

3. Закруткин В. В., Труфанов В. Н., Дудаков В. К. Новый метод определения первичной природы основных метаморфитов // Докл. АН СССР.— 1974.— 217, № 2.— С. 446—448.
4. Закруткин В. В. Основные парачарнокиты.— Ростов н/Д: Изд-во Рост. ун-та, 1981.— 213 с.
5. Заридзе Г. М., Татришвили Н. Ф. Петрология метаморфических образований северного склона Большого Кавказа.— Тбилиси: Мецниереба, 1974.— 199 с.
6. Кулиш Е. А. Осадочная геология архея Алданского щита.— М.: Наука, 1985.— 208 с.
7. Перчук Л. Л. Равновесия породообразующих минералов.— М.: Б. и., 1970.— 390 с.
8. Петров В. П., Беляев О. А., Волошина З. М. и др. Метаморфизм супракрустальных комплексов раннего докембрия.— Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1986.— 272 с.
9. Плошко В. В., Тронева Н. В. Гранаты, пироксены и амфиболы из эклогитов Центрального Кавказа // Изв. Сев.-Кавказ. науч. центра высшей шк. Естеств. науки.— 1982.— № 2.— С. 62—65.
10. Соболев Н. В. Парагенетические типы гранатов.— М.: Наука, 1964.— 219 с.
11. Термо- и барометрия метаморфических пород.— Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1977.— 207 с.
12. Althaus E. The triplepoint andalusite—sillimanite—kyanite on experimental and petrologic study // Contrib. Miner. and Petrol.— 1967.— 16, N 1.— P. 29—44.
13. Bard J. P. Composition on Hornblendes formed during the Hercynian progressive metamorphism of the Arocena Belt // Contrib. Miner. and Petrol.— 1970.— 28, N 2.— P. 117—134.
14. Raase P. Al and Ti contents of hornblende, indicator of pressure and temperature of regional metamorphism // Contrib. Miner. and Petrol.— 1974.— 44, N 3.— P. 231—236.

Рост. ун-т

Поступила 10.04.90

Ин-т геохимии и физики минералов АН УССР, Киев

**SUMMARY.** Amphiboles from metarocks of the Buulgenian and Makerian series of the Central Caucasus (chemical composition, optic properties, density, parageneses) are studied, their facial peculiarities being revealed. It is stated that progressive metamorphism of series occurred in the high-temperature range of the amphibolitic facies at 580-660 °C, while the most significant diaphthoric transformations — at 420-490 °C. In this case maximal pressure did not exceed 7 k Jt is also stated that the studied amphiboles from ortho- and paraamphibolites differ in the chemical composition. The results obtained permit solving inverse problems as well: determining the metamorphism degree of amphibole-containing rocks and their primary pre-metamorphic nature as to the typomorphic peculiarities of amphiboles.

УДК 549.0

Ф. В. Каминский, Ю. И. Конюхов, В. В. Вержак, М. Хамани, А. Хенни

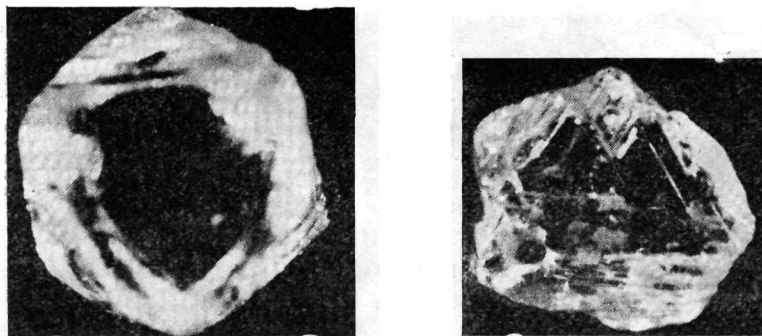
## Алмазы Алжирской Сахары

В зоне сочленения Сахарской плиты с Западно-Африканским кратоном советскими и алжирскими геологами в четвертичных отложениях установлено наличие алмазов, сопровождающихся пиропом, пикроильменитом, хромитом. Среди кристаллов алмаза имеются октаэдры, додекаэдрониды и комбинационные кристаллы в соотношении 35:50:15. Большинство из них представлено осколками и обломками, несущими следы коррозии, длительного пребывания в прибрежно-морских условиях. Особенно интересны темные пятна пигментации, развитые как на первичных поверхностях, так и на сколах. Среди гранатов, сопутствующих алмазам, установлены кноррингитсодержащие разновидности. Источники алмазов в четвертичных породах — нижнемеловые конгломераты и песчаники.

