

**Л.В.КУЛАЧКОВ**, канд. геол.-минерал. наук, доцент, [LKulachkov@yandex.ru](mailto:LKulachkov@yandex.ru)  
Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет)

**К.КАМВАТИ**, президент компании, [opusdei49@yahoo.com](mailto:opusdei49@yahoo.com)

Kennedy интернейшнл лимитед, Кения

**В.Л.ШТЕРХУН**, геолог 1-категории, [logica81@yandex.ru](mailto:logica81@yandex.ru)

Всероссийский научно-исследовательский геологический институт, Санкт-Петербург

**L.V.KULACHKOV**, PhDr. g.-m. Sci., Assistant Professor, [LKulachkov@yandex.ru](mailto:LKulachkov@yandex.ru)

Saint-Petersburg State Mining Institute (Technical University)

**K.KAMWATHI**, President of Company, [opusdei49@yahoo.com](mailto:opusdei49@yahoo.com)

Kennedy International Ltd, Kenya

**V.L.SHTERHUN**, Geologist of 1<sup>st</sup> category, [logica81@yandex.ru](mailto:logica81@yandex.ru)

All-Russian State Research Geological Institute, Saint-Petersburg

## НОВЫЙ ИСТОЧНИК БЛАГОРОДНЫХ КОРУНДОВ В КЕНИИ

Новое крупное проявление рубина и сапфира в Кении представлено современными русловыми и долинными аллювиальными россыпями. Первые интересны высокими (до 10,4 кар/м<sup>3</sup>) содержаниями рубинов, вторые – значительными прогнозными ресурсами (2,3 млн кар рубина и 1,2 млн кар сапфира). Удалось проследить механизм формирования концентраций корундов, которые кристаллизовались в архейских высокоглиноземистых гнейсах под воздействием докембрийских базитов (гипербазитов), а затем прошли сложный путь: древний элювий – древний аллювий – транспортировка базальтовой плейстоценовой магмой – голоценовая кора выветривания вулканитов – делювий – современный аллювий.

**Ключевые слова:** рубин, сапфир, Кения, аллювиальные россыпи, генезис.

## NEW SOURCE OF NOBLE CORUNDUM IN KENYA

The large-scale occurrence of ruby and sapphire in Kenya is represented by contemporary river-bed and valley alluvial placers. The first ones are characterized by a high content of ruby (up to 10,4 ct/m<sup>3</sup>), the second type is interesting due to the amount of forecasted resources: up to 2,3 million ct of ruby and 1,2 million ct of sapphire. It turned out to trace the mechanism of corundum concentrations forming, the mineral crystallized in Archean high-alumina gneisses affected by Precambrian basites (ultrabasites), and then survived a complicated way: – ancient eluvium – ancient alluvium – transportation by basaltic Pleistocenec magma – Holocenec weathering crust of volcanites – talus – contemporary alluvium.

**Key words:** Ruby, sapphire, Kenya, alluvial placer, genesis.

Рынок ювелирных разновидностей корунда, к которым относятся рубин и менее ценные многочисленные разновидности сапфира, базируется на высококачественном сырье из весьма ограниченного числа стран. Для рубина это, в первую очередь, Мьянма (Могок), затем Таиланд, Кампучия, Шри-Ланка, Афганистан, Вьетнам, Танзания и Кения. Для сапфира этот перечень открывают Индия (Кашмир) и Мьянма (Могок) и про-

должают Таиланд, Кампучия, Шри-Ланка, Австралия, Китай, Вьетнам, США (Монтана), Нигерия и Танзания. Таким образом, для Кении и соседней Танзании благородные корунды – сырье в известной мере традиционное.

В четырех регионах Кении известно пять объектов (месторождений и проявлений) с рубинами, два в том числе с сапфирами, и еще восемь проявлений, содержащих

только сапфиры. В соседней Танзании, которая, во многом благодаря разработке уникальных месторождений танзанита и цаворита, имеет более высокий уровень развития индустрии ювелирного сырья, насчитывается уже 25 рубиновых объектов (четыре из них с сапфирами) и шесть сапфировых. Сапфиры Танзании имеют фантазийную окраску, т.е. не красного и не синего цвета. Преобладают розовые и фиолетовые камни, встречается падпараджа, а также сапфиры с реверсом цвета [2]. Несколько танзанийских месторождений находятся вблизи границы с Кенией.

