

Ю. Л. ОРЛОВ, Б. И. ПРОКОПЧУК

АЛМАЗЫ ИЗ РУСЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ Р. МОТОРЧУНЫ  
(ПРИЛЕНСКАЯ АЛМАЗОНОСНАЯ ОБЛАСТЬ)

При проведении геолого-исследовательских работ в Приленской области (Прокопчук и др., 1963) в аллювиальных отложениях различных рек было найдено более 15 000 кристаллов алмаза. Максимальное количество кристаллов алмаза было отобрано из русловых отложений в нижнем течении р. Моторчуны. Здесь часть отмытого зернистого материала класса  $-8 + 0,5$  мм была просмотрена под рентгеном, в результате чего было извлечено 6907 кристаллов алмаза. Другая часть зернистого материала была обработана визуалью М. С. Кострюковым и при этом было отобрано 6112 кристаллов алмаза.

Большое количество кристаллов алмаза дало возможность исследовать их особенности и произвести сравнение алмазов, полученных из русловых отложений р. Моторчуны, с алмазами других областей Якутии и Урала.

При сравнении алмазов из различных областей и районов Якутии М. А. Гневушев и Э. В. Бартошинский (1959, 1961) классифицировали алмазы по габитусам и морфологическим типам. По габитусу они выделяли три группы: алмазы октаэдрического габитуса, переходные формы и ромбододекаэдры.

Для более детального расчленения кристаллы алмаза классифицировались на 10 морфологических типов: 1) плоскогранные октаэдры; 2) алмазы, сложенные тригональными слоями роста; 3) алмазы, сложенные дитригональными слоями роста; 4) алмазы с полицентрическими растущими гранями; 5) алмазы с занозистой штриховкой; 6) округло-ступенчатые кристаллы; 7) кристаллы с блоковой скульптурой; 8) округлые алмазы; 9) алмазы кубического габитуса; 10) алмазы прочих типов.

Несмотря на простоту, эта классификация имеет недостатки. Разделение алмазов по габитусу на три указанные выше группы нельзя признать правильным и показательным. В некоторых месторождениях встречаются значительные количества кристаллов кубического габитуса, которые не выделяются в специальную группу и таким образом выпадают из статистики. Встречаются также кристаллы, имеющие тетраэдрический габитус, наконец, часто габитус многих кристаллов настолько неопределен, что трудно решить вопрос, в какую группу такие кристаллы должны быть распределены. Кроме этого, плоскогранные и кривогранные кристаллы могут иметь одинаковый габитус, и поэтому при указанном расчленении нельзя выяснить действительное распространение тех и других много-

гранников. Цифры, полученные для статистики при таком расчленении, не характеризуют алмазы определенно.

Выделение десяти морфологических типов также строго не обосновано. Во-первых, эти десять типов совершенно не отражают все многообразие скульптур и характера строения кристаллов алмаза. Во-вторых, в большинстве случаев нельзя точно отнести алмаз к тому или другому типу, так как на их гранях наблюдаются одновременно различные по характеру скульптуры и штриховка. В-третьих, разнообразные комбинационные кристаллы имеют различное строение граней (например, с одной стороны наблюдаются октаэдрические грани, сложенные тригональными слоями роста, а с другой — кривогранные округлые поверхности), и их невозможно отнести к какому-нибудь из выделенных типов и т. д. Совершенно очевидно, что характеристика алмазов и сравнение их по различным районам только по морфологии их кристаллов может дать возможность судить об относительной распространенности тех или иных форм, но не может выявить специфичности самих алмазов. Среди алмазов встречаются различные разновидности, которые характеризуются своими морфологическими особенностями, отличаются строением, обладают определенными специфическими свойствами и т. д.

Общая характеристика разновидностей кристаллов алмаза и принципы их выделения даны в статье Ю. Л. Орлова (1965).

Приведем описание алмазов из русловых отложений р. Моторчуны по конкретным разновидностям, указывая относительную распространенность их. Среди алмазов из отложений р. Моторчуны встречены следующие разновидности: 1) алмазы бесцветные с золотисто-желтым надцветом (разновидность I); 2) алмазы, окрашенные в ярко-желтый, оранжево-желтый и бурый цвет (разновидность II); 3) алмазы мутные опаловидные молочно-белые и окрашенные в серый, желтый, бурый, темно-зеленый и черный цвет (разновидность IV); 4) алмазы, окрашенные в темно-серый и черный цвет в связи с большим количеством включений графита (разновидность V); 5) поликристаллические сростки неправильной формы, окрашенные в серовато-бурый цвет (разновидность VII)<sup>1</sup>.