Первый алмаз в Алжирской Сахаре найден в 1953 г. М. Рану в одной из шлиховых проб, отобранной предположительно в уезде Ин-Хихау (западная часть Ахаггарского щита). После этого французскими и советскими геологами в течение ряда лет проводились специализированные поиски, но только в 1969 г. В. Т. Изарову удалось найти второй алмаз (на этот раз на восточной окраине Ахаггара). Мелкий

© Ф. В. Каминский, Ю. И. Конюхов, В. В. Вержак, М. Хамани, А. Хенни, 1990

додекаэдроид размером 0,36 мм выявлен в пробе из элювия красноцветных конгломератов тириринской серии верхнего протерозоя в районе пос. Тиририн. Он сопровождался гранатами — пиропами и пикроильменитом. Дальнейшие поиски алмазов в Ахаггаре, которые проводились до 1978 г. с перерывами, остались безрезультатными и работы постепенно сместились к северо-западу в зону сочленения Сахарской плиты с Западно-Африканским кратоном. Здесь в районе Регган в 1975 г. найден первый алмаз, а к настоящему времени установлено



*Рис. 1.* Изометричный плоскогранно-кривогранный октаэдр со сглаженными ребрами, по которым начали развиваться додекаэдрические поверхности. Грани имеют грубоступенчатое строение (видно сбоку и сверху), полицентризм. На кристалле отсутствуют следы транспортировки. Светлый лимонно-желтый, прозрачный. (Кристалл № 30, масса 37,1 мг).

*Рис. 2.* Уплощенный двойник октаэдров по шпинелевому закону с груболаминарным строением граней и ярко выраженным полицентризмом. Вершины обколоты при транспортировке. Бесцветный, полупрозрачный. (Кристалл № 34, масса 5,9 мг).

наличие алмазов в четвертичных отложениях на довольно большой территории протяженностью почти до 300 км от районов Танезруфт и Ахнет на юге до района Эль-Ксейбат на севере.

В центре этого района советскими и алжирскими геологами выявлена аллювиальная россыпь Джебель, приуроченная к древней долине Блед-эль-Мас. Эта долина, вытянутая в субмеридиональном направлении почти на 90 км, сложена эоловыми песками, под которыми скрыт сложно построенный разрез ниже-верхнечетвертичных аллювиальных отложений, содержащих алмазы и минералы-спутники: пироп, пикроильменит, хромит. Мощность аллювия достигает 12—15 м, и алмазы встречены по всему его разрезу; наиболее крупные камни тяготеют к нижней, базальной части, перекрывающей палеозойские породы.

Все алмазы долины Блед-эль-Мас, по классификации Ю. Л. Орлова, относятся к первой разновидности [1]. Они представлены октаэдрическими, додекаэдрическими и комбинационными кристаллами в соотношении 35:50:15. Октаэдры имеют субизометричную форму, изредка слабо уплощены (рис. 1). Плоскогранных октаэдров среди них немного, причем полностью плоскогранными их назвать нельзя, так как на части граней наблюдается ступенчатость. Большинство октаэдров имеет ступенчато-пластинчатое строение граней, варьирующее от тонко- до груболаминарного. При этом груболаминарные октаэдры, как правило, имеют полицентрическое строение граней.

Около трети октаэдров представлено двойниками по шпинелевому закону (рис. 2), большинство которых является уплощенными типа *twins*. Встречены сростки двойников, в том числе шестилучевые и клиновидные сростки.

Основная скульптура травления на октаэдрических гранях — треугольные фигуры, ориентированные обратнопараллельно конфигурации грани. При более интенсивном растворении у октаэдров наблюдается закругление вершин и притупление ребер с развитием по ним в даль-

нейшем додекаэдрических поверхностях (рис. 1). Первоначально такие кристаллы сохраняют октаэдрический габитус, но с увеличением степени растворения приобретают комбинационный характер, оставаясь при этом субизометричными (рис. 3).

Конечными формами растворения октаэдров являются ромбододекаэдрониды, составляющие половину идентифицированных кристаллов (рис. 4, 5). У некоторых из них наблюдается уплощение по [III], не превышающее 1 : 2. Ребра додекаэдронидов четкие, закругленные; гран-

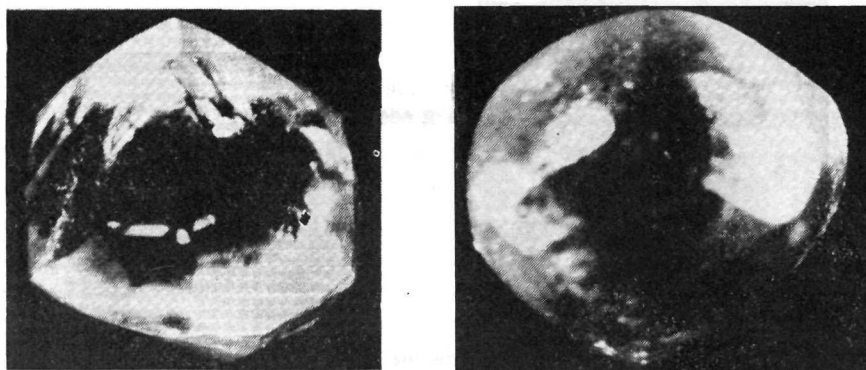


Рис. 3. Округлый алмаз, уплощенный по [III], у выходов которой сохранились реликты октаэдрических граней (в центре). На матированных додекаэдрических поверхностях гранные швы слабо выражены. На одной из них (внизу) зеленовато-бурое пятно пигментации. Бесцветный, прозрачный. (Кристалл № 40, масса 27,6 мг).