Геология и генезис месторождений благородных корундов Кении крайне слабо освещены в литературе. Важнейшие коренные месторождения рубинов – Пенни Лейн и Джон Соул – расположены в докембрийских породах в южной части национального парка Западный Цаво. По данным работы [2], в первом случае рубины расположены в тремолит-актинолит-гальково-хлоритовых породах десилицированных жил, секущих измененные серпентинизированные гипербазиты, а во втором – в контактовой зоне малой интрузии серпентинизированных гипербазитов и плюмазитовых пегматитов.

В 2005 г. в Кении случайно, т.е. без проведения геолого-разведочных работ, было открыто значительное по площади проявление благородных корундов в россыпях на склонах четвертичного вулкана. В августе 2007 г. авторами был выполнен ряд геологических маршрутов на площади участка Кеннеди и проведено опробование. Первые результаты геологических исследований проявления представляются достойными внимания.

Проявление Кеннеди находится на юге страны вне известных корундоносных полей. Рельеф участка характеризуется наличием в его центре гряды невысоких холмов вулканического происхождения и относительно более пологого предгорья, сложенного выветрелыми метаморфитами архея. Участок Кеннеди имеет перепады высот в пределах 410 м. Склоны вулканической гряды в ее осевой части относительно крутые (местами до 30°), но на периферии вулкана они выглаживаются (до нескольких граду-

сов). Эти склоны заметно асимметричны: восточные более крутые, а западные относительно пологие. С юга участок ограничен рекой, в которую впадают временные водотоки (ручьи и небольшие речки), пересекающие западные, южные и восточные склоны вулкана.

Район проявления в 1956-1957 годах был достаточно детально изучен геологической службой страны в ходе съемки масштаба 1:125000. Тем не менее, в геологическом описании района, выполненном по ее результатам [3], рубины и сапфиры на данной территории не упоминались.

Район характеризуется двухъярусным строением. Фундамент территории сложен сложнодислоцированными архейскими породами, метаморфизованными в условиях, достигавших гранулитовой фации метаморфизма. Они прорваны мелкими докембрийскими интрузиями кислого, основного и ультраосновного состава. На поверхности архейской толщи, выровненной в позднемеловое – домиоценовое время, располагаются породы верхнего структурного яруса – многофазные покровы и конусы плейстоценовых основных вулканических пород, относящихся как к нормальному (оливиновые базальты), так и к щелочному петрохимическому ряду (анальцимовые базаниты) [3].

Непосредственно на территории проявления Кеннеди архейская пачка метаморфитов, включающая разнообразные гнейсы, а также параамфиболиты и плагиоклазовые амфиболиты, смята в антиклинальную складку с относительно крутозалегающими крыльями (50-65°) и шарниром, погружающимся на северо-северо-восток. На метаморфитах расположен потухший вулкан, пять пологих конусов которого лежат на линии, ориентированной в северо-северо-западном направлении. Длина тела вулканических пород в плане составляет 5 км, ширина – 2,5 км. Вертикальная мощность вулканической постройки около 200 м.

По нашим данным, вулкан сформирован только лавой основного состава нормального петрохимического ряда. Его тело сложено главным образом пирокластическими породами: агломератовыми туфами, туфолавами