#### АЛМАЗЫ БЕСЦВЕТНЫЕ И С ЗОЛОТИСТО-ЖЕЛТЫМ НАДЦВЕТОМ

Кристаллы алмазов из отложений р. Моторчуны, относящиеся к этой разновидности, очень разнообразны морфологически. Среди них наблюдаются многообразные плоскогранные, комбинационные плоскогранно-кривогранные и кривогранные формы. Отметим, что некоторые алмазы, относящиеся к этой разновидности, первоначально бесцветные или золотистые, имеют эпигенетическую окраску розоватую и коричневую в связи с графитизацией по плоскостям скольжения (Орлов, 1963), а также зеленоватую и бурую в связи с пятнистой пигментацией их поверхности.

**Плоскогранные кристаллы.** Среди плоскогранных кристаллов встречаются остросеребряные гладкогранные октаэдры изометричные, уплощенные и удлиненные по осям  $L_3$  и  $L_2$  (рис. 1), а также октаэдрические кристаллы с пластинчато-ступенчатыми гранями, многовершинные кристаллы с полицентрическим развитием граней, иногда образующие сложные комбинационные формы кубического и ромбодекаэдрического габитусов (рис. 2).

<sup>1</sup> Римские цифры, указанные для разновидностей, соответствуют обозначению их в статье Ю. Л. Орлова (1965).

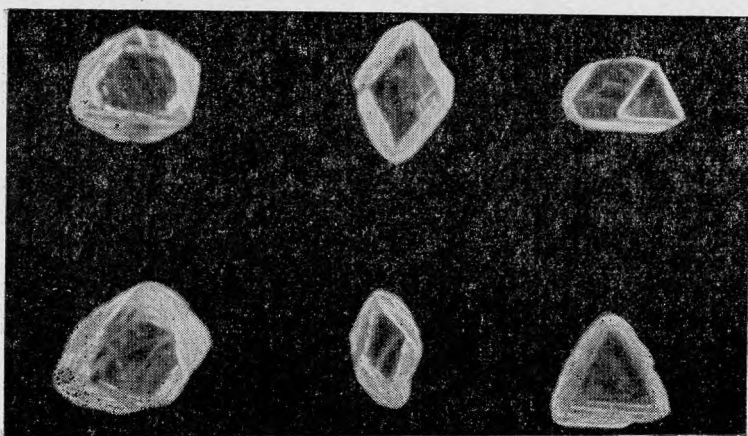


Рис. 1. Бесцветные прозрачные алмазы (разновидность I, Орлов, 1965). Изометричные и деформированные октаэдры

