

В. С. РОВША

## О МИНЕРАЛОГИЧЕСКИХ КРИТЕРИЯХ АЛМАЗОНОСНОСТИ КИМБЕРЛИТОВ ЯКУТИИ

(Представлено академиком Л. Ф. Верещагиным 22 VII 1970)

Установление минералогических критериев алмазности кимберлитов представляет собой по существу конечную цель минералого-геохимического изучения этих пород.

Известно, что алмазу в кимберлитах сопутствует ряд минералов: гранат-пироп, оливин, магнезиальный ильменит, хромсодержащий диопсид, хромшпинель, ромбический пироксен, слюда типа флогопита. Выделение этих минералов как специфических спутников алмаза позволило использовать их в качестве поисковых критериев на кимберлитовые тела (<sup>8</sup>, <sup>9</sup>), что привело к открытию коренных месторождений алмаза в Советском Союзе (<sup>10</sup>).

Вполне естественно, что при попытках отыскать взаимосвязь между содержанием алмазов в кимберлитах и минералогическими их особенностями внимание исследователей привлекали прежде всего (и главным образом) возможные связи между количественными и качественными характеристиками минералов-спутников и алмазностью. Эти попытки тем более естественны, что некоторые из минералов-спутников обнаружены в виде включений в кристаллах алмаза, а для ряда включений доказана их сингенетичность с алмазом-хозяином (<sup>11</sup>).

Сопоставление данных по содержанию различных минералов-спутников с аналогичными сведениями по алмазности для большого ряда кимберлитовых тел из различных алмазных районов Якутии, предпринятое разными исследователями, не выявило какой-либо закономерности (<sup>1</sup>, <sup>11</sup>) — см. табл. 1.

Таблица 1

Содержание (вес. %) важнейших минералов-спутников  
кимберлитов Якутии (<sup>1</sup>), стр. 98, табл. 22)

Район	Оливин (свежий)	Ильменит	Пироп	Хромшпинель
Верхне-Алданский	р. з. *	р. з.	0,72	0,18
Мало-Ботуобинский	р. з.	0,57	0,19	0,001
Далдыно-Алакитский	0,12	0,51	0,11	0,002
Верхне-Мунский	1,30	0,013	0,09	0,01
Средне-Оленекский (Огоньор-Чомурдах- ское и Нижне-Укукит- ское поля)	р. з.	0,71	0,06	р. з. 0,0002 **
Нижне-Оленекский (Куойско-Бээнчимин- ский)	12,0	0,46	0,22	0,05

\* р. з. — резкие знаки, содержания порядка 0,0001% и меньше.

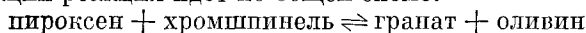
\*\* По данным (<sup>9</sup>).

Вместе с тем, попытки установления минералогических критериев алмазности не следует, по-видимому, рассматривать как совершенно безнадежные. При их отыскании необходим учет особенностей минералогии как самих алмазов, так и минералов, относимых к группе спутников.

Накопленный к настоящему времени фактический материал по минералогии кимберлитов позволяет различать среди минералов-спутников две группы: минералы, в составе которых определяющую роль играет хром (лиловый пироп, хромшпинелид, хромистый диопсид), и минералы, для которых характерен титан (ильменит, оранжевый и красный пироп, слюда, малохромистый диопсид). Первую группу будем в дальнейшем условно называть «хромовой», вторую — «титановой» \*.

Изучение включений в кристаллах алмаза позволяет считать, что основными парагенетическими спутниками его являются минералы хромовой группы; наиболее часты в алмазах включения хромшпинелида и оливины, несколько реже встречается пироп, причем резко преобладает (свыше 90% случаев) гранат лиловых, фиолетовых оттенков (данные Э. С. Ефимовой <sup>(4)</sup>). Изучение состава таких гранатов показало, что они содержат повышенное количество  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  — до 16 вес. % <sup>(13)</sup>. Ильменит в виде включений в кристаллах алмаза не известен ни в якутских, ни в африканских месторождениях <sup>(15, 16)</sup>. Однако присутствие в алмазах включений оранжевого и красного пироба позволяет генетически связывать некоторую часть алмазов (по-видимому, менее 10%) с титановой группой спутников \*\*.