Химический состав горных пород района проявления Кеннеди, % по массе

Компонент	Номер пробы									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SiO <sub>2</sub>	41,80	45,57	48,10	53,60	46,70	47,80	46,70	47,85	48,60	48,60
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9,34	10,50	17,20	21,90	18,90	19,10	18,10	11,60	15,80	16,40
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13,80	2,40	7,60	6,39	7,20	6,74	8,40	9,40	6,30	4,84
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,061	Н.о.	0,090	0,022	0,083	0,171	0,091	0,075	0,057	0,051
FeO	Н.о.	10,15	Н.о.	Н.о.	Н.о.	Н.о.	Н.о.	Н.о.	Н.о.	Н.о.
MgO	10,1	10,85	10,5	5,90	12,50	5,80	12,00	15,90	9,70	7,50
CaO	9,20	12,16	8,80	8,80	8,80	11,4	8,40	8,30	9,50	11,30
Na <sub>2</sub> O	0,10	3,46	1,08	2,38	1,39	2,26	1,23	0,08	2,09	2,50
K <sub>2</sub> O	0,27	0,90	0,25	0,24	0,12	0,29	0,12	0,08	0,13	0,17
H <sub>2</sub> O +	Н.о.	0,76	Н.о.	Н.о.	Н.о.	Н.о.	Н.о.	Н.о.	Н.о.	Н.о.
H <sub>2</sub> O	Н.о.	0,40	Н.о.	Н.о.	Н.о.	Н.о.	Н.о.	Н.о.	Н.о.	Н.о.
TiO <sub>2</sub>	6,82	2,72	0,22	0,14	0,09	0,44	0,08	0,18	0,06	Сл.
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Н.о.	0,45	Н.о.	Н.о.	Н.о.	Н.о.	Н.о.	Н.о.	Н.о.	Н.о.
MnO	0,20	0,09	0,15	0,09	0,12	0,13	0,13	0,19	0,12	0,13
CO <sub>2</sub>	Н.о.	0,09	Н.о.	Н.о.	Н.о.	Н.о.	Н.о.	Н.о.	Н.о.	Н.о.
П.п.п.	10,1	Н.о.	2,02	2,16	1,61	3,15	1,9	6,42	7,70	8,56
Сумма	101,79	100,5	96,01	101,62	97,51	97,28	97,15	100,0	100,0	100,0

*Примечание.* Н.о. – не определялось; Сл. – следы. Пробы: 1 – оливиновый базальт участка Кеннеди; 2 – базальты района [3]; 3-10 – измененные основные-ультраосновные породы. Анализы проб 1, 3-10 выполнялись в лаборатории горно-геологического департамента Министерства окружающей среды и природных ресурсов Кении и публикуются впервые.

и игнимбритами, переслаивающимися с оливиновыми базальтами. Мощность отдельных оливин-базальтовых потоков от 2 до 20 м, тогда как мощность слоев пирокластических пород достигает 50 м. Химический состав оливиновых базальтов показан в табл.1. Для сравнения приведен анализ анальцимовых базанитов, обнажающихся к юго-западу от участка.

В ряде случаев в руслах ручьев удалось наблюдать контакт вулканических пород с подстилающей архейской толщей: на метаморфитах были обнаружены аллювиальные отложения с галькой и гравием этих пород. Предположение об излиянии лавы в русло реки подтвердилось находкой в одном из обнажений отчетливой шаровой отдельности в нижнем слое базальтов.

Для вулкаников характерно широкое распространение ксенолитов пород фундамента – в различной степени окатанных обломков гнейсов, амфиболитов, измененных основных-ультраосновных пород и жильного

кварца (рис.1). Важно, что находки корундов в делювии наиболее часты в местах скопления в нем окатанных галек этих архейских пород.

Измененные основные-ультраосновные породы изучены предварительно. Они представляют собой в разной степени метаморфизованные, чаще меланократовые габбро, меланократовые габбро-нориты, а также пироксениты, в ряде случаев содержащие зеленую шпинель (герцинит?, до 15 %). Крайне характерно развитие в них бурых реакционных кайм, состоящих главным образом из гидроксидов железа (?) и магнетита в ассоциации с другими вторичными минералами, в том числе – с бесцветным корундом и рубином (до 3 %). Каймы облекают зерна моноклинного пироксена и шпинели. Можно предполагать, что, по меньшей мере, часть рубинов участка могла образоваться путем замещения хромистого герцинита в ходе метаморфизма этих пород.