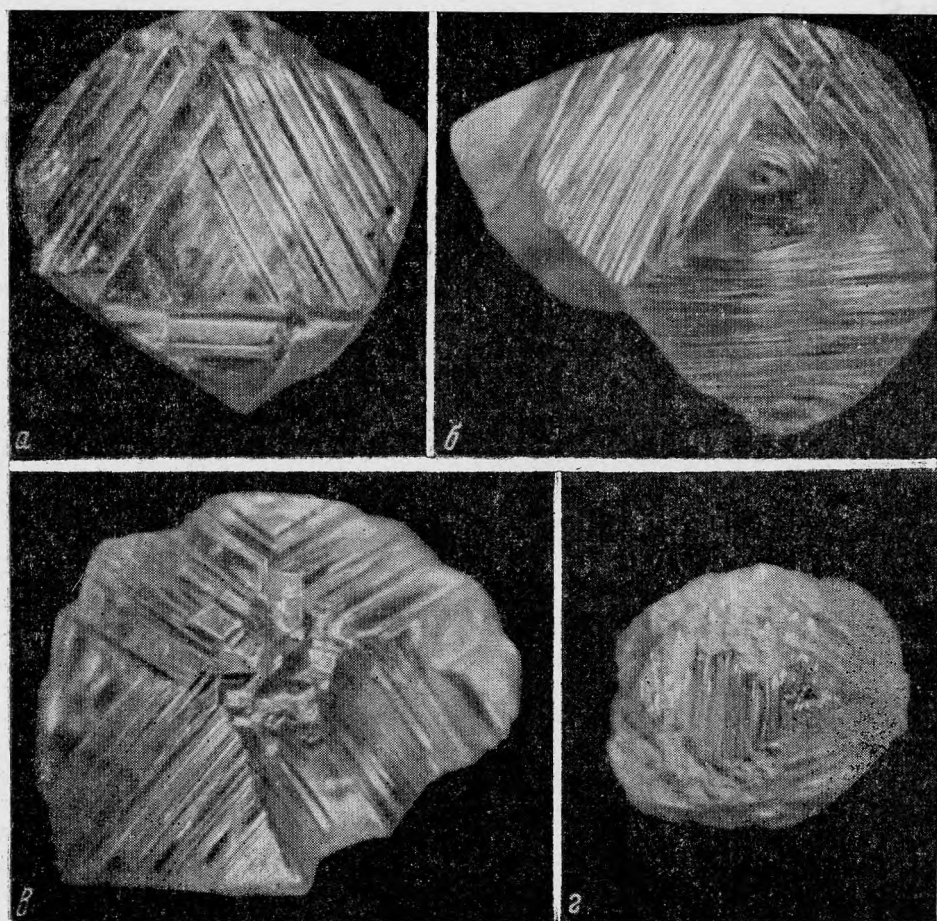


Рис. 2. Бесцветные и золотисто-желтые прозрачные алмазы (разновидность I, Орлов, 1965)

*a* — золотисто-желтый алмаз, имеющий форму октаэдра со ступенчато-пластинчатым развитием граней; *b* — бесцветный алмаз сложной комбинационной формы, образовавшейся в связи с пластинчатым развитием граней; *c* — неровные поверхности на вершине оси четвертого порядка, соответствующие положению грани куба; *d* — комбинационная форма (октаэдр + псевдоромбоэдраэдр + псевдокуб), образовавшаяся в результате пластинчатого развития граней октаэдра



Рис. 3. Комбинационные плоскогранно-кривогранные кристаллы бесцветных прозрачных алмазов первой разновидности

*a* — октаэдр, растворенный с одной стороны вершины оси  $L_2$ ; *a, б* — сложная комбинационная форма кубо-октаэдр со стороны плоскогранной части и кривогранной, образовавшейся в процессе растворения

Комбинационные плоскогранно-кривогранные кристаллы сохраняют характер плоскогранных форм, но на месте ребер их в различной степени развиты кривогранные поверхности. Нередко среди таких комбинационных кристаллов встречаются так называемые псевдогемиморфные формы, которые характеризуются односторонним развитием кривогранных поверхностей при сохранности с другой стороны первоначальной плоскогранной формы (рис. 3).

Кривогранные округлые кристаллы — додекаэдровиды разнообразны в связи с различного рода деформациями и скульптурами, развитыми на их поверхности. Среди них встречаются нередко изометричные формы, особенно среди мелких кристаллов (рис. 4, *a*), но преобладают сложно деформированные формы (рис. 4, *б*). Встречаются единичные кривогранные кристаллы октаэдрического габитуса — октаэдровиды.

Среди алмазов из отложений р. Моторчуны, отнесенных к первой разновидности, сложно деформированные и изометричные додекаэдровиды составляют 79,7%, комбинационные плоскогранно-кривогранные кристаллы составляют 6,2%, псевдогемиморфные кристаллы — 4,4%, плоскогранные формы — 9,7%.

