

## КИМБЕРЛИТЫ И ВОПРОСЫ ИХ АЛМАЗОНОСНОСТИ

Ротман А.Я.

*Научно-исследовательское геологоразведочное предприятие АК «АЛРОСА», Мирный,  
rotman@cnigri.alrosa-mir.ru, arotman@mail.ru*

Кимберлиты – уникальные вулканические ультраосновные существенно оливиновые породы с повышенной калиевой щелочностью, являющиеся поставщиком наиболее глубинного мантийного материала и главным источником ювелирного алмазного сырья. Доминирующей формой проявления кимберлитов являются диатремы при подчиненной доли даек (жил) и редкой встречаемости силлов. В последних двух случаях тела сложены обычно одной петрографической разновидностью – гипабиссальным (субвулканическим) кимберлитом порфировой структуры, а в первом, как правило, наблюдаются вариации петрографического состава в объеме аналогично схеме строения вулканических сооружений. Большинство изученных диатрем представляют собой сложно построенные тела, выполненные несколькими разновидностями кимберлитовых пород (порфировыми кимберлитами, кимберлитовыми брекчиями и автолитовыми кимберлитовыми брекчиями, иногда туфобрекчиями и ксенобрекчиями), представляющих разные вулканические фации и различающихся как текстурно-структурными признаками, так минеральным составом и петрогеохимическими свойствами. Кимберлитовые породы (в данной работе речь идет о «классических» кимберлитах, отвечающих I-ой группе Южной Африки) с разными текстурно-структурными признаками часто обнаруживают отличия в продуктивности, характеристиках алмазов и их стоимости, поэтому анализ распределения петрографических разновидностей, представляющих разные фации, лежит в основе выделения геолого-технологических типов кимберлитов в алмазных месторождениях.

Формирование кимберлитовых тел происходило в несколько этапов внедрения, обычно двух и более. Весьма широк возрастной диапазон этой вулканической деятельности – от рифея (трубка Премьер) до позднего мела (множество диатрем в Южной Африке, часть диатрем в Канаде), на Сибирской платформе первые фазы кимберлитового вулканизма (Белозиминское и Окинское поля на юго-западе) по времени (поздний протерозой) примерно совпадают с южно-африканскими, а в пределах ее северо-восточной части (при весьма широких вариациях данных) – от 450 до 148 млн. лет, охватывая не менее 4-х эпох: среднекембрийско-силурийскую, среднепалеозойскую, позднепалеозойско-раннемезозойскую и позднеюрско-раннемеловую. Эти своеобразные породы установлены на всех древних платформах мира и общее количество проявлений превышает три с половиной тысячи, но при этом их суммарный объем является пожалуй самым малым среди магматических образований. К сожалению, алмазы установлены только в каждом восьмом или десятом теле, а промышленной продуктивностью обладает не более 2% проявлений.

Каждое кимберлитовое тело представляет собой индивидуальный объект, не повторяющийся в природе. Наряду с этим фиксируются и типовые черты, которые применительно к диатремам сводятся к следующему: а) вариации размеров и морфологии; б) сложное геологическое строение; в) сужение с глубиной и постепенный переход в дайковые тела – подводящие каналы; г) с глубиной в диатремах уменьшается доля примесного материала вмещающих пород; д) содержание мантийных нодулей и глубинных минералов кимберлитов между трубками и в разрезах отдельно взятых трубок варьирует при относительно выдержанном их соотношении в отдельно взятых телах; состав первичных минералов с глубиной практически не меняется; е) содержание алмазов, их морфология и физические свойства до глубин 1-1,5 км не изменяются; ж) изменение с глубиной качественно-количественного спектра ассоциаций вторичных минералов. Трубки характеризуются различной величиной эрозионного среза, что отражается в большинстве случаев на содержании ксеногенного материала и, как следствие, на степени природного разубоживания кимберлитового материала с соответствующим поведением алмазности.

Главными пороодообразующими минералами являются оливин (форстерит) и, нередко, флогопит, слагающие обычно вкрапленники или псевдоморфозы по ним. Основная масса, имеющая, как правило, тонкозернистый облик, сложена серпентин-карбонатными образованиями, включающими варьирующие количества микролитов оливина, монтичеллита, перовскита, флогопита, апатита, ильменита и магнетита. По сути, кимберлиты являются ультраосновными гибридными породами, содержащими как мантийный, так и коровый материал в варьирующих количествах и

