

АТЛАС МОРФОЛОГИИ АЛМАЗОВ РОССИИ
ATLAS OF MORPHOLOGY OF DIAMONDS FROM RUSSIAN SOURCES

АТЛАС
МОРФОЛОГИИ
АЛМАЗОВ РОССИИ

В. П. Афанасьев, Э. С. Ефимова,
Н. Н. Зинчук, В. И. Коптиль



V. P. Afansiev, E. S. Yefimova,
N. N. Zinchuk, V. I. Koptil

ATLAS
OF MORPHOLOGY
OF DIAMONDS
FROM RUSSIAN SOURCES



РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ, ГЕОФИЗИКИ И МИНЕРАЛОГИИ

RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES
SIBERIAN BRANCH
UNITED INSTITUTE OF GEOLOGY, GEOPHYSICS AND MINERALOGY



АКЦИОНЕРНАЯ КОМПАНИЯ "АЛРОСА"

ALROSA Co. Ltd.

V. P. AFANASIEV, E. S. YEFIMOVA,
N. N. ZINCHUK, V. I. KOPTIL

ATLAS
OF MORPHOLOGY
OF DIAMONDS
FROM RUSSIAN SOURCES

Scientific editor
Academician *N. V. Sobolev*

NOVOSIBIRSK
SPC UIGGM
SB RAS
2000

В. П. АФАНАСЬЕВ, Э. С. ЕФИМОВА,
Н. Н. ЗИНЧУК, В. И. КОПТИЛЬ

АТЛАС
МОРФОЛОГИИ
АЛМАЗОВ
РОССИИ

Научный редактор
академик *Н. В. Соболев*

НОВОСИБИРСК
Издательство СО РАН
НИЦ ОИГГМ
2000

УДК 549.211(470)
А 954

Атлас морфологии алмазов России / В. П. Афанасьев, Э. С. Ефимова, Н. Н. Зинчук, В. И. Коптиль. Новосибирск: Изд-во СО РАН, НИЦ ОИГГМ, 2000. 298 с.

Рецензенты:

д-р геол.-мин. наук *А. И. Чепуров*,
д-р геол.-мин. наук *В. Н. Квасница*

© ОИГГМ СО РАН, 2000

© АК «АЛРОСА», 2000

© В. П. Афанасьев, Э. С. Ефимова,
Н. Н. Зинчук, В. И. Коптиль, 2000

ISBN 5-7692-0095-2

От редактора

Несмотря на простой химический состав, алмаз представляет собой исключительно сложный объект исследования как в области наук о Земле, в особенности минералогии, так и в физике. Интерес к востороннему изучению алмаза наиболее ярко проявился после открытия алмазных месторождений Якутии, а позднее Австралии и Канады. Результаты комплексных исследований алмазов, включающие изучение морфологии, реальной структуры, минеральных и флюидных включений, наиболее широко представлены на двух последних в XX веке Международных кимберлитовых конференциях в Новосибирске (1995) и Кейптауне (1998), подтвердили вывод об исключительной сложности образования природных алмазов в области их термодинамической устойчивости, в широком температурном диапазоне, как в присутствии расплава (флюида), так и в условиях субсолидуса в результате проявлений глубинного метасоматоза.

Исключительное разнообразие алмазов по формам и внешнему виду давно обращало на себя внимание исследователей, широко использовавших эти признаки для выявления связей с различными свойствами алмазов и обсуждения особенностей их образования либо в процессе роста, либо в результате растворения.

Работ, иллюстрирующих разнообразие морфологии алмаза, написано довольно много, и наиболее значимые из них отражены в списке литературы.

Основой для составления Атласа явилась представительная коллекция алмазов из месторождений Якутии, преимущественно из разрабатываемых кимберлитовых труб, а также из россыпей севера Сибирской платформы, которая отбиралась на протяжении почти сорока лет. Кроме того, отдельные иллюстрации демонстрируют оригинальные особенности алмазов Архангельской алмазоносной провинции и Урала. Кратко упомянуты также широко известные, но редкие разновидности, как карбонадо и импактные алмазы,

Эти материалы, представленные в виде иллюстраций и кратких пояснений к ним, составляют более 90 % всего объема Атласа. Подавляющее большинство фотографий, исключая только специально отмеченные микрофото-снимки, выполнены С. Т. Моториным. Профессор И. Сунагава положительно оценил качество и информативность представленного фотоматериала. За это ему выражается искренняя признательность. В Атласе рассматриваются практически только макроалмазы, имеющие размеры более 1 мм, хотя в 90-е годы интенсивно исследовались микроалмазы из различных типов коренных источников, включая кимберлиты, лампроиты, коматииты и высокобарические метаморфические породы. По их морфологическим особенностям накоплены обширные материалы, однако их анализ не входил в задачу данной работы, и это никак не снижает ее ценности и значимости.

Бесусловно, Атлас будет интересен и кристаллографам, и минерологам, и всем, кто занимается такой интереснейшей задачей, как изучение алмаза.

Н. В. Соболев

Editorial

Through having a simple chemical composition diamond is an extremely complicated subject for study in the field of geosciences, especially mineralogy, as well as in physics. Keen interest to comprehensive study of diamond arose after diamond deposits had been discovered in Yakutia and then in Australia and Canada. Integrated studies of diamond were involved with morphology, real structure, mineral and fluid inclusions. The results obtained were reported at the International Kimberlite Conferences, concluding the XX century, that held in Novosibirsk (1995) and in Cape Town (1998). These reports confirmed the very complicated genesis of natural diamonds in the field of their thermodynamic stability within a wide range of temperatures in the presence of a melt (fluid) as well as under subsolidus conditions, resulting from mantle metasomatism.

A great diversity of diamonds in shape and appearance has long intrigued investigators, who used these characters to reveal relationships with various properties of diamonds and to discuss their behavior during growth or dissolving.

The diversity of diamond morphology is illustrated in a considerable body of literature, and the most important references are listed at the end of Atlas. Atlas is based on a representative collection of diamonds, sampled for about forty years from Yakutian deposits, mainly from the kimberlite pipes as well as from placers on the northern part of the Siberian Platform. Also, some figures illustrate specific features of the diamonds from the Arkhangelsk Diamondiferous Province and Urals. Well known but rare varieties such as carbonado and impact diamonds are mentioned briefly.

Illustrations with short explanations make up more than 90 % of the Atlas volume. The overwhelming majority of photographs, with the exception of specially marked photomicrographs, are taken by S. G. Motorin. Professor J. Sunagawa was quite positive about the quality and informativeness of the photographs given, and we greatly appreciate his opinion. Atlas presents chiefly macrodiamonds more than 1 mm in size, though microdiamonds from diverse types of primary sources, including kimberlites, lamproites, komatiites, and high-pressure metamorphic rocks, were intensively studied in the 1990s. Vast materials on their morphological features have been accumulated, but their analysis was beyond the scope of this work.

Without doubt, Atlas will be interesting for crystallographers, mineralogists, and all those who deal with such an engaging problem as investigation of diamond.

N. V. Sobolev



ПРЕДИСЛОВИЕ

Из всех мантийных минералов кимберлитов алмаз отличается наибольшей степенью идиоморфизма и является прекрасным объектом для кристалломорфологических исследований. В литературном обзоре по кристалломорфологии алмаза, подготовленном А. Е. Ферсманом и В. Гольдшмидтом [Fersman, Goldschmidt, 1911], из наиболее ранних указана работа Плиния (77 г. н. э.). Уже в 19 веке серьезно обсуждаются вопросы происхождения плоскогранных и кривогранных (округлых) форм алмазов (см., например, [Rose, Sadebeck, 1876–1877]). А. Е. Ферсман и В. Гольдшмидт подготовили первый фундаментальный труд по морфологии алмаза в терминах современной кристаллографии [Fersman, Goldschmidt, 1911]. Позднее появилось большое количество публикаций, касающихся отдельных, более узких проблем кристалломорфологии алмаза (например, [Шафрановский, 1948; Кухаренко, 1955; Орлов, 1963; и др.]). Бурное развитие физико-химических и структурных методов исследования алмаза отодвинули на второй план изучение его морфологии. Однако в последнее время вновь возрождается интерес к морфологии алмаза. Это вызвано двумя причинами. Во-первых, необходимостью изучения генетических аспектов минералогии алмаза. Кристалломорфология является одной из наиболее чувствительных типоморфных особенностей, отражаю-

PREFACE

Among all mantle minerals of kimberlites, diamond is characterized by the highest degree of idiomorphism and it is a splendid object for crystallographic investigations. In the literature review of diamond crystallography, prepared by A. E. Fersman and V. Goldschmidt [Fersman, Goldschmidt, 1911], Plinii's work (77 AD) is reported as one of the earliest works. In the 19th century there appeared serious discussions of the problems of the origin of flat-faced and rounded shapes of diamonds [Rose, Sadebeck, 1876–1877]. Fersman and Goldschmidt were the authors of the first basic work on diamond morphology, in which terms of modern crystallography were used [Fersman, Goldschmidt, 1911]. Later, a great number of publications appeared dealing with more particular problems of diamond crystallography (e. g., Shafranovskii, 1948; Kukharenko, 1955; Orlov, 1963; etc.). However, rapid development of physicochemical and structural methods of diamond studies relegated studies of its morphology to the background. Recently, the interest to diamond morphology has revived again. This is due to two reasons. Firstly, the need for study of genetic aspects of diamond mineralogy. Crystallography is one of the most sensitive typomorphic features



сих условия роста и последующего существования алмазов в породах мантии и в кимберлитовом расплаве. Поэтому важно знать, какие морфологические особенности алмазов являются результатом роста, какие – растворения и в каких условиях рост и растворение осуществлялись. К сожалению, эти аспекты минералогии алмаза на сегодняшний день недостаточно разработаны.

Во-вторых, во всем мире интенсивно ведутся поиски новых, в первую очередь коренных, месторождений алмазов. Известно, что разные кимберлитовые тела и даже разные рудные блоки в пределах одного тела различаются по морфологии алмазов (см., например, [Бартошинский, 1961]). Следовательно, морфология алмазов – важнейший признак идентификации россыпей при прогнозировании их коренных источников. Именно кристалломорфологический подход позволил нам установить наличие в россыпях специфических групп алмазов, которые не идентифицируются с известными фанерозойскими кимберлитами. Такие алмазы обнаружены, в частности, в россыпях севера Якутской алмазодобывающей провинции. Коренные источники, даже их тип и возраст, пока не определены. Некоторые из этих групп впервые выделены Ю. Л. Орловым [1973], классификация которого приведена в Атласе. За рубежом используются и другие классификации, в частности, И. Сунагавы [Sunagawa, 1984], Харриса и др. [Harris et al., 1975].

reflecting growth conditions and further existence of diamonds in mantle rocks and kimberlite melt. Its main task on this point is to find out which morphological features of diamond result from growth and which from dissolution, and to determine the conditions under which the growth and dissolution took place. Unfortunately, these aspects of diamond mineralogy have been poorly studied.

Secondly, intensive searches for new, mainly primary diamond deposits are being carried in the whole world. Different kimberlite bodies and even different ore blocks within one body differ in diamond morphology (e. g., Bartoshinskii, 1961). Hence, diamond morphology is the most important feature for identification of placers in predicting their primary sources. It is the crystallo-morphological approach that allowed us to detect the presence of specific groups of diamonds in the placers, which differ from the known Phanerozoic kimberlites. Such diamonds were found, for example, in the placers of northern part of the Yakutian diamondiferous province. Primary sources and even their type and age have not been determined yet. Some of these groups were first distinguished by Yu. L. Orlov [1973]. Orlov's classification is described in this Atlas. There are also other classifications that are used abroad, for example Sunagawa's [Sunagawa, 1984], J. W. Harris's et al [Harris et al., 1975], etc.



Наконец, известны алмазы в ксенолитах мантийных пород, находящихся в кимберлитах, импактные алмазы из астроблем, и все сии представляют огромный интерес с точки зрения кристалломорфологии.

Цель данной работы – показать основные кристалломорфологические особенности алмазов на примере алмазов России, преимущественно Якутской алмазоносной провинции. В ней использована главным образом морфологическая таксономизация алмазов и соответствующая ей терминология, выработанная за все время изучения алмазов Якутии, опирающаяся в основном на классификации А. А. Кухаренко [1955], З. В. Бартошинского [Бартошинский, Квасница, 1991] и Ю. Л. Орлова [1973]. Кроме того, в Атласе проиллюстрированы важнейшие типы экзогенных изменений алмазов. К ним относятся, в первую очередь, следы механического износа, а также так называемые “признаки древности”, свидетельствующие о пребывании алмазов в докембрийских россыпях [Метелкина и др., 1976].

Морфология алмаза бесконечно разнообразна, и Атлас не претендует на исчерпывающую полноту, а отражает лишь основные, наиболее часто наблюдаемые морфологические признаки алмазов. Помимо информационной, Атлас выполняет и обучающую функцию. Иногда один и тот же тип скульптур исследователи называют по-разному, либо используют новые наименования. И наоборот – под одним наименованием представляют разные типы скульптур. Атлас призван способствовать установлению соответствия между наименованием и типом скульптуры.

Finally, there are diamonds in xenoliths of mantle rocks hosted by kimberlite, and impact diamonds from astroblemes, and all of them are of great interest from the viewpoint of crystallography.

The aim of this work is to show the main crystallographical features of diamonds on the example of diamonds from Russian sources, mainly from Yakutian diamondiferous province. The predominantly morphologic taxonomization of diamonds and corresponding terminology worked out during the whole period of studies of Yakutian diamonds, which is based mainly on A. A. Kukharenskiy's [Kukharenskiy, 1955], Z.V. Bartoshinskiy's [Bartoshinskiy, Kvasnitsa, 1991], and Yu. L. Orlov's [Orlov, 1973] classifications. In addition, the Atlas illustrates the most important secondary forms of diamonds, acquired under exogenic conditions. These are, first of all, signs of mechanical wear and so-called “antiquity features” indicating the occurrence of diamonds in Precambrian placers [Metelkina et al., 1976].