Рис. 4. Додекаэдронид, уплощенный по [III]. Поверхность сильно корродирована, покрыта шагренью и имеет холмообразный рельеф. Буровато-желтоватый, полупрозрачный. (Кристалл № 27, масса 19,7 мг).

ные швы, как правило, выражены достаточно хорошо. Большинство додекаэдронидов имеет ровные гладкие поверхности, в той или иной степени матированные (как и октаэдрические). Характерная для додекаэдронидов штриховка — результат послойного растворения граней — отмечаются на немногих кристаллах. Изредка встречаются пирамидальные холмики близ ребер или в центре граней (рис. 5). На гранях некоторых кристаллов наблюдается вальцеобразный рельеф, ребристость, дисковая и черепитчатая скульптуры.

Сохранность алмазов Блед-эль-Мас неполная: более половины (55 %) представлены осколками, и лишь 30 % составляют целые кристаллы, из них единицы совершенно не повреждены. Практически все алмазы — как осколки и обломки, так и целые кристаллы — несут на себе следы вторичных изменений. Наиболее ранние из них — протоматматические сколы. Большинство сколов матировано столь же интенсивно, как и первичные поверхности; но встречаются и слабо матированные сколы. На поверхностях некоторых алмазов встречается ромбическая сетка согласно направлениям спайности.

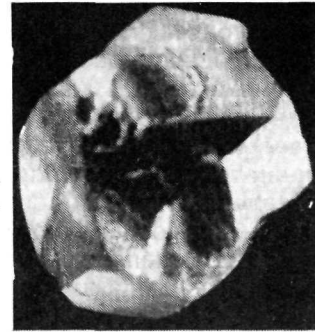
Большинство алмазов долины Блед-эль-Мас несет следы длительного пребывания в условиях механического воздействия. Это — близповерхностные трещины, обколотые вершины, притупленные и затертые ребра и границы изломов. В некоторых случаях можно видеть, как на эти следы механической обработки накладываются более тонкие, типа полировки затертых ребер. Такие особенности алмазов возникают в результате их обработки в волноприбойной зоне; вероятно, они отражают пребывание кристаллов в прибрежно-морских условиях.

Дальнейшие преобразования алмазов происходили, по-видимому, во вторичном коллекторе в условиях захоронения, причем некоторые коррозионные процессы могли протекать в условиях повышенной температуры. В первую очередь к ним относится образование шагреня

(рис. 4). Уже упоминалось наличие ранней матировки и шагрени, время образования которых определяется потертостью кристаллов, наложенной на шагрень. В то же время на ряде алмазов можно видеть наложение более поздней коррозии на следы механической обработки. В дальнейшем более интенсивная коррозия проявилась в образовании сильно изъеденных поверхностей, приобретших бугорчато-чатый, холмистый рельеф. На поверхности некоторых кристаллов наблюдаются весьма характерные формы — каналы травления, пересекающие иногда несколько граней; они выполнены гидроксидами железа (рис. 5).

Одна из интереснейших особенностей алмазов долины Блед-эль-Мас — наличие на них

*Рис. 5.* Сложно деформированный додекаэдрон, декорированный двумя крупными пирамидами. На гранях штриховка растворения, шагрень. Острые вершины сколоты, на ребрах следы механических воздействий при транспортировке. Хорошо развиты каналы травления, один из которых виден вверху. Полупрозрачный, с нацветом. (Кристалл № 33, масса 10,5 мг).



пятен пигментации, как одиночных, так и образующих группы. Как известно, являющееся результатом радиационного воздействия и служащее одним из критериев древности алмазов [3] встречается пятно пигментации с концентрически-зональным строением. Пятна пигментации имеются не только на первичных гранях алмазов, но также на матированных поверхностях сколов. В результате термального воздействия первично зеленые пятна пигментации приобретают темно-бурую окраску. На исследованных алмазах зеленые пятна пигментации не встречаются, наблюдается последовательный ряд изменения их окраски: темно-зеленая — зеленовато-бурая — светло-бурая — бурая.

Отмеченные признаки типичны для алмазов, длительное время пребывавших во вторичных коллекторах.