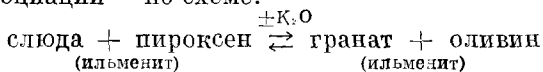
Помимо геохимически специализированных групп минералов-спутников — хромовой и титановой, в каждой из них целесообразно различать комплекс минералов, образующихся в обстановке высоких давлений (барофильных), и минералов, не требующих высоких давлений для своего образования. Минералогическое изучение кимберлитов, гранатовых перидотитов и экспериментальные исследования <sup>(4, 6, 17)</sup> показывают, что минералы барофильные и небарофильные связаны реакционными взаимоотношениями и возникают вместо (и за счет) друг друга. В хромовой ассоциации реакция идет по общей схеме:



Низкие давления

Высокие давления

в титановой ассоциации — по схеме:



Низкие давления

Высокие давления

На характер распределения элементов в этом случае большое влияние оказывает и температура протекания реакции; так, по результатам наших экспериментов, гранат с относительно более высоким содержанием  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  образуется при более высокой температуре (при том же давлении).

Учитывая, что необходимым условием образования алмаза является высокое давление (по-видимому, 40—50 кбар в природных условиях), можно считать, что благоприятным признаком, указывающим на возможную алмазность кимберлитов, является широкое проявление ассоциации высоких давлений. Степень развития барофильной ассоциации (гранатизации) может быть в первом приближении оценена по соотношению некоторых элементов в минералах барофильной и небарофильной ассоциаций или даже просто по соотношению весовых количеств этих минералов. Так, степень гранатизации хромовой группы спутников можно оценить, вычислив соотношение весовых количеств граната и хромши-

\* Ромбический пироксен и оливин ассоциируют с минералами обеих групп; для ромбического пироксена из сростаний с ильменитом характерна повышенная железистость.

\*\* Некоторое количество алмазов попадает в кимберлит из алмазносных эклогитов <sup>(2, 12)</sup>.

нелида или же величин  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  граната /  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  хромшпинели,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  граната /  $\text{Al}_2\text{O}_3$  хромшпинели,  $\text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$  граната /  $\text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$  хромшпинели. Степень гранатизации титановой группы спутников представляется удобным оценивать путем вычисления соотношения:  $\text{TiO}_2$  гранат /  $\text{TiO}_2$  ильменит. Вычислив величины «коэффициентов гранатизации» гранат (вес. %) / хромшпинель (вес. %) и  $\text{TiO}_2$  гранат (вес. %) /  $\text{TiO}_2$  ильменит (вес. %) по данным табл. 1 и результатам химических анализов граната (1), получим следующие величины (табл. 2).

Как видно из табл. 2, неалмазоносные кимберлиты Верхне-Алданского и Нижне-Оленекского районов (см. табл. 1) характеризуются наименьшими величинами коэффициента гранатизации благоприятной для алмаза хромовой группы минералов-спутников. Высокая величина этого коэффициента для кимберлитов Средне-Оленекского района обусловлена тем, что гранат в этих кимберлитах связан не с хромовой, а с титановой группой (характерно широкое развитие крупных желваков оранжевого граната), доминирующей в кимберлитах этого района (см. табл. 1 — содержание ильменита). Хромовая же группа, напротив, для кимберлитов Средне-Оленекского района не характерна (табл. 1, содержание хромшпинелида). Вместе с тем относительно низкая степень гранитизации хромовой группы минералов-спутников в кимберлитах Верхне-Мунского района позволяет связывать их алмазоносность с высокой степенью гранатизации титановой группы — на порядок выше, чем во всех других районах (табл. 2).

Исходя из изложенного, наиболее перспективными в отношении алмазоносности можно считать те кимберлитовые тела, которые содержат повышенное количество минералов-спутников хромовой группы с резким преобладанием ассоциации высоких давлений. Минералогически это выражается в присутствии большого количества пиропы и относительно малого количества хромшпинелида и пироксенов, особенно ромбического.

Таблица 2

Величины «коэффициентов гранатизации»

Коэффициент	Верхне-Алданский	Мало-Ботуобинский	Далдыно-Алакитский	Верхне-Мунский	Средне-Оленекский	Нижне-Оленекский
$\frac{\text{Гранат} - \text{шпрот хромшпинель}}{\text{TiO}_2 \text{ гранат}} \times 10^{-4}$	4	190	55	9	300	4
$\frac{\text{TiO}_2 \text{ гранат}}{\text{TiO}_2 \text{ ильменит}} \times 10^{-4}$	?	31	23	770	10	45

Присутствие же больших количеств орто- и клинопироксенов совместно с хромшпинелидом является явно отрицательным признаком. Широкое развитие минералов титановой группы, как правило, не является благоприятным признаком, так как подавляющую часть алмазов генетически следует связывать, по-видимому, с хромовой группой. Особенно неблагоприятно присутствие большого количества слюды; значительные содержания ильменита нельзя расценивать как прямой отрицательный фактор, поскольку реакции преобразования в зависимости от давления затрагивают его в относительно малой степени.