Современная кора выветривания на породах вулкана представлена только зоной дезинтеграции и развита на глубину лишь 0,3-0,5 м, потому что, во-первых, юный (плейстоценовый) возраст вулканических пород не позволил процессу выветривания воздействовать в течение длительного времени и, во-вторых, продукты выветривания на относительно крутых склонах центральной части вулкана в сезоны дождей интенсивно смываются к его периферии, где формируют слой делювия и коллювия. Заметно, что пористые пирокластические породы выветриваются значительно интенсивнее, чем менее проницаемые базальты, выделяющиеся в виде невысоких останцов.

В связи с сильным плоскостным смывом мощность делювия на склонах центральной части вулкана также мала и составляет не более 0,2 м. Она возрастает на пологих поверхностях периферийной зоны вулкана, где ее значение достигает 2 м.

Аллювиальные отложения на участке Кеннеди заметно отличаются друг от друга в разных ландшафтных условиях, что определяет их разную перспективность в плане накопления значительных по запасам россыпей. В верхней части вулканического конуса в едва выраженных логах в плане и по вертикали распространение аллювия весьма незначительно. В этих молодых логах он практически не отличим от делювия и имеет малую мощность (до 0,2 м). В средней части склона вулкана в руслах временных ручьев на относительно крутых склонах в неглубоких U- или V-образных желобах залегают неравномернозернистые (от глыб до крупнозернистого песка) аллювиальные отложения. С уменьшением уклона на участках протяженностью в первые десятки метров ширина русловых отложений иногда увеличивается до 10 м. Мощность аллювия здесь достигает 1,5 м. Важно, что в сезоны дождей аллювий в этой части вулкана весьма динамично перемещается вниз по течению и интенсивно обновляется. Наконец, в пологой части участка в долинах временных рек аллювий имеет наибольшую мощность. Здесь ширина долинных отложений в плане местами превышает 80 м, а мощность достигает 3 м.

Обломки ювелирных рубинов и сапфиров спорадически собирают с промытой дождевой водой поверхности делювия или добывают путем ручного грохочения обычно из аллювия малых временных водотоков средней части склонов. Зона частых находок рубинов в делювии почти полностью кольцом охватывает крупнейший из его конусов, где склоны не выположены и делювий интенсивно промывается в сезон дождей. Несколько удачнее сбор благородных корундов проходит на восточном, более крутом склоне, где делювий более подвижен. На остальной пологой площади вулкана находки более редки, невзирая на значительную мощность делювия. Относительно равномерное распределение ювелирных камней по площади вулкана позволяет полагать, что в рыхлые отложения корунды попадают из главных вулканических пород – агломератов и базальтов, а не из каких-либо локально распространенных эпигенетических образований.

В аллювии средней части склонов находки рубинов и сапфиров встречаются преимущественно на западе и юге вулкана вблизи наиболее мощных отложений делювия. Старательская добыча ведется в корытообразных руслах временных ручьев или в «котлах» – углублениях русла под небольшими водопадами. Результаты опробования на рубины таких отложений (табл.2) показали, что средневзвешенное (на объем пробы) содержание рубинов в русловом аллювии оказалось равным 2,43 кар/м<sup>3</sup>.

Таблица 2

**Результаты опробования руслового аллювия в средней части склонов вулкана**

Точка наблюдения	Суммарная масса рубинов, кар	Объем пробы, м <sup>3</sup>	Содержание рубинов, кар/м <sup>3</sup>
14, «котел»	0,15	0,14	1,07
57, «котел»	1,56	1,5	1,04
В 15-20 м выше точки наблюдения 57	0,94	0,2	4,70
73, молодой ручей на мощном пологозалегающем делювии	0,56	0,5	1,12
74, то же	–	0,6	–
77, " "	1,22	0,55	2,22
76, " "	6,24	0,6	10,40
79, " "	0,59	0,7	1,41



Рис.1. Ксенолиты пород фундамента в агломерате участка Кеннеди



Рис.2. Рубины из четвертичных отложений участка Кеннеди (коллекция Джемстоун Интернейшнл Майнинг Лтд «Gemstone International Mining Ltd»). Крупные камни выглядят темными за счет трещин