Наиболее «молодые» морфологические особенности изученных алмазов — свежие сколы, образовавшиеся, видимо, в процессе аллювиальной транспортировки. Эти сколы могут проходить по спайности, образовывать ступенчатый или раковистый излом. Их отличает отсутствие каких-либо признаков коррозии, сильный алмазный блеск. Количество алмазов со свежими сколами невелико (около 20 %), что указывает на небольшое расстояние аллювиальной транспортировки алмазов.

У многих кристаллов имеются следы нескольких этапов их постгенетической эволюции: ранние сколы, механические потертости, наложенная на них шагрень, свежие сколы. Такие кристаллы иллюстрируют длительность и многоэтапность своей эволюции.

По окраске среди алмазов из долины Блед-эль-Мас преобладают бесцветные и желтоватые (в том числе со слабым нацветом) кристаллы, составляющие почти 90 % (по 40—45 %).

Большинство из них прозрачны, но около трети составляют полупрозрачные алмазы, что объясняется сильной матировкой граней и их штриховкой. Желтых (в том числе лимонно-желтых), буровато-желтых и буровато-розовых кристаллов немного; из других окрасок встречаются сероватая, вызванная многочисленными включениями графита в алмазе, и голубая, наблюдавшаяся в одном кристалле.

Включения наблюдаются почти в 40 % алмазов и представлены главным образом графитом. Изучение включений из алжирских алмазов является предметом специального исследования, поэтому отметим лишь присутствие среди них сульфидов, хромита, хромдиопсида, граната и, возможно, других силикатов. Имеются ассоциации включений,

главным образом относящиеся, по-видимому, к ультраосновному типу парагенезиса.

В дальнейшем помимо изучения включений в алмазах предполагается провести детальные исследования их спектральных и изотопных характеристик. Однако уже сейчас можно сделать вывод о том, что алмазы Алжирской Сахары отличаются от алмазов Мали и Гвинеи, образующих наиболее близкие пространственно россыпные месторождения, что дает основание предполагать их источники не только в пределах Западно-Африканского кратона, но также и на Сахарской плите. Однако этот вопрос проблематичен, и пока можно лишь достаточно определенно говорить о поступлении алмазов в россыпь Джебель из промежуточных коллекторов. Признаки этого мы видим не только в описанных выше типоморфных особенностях алмазов, но также в составе минералов-спутников алмаза. Алмазам в россыпи сопутствуют гранаты, пикроильменит, хромит. Последние единичны, а гранаты представлены главным образом пиропом с железистостью  $f=16\div 19\%$ , 53—67 % пиропового компонента, 4—10 %  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ . Эти пиропы, как и алмазы, несут следы пребывания во вторичных коллекторах. Более того, такие же по составу пиропы встречены в довольно большом количестве в нижнемеловых конгломератах и песчаниках плато Тидикельт, развитых к северу и северо-востоку от долины Блед-эль-Мас. От уступа нижнемеловых пород берет свое начало эта долина, и нет сомнений в том, что отсюда же поступали алмазы, доказательством чему служит находка небольшого осколка алмаза в шлиховой пробе, отобранной в уэде Тигфермас на поверхности плато Тидикельт (в 30 км к северо-востоку от г. Аулеф). Таким образом, меловые породы Тидикельта можно рассматривать в качестве источника алмазов, аналогичного мезозойским промежуточным коллекторам в других регионах,— песчаникам Кванго в ЮАР, песчаникам Колондо в Анголе, песчаникам Берберати в ЦАР [2].

Авторы благодарят руководство Национального предприятия по разведке месторождений полезных ископаемых Алжира (ЕРЕМ) за содействие в выполнении данной работы.

1. Орлов Ю. Л. Минералогия алмаза.— М.: Наука, 1984.— 264 с.
2. Трофимов В. С. Геология месторождений природных алмазов.— М.: Недра, 1980.— 304 с.
3. Meyer H. O. A., Milledge H. J., Nave E. Natural irradiation damage in Ivory Coast diamonds // Nature.— 1965.— 206, N 4892.— P. 392—396.

Центр. науч.-исследоват. геол.-развед. ин-т  
цвет. и благород. металлов М-ва геологии СССР, Москва  
Центр исследований и развития ЕРЕМ, Бумердес, АНДР

Поступила 19.04.90

**SUMMARY.** The Soviet and Algerian geologists have determined the presence of diamonds accompanied by pyrope, picroilmenite, chromite in the Quaternary deposits in the Sahara plate — West-African craton adjacency zone. Among diamond crystals there are octahedra, dodecahedroids and combination crystals in a 35 : 50 : 15 ratio. Most of them are presented by debris and fragments carrying corrosion traces due to long-duration stay under coastal conditions. Dark spots of pigmentation developed both on the primary surfaces and on spalls are of peculiar interest. Knorringite-containing varieties are revealed among diamond-accompanying garnets. Diamond sources in the Quaternary rocks are Lower-Cretaceous conglomerates and sand rocks.