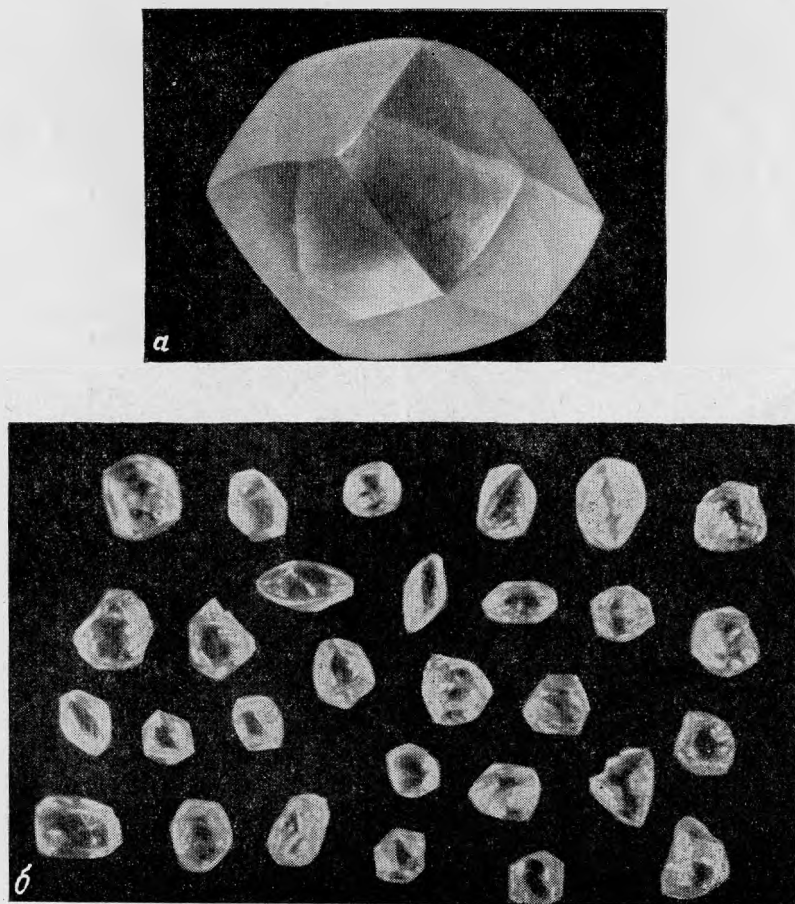


Рис. 4. Кривогранные округлые кристаллы бесцветных и слабо золотисто-желтых алмазов

*a* — изометричный додекаэдрон; *b* — сложно деформированные додекаэдрониды

#### АЛМАЗЫ, ОКРАШЕННЫЕ В ЯРКО-ЖЕЛТЫЙ, ОРАНЖЕВО-ЖЕЛТЫЙ, ЗЕЛЕНОВАТО-ЖЕЛТЫЙ И БУРЫЙ ЦВЕТ

Кристаллы окрашенных в эти цвета алмазов имеют форму кубов, иногда изометричных, но обычно сложно деформированных. Ребра кубических кристаллов всегда в различной степени замещены округлыми поверхностями (рис. 5, *a, б*). Поверхности куба чаще всего неровные и не являются плоскими правильными гранями. В некоторых случаях развиваются плоские грани; на них наблюдаются правильные четырехугольные углубления — фигурки травления. Очень своеобразны псевдогемиморфные кристаллы с округлыми и сохранившимися кубическими поверхностями. Они иногда имеют клиновидную форму (рис. 5, *в*). Округлые кривогранные кристаллы желтых алмазов представляют собой сложно деформированные формы, образовавшиеся в результате растворения кубических кристаллов (рис. 5, *г*). На них часто на вершинах  $G_4$  сохраняются небольшие участки кубических поверхностей. О связи их с кубическими кристаллами свидетельствуют определенного вида деформация и скульптуры, характерные для форм растворения кубических многогранников (Орлов, 1963).



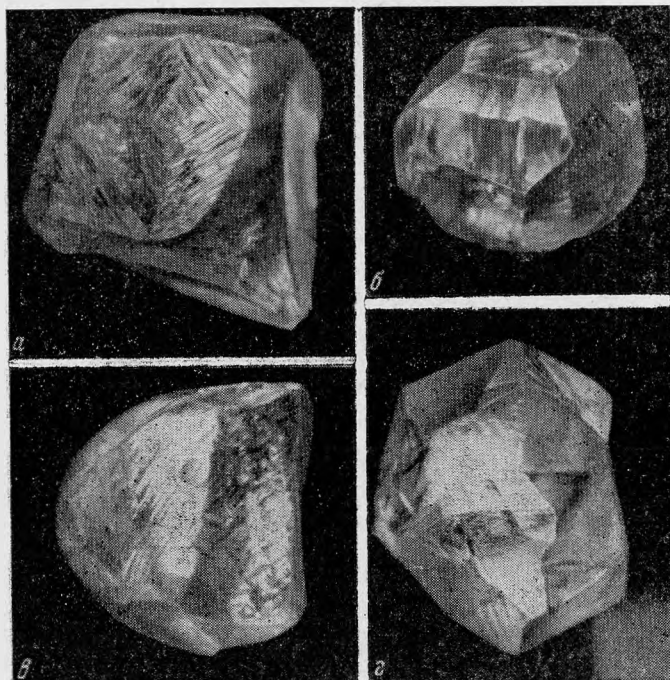


Рис. 5. Ярко-желтые, оранжево-желтые алмазы второй разновидности (разновидность II, Орлов, 1965)

а — куб с округлыми ребрами и четырехугольными фигурами травления, одна вершина как бы вытянута и заострена; б — куб с широко развитыми округлыми поверхностями вместо ребер; в — куб, растворенный с одной стороны (справа виден реликт грани  $(100)$ , слева развиты округлые поверхности растворения); г — кривогранный округлый кристалл — форма растворения куба (на некоторых вершинах осей  $L$ , имеются небольшие площадки кубических граней)