Таким образом, предварительную оценку перспективности кимберлитового тела или района развития кимберлитов можно провести, вычислив «коэффициенты гранатизации» хромовой и титановой групп минералов-спутников, извлеченных из протоколов или элювиального материала. Сравнение получаемых таким путем результатов с данными разведочного опробования подтверждает, как показано выше, справедливость высказанных положений, однако пока еще нет возможности четко разграни-

чить количественно «положительные» и «отрицательные» значения соответствующих коэффициентов.

Рассматривая вопрос о связи алмазности и минералогических особенностей кимберлитов, необходимо также иметь в виду, что по минералам-спутникам можно оценить алмазность кимберлитов только в отношении алмазов, сингенетичных со спутниками, но не общую алмазность. Хотя некоторые исследователи полагают, что на долю алмазов, сингенетичных спутникам, приходится 90—95% всех кристаллов<sup>(3)</sup>, однако не исключена возможность существования кимберлитовых тел, где этот процент может быть ниже за счет повышенного содержания алмазов, кристаллизовавшихся в иной термодинамической обстановке и не сингенетичных с рассматриваемыми минералами-спутниками (интенсивно окрашенные алмазы, алмазы кубического габитуса, алмазы «в рубашке», метакристаллические сростки и т. д.).

Таким образом, оценка алмазности кимберлитов по минералам-спутникам в принципе не гарантирует от пропуска тел, богатых относительно низкокачественными алмазами.

Из изложенного можно видеть, что связь между алмазностью и минералогическими особенностями кимберлитов требует для своего установления всестороннего изучения минералогии и геохимии этих пород. Изучение это важно еще и потому, что позволит в какой-то мере приблизиться к возможности экспериментального воссоздания природных условий образования алмаза.

Поступило  
21 VII 1970

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> А. П. Бобриневич и др., Петрография и минералогия кимберлитовых пород Якутии, 1964. <sup>2</sup> А. П. Бобриневич, Г. И. Смирнов, В. С. Соболев, ДАН, 126, № 3 (1959). <sup>3</sup> М. А. Гневущев, Е. И. Шеманина, Сборн. Минер. изв. гори. пород Урала, 1967. <sup>4</sup> Б. Г. Лутц, Геология рудн. месторождений, № 5 (1965). <sup>5</sup> В. А. Милашев, Петрохимия кимберлитов Якутии и факторы их алмазности, 1965. <sup>6</sup> Н. П. Михайлов, В. С. Ровша, ДАН, 160, № 5 (1965). <sup>7</sup> В. С. Ровша, И. П. Илупин, Геол. и геофиз., № 2 (1970). <sup>8</sup> Н. Н. Сарсадских, Бюлл. научно-технич. информ., № 1 (13) (1958). <sup>9</sup> Н. Н. Сарсадских, Информ. бюлл. Всесоюзн. н.-и. геол. инст., № 5 (1958). <sup>10</sup> Н. Н. Сарсадских, Л. А. Попугаева, Разв. и охр. недр, № 5 (1955). <sup>11</sup> Н. Н. Сарсадских, В. С. Ровша, Зап. Всесоюзн. минерал. общ., 89, в. 4 (1960). <sup>12</sup> Н. В. Соболев, И. К. Кузнецова, ДАН, 167, № 6 (1966). <sup>13</sup> Н. В. Соболев и др., ДАН, 189, № 5 (1969). <sup>14</sup> С. И. Футергендлер, В. А. Франк-Каменецкий, Зап. Всесоюзн. мин. общ., 90, в. 4 (1961). <sup>15</sup> J. W. Harris, Industr. Diamond Rev., 28, № 334 (1968). <sup>16</sup> H. O. A. Meyer, F. R. Boyd, Ann. Rep. Carn. Instr. Year Book, № 67 (1969). <sup>17</sup> I. D. McGregor, Ann. Rep. Carn. Inst. Year Book, № 63 (1965).