Diamond morphology is extremely varied and the Atlas does not give an exhaustive description of it. It reflects only the main, most observable morphological diamond features. In addition to informative function, the Atlas also serves a training function. Various researchers give different names or use new names for one and the same type of sculpture. And, on the contrary, they mean different types of sculptures under one name. The purpose of this Atlas is to set up correspondence between the name and type of sculpture.



КРИСТАЛЛОМОРФОЛОГИЯ АЛМАЗОВ ИЗ КИМБЕРЛИТОВ И РОССЫПЕЙ

1

CRYSTALLOMORPHOLOGY OF DIAMONDS FROM KIMBERLITES AND PLACERS

Необходимо отметить, что термин “кристалломорфология” в широком понимании включает не только габитус и топографию поверхности (гранную морфологию) кристаллов, но и другие визуально наблюдаемые признаки – цвет, внутреннее строение, включения и т. д. Здесь же кристалломорфология представлена преимущественно в узком смысле этого слова – габитус, гранная морфология и некоторые эпигенетические изменения поздних стадий, выделяемые как природное травление алмазов, а также механические изменения (окатывание) в процессе формирования россыпей.

Благодаря исключительной физико-химической и механической устойчивости, алмаз в россыпях сохраняет черты кристалломорфологии, присущие ему в кимберлитах. Вместе с тем, алмазы из кимберлитов и алмазы из россыпей – это не одно и то же. В россыпях встречаются группы алмазов, практически отсутствующие в известных фанерозойских кимберлитовых телах Якутской провинции, а для некоторых групп алмазов неизвестен даже тип коренного источника, настолько они не соответствуют кимберлитовым алмазам. Таксономизация алмазов на “разновидности”, по Орлову [1973], позволяет выделить группы алмазов из неизвестных типов источников, поэтому здесь приведены харак-

It must be emphasized that the term “crystallography” in a broad sense includes not only the habit and surface topography (surface morphology) of crystals but also other visually observable features – color, internal structure, inclusions, etc. Here crystallography is represented mainly in the most restricted sense of this word – habit, face morphology, and some epigenetic changes of late stages, distinguished as natural etching of diamonds, as well as mechanical wear (rounding) during formation of placers.

Owing to extreme physico-chemical and mechanical resistance, diamond in placers preserves the crystallographical features inherent in kimberlites. At the same time, diamonds from kimberlites and diamonds from placers are not the same. Placers contain groups of diamonds which are absent in known Phanerozoic kimberlite bodies of the Yakutian province, and for some groups of diamonds even the type of primary source is unknown, so much they do not correspond to kimberlite diamonds. Taxonomization of diamond “varieties” according to Orlov [1973] allows groups of diamonds from unknown types of sources to be separated and, therefore,



терные их примеры. В частности, к ним относятся алмазы II, V, VII разновидностей. В отдельную группу выделены также округлые (скрытоламинарные) алмазы ромбододекаэдрического габитуса в связи с тем, что в ряде россыпей севера Якутии их доля несравненно выше, чем в известных кимберлитовых телах, что также является указанием на существование неизвестных коренных источников, возможно, докембрийского возраста.

1.1. ГАБИТУС КРИСТАЛЛОВ АЛМАЗА

Габитус кристаллов алмаза определяется, с одной стороны, формами их роста в мантийном субстрате, с другой – формами травления в эпигенетических условиях.

В условиях синтеза основными формами роста алмазов являются октаэдр, куб, ромбододекаэдр и тетрагонтриоктаэдр {311}. Габитус синтетических алмазов определяется соотношением этих форм, однако ведущая роль принадлежит октаэдру. В природных условиях основной ростовой формой алмаза является октаэдр. С помощью гониометрических исследований на мелких кристаллах природных алмазов в редких случаях можно обнаружить слабо развитые реальные грани куба, но они не участвуют в формировании габитуса [Кухаренко, 1955; Орлов, 1963; Бартошинский, Квасница, 1991]. Тем не менее кристаллы ромбододекаэдрического, переходного между октаэдрическим и ромбододекаэдрическим, кубического, а также сложного габитуса, определя-

here we report the typical examples. These are, for example, diamonds of varieties II, V, and VII. Rounded (cryptolaminar) diamonds of dodecahedral habit are referred to as a separate group, because in some placers of northern Yakutia and other regions, their share is much higher than in known kimberlite bodies, which is also evidence of the existence of unknown primary sources, possibly of Precambrian age.

1.1. HABIT OF DIAMOND CRYSTALS

The habit of diamond crystals is governed, on the one hand, by the forms of growth in mantle substrate and, on the other, by the forms of etching under epigenetic conditions.

The main growth forms of synthesized diamond are octahedron, cube, dodecahedron, and tetragontrioctahedron {311}. Diamond habit is controlled by the combination of these forms, and the most important of them is octahedron. In nature, the basic growth form of diamond is octahedron. With the help of goniometric studies on small natural diamond crystals poorly developed real cube faces can be detected (in rare instances), but they are insignificant for formation of habit [Kukharenko, 1955; Orlov, 1963; Bartoshinskii, Kvasnitsa, 1991]. Nevertheless, crystals of dodecahedral, transitive between octahedral and dodecahedral, cubic habit and complex habit, governed by various ratios of these forms, are



емого различным соотношением данных форм, широко распространены среди природных алмазов. Однако ни одна из форм, кроме октаэдра, не представлена реальными гранями, все они искривленные. Фактически это поверхности сложной конфигурации, подобные тем или иным простым формам кристаллов, поэтому к их наименованиям необходимо добавлять окончание "...oid".

Происхождение поверхностей сложной конфигурации до сих пор остается спорным. С одной стороны, их образование может быть связано с условиями и механизмом роста. Искривленные ступенчатые поверхности, прилегающие ребра октаэдра и соответствующие по положению ромбододекаэдру, могут появляться в результате антискелетного роста; такой механизм роста реализован экспериментально [Чепуров и др., 1983; 1997; Пальянов и др., 1985]. Так, в процессе роста октаэдрическими слоями торможение роста на ребрах октаэдра (антискелетный механизм) приводит к формированию на их месте ступенчатых поверхностей, соответствующих по положению ромбододекаэдру. В зависимости от степени развития этих поверхностей габитус меняется от октаэдрического (незначительное приуглубление ребер) через комбинированный (октаэдр + ромбододекаэдроид) до ромбододекаэдроид. Торможение роста со стороны вершин октаэдра обуславливает формирование кристаллов с неровными поверхностями кубоида, которые, как правило, сочета-

widespread among natural diamonds. However, except octahedron, none of the forms is represented by real faces, all of them are distorted. These are in fact surfaces of a complicated configuration, similar to some simple crystal forms, and hence it is necessary to add the ending "...oid" to their names.

The origin of distorted surfaces is still debatable. On the one hand, they can be governed by conditions and mechanisms of their growth. Curved stepped surfaces, truncating octahedron edges and corresponding to dodecahedron in position, can form as a result of antiskeletal growth; such growth mechanism was realized experimentally [Chepurov et al., 1983; 1997; Pal'yanov et al., 1985]. During growth as octahedral layers, slowing down of growth on the octahedron edges (antiskeletal mechanism) results in formation of rhombohedral stepped surfaces. Depending upon the degree of development of these surfaces, the habit varies from octahedron (slightly truncated edges) via combined habit (octahedron + dodecahedroid) to dodecahedroid. Slowing down of growth of octahedron apexes causes formation of crystals with uneven cuboid surfaces which, as a rule, are combined with octahedron faces and stepped dodecahedroid surfaces in different ratios (combination of octahedron + cuboid + dodecahedroid). Polycentric growth (origin of new



ются с гранями октаэдра и ступенчатыми поверхностями ромбододекаэдроидов в разных соотношениях (комбинация октаэдр + кубоид + ромбододекаэдроид). Полицентрический рост (зарождение новых пачек слоев роста на грани октаэдра со смещением относительно центра нижележащих) также может обуславливать различный габитус – от октаэдра до ромбододекаэдроидов, в том числе в комбинации с поверхностями кубоида. Другой причиной возникновения неплоскогранных форм служит волокнистый (фибриллярный) рост, результатом которого являются некоторые разновидности кубоидов.

Еще в начале века А. Е. Ферсман высказал гипотезу об участии процессов травления в формировании некоторых габитусных типов алмазов, в первую очередь кривогранных (округлых) ромбододекаэдроидов [Fersman, Goldschmidt, 1911]. С тех пор и до настоящего времени ведется острая дискуссия по поводу происхождения этих форм. Наиболее последовательным сторонником гипотезы происхождения кривогранных ромбододекаэдроидов в результате антискелетного роста в настоящее время является З. В. Бартошинский [Бартошинский, Квасница, 1991]. Точку зрения на образование этих форм в результате травления алмазов в глубинных условиях вслед за А. Е. Ферсманом отстаивал Ю. Л. Орлов [1973]. Эта точка зрения экспериментально подтверждена [Чепуров и др. 1985, 1997; Хохряков, Пальянов, 1990]. В ходе экспериментов по травлению алмазов получен не только ромбододекаэдроид с гранным швом, но и большое

growth layers on the octahedron face which are displaced from the centre of the underlying layers) can also result in various habits – from octahedron to dodecahedroid, including combinations with cuboid surfaces. Another reason for formation of nonplanar forms is fibrous growth. Some cuboid varieties are a result of such growth.

At the beginning of this century, A. E. Fersman hypothesized that etching influences formation of some habit types of diamonds, first of all these are rounded dodecahedroids [Fersman, Goldschmidt, 1911]. The origin of such shapes of diamond is debated up to now. Z. V. Bartoshinskii is the strongest supporter of the hypothesis on the origin of rounded dodecahedroids as a result of antiskeletal growth [Bartoshinskii, Kvasnitsa, 1991]. Following A. E. Fersman, Yu. L. Orlov upheld the viewpoint that these forms result from etching of diamonds under deep conditions [Orlov, 1973]. This viewpoint was verified experimentally [Chepurov et al., 1985, 1997; Khohryakov, Pal'yanov, 1990]. In the course of the experiments on etching of diamonds, not only a dodecahedroid with surface seam but also many sculptures typical of natural diamonds were produced. In our opinion, etching is of great importance for morphogenesis of natural diamonds. Etching occurs in a wide range of physicochemical conditions beyond



количество скульптур, характерных для природных алмазов. На наш взгляд, участие процессов травления в морфогенезе природных алмазов не вызывает сомнения. Травление осуществляется в широком диапазоне физико-химических условий вне поля стабильности алмаза, но его роль в формировании габитуса варьирует от незначительной (сохраняются формы роста алмазов) до максимальной (формируются кривогранные ромбододекаэдрониды без реликтов граней роста). К сожалению, пока не сформулированы критерии оценки участия процессов травления в формировании габитуса алмазов (т. е. степени измененности форм роста процессами травления). Поэтому авторы Атласа не претендуют на строгую генетическую интерпретацию морфологии природных алмазов, для этого в настоящее время не существует достаточных оснований. Их задача заключается в том, чтобы показать *формы* природных алмазов преимущественно из месторождений России. Однако морфология алмазов бесконечно разнообразна, и для того, чтобы упорядочить ее характеристику, необходимо опираться на определенный концептуальный базис. Таким базисом для нас является положение об участии процессов травления в морфогенезе алмазов.

Ниже перечислены основные габитусные типы алмазов с указанием их возможного генезиса. При этом мы учитываем, что и в кимберлитах, и даже в ксенолитах глубинных пород практически все алмазы имеют признаки травления, хотя бы минимальные.

the diamond stability field, and its influence on the formation of habit varies from minimum (growth forms of diamonds are preserved) to maximum (rounded dodecahedroids without relics of growth faces are formed). Unfortunately, no corresponding criteria have been formulated to estimate influence of etching on formation of diamond habit. Thus, we can not provide a rigorous genetic interpretation of natural diamond morphology because of the absence of sufficient basis for it. Our aim is to show the forms of natural diamonds mainly from Russian sources. Diamond morphology is extremely varied, and some conceptual basis is needed to arrange its characteristics in order. Such basis for us is the statement of the influence of etching on diamond morphogenesis.

Below we give a list of the main types of diamond habits with their probable genesis. We take into account that practically all diamonds from kimberlites and even from deep xenoliths have signs of etching, at least minimum.



Октаэдр – форма роста.

Кристалл переходной между октаэдром и ромбододекаэдридом формы – может быть как формой роста, так и травления.

Ромбододекаэдрод ламинарный – может быть как формой антискелетного роста, так и формой травления.

Ромбододекаэдрод скрытоламинарный – форма травления.

Октаэдрод скрытоламинарный – форма травления.

Тетрагексаэдрод скрытоламинарный – форма травления.

Кубод – может быть и формой роста, и, возможно, формой травления.

Комбинационные формы “октаэдр + ромбододекаэдрод + кубод” – преимущественно формы роста; для некоторых кристаллов, возможно, формы травления.

Тригонтриоктаэдрод – форма травления.

“Двуликий Янус” (сочетание на одном кристалле октаэдрической части и округлого ромбододекаэдрида) – результат частичного травления со стороны ромбододекаэдрида.

Рисунки 1–34 иллюстрируют основные габитусные типы алмазов.

Octahedron – growth form.

Crystal whose form is transitional between octahedron and dodecahedroid – occurs both as growth form and as etching form;

Laminar dodecahedroid – occurs both as growth form and as etching form.

Cryptolaminar dodecahedroid – etching form.

Cryptolaminar octahedroid – etching form.

Cryptolaminar tetrahexahedroid – etching form.

Cuboid – growth form and, possibly, etaching form.

Combined forms of “octahedron + dodecahedroid + cuboid” – predominantly growth forms; probably, etching forms.

Trigon trioctahedroid – etching form.

“Two-faced Janus” or pseudogemimorphic crystal (combination of octahedral part and rounded dodecahedroid) – results from partial etching from the side of dodecahedroid.

Illustrations 1–34 demonstrate the major types of diamond habit.