Рис.3. Рубин (темное), замещающий дистен (светлое). Галька из делювия со склона вулкана (коллекция «Gemstone International Mining Ltd»)



Рис.4. Кристаллы рубина из аллювия реки, протекающей по метаморфитам архея вне участка Кеннеди (коллекция «Gemstone International Mining Ltd»)

Среди найденных корундов примерно половину составляют рубины. Остальная часть представлена сапфирами и серыми корундами. Как рубины, так и сапфиры всегда находят в виде окатанных обломков кристал-

лов или их осколков – предварительно окатанных, а затем вновь расколотых, что свидетельствует о весьма длительном переносе. Представление о форме обломков можно получить по рис.2. Относительно крупные кам-

ни содержат трещины и «шторки», но после раскалывания или распиловки они дают блоки, пригодные для огранки.

*Рубины* чаще прозрачны и имеют насыщенный красный цвет с легким лиловым оттенком, т.е. цвет, типичный для лучших рубинов Мьянмы. Он мало меняется от образца к образцу. Средняя масса камней в коллекции «Gemstone International Mining Ltd» – 1,72 кар. Крупнейшие моноблоки позволяют получать из них граненые камни массой до 2,1 кар.

*Сапфиры* встречаются в виде просвечивающих или реже прозрачных окатанных обломков. Среди сапфиров отмечается большое разнообразие окраски – от фиолетового, сиреневого, розовато-фиолетового, оранжевого, коричневатого-оранжевого до серого и даже черного. Голубые сапфиры не были встречены. Средняя масса обломков сапфиров ограночного качества несколько выше, чем рубинов, – 2,83 кар. Окраска окатанных обломков черного сапфира вызвана микроскопическими включениями гематита. В образцах черного сапфира внутри фрагментов видны пластинчатые зоны светло-фиолетового сапфира толщиной 0,8-1,5 мм.

Среди редких находок отмечаются окатанные обломки агрегатов, состоящих из мелких таблитчатых кристаллов рубина диаметром до 2 мм в сростании с индивидами магнетита и корками гидроксидов железа, а также окатанные фрагменты кристаллов голубого дистена размером до  $2 \times 1 \times 0,5$  см, корродируемые таблитчатыми кристаллами рубина диаметром до 4 мм (рис.3).

Прогнозная оценка наиболее крупных (долинных) россыпей участка Кеннеди дала 2,3 млн кар рубинов (по категориям  $P_1 + P_2$ ) и 1,2 млн кар сапфиров (по категории  $P_2$ ).

Задача обнаружения зон концентрации корундов на участке Кеннеди неразрывно связана с проблемой их генезиса. При рассмотрении гипотезы о кристаллизации в основной магме возникает несколько противоречий:

1) известные в мире магматические месторождения ювелирных корундов связаны с излияниями щелочных базальтов, однако щелочность базальтов участка Кеннеди – низкая ( $K_2O + Na_2O = 0,37 \%$ , табл.1);

2) месторождения ювелирного корунда в щелочных базальтах обычно содержат только сапфир, но не рубин, как в нашем случае;

3) в россыпях на склонах вулкана, несмотря на малую дистанцию предполагаемой транспортировки (десятки – первые сотни метров), встречаются не целые кристаллы корунда, а их обломки, причем практически всегда предварительно окатанные;

4) магматическая гипотеза не объясняет находок на склоне базальтового вулкана упомянутых агрегатов, фиксирующих замещение гигантозернистого дистена рубином (рис.3).

Последний факт позволяет предположить, что рубин образовался метасоматическим путем по дистену в архейских силлиманит-мусковитовых или силлиманит-гранат-биотитовых гнейсах под воздействием докембрийских базитовых или гипербазитовых инъекций, которые обогатили корунд хромом. Это предположение подтверждается тем, что именно в такой геологической обстановке, в нескольких километрах от участка Кеннеди в полосе развития высокоглиноземистых гнейсов в контакте с амфиболитами и метагаббро в аллювии были встречены крупные практически неокатанные кристаллы рубина хорошей сохранности (рис.4).