соотношениях. Мантийный материал представлен ксенолитами ультраосновных, щелочно-ультраосновных и основных пород и ксенозернами минералов из них – алмазом, гранатом-пиропом, пикроильменитом, хромшпинелидом, оливином, клинопироксеном, ортопироксеном, флогопитом, редко – цирконом, апатитом, титанклиногумитом. Перечисленные минералы устойчивы в широком диапазоне РТ-условий: от стабильной кристаллизации алмаза до метастабильного состояния пироба. Кимберлитовый мезостази́с, представляющий раскристаллизованные в условиях земной коры порции расплавленного мантийного материала, сложен выделениями минералов второй генерации – оливина, хромшпинелида, ильменита, флогопита, монтичеллита, клинопироксена, рутила, перовскита, кальцита. Некоторые из них (например, оливин, гранаты, пироксены, хромшпинелид, ильменит) по своему составу и свойствам отвечают аналогам глубинных ксеногенных ультрабазитовых (гарцбургитов, гранатовых и шпинелевых лерцолитов), эклогитовых и переходных к ультрабазитам пироксенитовых ассоциаций, что также может служить свидетельством их захвата кимберлитовым расплавом. Наибольшим распространением в кимберлитовых породах пользуются вторичные минералы, представляющие простые вещества, оксиды и гидроксиды, силикаты с различными типами структур, фосфаты, сульфиды, карбонаты и бораты. Доминируют ассоциации серпентин-карбонат-магнетит, серпентин-хлорит, серпентин-брусит-доломит, кальцит-сульфиды железа, кальцит-кварц-сепиолит, кальцит-пироаурит, кальцит-гипс, гидромагнетит-эпсомит, кальцит- (оксиды-гидроксиды) железа и другие. Для кратерных образований характерен сапонит. Спектр вторичных минералов кристаллизуется на завершающей низкотемпературной гидротермальной стадии формирования кимберлитов и отражает условия сохранности алмазов.

Химический состав пород показывает высокие концентрации MgO (обычно более 28-30 мас.%), приближающиеся к содержаниям SiO<sub>2</sub> (SiO<sub>2</sub>/MgO обычно в пределах 0,9-1,1), повышенные концентрации TiO<sub>2</sub>, ΣFeO и некогерентных элементов (Nb, Ta, Zr, TR, Sr, Ba, Li, Rb, U, Th) и очень высокую степень насыщенности летучими (CO<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>O) относительно ультрабазитов нормального ряда, заметные вариации всех петрогенных компонентов, при этом ряд оксидов отражает петрологическую эволюцию пород – глубина формирования исходных расплавов выражена в содержаниях MgO (положительная корреляция), TiO<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>O, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (отрицательная корреляция). Повышенные значения магнезиальности и хромистости свойственны кимберлитам с промышленной продуктивностью, а увеличение содержания TiO<sub>2</sub> до 2,5 мас.% и более указывает на снижение вероятности таковой.

В кимберлитах фиксируется различная концентрация минералов тяжелой фракции, которая в ряде случаев имеет прямую корреляцию с алмазоносностью. Сравнение химического состава индикаторных минералов кимберлитов (ИМК) и включений в алмазах из различных кимберлитовых трубок показывает сходные тенденции при некоторых различиях в диапазонах глубин и составах пород мантийного субстрата, из которых они были захвачены. Весьма показательны в этом отношении являются высокохромистые представители субкальциевых пиропов и высокомагнезиальных (MgO 11-17,5 мас.%), низкотитанистых (TiO<sub>2</sub> менее 0,6 мас.%) хромшпинелидов, составы которых отвечают потенциально алмазоносным ультраосновным парагенезисам, а также высокобарные гроссуляр-пироп-альмандиновые эклогитовые гранаты с повышенной долей (более 0,06 мас.%) Na<sub>2</sub>O при содержании Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> более 0,05, CaO более 3,5 мас.%. Присутствие, наряду с алмазами, указанных минералов из потенциально алмазоносных парагенезисов в заметных количествах указывает, с одной стороны, на высокую степень вероятности промышленной продуктивности содержащих их кимберлитов, с другой – на большие глубины зарождения их расплавов и гетерогенный состав алмазоносного литосферного субстрата.

Естественно, уникальную информацию о составе и петрологии мантии несут в себе алмазы, кристаллизация которых, по мнению множества исследователей, происходила в области стабильности минерала (P>4-5 ГПа, T=950-1400°C), а часть кристаллов могла поступить из более глубоких уровней, в связи с чем изучение этого минерала обеспечивает ценную информацию для понимания глубинных процессов при высоких температурах и давлениях. Изучение кристалломорфологии алмаза, минеральных включений в нем и элементов-примесей дает информацию о химическом, изотопном и минеральном составе мантийного субстрата и глубинного магмообразования (кимберлитообразования), условиях и состоянии среды алмазообразования. Состав ИМК указывает на потенциальную исходную алмазоносность кимберлитов, а пикроильменит и ассоциации вторичных минералов – на условия сохранности алмаза в кимберлитах.