1.2. ГРАННАЯ МОРФОЛОГИЯ АЛМАЗОВ

Гранная морфология алмазов, т. е. характер скульптур поверхности, чрезвычайно разнообразна. Происхождение ряда скульптур нашло обоснование в экспериментах по росту и травлению кристаллов алмаза (см., например, [Чепуров и др., 1997]), однако нельзя утверждать, что генетические аспекты гранной морфологии достаточно разработаны. Процессы травления в формировании гранной морфологии играют еще большую роль, чем в формировании габитуса, поскольку даже при незначительном травлении на поверхности алмазов развиваются разнообразные скульптуры.

Ниже перечислены основные типы гранной морфологии с указанием возможного их генезиса.

1. *Плоскогранные кристаллы* – плоскогранными являются только октаэдры; они имеют практически плоские грани без существенных морфологических аксессуаров, острые или очень слабоокругленные ребра и вершины; результат роста.

2. *С бугорчатым рельефом поверхности* – характерен для кристаллов кубического габитуса, преимущественно для кубоидов с волокнистым (фибрилярным) строением, представлен каплевидными, бородавчатыми холмиками разного порядка; является, возможно, результатом роста.

3. *С вогнутыми поверхностями* – характерен для кристаллов кубического габитуса, в частности для алмазов из эклогитов, у которых по-

1.2. SURFACE MORPHOLOGY OF DIAMONDS

Surface morphology of diamonds, i. e. the character of surface sculptures, is extremely various. The origin of a number of sculptures was determined in experiments on growth and dissolution (see, e. g., [Chepurov et al., 1997]) but we can not assert that the genetic aspects of surface morphology of diamonds have been completely elaborated. For surface morphology, etching is actually more important than for formation of habit because even at minor etching various surface sculptures emerge.

A list of the main types of surface morphology and their probable genesis is given below.

1. *Flat-faced crystals* – only octahedrons are flat-faced; they have flat faces without essential morphological accessories, sharp or very poorly rounded edges and apexes; they are a result of growth.

2. *With hummocky relief of surface* – common to crystals of cubic habit, mainly to cuboids with fibrous structure, represented by a drop-like, verrucous hummocks of different orders; probably, a result of growth.

3. *With concave faces* – typical of crystals of cubic habit, for example, diamonds from eclogites whose face of cube is concave,



верхность куба вогнута, соответственно вогнуты ребра, а вершины острые, как бы вытянутые; является результатом антискелетного роста.

4. *С желобами на ребрах* – характерен для кристаллов октаэдрического и переходного габитусов; вдоль ребер развиты желоба либо с параллельной, либо со сноповидной штриховкой на стенках; кристаллы с желобами на ребрах являются разновидностью кристаллов с параллельной либо со сноповидной штриховкой, у которых каждый последующий слой примерно равен или незначительно меньше по площади, чем предыдущий, в результате чего ребра октаэдра замещаются не выпуклыми поверхностями, а желобами, при этом на месте $\{100\}$ образуются поверхности сложной конфигурации; при значительном развитии желобов на месте граней октаэдра формируются столбики, ориентированные по осям третьего порядка, вершины которых венчаются реликтами граней октаэдра. Желоба на кристаллах синтетических алмазов получены экспериментально в результате антискелетного роста.

5. *С тригональными слоями (с параллельной штриховкой)* – характерен для кристаллов октаэдрического, переходного и ромбододекаэдрического габитуса, сложенных тригональными слоями с прямолинейными контурами, каждый из которых по площади меньше нижележащего; параллельная штриховка может быть и результатом роста, и травления.

6. *С дитригональными слоями (со сноповидной штриховкой)* – характерен

correspondingly, with concave edges, whereas the apexes are pointed, as though elongated; they are a result of antiskeletal growth.

4. *With grooves on edges* – typical of crystals of octahedral or transitional habit; along the edges, grooves with parallel or sheaf-like striation on borts are developed; there is variety of crystals with parallel or sheaf-like striation in which each subsequent layer is equal or slightly smaller than the preceding one, as a result of which the edges are replaced not by convex faces but grooves, and surfaces of complicated configuration develop at site $\{100\}$; for well-developed grooves there are columns oriented along the (three-fold) axes which form at the site of octahedron with relics of octahedron faces on apexes. Grooves on synthetic diamonds were obtained experimentally by antiskeletal growth.

5. *With trigonal layers (with parallel striation)* – crystals of octahedral, transitional, and dodecahedral habit, composed of trigonal layers with rectilineal contours, the area of each layer being smaller than that of the underlying layer; parallel striation may be a result of growth as well as of etching.

6. *With ditrigonal layers (with sheaf-like striation)* –



реи для кристаллов октаэдрического, переходного и ромбододекаэдрического габитусов, сложенных октаэдрическими слоями дитригональной формы, при этом вышележащие слои по площади меньше нижележащих, вследствие чего ребра октаэдра притупляются искривленными поверхностями со штриховкой, веерообразно расходящейся от середины ребер к вершинам. В области “перезима” притупляющая поверхность преломляется и становится выпуклой, а линия пережима образует так называемый “гранный шов”; в зависимости от степени развития сноповидной штриховки габитус может меняться от октаэдрического до ромбододекаэдрического ламинарного с гранным швом; разновидности сноповидной штриховки – занозистая и черепитчатая скульптуры; все они являются результатом травления.

7. *Полицентрические тригональные* – кристаллы октаэдрического или переходного, редко ромбододекаэдрического габитуса, на поверхности которых развиты пачки тригональных слоев, хаотично сдвинутых друг относительно друга, словно каждая последующая пачка “растет” из нового центра кристаллизации; благодаря полицентризму вершины октаэдра расщепляются, становятся зубчатыми, поверхности, в различной степени притупляющие ребра октаэдра, имеют зубчато-ступенчатое строение; полицентрическое строение граней – преимущественно результат роста, в некоторых случаях – травления.

8. *Полицентрические дитригональные* – то же, по с дитригональ-

crystals of octahedral, transitional and dodecahedral habit composed of octahedral layers with ditrigonal form, the area of overlying layers being smaller than that of underlying ones. As a result of this, the edges of octahedron are truncated by curved surfaces with striation diverging from the middle of edges to corners in a fan-like manner. At the site of the “pinch” the truncating surface is refracted and becomes convex, and the pinch line forms the so-called “face joint”; depending on the degree of sheaf-like striation, the habit may change from octahedral to dodecahedral laminar with a face joint; all of them are a result of etching.

7. *Polycentric trigonal* – crystals of octahedral or transitional, seldom of dodecahedral habit, on the faces of which packs of trigonal layers are developed. These packs are chaotically shifted relative to each other, as though each following pack “grows” from a new crystallization center. Because of the polycentrism, the octahedron corners are chipped, and become serrate. The surfaces, which to a variable extent truncate the octahedron edges, have a serrate-stepped structure. Polycentric structures are developed as a result of growth, sometimes – of etching.

8. *Polycentric ditrigonal* – the same but with ditrigonal layers;



ными пачками; характерны для кристаллов октаэдрического, переходного, редко ромбододекаэдрического габитусов; дитригональность слоев является результатом травления.

9. *Округло-ступенчатые* – толстые пачки тригональных или слабо-дитригональных слоев по октаэдру, торцы которых, формирующие ступени, округлые; преимущественно кристаллы октаэдрического и переходного габитусов, редко ламинарные ромбододекаэдриды; округление торцов пачек слоев роста является результатом травления.

10. *С обратнопараллельными тригональными впадинами и полосами пластической деформации (ппд)* – кристаллы октаэдрического и переходного габитусов, поверхности октаэдра которых покрыты узором мелких плоскодонных ямок треугольной формы с контурами, повернутыми на 60° относительно контуров граней октаэдра (обратнопараллельная ориентировка); ямки могут хаотично покрывать грани октаэдра, но часто декорируют **ппд** (рубцевидные следы скольжения по плоскостям с октаэдрической ориентировкой), как бы нанизываясь на них; в последнем случае из плоского дна впадины вдоль **ппд** уходит канал травления в глубь кристалла; являются результатом травления.

11. *С диагонально расположенными квадратными впадинами* – характерна для кристаллов кубического габитуса; впадины развиты на искривленных поверхностях, замещающих грани куба, имеют контуры, поверну-

typical of crystals of octahedral, transitional, seldom dodecahedral habit; ditrigonality of layers is a result of etching.

9. *Rounded-stepped* – thick packs of trigonal or poorly ditrigonal layers on an octahedron, whose ends, forming steps, are rounded; the crystals are predominantly of octahedral and transitional habit, and rarely laminar dodecahedroids; rounded steps are a result etching.

10. *With inversely parallel trigonal pits and lines of plastic deformation (lpd)* – crystals of octahedral and transitional habit, whose octahedral faces are covered with small flat-bottomed pits of triangular shape, with contours turned by 60° against the contours of octahedral faces (inversely-parallel orientation); the pits might chaotically cover the octahedron faces, but they often decorate **lpd** (seam-like signs of sliding on octahedral faces), as though being strung on them; in the latter case an etch channel goes from the trigon bottom along **lpd** deep into crystal; they are a result of etching.

11. *With diagonally located square pits* – peculiar to crystals of cubic habit; the pits are developed on curved faces replacing cube faces and have contours turned against the contours of cube edges by 45° ;



тые относительно контуров ребер кубоида на 45° ; впадины представляют собой отрицательные пирамиды и являются результатом травления.

12. *Скрытоламинарные* – такая морфология характерна для округлых ромбододекаэдридов, а также октаэдридов, тетрагексаэдридов, у которых в строении искривленных поверхностей никак не выражена слоистость (ламинарность) по октаэдру; формы со скрытослоистым строением искривленных поверхностей являются результатом травления.

13. *С шагренью либо с шагренью и полосами пластической деформации (пнд)* – характерна для кристаллов ромбододекаэдрического и переходного габитуса с обширными поверхностями на месте $\{110\}$; шагрень представляет собой широко развитые микроскопические в разной степени удлиненные бугорки, ориентированные вдоль длинной диагонали ромбододекаэдра. Полосы пластической деформации, будучи местом скопления дефектов структуры, легче подвергаются коррозии и вдоль них формируются ступени травления с поперечной штриховкой в форме элементов шагрени. Эти элементы упираются в пнд концами, тем самым подчеркивая их; видимо, шагрень является результатом травления алмаза и развивается преимущественно на деформированных кристаллах с широким развитием пнд, но может развиваться и самостоятельно. Шагрень является формой травления.

14. *С блоковой скульптурой* – пологие удлиненные или неправильных контуров холмики преимуще-

the pits are negative pyramids and are a result of etching.

12. *Cryptolaminar* – this morphology is specific to rounded dodecahedroids, as well as to octahedroids and tetrahexahedroids in the structure of curved dodecahedral surfaces of which no lamination is observed; the forms with cryptolaminar rounded surfaces are a result of etching.

13. *With shagreen, or with shagreen and lines of plastic deformation (lpd)* – typical of crystals of dodecahedral and transitional habit with a wide development of curved surfaces at site $\{110\}$; shagreen is abundant microscopic elongated hummocks, oriented along the long diagonal of dodecahedron. The lines of plastic deformations, being the place for accumulation of structural defects, more easily undergo corrosion and along them etch steps with cross striation in the form of shagreen elements are generated. These elements touch on lpd by their ends, underscoring them; shagreen seems to be a result of diamond etching and is developed mainly on deformed crystals with abundant lpd but it can develop independently as well. Shagreen is an etching form.

14. *With block sculpture* – flattened hummocks of elongated shape or of irregular contours basi-



ственно с гладкой поверхностью, развитые на искривленных поверхностях ромбододекаэдроидов и как бы разбивающие эти поверхности на мозаику блоков; блоковая скульптура является результатом травления.

15. *Дисковая скульптура* – характерна преимущественно для округлых кристаллов, имеет форму выпуклых дисков, овалов или неправильную форму с округлыми контурами, может переходить с одной поверхности ромбододекаэдроидов на другую, не прерываясь, безо всяких закономерностей; дисковая скульптура образуется, по экспериментальным данным, в процессе травления алмаза на местах, экранированных от воздействия травителя.

16. *С прямопараллельными тригональными впадинами* – характерна для кристаллов разного габитуса, на которых имеются грани октаэдра; представляет собой плоскостные треугольные ямки, контуры которых параллельны контурам ребер октаэдра (прямая ориентировка); наблюдаются преимущественно на кристаллах с признаками природного травления в гипогенных условиях.

17. *Каверны* – углубления неправильной формы, единичные или хаотично разбросанные по поверхности кристалла, преимущественно на искривленных поверхностях; являются результатом природного травления алмаза в гипогенных условиях в кимберлите или лампроите, иногда под воздействием интрузий дифференцированных траппов или иных магматических пород.

cally with smooth surface, developed on curved faces of dodecahedroids and as though separating these surfaces into a mosaic of blocks; block sculpture is a result of etching.

15. *Disc sculpture* – common mainly for rounded crystals, has a shape of convex discs and ovals, or irregular shapes with rounded contours, might go from one surface of dodecahedroid to another, without being interrupted and without any regularities; according to experimental data, disc sculpture is developed as a result of etching at sites screened from etchant effect.

16. *With parallel trigonal pits* – inherent in crystals of various habits, which have octahedral faces; these are flat-bottomed triangular pits whose contours are parallel to the contours of octahedron edges (straight orientation); observed on crystals with signs of natural etching under hypogene conditions.

17. *Caverns* – pits of irregular shape, single or chaotically distributed on crystal face, predominantly on curved faces, and are a result of natural etching of diamond under hypogene conditions in kimberlite or lamproite, sometimes under the effect of differentiated trap intrusions or other magmatic rocks.



18. *Матировка* – микроскопические углубления в форме прямоориентированных тригональных, гексагональных, мелких и мельчайших каверн, придающих поверхности кристалла матовый характер; является результатом окисления алмаза в приповерхностных условиях.

19. *Шрамы* – щели и канавки (борозды) травления по трещинам.

Рисунки 35–140 иллюстрируют основные элементы гранной морфологии алмазов.