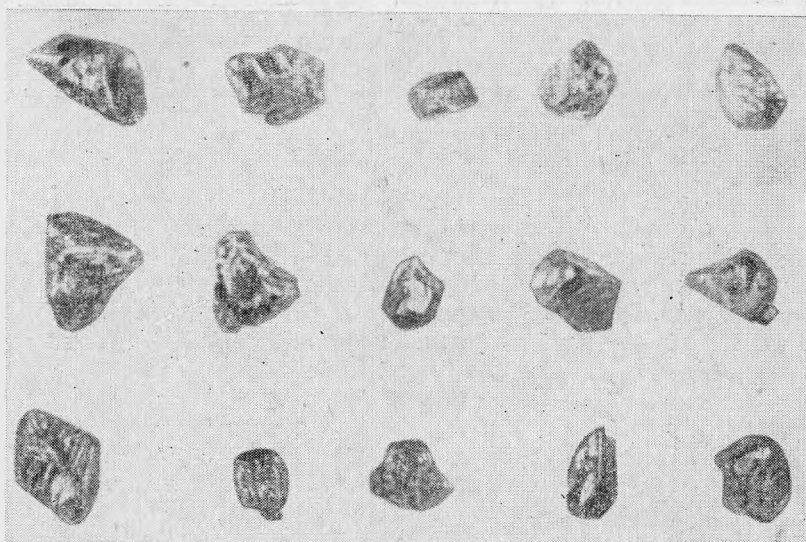


Рис. 6. Мутные опаловидные молочно-белые и окрашенные в различный цвет полупрозрачные и непрозрачные алмазы (разновидность IV, Орлов, 1965)

Среди алмазов р. Моторчуны окрашенные в ярко-желтый, оранжево-желтый, зеленовато-желтый и бурый цвет кристаллы составляют 10—11 % от общего числа алмазов. Удельный вес желтых алмазов, определенный пикнометрическим способом, равен  $3,5342 \text{ г/см}^3$ .

#### АЛМАЗЫ МУТНЫЕ ОЦАЛОВИДНЫЕ, ОКРАШЕННЫЕ В МОЛОЧНО-СЕРЫЙ, ЧЕРНЫЙ, ЖЕЛТО-ЗЕЛЕНый И БУРЫЙ ЦВЕТ

Кристаллы алмазов этой разновидности представляют собой кубы или же очень сложные формы их растворения, иногда в виде неправильных осколков (рис. 6). Алмазы окрашены в различные цвета, слабо прозрачные мутные или же совершенно непрозрачные темные. Встречаются они редко и составляют около 1—2% от общего числа кристаллов. Кристаллы этой разновидности аналогичны алмазам из африканских месторождений, где они называются «коутид даймонд» — алмазы с оболочкой.

#### АЛМАЗЫ, ОКРАШЕННЫЕ В ТЕМНО-СЕРЫЙ И ЧЕРНЫЙ ЦВЕТ

Алмазы этой разновидности представляют собой монокристаллы или сростки двух, трех кристаллов (рис. 7). Верхняя зона их переполнена включениями графита. Сами алмазы бесцветные, что хорошо видно под микроскопом, но благодаря включениям графита они имеют темно-серый или черный цвет и почти непрозрачны. Эти алмазы имеют характерную форму. Обычно это октаэдры, но вершины их округлены. На округлых поверхностях, развивающихся вместо октаэдрических ребер, видны рельефные пирамидальные холмики. Среди алмазов из отложений р. Моторчуны они составляют 3,7%. По 53 кристаллам пикнометрическим способом был определен их удельный вес. Он оказался равным  $3,503 \text{ г/см}^3$ .

#### ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ СРОСТКИ НЕПРАВИЛЬНОЙ ФОРМЫ СЕРОВАТО-ЖЕЛТОГО И СЕРОВАТО-КОРИЧНЕВОГО ЦВЕТА

Кристаллы алмазов этой разновидности очень похожи на описанный выше тип, но они преимущественно представляют собой поликристаллические сростки неправильной формы (рис. 8) и имеют другой цвет, так как сами кристаллы алмаза имеют слабый желтоватый и коричневатый оттенок. Многочисленные мелкие включения графита всегда присутствуют в этих алмазах. Характерны глубокие, пересекающиеся каналы, травления. Алмазы непрозрачны. Удельный вес алмазов этой разновидности равен  $3,500—3,508 \text{ г/см}^3$ . Среди алмазов р. Моторчуны они составляют 19—20% от общего числа кристаллов.

Изучение кристаллов алмазов из отложений различных других рек Приленской области показало, что среди них встречаются все описанные выше разновидности алмазов, обнаруженных в русловых отложениях р. Моторчуны. С другой стороны, если сравнить алмазы Приленской области с алмазами известных месторождений Якутии, то ясно выявляется их отличие от алмазов из трубок «Мир» и «Айхал», не только по морфологии, но и по распространенности и характеру разновидностей кристаллов алмазов.