Впоследствии кристаллы корунда были высвобождены из метаморфитов благодаря древнему выветриванию, окатаны и раздроблены во время транспортировки в речном потоке и сконцентрированы в аллювиальной россыпи. Вполне вероятно, что палеорека, сформировавшая эту россыпь, тянулась по разрыву северо-северо-восточного простирания, по которому позднее произошла эффузия базальтов участка Кеннеди и на котором расположены пять конусов вулкана. Это прекрасно согласуется как с находками аллювиальных отложений в основании вулканитов, так и с шаровой отдельностью последних. Затем корунды вместе с прочим аллювиальным материалом были подняты лавой в слою вулканической постройки (см. рис.1). Современное выветривание вновь высвободило обломки корундов и позволило им вторично сконцентри-

роваться в делювии и аллювии на склонах вулкана.

Такой механизм транспортировки рубинов предлагается для месторождений Кении впервые. Однако в мировой геологической литературе подобная схема транспортировки вулканом предполагалась в качестве одной из гипотез на нескольких месторождениях ювелирных корундов: на северо-восточной окраине массива Литтл Белт (Монтана, США), а также Пайлин и Бо-Кео в Кампучии, Канбури и Бо-Плой в Таиланде. Что же касается первичного происхождения рубинов, то генетическим аналогом участка Кеннеди можно считать месторождения Кови-Крик в северо-восточной части округа Мэкон (Сев. Каролина, США). Такие же коренные источники рубинов предполагаются для россыпей на Шри-Ланке, Мадагаскаре, в Танзании, Финляндии [1] и в Кампучии [4].

Из мировой практики известно, что рубин из регионально-метаморфических толщ интересен в промышленном отношении только в случае формирования им аллювиальных россыпей [1]. На участке Кеннеди вулканическая транспортировка скорее послужила разубоживающим фактором по отношению к древней аллювиальной россыпи. В этой ситуации наибольший промышленный интерес, вероятно, представляют аллювиальные россыпи вблизи коренных источников рубина в метаморфитах. Их прогнозирование и поиски являются главной задачей следующего этапа работ.

Кенийские рубины появились на рынке достаточно давно и находятся в одной ценовой группе с камнями из Таиланда, Кампучии, Шри-Ланки, Афганистана, Вьетнама и Танзании [2]. Поэтому можно надеяться, что в случае появления в продаже рубинов из нового кенийского месторождения мировой ювелирный рынок примет их достаточно благосклонно.

Исследования выполнены по инициативе и при финансовой поддержке ООО «Соколов» (Россия) и «Gemstone International Mining Ltd» (Кения), руководителям которых авторы выражают огромную благодарность.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Киевленко Е.Я.* Геология месторождений драгоценных камней / Е.Я.Киевленко, Н.Н.Сенкевич, А.П.Гаврилов. 2-е изд. М.: Недра, 1982. 279 с.
2. *Haghes R.W.* Ruby & Sapphire / RWH publishing Boulder. Colorado. USA. 1997. 512 p.
3. *Saggerson E.P.* Geology of the Simba – Kibwezi area / Ministry of Commerce and Industry, geological survey of Kenya. Rep. № 58. 1963. 70 p.
4. *Saurin E.* Some gem occurrences in Cambodia // *Rocks & Miner.* 1957. Vol.32, № 7-8, pp.397-398.

#### REFERENCES

1. *Kievlenko E.Ya.* Geology of deposits of jewels / E.Ya.Kievlenko, N.N.Senkevich, A.P.Gavrilov. 2-nd ed. Moscow: Nedra, 1982, 279 p.
2. *Haghes R.W.* Ruby & Sapphire / RWH publishing Boulder. Colorado. USA. 1997. 512 p.
3. *Saggerson E.P.* Geology of the Simba – Kibwezi area / Ministry of Commerce and Industry, geological survey of Kenya. Rep. № 58. 1963. 70 p.
4. *Saurin E.* Some gem occurrences in Cambodia // *Rocks & Miner.* 1957. Vol.32, № 7-8, pp.397-398.