1.3. Двойники и сростки

Двойникование – характерная черта алмазов. Основной его вид – двойникование по шпинелевому закону, в соответствии с которым плоскостью двойникования служит октаэдр, а осью – ось третьего порядка, по которой один индивид повернут относительно другого на 60° . При этом в месте контакта сдвойникованных субиндивидов образуются входящие углы, благодаря чему грани, их образующие, обладают максимальной скоростью роста. Поэтому из-за анизотропии скорости роста шпинелевые двойники алмаза практически всегда уплощены вдоль оси третьего порядка, являющейся осью двойникования; часто образуются пластины треугольной формы, представляющие собой двойник тонких субиндивидов.

Другой формой двойникования, встречающейся редко, но характерной для алмаза, является циклический двойник – пятерник, у которого субиндивиды контактируют граня-

18. *Frosting* – microscopic pits in the form of straight-oriented trigonal, hexagonal, small and very small caverns, which make the crystal surface look dull; this is a result of diamond oxidation under hypogene conditions.

19. *Scars* – slots and etch channels after cracks.

Illustrations 35–140 show some major elements of face morphology.

1.3. MACLES AND AGGREGATES

Twinning is a typical feature of diamonds. The major type is twinning after spinel law, according to which octahedron is the twinning plane, and the axis is the three-fold axis on which one individual is turned again another at a 60° angle. At the contact of twinned subindividuals, reentering corners are formed, owing to which the faces of these subindividuals have maximum growth rates. Therefore, due to the growth rate anisotropy, macles of diamond are practically always flattened along the three-fold axis, which is the axis of twinning. Frequently, plates of triangular shape are generated, which are a macle of thin subindividuals.

Another type of twinning of scarce occurrence but typical of diamonds is a polycyclic star-macle, in which subindividuals make contacts by octahedral faces in conform



ми октаэдра в конформном положении, образуя пятилучевую звезду; оставшийся после циклического срастания пяти субиндивидов небольшой угол зарастает обычно клином алмаза неопределенной морфологии [Леммлейн, 1973; Пальянов и др., 1982].

Также редко встречаются двойники прорастания.

Кроме того, кристаллы алмазов часто образуют иные срастания друг с другом: параллельные сростки, вросстки, сочетание двойников и сростков, незакономерные срастания (до 4–5 кристаллов) и поликристаллические срастания (более 5 кристаллов).

Рисунки 141–154 показывают основные типы двойников и сростков алмазов.

1.4. МЕХАНИЧЕСКИЙ ИЗНОС

Несмотря на свою исключительную твердость, алмазы из россыпей часто имеют признаки механического износа. Во всех случаях это прибрежно-морские россыпи в первичном или переотложенном состоянии, в которых индикаторные минералы также несут признаки сильного износа. В россыпях, где алмазы имеют повышенную степень износа, индикаторные минералы могут быть уничтожены полностью [Афанасьев и др., 1994].

Выделяются три типа механогенных поверхностей: 1 – поверхности истирания; 2 – поверхности выкрашивания; 3 – полированные поверхности (“леденцовая скульптура”). Тип

position, forming a pentactinal star. A small corner left after the cyclic intergrowth of five subindividuals is commonly overgrown with diamond wedge of uncertain morphology [Lemlein, 1973; Pal'yanov et al., 1982].

Interpenetrant macles are also scarce.

In addition, diamond crystals often form other aggregates with each other: parallel aggregates, embedded crystals, combination of macles and aggregates, irregular aggregates (to 4–5 crystals) and polycrystalline aggregates (more than 5 crystals).

Illustrations 141–154 show major types of diamond macles and aggregates.

1.4. MECHANICAL WEAR

In spite of the extremely high hardness, the diamonds from placers have signs of mechanical wear. In all cases these are coastal-marine placers in primary or redeposited state, in which indicator minerals also bear signs of drastic wear. In placers, where diamonds have an increased degree of wear, indicator minerals might be completely destroyed [Afanasiev et al., 1994].

Three types of mechanogenic surfaces have been established: 1 – abrasion surfaces; 2 – spalling surfaces; 3 – polished surfaces (“icicle” sculpture). The type of surface is



поверхности определяется тремя факторами: 1 – морфологией кристалла; 2 – гидродинамическим режимом прибрежной зоны; 3 – характером ложа.

Поверхности истирания образуются на кристаллах разного габитуса, однако более характерны для округленных форм: ромбододекаэдридов, октаэдридов, переходных округло-ступенчатых, у которых отсутствуют острые углы; такие кристаллы наиболее устойчивы к механическим воздействиям. Выкрашиванию подвергаются острые вершины и ребра октаэдров, острые ребра сколов на кристаллах разной морфологии, что связано с их механической неустойчивостью. Поэтому на разных участках одного кристалла можно наблюдать и истирание, и выкрашивание. Формирование этих двух типов поверхностей в большей мере обусловлено морфологией кристаллов.

Сложнее интерпретируются полированные поверхности. Речь идет о так называемых “леденцовых” скульптурах. Кристалл с такой морфологией напоминает в разной степени обсосанный леденец, кусочек льда, т. е. его выступающие части, ребра и вершины блестят, словно облизанные или отполированные. Этот тип скульптур не встречается на алмазах из кимберлитов и связан исключительно с прибрежно-морскими россыпями. Морфология кристаллов в данном случае большой роли не играет, “леденцовые” скульптуры развиваются как на кристаллах преимущественно октаэдрического габитуса (например, россыпь Дьукуннахская в бассейне верховьев

governed by three factors: 1 – crystal morphology; 2 – hydrodynamic conditions of coastal zone; 3 – type of bed.

Abrasion surfaces form on the crystals of various habits but they are more common to rounded forms: dodecahedroids, octahedroids and transitional round-stepped, crystals of transitional habit, which lack pointed corners. These crystals are resistant to mechanical effects. Pointed corners and edges of octahedrons, sharp edges of cleavage on crystals of varying morphology undergo spalling, which is due to their mechanical instability. Because of this, at different sites of one crystal both abrasion and spalling surfaces can be observed. Generation of these two types of surfaces to a greater extent is governed by crystal morphology.

The interpretation of polished surfaces is more complicated. Here the so-called “icicle” sculptures are meant. The crystal of this morphology resembles a small piece of ice or a fruit-drop sucked to a varying degree, that is, its protruding parts, edges, and corners glitter as though licked or polished. This type of sculpture does not occur on diamonds from kimberlites and is related only to coastal-marine placers. Crystal morphology in this case is not very important, so “icicle” sculptures develop both on crystals of mainly octahedral habit (for example, D'ukunnakh placer, in the basin of the upper reaches of the Alamdzha



р. Аламджа (Якутия)), так и на округлых (Тычанский коллектор в Красноярском крае, россыпи р. Молодо в Якутии, россыпи в Алжирской Сахаре, в Китае и др.). Иногда заметно, что “леденцовая” скульптура развивается по ранее шероховатым механогенным поверхностям.

“Леденцовые” скульптуры до последнего времени не относились к типу механогенных. Были предположения, что они связаны с неизвестным типом физико-химических изменений – полирующей коррозией, однако на других минералах и на осадочной толще в целом никаких специфических изменений не отмечалось. Вместе с тем известны факты, позволяющие с большой вероятностью отнести эти скульптуры к механогенным. Это: 1 – отсутствие алмазов с “леденцовыми” скульптурами в известных коренных источниках; 2 – связь алмазов с “леденцовыми” скульптурами только с прибрежно-морскими россыпями, находящимися в первичном захоронении или переотложенными в более молодые континентальные (как, например, россыпь Дьукуннахская); 3 – экспериментально доказанный факт механогенной полировки пиропов в прибрежно-морских ореолах [Афанасьев, и др. 1994]. Механогенное происхождение полировки пиропов также ставилось под сомнение и в качестве альтернативы предлагалась гипотеза неизвестного типа физико-химических изменений. Однако эксперимент поставил точку в этой дискуссии. По всей видимости, и в отношении происхождения “леденцовых”

river in the Yakutian diamondiferous province) and on rounded crystals (Tychan collector in Krasnoyarsk region, placers of the Molodo river in the Yakutian diamondiferous province, placers of the Algerian Sahara, China etc.). Occasionally it is seen that the “icicle” sculpture is developed on previously rough mechanogenic surfaces.

“Icicle” sculptures until recently were not referred to mechanogenic type. They were assumed to be related to an unknown type of physicochemical changes – polishing corrosion. But on other minerals and on sedimentary series in general no specific changes were observed. At the same time, there is evidence which allows these sculptures, with a great degree of probability, to be referred to mechanogenic sculptures. This is: 1 – lack of diamond with “icicle” sculptures in known primary sources; 2 – relation of diamonds with “icicle” sculptures only coastal-marine placers in primary state or redeposited into younger sediments (for example, D’ukunnakh placer); 3 – experimentally proven fact of mechanical polishing of pyropes under coastal-marine conditions [Afanasiev et al., 1994]. Doubt was also cast on the mechanogenic origin of polishing of pyropes, and, as an alternative, a hypothesis of the unknown type of physicochemical changes was suggested. However, experiment put an end to this debate. Most likely, experiment will also provide an



скульптур окончательный ответ даст эксперимент. Однако предварительно, опираясь на геологические данные, можно предполагать, что условием возникновения “леденцовых” скульптур является сочетание относительно мягкого гидравлического режима и не слишком жесткой абразивной среды. Обычно “леденцовая” скульптура как элемент морфологии фиксируется при достаточно сильном развитии полировки. Если же рассматривать ее с точки зрения механического износа, то можно зафиксировать и слабые ее проявления, выраженные в блеске полированных ребер и вершин без заметного их округления. При таком подходе механический износ можно обнаружить на значительно большем числе кристаллов, чем обычно фиксируется, т. е. генетическая интерпретация “леденцовой” скульптуры позволяет существенно повысить чувствительность такого фактора, как механический износ алмазов.

Рисунки 155–165 иллюстрируют основные формы механического износа.

1.5. “ПРИЗНАКИ ДРЕВНОСТИ” АЛМАЗОВ

Изучая алмазы из докембрийских алмазоносных формаций мира М. П. Метелкина с соавторами [1976] выделили так называемые “признаки древности” – специфические морфологические особенности алмазов, характеризующие их происхождение из докембрийских россыпей. Эти авторы отмечают широкое распространение алмазов с “признаками древнос-

ultimate answer as to the origin of “icicle” sculptures. However, based on geologic data, it can be assumed beforehand that conditions for the generation of “icicle” sculptures are a combination of rather mild hydraulic conditions and not very rough abrasion environment. Commonly, the “icicle” sculpture, as an element of morphology, is observed when polishing is rather well developed. If it is considered in the context of mechanical wear, its slight occurrence can also be seen in the glitter of polished edges and corners without essential rounding. With this approach, mechanical wear can be observed on a greater number of crystals than commonly found, i. e., genetic interpretation of the “icicle” sculpture allows the sensibility of such factors as mechanical wear of diamonds to be significantly increased.

Figures 155–165 illustrate the main forms of mechanical wear.

1.5. “ANTIQUITY FEATURES” OF DIAMONDS

When studying diamonds from Precambrian diamondiferous placers, M.P. Metelkina with coauthors [1976] established the so-called “antiquity features” – specific morphological features of diamonds, characterizing their origin from Precambrian placers. These authors also report a wide occurrence of diamonds with “antiquity features” in the



ти” в россыпях севера Якутской провинции, что ставит проблему подпитки этих россыпей за счет размыва докембрийских прибрежно-морских россыпей в пределах Анабарского щита, Оленекского, Уджинского поднятий. Поэтому знание и умелое выделение алмазов с “признаками древности” – важнейшее условие решения задачи прогнозирования и поисков коренных источников алмазов.

К “признакам древности” относятся следующие [Метелкина и др., 1976]:

1. *Габитус кристаллов.* Для докембрийских россыпей характерно резкое преобладание кривогранных форм – ромбододекаэдрондов и октаэдрондов, а также повышенное количество кубондов.

2. *Пятна пигментации.* На поверхности алмазов из россыпей часто встречаются пятна изометричной или неправильной формы зеленого или бурого цвета. Чаще это единичные или немногочисленные пятна, но иногда они почти сплошь покрывают кристаллы. По экспериментальным данным подобные пятна можно получить на алмазах под действием разного рода излучений – при бомбардировке нейтронами, электронами с высокой энергией. Полученную таким путем зеленую окраску можно превратить в коричневую, нагревая алмаз до 500 °С. Зеленые пятна пигментации встречаются и на фанерозойских алмазах, тогда как бурые, видимо, только на докембрийских.

placers of the northern part of the Yakutian diamondiferous province, which poses a problem about the replenishment of these placers from Precambrian coastal-marine placers which were eroded within the Anabar Shield, Udzha and Olenek Uplifts. That is why the knowledge and skillful diagnostics of “antiquity features” on diamonds is an important factor for solving problems of forecast and prospecting for primary diamond sources.

“Antiquity features” include the following properties [Metelkina et al., 1976]:

1. *Habit of crystals.* Precambrian placers are characterized by a drastic predominance of rounded forms – dodecahedroids and octahedroids as well as by increased number of cuboids.

2. *Pigmentation spots.* Green or brownish spots of isometric or irregular shape often occur on the surface of placer diamonds. Most often they are single or few in number but occasionally they densely cover crystals. According to experimental data, these spots can be produced on diamonds under the effect of different types of radiation – by bombardment with high-energy electrons or neutrons. The green color, produced in this way, can be changed into brown by heating the diamond to 500 °C. Green pigmentation spots occur on Phanerozoic diamonds as well, while brownish ones, perhaps, only on Precambrian diamonds.



3. *Окварцевание*. На алмазах из докембрийских формаций часто наблюдаются каверны, оспины неправильной формы, выполненные кварцем. Они имеют экзогенное происхождение и связаны, вероятно, с окварцеванием вмещающих пород. В процессе транспортировки кварцевые корочки могут теряться, обнажая кавернозную, до губчатой, поверхность алмаза, свидетельствующую о его древнем возрасте.