Наиболее характерной специфической особенностью алмазов Приленской области является большой процент темно-серых и черных алмазов, а также коричневатых поликристаллических сростков. В сумме эти разновидности алмазов составляют около 23% от общей массы кристаллов.

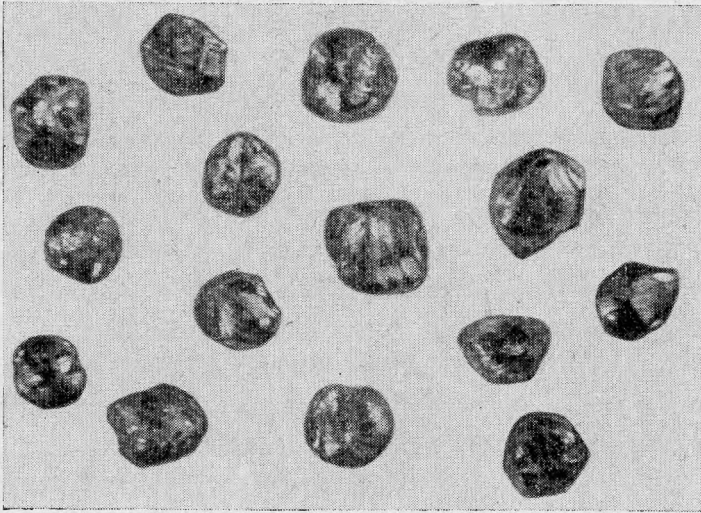


Рис. 7. Алмазы, окрашенные в темно-серый и черный цвет в связи с большим количеством включений графита в наружной зоне кристалла (разновидность V, Орлов, 1965)

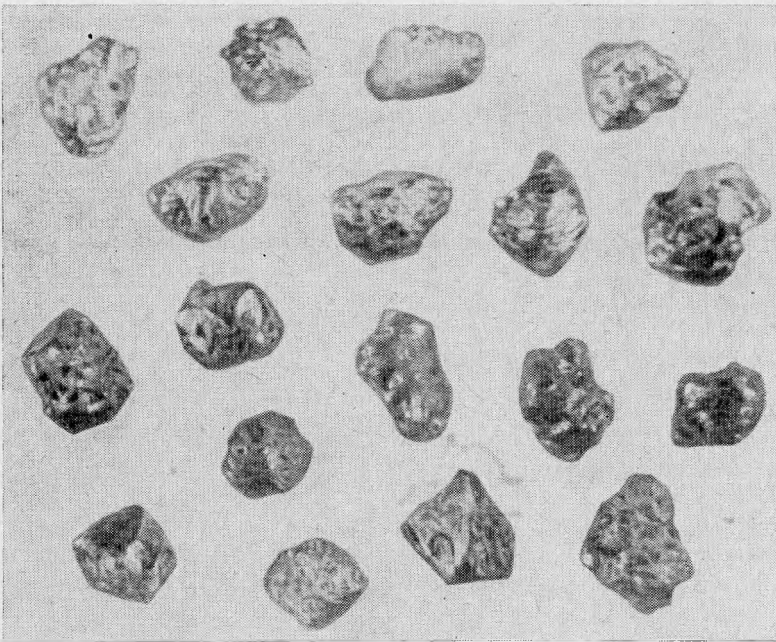


Рис. 8. Поликристаллические сростки неправильной формы водянисто-желтых прозрачных алмазов, содержащих большое количество включений графита (разновидность VII, Орлов, 1965)



