидом, пикроильменитом, пиритом, хромшпинелидами;

- кимберлитовые брекчии интенсивно переработаны вторичными процессами: карбонатизацией, серпентинизацией, оталькованием;

- кристаллы алмазов, выявленные в кимберлитах, представлены в основном ромбододекаэдрами;

- некоторые разновидности изученных кимберлитовых брекчий могут быть отнесены к типу автолитовых, сформировавшихся в результате смешения нескольких мантийных выплавов различных по составу дифференцированных пород, залегающих на разных уровнях верхней мантии.

#### Список литературы

1. Харьков А.Д., Зинчук Н.Н., Крючков А.И. Коренные месторождения алмазов мира / А.Д. Харьков, Н.Н. Зинчук, А.И. Крючков – М.: Недра, 1998. – 567 с.
2. Бартошинский З.В. Сравнительная характеристика алмазов из различных алмазоносных районов Западной Якутии/ З.В. Бартошинский // Геология и геофизика. – 1961. – №6. – С. 40-50.
3. Орлов Ю.Л. Минералогия алмаза / Ю.Л. Орлов – М.: Наука, 1984. – 264 с.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Приходченком В.Ф.  
Надійшла до редакції 29.04.2013*

УДК 553.5:552.086:903.2

© І.С. Нікітенко, М.Л. Куцевол, Е.Д. Коваленко

## **РЕЗУЛЬТАТИ ПЕТРОГРАФІЧНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ КОЛЕКЦІЇ СТАРОДАВНІХ ЖОРЕН З ФОНДІВ ДНІПРОПЕТРОВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ІСТОРИЧНОГО МУЗЕЮ ІМ. Д.І. ЯВОРНИЦЬКОГО**

Проведено петрографічне дослідження колекції стародавніх жорен з фондів Дніпропетровського національного історичного музею ім. Д.І. Яворницького та визначено походження їх сировини. Зроблено висновки щодо особливостей використання населенням Середнього Придніпров'я гірських порід для їх виготовлення у різні епохи.

Проведено петрографическое исследование коллекции древних жерновов из фондов Днепропетровского национального исторического музея им. Д.И. Яворницкого и определено происхождение их сырья. Сделаны выводы относительно особенностей использования населением Среднего Приднепровья горных пород для их изготовления в разные эпохи.

A petrographic study of selected ancient millstones from the collection of the Dnipropetrovsk National Historical Museum named after D.I. Yavornytskyi was carried out, and the origin of the raw material was determined. Conclusions were drawn about the peculiar uses of the rocks for their production by the population of Middle Transdnepria in various eras.

**Вступ.** Історія видобування кам'яної сировини на території Середнього Придніпров'я, за археологічними даними, сягає кількох тисячоліть. Особливе місце в ній займає використання каменю для виготовлення знарядь для помелу зерна: жорен та зернотерок. Їх виробництво вимагало використання певних гірських порід, крім того, видобуток значних за розміром блоків, у більшості випадків, потребував застосування певних гірничих прийомів. Все це робить питання використання гірських порід для виготовлення жорен дуже важливим при дослідженні історії використання кам'яної сировини.

Стаття присвячена мінералого-петрографічному дослідженню стародавніх жорен та зернотерок, що використовувались на території Середнього Придніпров'я від часів енеоліту-бронзи до середньовіччя. Такі знаряддя зберігаються у фондах Дніпропетровського національного історичного музею ім. Д.І. Яворни-