4. *Механический износ*. Большинство алмазов из докембрийских формаций имеет следы механического износа в форме истирания по ребрам и вершинам искривленных поверхностей, образующим тупые углы, выкрашивания по ребрам острых сколов. Если учесть “леденцовую” скульптуру как результат механогенной полировки, то следы износа несут практически все алмазы. Степень износа различная – от едва заметной полировки до матовых шаров, т. е. полностью окатанных кристаллов, на которых не осталось реликтов огранки. Высокая степень износа достигается только в прибрежно-морских условиях, а жесткое ложе докембрийских метаморфических пород способствовало процессу истирания алмазов. В среднем степень износа докембрийских алмазов существенно выше, чем фанерозойских.

5. *Серпообразные, кольцевые трещины и ромбическая сеточка трещин* – результат хрупкой релаксации поверхностных напряжений кристалла алмаза предположительно в процес-

3. *Silicification*. Diamonds from Precambrian pacers often exhibit caverns and pockmarks filled with quartz. They have an exogenic origin and seem to be related to silicification of host rocks. During transportation quartz incrustation might be lost, exposing cavernous to spongy diamond surface, which indicates its ancient age.

4. *Mechanical wear*. The majority of diamonds from Precambrian pacers have signs of mechanical wear in the form of abrasion on edges and corners of curved surfaces, forming truncated corners, and spalling on the edges of sharp cleavage. If the “icicle” sculpture is interpreted to be the result of mechanical polishing, then nearly all diamonds bear signs of wear. The degree of wear varies from faintly visible polish to dull balls, i. e. fully rounded crystals on which no relics of primary surfaces are left. The high degree of wear is achieved only under coastal-marine conditions, while the rough bed of Precambrian metamorphic rocks favored abrasion of diamonds. On average, the degree of wear of Precambrian diamonds is considerably higher than that of Phanerozoic diamonds.

5. *Crescent-shaped cracks, ring-shaped cracks, and rhombic net of cracks* result from brittle relaxation of surface stresses of diamond crystal presumably during the metamorphism



се метаморфизма вмещающих пород. Серпообразные и кольцевые трещины являются, возможно, следами удара; ромбическая сеточка трещин развивается по спайности и может быть связана как с внешними механическими воздействиями, так и с собственными внутренними напряжениями алмаза. Ромбическую сеточку трещин можно получить экспериментально, нагревая алмаз из кимберлитов до высокой температуры. В экзогенных условиях по трещинам развиваются бороздки, хорошо заметные на поверхности алмазов. Данный тип поверхностных трещин характерен именно для алмазов из докембрийских россыпей.

6. *Ожелезнение кристаллов алмазов.* Для докембрийских формаций характерно наличие большого количества бурых, желтоватых, коричневых алмазов, окраска которых обусловлена развитием на поверхности и в микротрещинах тончайших пленок гидроксидов железа. Однако этот признак недостаточно устойчив и также может проявляться у фанерозойских алмазов. У докембрийских он чаще встречается в связи с высокой дефектностью поверхности вследствие механической обработки алмазов.

7. *Дополнительные признаки.* Для докембрийских формаций характерны алмазы повышенной крупности и хорошего качества. Оба признака являются следствием переработки исходной ассоциации в прибрежно-морских условиях, в которых осуществляется гидравлическая сортировка и уничтожение трещиноватых, сильно искажен-

of country rocks. The crescent-shaped and ring-shaped cracks, probably, appeared as a result of a blow, whereas the rhombic net of cracks develops after cleavage and can be both due to external mechanical effects and due to own internal stresses of diamond. The rhombic net of cracks can be produced experimentally by heating diamond from kimberlites to a high temperature. Under exogenic conditions, in the cracks grooves develop which are well seen on diamond surface. This kind of surface cracks is typical of diamonds from Precambrian placers.

6. *Ferruginization of diamond crystals.* Precambrian placers are characterized by abundant brownish, yellowish, and grayish-brown diamonds, whose color is governed by the development of very thin films of iron hydroxides on the surface and microcracks. However, this feature is not sufficiently stable and can occur in Phanerozoic diamonds as well. On Precambrian diamonds it occurs frequently owing to high-defective surface, which results from of mechanical treatment of diamonds.

7. *Additional features.* Precambrian placers are characterized by large and high-quality diamonds. Both features are a result of reworking of initial association under coastal-marine conditions in which hydraulic sorting and destruction of drastically distorted, defective stones take place. Howev-



ных, дефектных камней. Однако эти признаки недостаточно устойчивы и допускают много исключений, поэтому могут рассматриваться как дополнительные, наряду с другими ведущими признаками древности.

Необходимо подчеркнуть, что описанные “признаки древности” работают только в комплексе. По отдельности они могут встречаться и на фанерозойских алмазах.

Рисунки 166–168 иллюстрируют некоторые из “признаков древности”; их дополняют фотографии алмазов с сильным механическим износом (см. “Механический износ”), а также рис. 11, 138.

1.6. РАЗНОВИДНОСТИ АЛМАЗОВ ПО КЛАССИФИКАЦИИ Ю. Л. ОРЛОВА

В книге “Минералогия алмаза” Ю. Л. Орлов отмечает, что “...среди алмазов встречаются визуально хорошо различимые между собой разновидности кристаллов, которые отличаются формой роста, внутренним строением (текстурой) и характером примесных центров, обуславливающих особый комплекс свойств” [Орлов, 1973, с. 9]. Действительно, опыт работы с большими количествами алмазов, как из коренных источников, так и из россыпей, убеждает нас в том, что квалифицированный минералог интуитивно начинает различать такие группы.

Ю. Л. Орлов подчеркивает генетический характер предложенной им классификации, с чем также можно согласиться, однако конкретные условия,

er, these features are not stable enough and admit quite a lot of exceptions, and therefore may be treated as additional, along with other leading features of antiquity.

It is necessary to point out that the described antiquity features indicate “antiquity” diamonds only in combination. Separately they can occur on Phanerozoic diamonds, also.

Figures 166–168 illustrate some of “antiquity features”, see also illustrations of diamonds with drastic mechanical wear (see. “Mechanical wear”), and Figs 11, 138.

1.6. VARIETIES OF DIAMONDS ACCORDING TO ORLOV'S CLASSIFICATION

In the book “The mineralogy of diamond”, Orlov points out that “..among diamonds there are visually distinguishable varieties of crystals which differ in the form of growth, internal structure (texture) and character of impurity centers responsible for a specific complex of features” [Orlov, 1973, p. 9]. The experience of working with a great number of diamonds from both primary sources and placers provides evidence that a qualified mineralogist can intuitively distinguish these groups.

Orlov underlines the genetic character of his classification, which can be agreed with, but specific conditions, place, and time of



место и время роста кристаллов той или иной разновидности не известны. Более того, отсутствуют подробные минералогические паспорта этих разновидностей. Фактически эта классификация сугубо эмпирическая, и научиться пользоваться ею можно лишь используя эталонную коллекцию. По очень кратким описаниям, приведенным в указанной монографии, разделить алмазы на разновидности крайне затруднительно. Нет сомнения в том, что выделенные генетические группы действительно существуют, однако все они требуют детальной минералогической паспортизации и решения на этой основе генетических вопросов. Таковая еще отсутствует, поэтому в данной работе мы приводим характеристику алмазов в соответствии с описанием Ю. Л. Орлова. Автор подчеркивает, что некоторые морфологические особенности алмазов, в частности их кривогранность, вторичные и не могут служить основанием для выделения в самостоятельные генетические типы. Игнорирование морфологического фактора приводит к тому, что во многих месторождениях алмазы I разновидности могут составлять 90 % и более, что делает классификацию Ю. Л. Орлова малоинформативной для геолого-разведочной практики. Поэтому целесообразно совместное использование и классификации Ю. Л. Орлова, и морфологической характеристики алмазов, что реализовано в рамках данной работы.

Разновидность I (рис. 169–170). Среди плоскогранных кристаллов преобладают кристаллы, имеющие фор-

growing crystals of this or that variety are unknown. Moreover, detailed mineralogic passports of these varieties are absent. In fact, this classification is particularly empiric, and it is possible to learn how to use it only with the help of a standard collection. It is very difficult to divide diamonds into varieties on the basis of brief descriptions reported in this book. There is no doubt that the recognized genetic groups really exist, but all of them require a detailed mineralogic passportization and solution of genetic problems on this basis. Detailed mineralogic passportization is not available by now, and therefore we report diamond characteristics according to Orlov. The author points out that some morphologic features of diamonds, for example their rounded surfaces, are secondary and cannot be the basis for separating them into individual genetic types. Neglection of the morphologic factor results in the fact that in many deposits diamonds of variety I may account for 90 % and more percent. This makes Orlov's classification low-informative for geologic-prospecting practice. Hence, it is appropriate to use both Orlov's classification and morphological features of diamonds together, which has been realized within the frames of this work.

Variety I (Figs. 169–170). Crystals of the octahedral habit with smooth faces or with tabular-



му октаэдра с гладкими гранями, либо с пластинчато-ступенчатым характером их развития. В последнем случае возможно возникновение различных комбинационных форм с притуплениями на месте граней куба, ромбододекаэдра, вплоть до кристаллов кубического и ромбододекаэдрического габитуса. Во всех случаях ростовыми являются грани $\{111\}$. Вторичные процессы (растворение) приводят к образованию округлых поверхностей, при сильном растворении образуются округлые формы. Кристаллы в большинстве случаев прозрачны, не имеют зонального строения, как правило, бесцветны, но часто с желтоватым нацветом, либо интенсивно окрашенные в соломенно-желтый цвет. Первично бесцветные кристаллы могут быть окрашены под влиянием эпигенетических процессов пластической деформации в розово-фиолетовые, дымчато-коричневые оттенки. В экзогенных условиях на кристаллах могут появляться бурые и зеленые пятна пигментации. Кристаллы первой разновидности количественно преобладают в большинстве коренных месторождений и связанных с ними россыпей, составляя иногда 98–99 % от общего количества.

Разновидность II (рис. 171–174). К ней относятся кристаллы кубического габитуса янтарно-желтой и зеленой окраски. Кристаллы прозрачны и не обнаруживают зонального строения. Встречаются преимущественно в россыпях Урала, Приленской и Анабарской областей, третичных россыпях Украины и Северного

stepped type of morphology are predominant among flat-faced crystals. Origin of different combination forms with truncation at the sites of faces of cube, dodecahedron, up to crystals of cubic and dodecahedral habit is possible. In all cases, $\{111\}$ faces are growth faces. Secondary processes (dissolution) result in formation of rounded surfaces, and strong dissolution leads to rounded forms. The crystals are mostly transparent, lack zonal structure, and are commonly colorless but often with yellowish tint or intensely straw-yellow color. Initially colorless crystals might be colored into pink-violet and smoky-brown tints under the influence of epigenetic processes of plastic deformation. Under exogenic conditions, brownish or green spots of pigmentation may appear on the crystals. The crystals of variety I quantitatively predominate in the majority of primary deposits and related placers, occasionally accounting for about 98–99 % of the total amount.

Variety II (Figs. 171–174). These are amber-yellow and green crystals of cubic habit. The crystals are transparent and do not exhibit zonal structure. They occur mainly in the placers of the Urals, Lena and Anabar regions, Tertiary placers of the Ukraine and Northern Kazakhstan. Representatives of primary



Казахстана. Из коренных месторождений отмечены в трубках Удачная, Кимберли.

Разновидность III (рис. 175–178). Кристаллы имеют кубическую, реже комбинационную форму (октаэдр + ромбододекаэдроид + кубоид) и по морфологии, внутреннему строению и ряду свойств отличаются от кубических кристаллов I, II и описываемой ниже IV разновидностей. Кристаллы III разновидности представляют собой полупрозрачные, бесцветные либо в различной степени серые или почти черные непрозрачные кристаллы. Для них характерны параллельные и неправильные сростки, а также двойники прорастания по шпинелевому закону. Внутреннее строение сложное. В центре имеется бесцветная полупрозрачная зона, а внешняя зона переполнена микровключениями, обуславливающими серую и темную окраску кристаллов. В связи с высокой дефектностью при растворении кристаллов развивается большое количество мелких фигур травления.

Кристаллы третьей разновидности характерны для кимберлитов и связанных с ними россыпей, в частности для трубки Айхал, где они составляют значительную долю, особенно в крупных гранулометрических классах, встречаются в трубках Удачная, Мир и в некоторых зарубежных месторождениях.

Разновидность IV (рис. 179–186). Кристаллы этой разновидности называются в литературе алмазами в оболочках (“coated diamonds”). Их зо-

deposits were found in the Udachnaya and Kimberley pipes.

Variety III (Figs. 175–178). Crystals are of cubic, less often combination form (octahedron + dodecahedroid + cuboid), and in the morphology, internal structure, and some properties they differ from cubic crystals of varieties I and II, and variety IV described below. The crystals of variety III are semi-transparent, colorless or to variable degrees gray or nearly black opaque crystals. They are characterized by parallel and irregular coalesced crystals (i. e., aggregates of a small number of single crystals) and interpenetrants macles formed after spinel law. The internal structure is intricate. There is a semi-transparent zone in the center, whereas the outer zone is overfilled with microinclusions responsible for the gray and dark color of crystals. Abundant small etch figures develop during dissolution of the crystals because of the great number of crystal defects.

The crystals of variety III are common to kimberlites and related placers, in particular to the Aikhal pipe, where they account for a high proportion of diamonds, mainly in large granulometric classes. They also occur in the Udachnaya and Mir pipes, and in some foreign deposits.

Variety IV (Figs. 179–186). Crystals of this variety are called “coated diamonds” in literature. Their zonal structure is observed on



нальное строение видно на сколах невооруженным глазом: сочетается, как правило, бесцветное прозрачное ядро и мутная, молочно-белая, сероватая или в различной степени окрашенная в желтый или зеленый цвет внешняя оболочка. Эта оболочка переполнена дислокациями, ориентированными нормально к поверхности граней, вследствие чего на рентгеновских топограммах она создает впечатление шестовато-волокнистого строения. По форме кристаллы разнообразны – от октаэдров до комбинационных форм (октаэдр + ромбододекаэдроид + кубоид) и кубоидов. При незначительном растворении на гранях кристаллов образуются многочисленные микроскопические фигуры травления, сплошь покрывающие поверхность граней. При значительном растворении образуются округлые формы.