Специфическими являются также ярко окрашенные желтые, оранжево-желтые и зеленовато-желтые кристаллы, которые составляют почти 9% от общего числа алмазов и все представляют собой кубы или кривогранные формы их растворения. Алмазы этой разновидности совершенно не встречаются среди алмазов из трубок «Мир» и «Айхал». Кроме интенсивно окрашенных в желтый цвет алмазов, обладающих ясно выраженным типоморфизмом, встречаются кристаллы, имеющие слабую золотисто-желтую окраску в форме октаэдров и додекаэдров (алмазы первой разновидности). Если объединить эти алмазы с ясным желтовато-золотистым надцветом и интенсивно окрашенные в желтый, оранжево-желтый и желто-бурый цвет алмазы, то они составят от всей массы кристаллов 19—20%. Характерны для Приленской области также мутные опаловидные алмазы различного цвета, которые встречаются, однако, сравнительно редко и составляют 1—2%. Сравнительно часто встречается слабо корродированные кристаллы с матовой поверхностью, а также кристаллы с зелеными и бурыми пятнами пигментации. Причем пятна пигментации зеленого цвета наблюдаются как на бесцветных, так и на интенсивно окрашенных желтых алмазах. Нередко встречаются алмазы, окрашенные в розоватый, розовато-дымчатый и лилово-коричневый цвет. Как отмечалось выше, эта окраска эпигенетическая. Алмазы этого вида из отложений р. Моторчуны имеют форму октаэдров, комбинационных кристаллов и додекаэдров. Интенсивно окрашенные в лилово-коричневый цвет, как правило, имеют форму додекаэдров, не только среди алмазов р. Моторчуны, но и других месторождений. Общей особенностью всех этих кристаллов является наличие на их гранях линий скольжения, образующих интенсивную штриховку в направлении [110]. От общего количества алмазов из отложений р. Моторчуны кристаллы этого типа составляют приблизительно 5—6%, однако интенсивно окрашенных всего 1—1,5%. Интенсивно окрашенные в лилово-коричневый цвет округлые кристаллы алмаза не встречаются среди алмазов из трубки «Мир» и «Айхал», для которых округлые гладкогранные додекаэдровиды совершенно не характерны.

По сравнению с другими алмазоносными областями, находящимися южнее и юго-западнее Приленской области, в последней среди алмазов резко преобладают кривогранные округлые кристаллы-додекаэдровиды. Если исключить темно-серые алмазы, имеющие оригинальную форму, поликристаллические образования и мутные опаловидные алмазы, а также интенсивно окрашенные в желтые и оранжево-желтые тона (кубы и кубоиды), то остальные алмазы составят приблизительно 64%. Среди них додекаэдровидов 79,7%.

Общая закономерность увеличения округлых кристаллов в северных алмазоносных областях Якутии по сравнению с Мало-Ботуобинским, Вилюйским, Далдыно-Алакитским и другими районами отмечалась Бартошинским З. В. (1964). Следует отметить, что среди алмазов р. Моторчуны встречаются кристаллы, несущие на себе следы сильного аллювиального износа. Такие кристаллы находятся обычно в районах, где источниками алмазов являются кластические толщи. В пределах Приленской области установлена алмазоносность нижнеюрских базальных и межформационных конгломератов, а также верхнеюрских конгломератов на водоразделе р. Лены и р. Сянгююдэ (Прокопчук и др., 1960, 1962 и 1964). Вполне очевидно, что в бассейне р. Моторчуны на алмазоносность аллювиальных отложений большое влияние оказывают развитые здесь нижнеюрские конгломераты, как вторичные источники алмазов.

По своему характеру алмазы р. Моторчуны и всей Приленской области очень близки к алмазам Урала и резко отличны от алмазов из

трубок «Мир» и «Айхал». Из районов Якутии алмазы Приленской области, очевидно, близки алмазам, найденным в бассейне р. Анабар, как это можно предварительно заключить, судя по устным сообщениям и некоторым литературным данным (Козлов, 1962).

#### ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ СВОЙСТВА АЛМАЗОВ ПРИЛЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

При изучении кристаллов алмаза Приленской области исследовалась их люминесценция в ультрафиолетовых и рентгеновских лучах. Исследование производилось по отдельным типам, описанным выше. Алмазы первого типа, представляющие собой кристаллы, различные по форме, — плоскогранные и округлые, бесцветные и слабо окрашенные в различные тона, в ультрафиолетовых лучах светятся главным образом синим, голубым и молочно-голубым цветом, в подчиненном количестве встречаются алмазы, светящиеся желтым и зеленовато-желтым цветом. Из 928 кристаллов с р. Моторчуны, отнесенных к первому типу, яркой желтой люминесценцией обладали только 88 кристаллов, очень неясным желтоватым свечением — 40 кристаллов. Ярочно-синяя люминесценция наблюдалась у 372 кристаллов. Около 300 кристаллов обладало слабым свечением неясного розовато-фиолетового тона. Окрашенные интенсивно в желтый и оранжево-желтый цвет алмазы (кубы и формы их растворения) все люминесцируют в ультрафиолете желтым и розово-желтым цветом. Слабо окрашенные в золотисто-желтый цвет алмазы люминесцируют преимущественно синим цветом.

Для розовато-дымчатых, лилово-коричневых кристаллов характерна молочно-голубая, зеленовато-голубая люминесценция. Все алмазы, относящиеся к IV и V разновидностям, темно-серые, черные и серовато-коричневые поликристаллические сростки, почти все не люминесцируют в ультрафиолете. Иногда только на некоторых из них видны люминесцирующие отдельные участки в виде пятен.

Особый интерес вызывают результаты исследования рентгенолюминесценции. При изучении рентгенолюминесценции алмазов по выделенным шести разновидностям выяснилось, что интенсивно окрашенные в желтый и оранжево-желтый цвет темно-серые и черные алмазы, переполненные включениями графита, а также поликристаллические сростки серо-коричневого цвета и опаловидные мутные алмазы почти все имеют пониженную возбудимость под рентгеновскими лучами и начинают слабо светиться только при повышенных режимах работы рентгеновской трубки. При режиме 10 ма и 15 кв, при котором все прозрачные бесцветные и с надцветом кристаллы первого типа светятся очень ярко, эти алмазы не обнаруживают свечения. Лишь при напряжении, превышающем 20 кв, начинает быть заметным их слабое свечение. Все эти типы алмазов в сумме составляют около 35% от общей массы кристаллов.

Это обстоятельство, безусловно, может влиять на полноту извлечения алмазов при использовании рентгенолюминесцентных аппаратов, если последние работают при обычном режиме. При этом будут неизбежны потери алмазов в количестве, составляющем 30—35%. Подтверждением этому служат статистические подсчеты, проведенные по материалу, обработанному под рентгеном и визуалью, в отложениях р. Моторчуны.

Подсчеты показали, что если среди материала, обработанного визуалью, интенсивно окрашенные в желто-оранжевые, зеленовато-желтые и оранжево-бурые цвета алмазы составляют 9%, то среди отобранного под рентгеном — всего лишь 0,6—0,7%. Алмазы темно-серые с большим количеством включений графита и поликристаллические сростки буровато-

го цвета среди визуально отобранного материала составляют в сумме 23,7%, среди отобранного под рентгеном только 3—4%. Опаловидных мутных кристаллов из партии, содержащей 1402 кристалла, отобранных визуально, было извлечено 27 зерен, тогда как в другой партии алмазов среди 5107 кристаллов, отобранных под рентгеном, был найден только один темно-серый мутный кристаллик кубической формы. Эти факты свидетельствуют о том, что при извлечении под рентгеном значительная часть плохо люминесцирующих кристаллов алмаза (темно-серых и черных, оранжево-желтых, непрозрачно мутных опаловидных и поликристаллических сростков бурого цвета) уходила в хвосты. В связи с этим в районах, где широко распространены эти разновидности кристаллов алмаза (Приленская область, бассейн р. Анабар и др.), необходимо при проведении поисково-разведочных работ и опробовании на алмазы производить обработку концентратов обогащения или отмытого зернистого материала при повышенных режимах работы рентгеновских трубок (30—35 кв, 10—15 ма).

## Л И Т Е Р А Т У Р А

- Бартошинский З. В. Сравнительная характеристика алмазов из различных алмазоносных районов Западной Якутии.— Геология и геофизика, № 6. Изд-во СО АН СССР, Новосибирск, 1961.
- Гневушев М. А., Бартошинский З. В. К морфологии якутских алмазов.— Труды Якут. фил. АН СССР, ст. 4, 1959.
- Козлов Л. И. Нелюминесцирующие алмазы при нормальном (обычном) режиме полевой рентгеновской лаборатории, оснащенной аппаратом ЛШ-2 и трубкой АВ-25. — Информац. сб. Ин-та Геологии Арктики, вып. 28, 1962.
- Орлов Ю. Л. Морфология алмаза. Изд-во АН СССР, 1963.
- Орлов Ю. Л. Разновидности кристаллов и поликристаллических сростков алмаза. (Наст. сборник), 1965, стр. 141.
- Прокочук Б. И., Сусов М. В. Алмазоносность верхнеюрских конгломератов на Сибирской платформе.— Разведка и охрана недр, 1960, № 6.
- Прокочук Б. И., Израилев Л. М., Ильин П. А., Леонов Б. Н., Сусов М. В., Кострюков М. В. Алмазоносность Приленского района (новая алмазоносная область Северо-восточной части Сибирской платформы).— Труды Якутского фил. АН СССР, 1963, серия геол., сб. 9.
- Прокочук Б. И., Израилев Л. М. Первые находки алмазов в нижнеюрских базальных конгломератах Западного склона Приверхоинского Краевого прогиба.— Докл. АН СССР, 1962, 147, № 4.
- Прокочук Б. И., Израилев Л. М. Алмазы Северо-Востока Сибирской платформы, приуроченные к внутриформационным галечникам нижнеюрского возраста.— Сов. геология, 1964, № 2.