Кристаллы этой разновидности достаточно широко представлены в кимберлитах, например, характерны для трубок Айхал, Мир, встречаются в россыпях Якутии, Африки, Бразилии, тогда как в россыпях Урала отсутствуют.

Разновидность V (рис. 187–192).

Кристаллы этой разновидности представляют собой темные или совершенно черные алмазы, окраска которых обусловлена большим количеством включений графита, находящихся во внешней зоне кристалла. Центральная зона кристалла прозрачная и бесцветная. На комбинационных и округлых кристаллах этой разновидности вершины на выходе осей четвертого порядка бывают совершенно прозрачными и бесцветными вследствие удаления на

chips with an unaided eye. Typically, there is combination of colorless transparent core and turbid, milk-white, grayish, and to a varying degree yellow or green outer shell. This shell is overfilled with dislocations oriented normally to face, and it gives an impression of columnar-fibrous structure. The crystals vary in shapes – from octahedrons to combination forms (octahedron + dodecahedroid + cuboid) and cuboids. On minor dissolution, abundant microscopic etch figures appear on crystals faces, which coat surface. Substantial dissolution results in rounded forms. The crystals of this variety are widespread in kimberlites, for example, in the of Aikhal and Mir pipes, and occur in the placers of Yakutia, Africa, and Brazil, but are absent in the placers of the Urals.

Variety V (Figs. 187–192).

Crystals of this variety are dark or quite black diamonds whose color is governed by abundant graphite inclusions which are present in the crystal outer zone. The central zone of crystals is transparent and colorless. On combination and rounded crystals of this variety, the apexes near the emergence of four-fold axis are absolutely transparent and colorless due to the removal of fragments of the outer opaque shell at



этих участках фрагментов внешней непрозрачной оболочки. Реликты оболочки сохраняются на месте граней октаэдра. Наряду с монокристаллами, часто встречаются сростки двух-трех кристаллов этой разновидности, т. е. у этих кристаллов отмечается тенденция к образованию поликристаллических сростков типа разновидности VII, описанной ниже.

Кристаллы V разновидности наиболее широко распространены в россыпях севера Якутской провинции и не характерны для кимберлитов. Упоминания о находках подобных кристаллов в кимберлитах, по мнению авторов данного Атласа, нуждаются в проверке, для чего необходимо иметь упоминавшийся выше минералогический паспорт данной разновидности.

С разновидности VI начинается характеристика поликристаллических образований алмаза, среди которых выделяются сферолиты – балласы, имеющие радиально-лучистое строение, яснозернистые агрегаты – борт и скрытокристаллические образования – карбонадо, состоящие из субмикроскопических зерен алмаза. В отношении яснозернистых агрегатов необходимо отметить, что иногда встречаются сростки индивидов описанных выше разновидностей монокристаллов, но доля таких сростков невелика, не отмечается тенденция к систематическому образованию агрегатов. В то же время существуют разновидности, для которых такая форма типична, т. е. условия их образования способствуют кристаллизации алма-

these sites. Shell relics are preserved at the site of octahedral faces. Along with single crystals, often two or three coalesced crystals of this variety occur, i. e., these crystals display a tendency for formation of polycrystalline aggregates similar to variety VII described below.

The crystals of variety V are most widespread in the placers of northern Yakutian diamondiferous province and are uncommon to kimberlites. We believe that the reports on the occurrences of similar crystals in kimberlites need to be checked. For this purpose it is necessary to have the above-mentioned passport of this variety.

Characterization of polycrystalline diamond aggregates begins from variety VI. These diamonds include spherulites – ballas with a radiated structure, clearly-grained aggregates – bort, and cryptocrystalline aggregates – carbonado, consisting of submicroscopic diamond grains. As for the clearly-grained aggregates, it is worth noting that occasionally aggregate crystals of individuals of the above-mentioned varieties of single crystals occur but the contribution of these aggregates is not high and there is no tendency to systematic formation of aggregates. At the same time, there are varieties for which an aggregate form is typical, that is their formation conditions favor crystallization of diamonds in



за именно в виде сростков, что позволяет выделить такие кристаллы в самостоятельную разновидность. В частности, по этому принципу выделены кристаллы VII разновидности.

Разновидность VI (баллас) (рис. 193–195). Среди алмазов встречаются сферолиты, имеющие радиально-лучистое строение, которые называются балласами. Обычно балласы имеют форму совершенно правильных шаров, но встречаются грушевидные и каплевидные образцы. У большинства сферолитов на поверхности развита своеобразная скульптура, позволяющая отличить эти образования от монокристаллов. Радиально-лучистое строение обнаруживается на сколах. Составляющие балласы монокристаллические лучи в разных образцах имеют неодинаковые размеры, что отчетливо видно на лауэграммах. Бывают балласы бесцветные, серые, совершенно черные. Для некоторых характерен молочный опаловидный отлив. Темный цвет балласов обусловлен обильными микроскопическими включениями, вероятно графита, во внешней зоне. Когда включений много и баллас совершенно черный, он напоминает дробинку, в связи с чем А. Ф. Вильямс [Williams, 1932] назвал эту разновидность алмаза “дробеобразный борт”. Балласы являются редкой формой в Якутии, однако они встречаются в россыпях Урала, хорошо известны в Бразилии и Южной Африке.

Разновидность VII (рис. 196–199). Эта разновидность представляет собой сростки полупрозрачных дефектных кристаллов алмаза, имеющих

the form of aggregates, which allows these crystals to be separated into an independent variety. In particular, the crystals of variety VII were distinguished according to this principle.

Variety VI (ballas) (Figs. 193–195). Among diamonds there occur spherulites of radiated structure, which are called ballases. Typically, ballas has a shape of absolutely regular balls but there are pear-shaped and drop-like samples. The majority of spherulites have a peculiar sculpture on the surface, which allow these aggregates to be distinguished from single crystals. Radiated structure is observed on cleavage. Single-crystal fibers of ballases in various samples have different sizes, which is clearly seen on lauegrams. There are colorless, gray, and quite black ballases. Some are opalescent. The dark color of ballases is due to abundant microscopic inclusions, perhaps, of graphite in the outer zone. When ballas contains abundant inclusions and is black, it is similar to a small shot, owing to which A. F. Williams [1932] called this diamond variety “shot bort”.

Ballases are a rare form in Yakutia, but they are well known in the placers of the Urals, and very well-known in Brazil and South Africa.

Variety VII (Figs. 196–199). This variety is represented by aggregates of semitransparent defective diamond crystals with a



обычно желтоватый нацвет. Формой роста этих субиндивидов, слагающих агрегат, является октаэдр. При растворении вначале развиваются комбинационные формы, затем додекаэдриды. На поверхности кристаллов, подвергшихся растворению, имеется много узких, идущих в разных направлениях каналов травления, развитых по многочисленным трещинам. Каналы развиваются также по границам сращения субиндивидов.

Агрегаты алмазов VII разновидности распространены в россыпях севера Якутской провинции; для кимберлитов они не характерны.

Разновидность VIII (рис. 200–204). Эта разновидность представляет собой агрегат многочисленных хорошо ограненных мелких кристалликов, близких по размеру. Сrostки имеют в целом овальную или шаровидную форму. Габитус субиндивидов – октаэдр, часто со ступенчато-слоистым строением граней, переходная форма, ромбододекаэдрид. Обычно внутри таких сrostков, если кристаллы прозрачны, просматривается темное зернистое ядро, представляющее собой агрегат зерен алмаза неправильной формы, темных от включений графита. По своему строению оно аналогично описываемой ниже IX разновидности.

Агрегаты алмазов VIII разновидности характерны для кимберлитов, в частности, трубок Мир, Айхал.

Разновидность IX (борт). Эта разновидность яснозернистых агрегатов алмаза имеет вид неправильных кусков. Составляющие их зерна хо-

typical yellowish tint. The growth shape of these subindividuals, which make up an aggregate, is octahedron. On dissolution, first combination forms are developed, and thereafter – dodecahedroids. On the surfaces of crystals, undergone dissolution, there are many narrow etch channels diverging in various directions. These channels developed along numerous cracks and along the boundaries of intergrowth of subindividuals.

Diamond aggregates of variety VII are widespread in the placers of northern Yakutian diamondiferous province; they are uncommon to kimberlites.

Variety VIII (Figs. 200–204). This variety is an aggregate of numerous well-cut minute crystals of close size. Crystal aggregates have an oval or ball-like form. The habit of subindividuals is octahedron, often with a stepped-stratified structure, transitional form, dodecahedroid. Typically, inside these crystals (if they are transparent) a dark grained core is observed, which is an aggregate of diamond grains of irregular form and dark color due to graphite inclusions. According to its structure this variety is similar to variety IX described below.

Diamond aggregates of variety VIII are peculiar to kimberlites, for example, Mir and Aikhal pipes.

Variety IX (bort). This variety of clearly-grained diamond aggregates looks like irregular pieces. Grains are well discernible, but are



рошо различимы, они не имеют правильной кристаллографической формы. Агрегаты непрозрачные, темно-серые и совершенно черные, иногда имеют неравномерно-зернистое строение.

Агрегаты алмазов IX разновидности характерны для кимберлитов, в частности, трубок Мир, Айхал.

Разновидность X (карбонадо) (рис. 205–208). Эта разновидность выделена давно и упоминалась уже в работах прошлого века (см. обзор [Fersman, Goldschmidt; 1911]). Она весьма специфична и с полным правом может выделяться не только как разновидность алмаза агрегатного строения, но и как разновидность самого минерального вида, так как своеобразие изотопного состава и характера строения карбонадо позволяют предполагать самостоятельный источник углерода и специфические условия образования данной формы алмаза.

Карбонадо представляют собой скрытокристаллические или микрозернистые образования, имеющие вид неправильных кусков или обломков обычно с более или менее округлыми кромками и углами [Trueb, Buttermann, 1969]. Размеры кристаллитов не превышают 20 мкм. У одних образцов поверхность матовая, у других – эмалевидная. Встречаются плотные кремнеобразные куски, а также сильнопористые, шлакоподобные. Карбонадо непрозрачны и имеют различную окраску: темно-серую, зеленовато-серую, розоватую, коричневую, а также тем-

not of irregular crystallographic form. The aggregates are opaque, dark-gray, and quite black, occasionally of inequigranular structure.

Diamond aggregates of variety IX are typical of kimberlites, for example, Mir and Aikhal pipes.

Variety X (carbonado) (Figs. 205–208). This variety was established long ago and was already mentioned in the books of 19th century (see the overview [Fersman, Goldschmidt, 1911]). This variety is rather specific and can be reasonably distinguished not only as a variety of aggregate diamond crystalline, but as variety of the mineral species itself, since the peculiar isotopic composition and carbonado structure suggest an independent source for carbon and specific formation conditions of this diamond form.

Carbonado is cryptocrystalline or micro-grained aggregates having a form of irregular pieces or fragments commonly with more or less rounded corners [Trueb, Buttermann, 1969]. Crystal sizes are no more than 20 μm . Some of the samples have a frosting surface, while others are enamel-like. There are also compact, silicon-like, strongly porous, and slag-like pieces. Carbonados are opaque and have various colors: dark-gray, greenish-gray, pinkish, brown, dark-brown, and dark-violet. Frequently, the surface is darker than the inner parts.



по-коричневую и темно-фиолетовую. Часто поверхность темнее внутренних частей.

Карбонадо характерны для россыпей Бразилии, известны в Венесуэле, Центральной Африке. Находки “карбонадо” в России требуют тщательной проверки, для которой также необходим подробный минералогический паспорт данной разновидности алмаза. К карбонадо в России без должного обоснования относят иногда алмазы импактного происхождения.

Разновидность XI (рис. 209–214) (импактные алмазы, “якутиты” [Орлов, Каминский, 1981; Вишневецкий и др., 1997]). Поликристаллические агрегаты алмаза XI разновидности представляют собой зерна неправильной формы, иногда с гексагональными очертаниями, как правило, уплощенные. Окраска от темно-серой до желтой, непрозрачные. Главной особенностью этих алмазов является примесь гексагональной структурной модификации углерода – лонсдейлита. Эти алмазы имеют ударно-метаморфическое происхождение и известны во многих астроблемах – Попигайской, Карской (Полярный Урал), в кратере Рис (Германия) и др.

В россыпях севера Якутии встречаются довольно крупные поликристаллические зерна алмазов (до нескольких миллиметров), по структурным, физическим и иным свойствам соответствующие попигайским и названные “якутиты”. По всей видимости, якутиты представляют собой крупную фракцию импактных алмазов, разбросанных в момент попигай-

Carbonados are spread in the placers of Brazil, and occur in Venezuela, and Central Africa. Findings of “carbonado” in Russia require careful checking which also needs a detailed mineralogic passport of this diamond variety. In Russia, the impact diamonds are often referred to carbonado without proper justification.

Variety XI (Figs. 209–214) (impact diamonds, “yakutites” [Orlov, Kaminskii, 1981; Vishnevsky et al., 1997]). Polycrystalline diamond aggregates of variety XI are grains of irregular shape, occasionally with hexagonal contours, typically flattened. The color is dark-gray to yellow, opaque. The main specific feature of these diamonds is the presence of hexagonal structural modification of carbon – lonsdaleite. These diamonds are of impact origin and occur in many astroblemes – Popigai, Kara (Polar Urals), and Ris crater (Germany), etc.

The placers of northern Yakutia contain rather large polycrystalline diamond grains (to a few millimeters), which in structural, physical, and other properties correspond to Popigai diamonds and are called “yakutites”. Most likely, yakutites are a large fraction of impact diamonds scattered over hundreds of kilometers in the re-



ского события на сотни километров в округе [Вишневыский и др., 1997].

Необходимо отметить, что классификация Ю. Л. Орлова содержит явно недостаточно информации по распространенности выделенных разновидностей алмазов в кимберлитах и россыпях, что отмечает, в частности, Дж. Харрис [Harris, 1992].

Между тем изучение алмазов из кимберлитов и россыпей Сибирской платформы с использованием классификации Ю. Л. Орлова позволило нам конкретизировать ее генетические аспекты и установить некоторые закономерности распространенности разновидностей алмазов. Так, в россыпях севера Якутской алмазоносной провинции, наряду с обычными кимберлитовыми, встречаются разновидности алмазов, полностью отсутствующие или редко встречающиеся в известных здесь фанерозойских кимберлитовых телах. Они настолько специфичны, что правомочно ставить вопрос о неизвестном типе их коренных источников. В целом по характеру первоисточников россыпные алмазы делятся на три группы:

1. Кимберлитовые, соответствующие по своим характеристикам алмазам из фанерозойских кимберлитовых тел Сибирской платформы.

2. Из неизвестного типа коренных источников. В свою очередь эти алмазы делятся на три самостоятельные группы, не образующие между собой устойчивых связей.

- 2а – происходящие предположительно из кимберлитов; эта группа представлена скрытоламинарными

группами во время событий Попигаи [Vishnevsky, et al., 1997].

It is worth noting that Orlov's classification contains scarce information on the occurrence of recognized diamond varieties in kimberlites and placers, which is mentioned, for example, by J. Harris [1992].

Studies of diamonds from kimberlites and placers of the Siberian Platform with the help of Orlov's classification allowed us to determine its genetic aspects and to establish some regularities of the occurrence of diamond varieties. For example, in the placers of the northern part of the Yakutian diamondiferous province, along with common varieties of kimberlite diamonds, there are diamonds which are rare to absent in Phanerozoic kimberlite bodies. They are so specific that the question can be posed about the unknown type of their primary sources. In general, according to the character of the primary sources of placer diamonds, three groups of diamonds can be distinguished:

1. Kimberlite diamonds, which in their features correspond to diamonds from Phanerozoic kimberlite bodies of the Siberian Platform.

2. Diamonds from the unknown type of primary sources. These diamonds, in turn, are divided into three independent groups forming no stable relations between each other.

- 2a – produced, supposedly, from kimberlites. This group is represented by cryptolaminar dode-



ромбододекаэдроидами “уральского” или “бразильского” типов, с обычным “тяжелым” соотношением изотопов углерода ($\delta^{13}\text{C}$ до -7%). Их содержание в известных кимберлитовых телах не превышает 5 %, тогда как в россыпях может достигать половины и более. Эти алмазы относятся к I разновидности по классификации Ю. Л. Орлова, наряду с обычными кимберлитовыми, поэтому весьма вероятно, что данная разновидность является полигенной и ее целесообразно разделить, по меньшей мере, на две группы с учетом типа коренного источника.

2б – происходящие из источников неясного генезиса; в эту группу включены алмазы кубического габитуса II разновидности янтарно-желтой и зеленой окраски с “промежуточным” изотопным соотношением ($\delta^{13}\text{C}$ примерно $-13,6\%$), редко встречающиеся в кимберлитах, но широко распространенные в россыпях севера Якутской провинции.

2в – происходящие из источников неясного генезиса; включает серые, иногда почти черные, переполненные мелкими включениями графита кристаллы разного габитуса с “легким” изотопным составом ($\delta^{13}\text{C}$ от -20 до -25%), относимые к V и VII разновидностям. Эти алмазы практически отсутствуют в фанерозойских кимберлитах, однако в россыпях севера Якутской провинции их доля достигает половины от общего количества кристаллов, для них характерна более высокая степень механического износа по сравнению с другими разновидностями алмазов.

cahedroids of the “Uralian” or “Brazilian” types, with a typical “heavy” ratio of carbon isotopes ($\delta^{13}\text{C}$ to -7%). Their content in known kimberlite bodies does not exceed 5 %, whereas in placers it might reach 50 % and more. These diamonds belong to variety I according to Orlov’s classification, along with common kimberlite diamonds. Therefore, it is quite possible that this variety is polygenic and it is worth of being divided, at least, into two groups with due regard for the type of primary source.

2b – produced from sources of uncertain genesis. This group includes amber-yellow and green diamonds of cubic habit of variety II with “transitional” isotopic ratio ($\delta^{13}\text{C}$ approx. -13.6%), which are scarce in kimberlites but widespread in the placers of the northern part of the Yakutian diamondiferous province.

2c – produced from the source of uncertain genesis. These include gray, nearly black, filled with minute inclusions of graphite, crystals of various habits with a “light” isotopic composition ($\delta^{13}\text{C}$ from -20 to -25%), referred to varieties V and VII. These diamonds are absent from Phanerozoic kimberlites, but in the placers of northern part of the Yakutian diamondiferous province their share reaches half of the total number of crystals. They have a higher degree of mechanical wear compared with other diamond varieties.



Распределение алмазов V и VII разновидностей в россыпях согласованно, тогда как алмазы II разновидности имеют независимое распределение, что и послужило причиной выделения двух групп алмазов из неизвестных типов коренных источников.

3. Из импактитов. Эти алмазы представляют собой параморфозы алмаза (смесь кубической и гексагональной (лонсдейлитовой) структурных модификаций) по графиту. Алмазы такого типа из россыпей, названные “якутитами”, надежно идентифицируются с алмазами из импактитов Попигайской астроблемы и рассматриваются как продукты дальнего закратерного выброса [Вишневецкий и др., 1997].

Таким образом, в россыпях Якутской алмазоносной провинции существует, по меньшей мере, три группы алмазов, тип источников которых не известен. Анализируя возраст россыпей, содержащих эти алмазы, площадь их распределения и комплекс экзогенных изменений алмазов, можно предположить, что они стали поступать в россыпи в мезозое, когда в связи с поднятием Анабарской антеклизы на поверхности обнажились породы докембрия и были размыты, вероятно, докембрийские россыпи. На поступление алмазов из древних россыпей указывает повышенная степень износа, не достижимая в фанерозойских обстановках россыпеобразования, а также комплекс “признаков древности”, характерный для алмазов из докембрийских россыпей [Метелкина и др., 1976]. Поэтому есть основание

The distribution of diamonds of varieties V and VII in the placers is coordinated, whereas the diamonds of variety II have an independent distribution, which was the reason for distinguishing two groups of diamonds from unknown types of primary sources.

3. Diamonds from impactites. These diamonds are diamond paramorphs (mixture of cubic and hexagonal (lonsdaleite) structural modifications) after graphite. Diamonds of this type, called “yakutites”, are reliably identified with diamonds from impactites of the Popigai astrobleme and are treated as products of remote crater ejection [Vishnevsky et al., 1997].

Thus, in the Yakutian diamondiferous province placers there are, at least, three groups of diamonds, whose type of sources is unknown. Analysis of the age of placers, containing these diamonds, their distribution area, and complex of exogenic changes of diamonds suggest that they started to arrive in the placers in the Mesozoic, when, because of the rise of the Anabar antecline, the Precambrian rocks were exposed and Precambrian placers were eroded. The supply of diamonds from ancient placers is indicated by the high degree of mechanical wear, which was impossible under Phanerozoic conditions of placer formation, and by the complex of “antiquity features” typical of Precambrian placer diamonds [Metelkina et al., 1976]. Hence, it is reasonable to



предполагать, что возраст коренных источников алмазов второй группы является докембрийским.

Максимальное количество алмазов из неизвестных типов коренных источников (до 50 % и более) отмечается в россыпях севера Якутской алмазоносной провинции. На юг их количество уменьшается и южнее реки Оленек практически все алмазы относятся к “кимберлитовому” типу. Тяготение алмазов из неизвестных типов источников к Анабарскому щиту также указывает на возможность докембрийского возраста этих источников.

1.7. РАЗНОВИДНОСТИ АЛМАЗОВ ПО КЛАССИФИКАЦИИ СУНАГАВЫ

Классификация И. Сунагавы популярна за пределами России [Sunagawa, 1984]. Она основывается на теоретическом анализе скорости роста кристаллов алмаза в зависимости от соотношения движущих сил кристаллизации (пересыщение, переохлаждение), характера поверхности роста (шероховатая или гладкая), а также механизма роста (адгезивный рост, двумерное зародышеобразование, спиральный механизм роста). По мнению И. Сунагавы, эта классификация может быть применима к любым типам кристаллов алмазов. Выделяются два пороговых уровня движущих сил – (*) и (**), при которых характер поверхности роста, механизм роста и, соответственно, морфология кристаллов оказываются различными.

suppose that the age of diamonds of the second group is Precambrian.

The maximum quantity of diamonds from unknown types of primary sources (to 50 % and more) was found in the placers of the northern part of the Yakutian diamondiferous province. In the south, their amount decreases and to the south of the Olenek River nearly all diamonds are of “kimberlite” type. Spatial relation of diamonds from unknown types of sources with the Anabar shield also suggests Precambrian age of these sources.

1.7. VARIETIES OF DIAMONDS ACCORDING TO SUNAGAWA'S CLASSIFICATION

Sunagawa's classification is popular outside Russia [Sunagawa, 1984]. It is based on theoretical analysis of growth rate versus driving force (supersaturation, supercooling) relations, interface roughness (rough or smooth interface), and growth mechanisms (adhesive type, two-dimensional nucleation, and spiral growth mechanisms). In the Sunagawa's opinion, his classification is applicable to any kinds of diamond crystals. There are two critical driving forces -- (*) and (**), in which interface roughness, growth mechanism, and, therefore, morphology of crystals are different. Above (**), the interface is expected to be rough, and adhesive type growth mechanism operates. Single



Предполагается, что выше (***) поверхность роста является шероховатой и реализуется адгезивный механизм роста. Монокристаллы имеют дендритную морфологию граней, наблюдается склонность к образованию поликристаллов, а при возрастании движущей силы кристаллизации – сферолитов. Ниже (***) поверхность роста гладкая. Между (*) и (***) работает механизм двумерного зародышеобразования преимущественно вдоль ребер, в результате чего образуются скелетные кристаллы или кристаллы с воронкообразным строением граней. Ниже (*) единственным механизмом роста является спиральный рост на гладкой поверхности, при котором слои роста распространяются от центра к периферии и формируются полиэдры с низкими символами граней. Наблюдаемые вариации в габитусе полиэдрических кристаллов определяются относительными величинами нормальных скоростей роста на определенных гладких поверхностях (например, в зависимости от высоты ступеней и расстояния между ступенями при спиральном росте грани).

На основании данного теоретического анализа Сунагава разделил типы морфологии природных алмазов, описанные у Дж. Дэна с соавторами [1951] и Ю. Л. Орлова [1973], на три основные категории.

Первая категория включает монокристаллы, образованные в результате спирального роста или по механизму двумерного зародышеобразования под действием движущей силы более слабой, чем (***) и обычно сла-

crystals take dendritic morphology, and polycrystalline aggregates are formed more frequently, which show spherulitic or fractal morphologies at increasing driving force. Below (**), interface will be smooth. Between (*) and (**), two-dimensional nucleation growth mechanism operates preferentially along the edges, resulting in hopper-shaped or skeletal morphology. Below (*), spiral growth on smooth interfaces is the only growth mechanism which leads to the appearance of polyhedra with flat low index faces. Growth layers spread from center to periphery of faces. Habit variations of polyhedral crystals depend on relative values of normal growth rates of smooth faces involved (e. g. step height and step spacing at spiral growth of faces).

Based on the above theoretical analysis, Sunagawa classified morphologies of natural diamond crystals reported by J. and E. Dana [1946] and Orlov [1973] into three major categories.

The first category is single crystalline type, formed by spiral or two-dimensional nucleation growth mechanism under driving force conditions below than (**), and mostly below (*). Natural diamond crystals of this category principally have a simple octahedral habit, but occasionally in combination with striated dodecahedral faces. Twins and aggregates of a small number of single crystals also belong to this category. Since most natural dia-



бее, чем (*). Природные кристаллы, относимые к этой категории, имеют преимущественно простую октаэдрическую огранку, иногда в комбинации с ромбододекаэдрическими гранями со штриховкой. Двойники и сростки небольшого числа субиндивидов также попадают в эту категорию. Поскольку большинство кристаллов природных алмазов на постростовой стадии претерпевают частичное растворение, они могут иметь округлую или неправильную форму.

Ко второй категории относятся поликристаллические агрегаты, сильно различающиеся по свойствам, образованные в условиях движущих сил, превышающих (**). По классификации Дж. Дэна [Дэна и др., 1951], к ней относятся фразезит, борт, стюартит, дробеобразный борт, градообразный борт, баллас и карбонадо, из классификации Ю. Л. Орлова [1973] – разновидности VI, VIII, IX, X. Эти алмазы образованы по адгезивному механизму роста на шероховатой поверхности.

Кристаллы алмазов, относимые по морфологии к третьей категории, испытали изменение условий (движущих сил) кристаллизации: вначале они росли как монокристаллы в условиях ниже (*), возможно ниже (**), затем поликристаллический рост в условиях выше (**). К этой категории относятся “алмазы в рубашках” (coated diamonds) и, возможно, кубоиды (по классификации Орлова II, III, IV разновидности). Центральная прозрачная зона этих кристаллов формировалась под действием тех же движущих сил и по

mond crystals experienced post-growth partial dissolution process, diamond crystals of this category show rounded or malformed morphology.

The second category is polycrystalline aggregates of different varieties, which formed under driving force conditions, above (**). Framesite, bort, stewartite, shot bort, hailstone bort, ballas, and carbonado from Dana's classification [J. and E. Dana, 1946] and varieties VI, VIII, IX, X of Orlov's [1973] classification belong to this category. These diamonds formed by an adhesive type growth mechanism on rough interfaces.

Diamond crystals categorized as the third type are those crystallized under two different driving force conditions: Earlier single crystals formed below (*) or (**), and, later, polycrystalline growth realized above (**). Coated diamonds and, probably, cuboids (varieties II, III, and IV from Orlov's classification) belong to this category. The transparent core of crystals belonging to this category formed earlier under the same driving force conditions and by the same growth mechanism as those of variety I. The magma containing these crystals uplifted into medium with higher driving forces. Dendritic or polycrystalline growth occurred on the surface of these crystals, forming a coat with fibrous texture around the earlier grown crystal.



тому же механизму, что и кристаллы первой категории. Магма, содержащая эти кристаллы, поднималась и попадала в другие условия, для которых характерны более высокие движущие силы кристаллизации алмазов; рост алмазов в новых условиях продолжался по дендритному или поликристаллическому механизму с образованием вокруг ранее выросшего кристалла оболочки с волокнистой (фибрилярной) текстурой.

Сунагава проанализировал также характер топографии поверхностей роста алмазов, в частности их шероховатость, в зависимости от условий роста. В силикатной магме как материнской для алмазов только грани октаэдра ведут себя как гладкие поверхности, на которых имеет место спиральный рост. Грань куба, появляющаяся только в условиях движущих сил кристаллизации выше (**), в силикатной магме ведет себя как шероховатая поверхность. На гранях {100} отсутствуют спиральные слои роста, их поверхность шероховатая, либо бугристая. В противоположность этому, на алмазах, синтезированных в металл-углеродной системе, не только грань октаэдра, но и грань куба может вести себя как гладкая поверхность, что обусловлено поверхностной реконструкцией грани {100}. Поэтому у синтезированных кристаллов спиральный рост наблюдается на гранях и октаэдра, и куба.

Как видим, данная классификация является генетической и касается преимущественно условий роста; морфологические аспекты кристаллогенеза детально в ней не рассматриваются.

Sunagawa also analyzed the surface microtopography, in particular the interface roughness of diamond crystals governed by growth media. In silicate magma, as mother phase, only octahedron faces behave as smooth interface on which spiral growth may take place. Cube faces, which appear only under driving force condition higher than (**), always behave as a rough surface in silicate magma. The {100} faces of natural diamond do not show spiral growth layers but exhibit rugged or hummocky surfaces. In contrast to this, in metal-carbon system, both octahedron and cube faces can behave as smooth surfaces, which are due to interface reconstruction of {100} face. In synthetic crystals, a spiral growth was observed both on octahedron and cube faces.

As can be seen, this is a genetic classification which mainly concerns crystal growth conditions rather than detailed morphological aspects of crystallogenesis.



1.8. СХЕМА КЛАССИФИКАЦИИ АЛМАЗОВ ПО ДЖ. ХАРРИСУ И ДР. [HARRIS ET AL., 1975]

В классификации использован комплекс признаков алмазов, которые разделены на две группы. Первая группа (первичные подразделения) основана на чисто морфологических признаках, преимущественно габитусе, и включает:

Форму кристаллов:

- октаэдры;
- додекаэдры;
- уплощенные додекаэдры;
- кубы;
- тетраэдры;
- кубооктаэдры;
- октадодекаэдры;
- кубододекаэдры;
- кубооктадодекаэдры.

Прочие формы:

- двойники;
- сферические образования;
- неправильные формы;
- кристаллические агрегаты.

Вторая группа признаков (вторичные подразделения) включает:

Прозрачность:

- прозрачные;
- непрозрачные.

Угловатость:

- плоскогранные, остросеберные;
- округлые.

Правильность форм:

- правильные;
- искаженные.

Количество включений:

- одиночные;
- несколько (1-3)
- многочисленные (>3).

1.8. DIAMOND CLASSIFICATION ACCORDING TO HARRIS ET AL. [1975]

This classification uses a complex of diamond features which are divided into two groups. The first group (initial subdivisions) is based on morphological features, mainly on habit, and includes:

Crystal forms:

- Octahedra;
- Dodecahedra;
- Flattened dodecahedra;
- Cubes;
- Tetrahedra;
- Cubo-octahedra;
- Octa-dodecahedra;
- Cubo-dodecahedra;
- Cubo-octa-dodecahedra.

Other forms:

- Macles;
- Spheres;
- Irregular forms;
- Crystal aggregates.

The second group of features (secondary subdivisions) includes:

Transparency:

- Transparent;
- Opaque.

Crystal angularity:

- Planar, sharp-edged;
- Rounded.

Crystal regularity:

- Regular;
- Distorted.

Inclusions abundance:

- None; single;
- Few (1-3);
- Many (more than 3).

**Цвет:**

- бесцветные;
- желтые;
- коричневые;
- зеленые;
- оранжевые и янтарные;
- розовые и розовато-лиловые;
- голубые;
- черные;
- полицветные;
- серые;
- дымчатые.

Поверхностные особенности:

- прозрачные пленки;
- непрозрачные пленки;
- графитовые пленки;
- матировка.

Данная классификация является чисто морфологической, генетические аспекты в ней отсутствуют. Классификация позволяет довольно надежно улавливать различия между пробами алмазов из разных кимберлитовых тел и россыпей. Вместе с тем здесь полностью отсутствуют особенности гранной морфологии алмазов, что значительно обедняет описание.

Перечисленные морфологические признаки находят отражение в данном Атласе (разделы 1.1, 1.2, 1.6).

Color:

- Colorless;
- Yellow;
- Brown;
- Green;
- Orange and amber-colored;
- Pink and mauve;
- Blue;
- Black;
- Multi-colored;
- Gray;
- Smokey.

Surface feature:

- Transparent coats;
- Opaque coats;
- Graphite coats;
- Frosting.

This is a morphological classification without genetic aspects. It allows the differences between diamond samples from different kimberlite bodies and placers to be determined. However, it lacks the specific features of diamond face morphology, which makes their description incomplete.

The above-mentioned morphological features are reflected in the Atlas (see chapter 1.1, 1.2, 1.6).



АЛМАЗЫ ИЗ КСЕНОЛИТОВ ГЛУБИННЫХ ПОРОД

2

DIAMONDS FROM XENOLITHS OF DEEP-SEATED ROCKS

2.1. Алмазы из эклогитов

Впервые алмазоносный эклогит был описан в работе [Bonney, 1899]. В России ксенолиты алмазоносных эклогитов обнаружены в кимберлитовых трубках Мир, Удачная, Сытыканская [Бобриевич и др., 1959; Бартошинский, 1960; Соболев, Кузнецова, 1966; Пономаренко и др., 1973; Соболев, 1974; Афанасьев, Харьков, 1980; Похиленко и др., 1982; Специус, Серенко, 1990; Соболев и др., 1991; и др.]. Они встречаются чаще, чем алмазоносные перидотиты, вероятно, в связи с тем, что эклогиты более прочные и извлекаются на фабриках вместе с алмазами в процессе обогащения. Обычный размер ксенолитов – от 1 см и крупнее, редко 15–20 см. Количество алмазов в них – от единичных до очень многочисленных (так, в образце У-759 (тр. Удачная) содержалось более тысячи очень мелких кристаллов алмазов). Минимальный размер алмазов составляет первые микроны, максимальный из упоминавшихся в литературе имел вес 5,75 карата [Gurney et al., 1969]. Расположение кристаллов в ксенолитах не обнаруживает каких-либо закономерностей.

По нашим исследованиям и литературным данным, в эклогитах можно выделить следующие габитусные типы кристаллов алмаза: октаэдры, кристаллы переходной формы от октаэдра к

2.1. DIAMONDS FROM ECGOLITES

Diamondiferous eclogite was first described in [Bonney, 1899]. Later they were found in many kimberlite pipes of the world. In Russia, xenoliths of diamondiferous eclogites were found in the Mir, Udachnaya, and Sytykansskaya kimberlite pipes [Bobrievich et al., 1959; Bartoshinskii, 1960; Sobolev, Kuznetsova, 1966; Ponomarenko, 1973; Sobolev, 1974; Afanasiev, Kharkiv, 1980; Pokhilenko et al., 1982; Spetsius, Serenko, 1990; Sobolev et al., 1991; etc.]. They occur more frequently than diamondiferous peridotites, perhaps, because eclogites are stronger and are preserved during beneficiation at mills. Xenoliths are commonly 1 cm and more in size, rarely 15–20 cm. The minimum size of diamonds is few microns, the largest of those reported in literature weighed 5,75 carats [Gurney et al., 1969]. The number of diamonds in xenoliths ranges from single to numerous (for example, sample U-759 (Udachnaya pipe) contained more than a thousand minute diamond crystals). The arrangement of crystals in xenoliths does not follow any regularities.

According to our studies and literature data, the following types of diamond crystal habits can be



ромбододекаэдру, ламинарные ромбододекаэдроиды, кубоиды. В работе [Специус, Серенко, 1990] описаны алмазы из 40 образцов эклогитов; октаэдрические кристаллы отмечены в 21 образце, кубоиды – в 16, кристаллы переходного габитуса – в 1; в двух образцах алмазы по морфологии образуют ряд октаэдр – кубоид. Не найдены округлые ромбододекаэдроиды “уральского” типа.

Октаэдрические кристаллы обнаружены в эклогитах трубок Мир и Удачная. Они, как правило, бесцветны, редко со слабым лиловым оттенком, обусловленным пластической деформацией кристаллов. Прозрачность различная. Преобладают кристаллы с округло-ступенчатым строением граней. Округленные торцы пачек слоев роста имеют или тонкую параллельную штриховку, или тонко матированы, вероятно, вследствие коррозии, в то время как грань октаэдра остается блестящей. Большинство кристаллов в разной степени искажены, и рельеф на разных гранях в зависимости от характера искажения может различаться. Значительная часть индивидов в той или иной степени трещиновата. Преобладают внутренние закрытые трещины вокруг включений, розетки, реже наружные трещины; на некоторых кристаллах имеются шрамы, секущие кристаллы перпендикулярно ребру октаэдра. Около половины образцов алмазов из эклогитов имеют полосы пластической деформации, инкрустированные цепочками обратнопараллельных треугольных впадин.

distinguished in eclogites: octahedrons, crystals of transitional form from octahedron to dodecahedron, laminar dodecahedroids, and cuboids. Rounded cryptolaminar dodecahedroids of the “Uralian” type have not been found.

Octahedral crystals have been found in eclogites from the Mir and Udachnaya pipes. They are, typically, colorless, seldom with a light mauve tint governed by the plastic deformation of crystals. Their transparency varies. Crystals with rounded- stepped structure of faces dominate. Rounded edges of packs of growth layers have either thin parallel striation or thin frosting, perhaps, resulting from corrosion, whereas the octahedron face remains lustrous. Majority of crystals are distorted to a varying degree, and the relief on various faces might differ depending on the type of distortion. Most crystals have cracks among which inner tight cracks and rosettes are predominant, outer cracks are rarer; some crystals have scars which cut crystals perpendicular to octahedral edge. Approximately half of eclogite diamond samples have lines of plastic deformation, covered with chains of inversely parallel trigons.

One and the same samples from the Udachnaya pipe, along with octahedral crystals, contain spinel macles, parallel and irregular coalesced crystals, and, occasionally, druse-like aggregates of crystals.



В одних и тех же образцах из трубки Удачная вместе с октаэдрическими кристаллами встречаются двойники по шпинелевому закону, параллельные и пезакономерные сростки, иногда друзовидные скопления кристаллов.

Кристаллы переходной от октаэдра к ромбододекаэдру формы и ромбододекаэдронды присутствуют в трех изученных образцах эклогитов из трубки Сытыканская. Габитус кристаллов обусловлен проявленным в разной степени притуплением ребер октаэдра округло-ступенчатыми поверхностями. Ламинарный ромбододекаэдронд является крайней формой этого ряда и потому рассматривается с кристаллами переходной формы. Алмазы бесцветные или окрашены в розовато-лиловый и дымчато-коричневый цвета, имеются полосы пластической деформации.

Кристаллы кубического габитуса характерны для эклогитов трубок Удачная и Сытыканская. По цвету выделяются три разновидности: желтые и зеленовато-желтые, серые, бесцветные. Преобладают желтые кубонды. Для них характерен весьма контрастный граничный рельеф, часто на месте поверхностей кубонда развиты обширные впадины – отрицательные пирамиды, достигающие почти до центра. Тело кристалла составляют лишь перемычки между впадинами, так что кристаллы представляют собой весьма ажурную постройку, напоминающую цветок. Ребра кубонда зубчатые, вершины притуплены гранями октаэдра в

Crystals of habit transitional from octahedron to dodecahedron, and dodecahedroids are present in three studied samples of eclogites from the Sytykanskaya pipe. The habit of crystals is governed by the octahedral edges truncated to a varying degree by rounded-stepped surfaces. Laminar dodecahedroid is the extreme form of this series and therefore belongs to crystals of transitional form. The diamonds are colorless or mauve and smokey-brown, and have lines of plastic deformation.

Crystals of cubic habit are typical of eclogites of the Udachnaya and Sytykanskaya pipes. Three varieties are distinguished by color: yellow and greenish-yellow, gray, and colorless. Yellow cuboids with a rather contrasting surface relief prevail. Frequently, cuboid surfaces have large pits – negative pyramids which extend almost to the center, the crystal body is made up only of bridges between pits, and the crystals look like a fine construction resembling a flower. The cuboid edges are serrated, the corners are truncated by octahedral faces in the form of a three-angle star. Sharp-edged, peak cuboids with nearly flat faces covered with a thin relief of diagonally oriented square pits are present in A-47 sample from the Udachnaya pipe. Yellow chipped cuboids occasionally exhibit a colorless core.

Colorless diamonds of cubic habit occur less often. The morpho-



форме трехлучевой звезды. Острореберные, островершинные кубоиды с практически плоскими гранями, инкрустированными тонким рельефом диагонально ориентированных квадратных впадин, имеются в образце А-47 (тр. Удачная). У расколотых при дроблении желтых кубоидов иногда обнаруживается бесцветное ядро.

Бесцветные алмазы кубического габитуса встречаются реже, часть из них имеет морфологию, аналогичную таковой некоторых разновидностей желтых кубоидов. Однако у бесцветных кубоидов более четко выражена поперечная ступенчатость на поверхностях, развитых на ребрах, торцы ступеней соответствуют октаэдру. Вершины кубоида притупляются хорошо развитыми гранями октаэдра. В одном образце наблюдались ажурные кристаллы, аналогичные желтым кубоидам, и кубооктаэдры; между ними отмечались постепенные переходы. Серый кристалл кубического габитуса найден в одном из образцов тр. Удачная. Кристалл изометричный, светло-серый, островершинный, острореберный. Поверхности кубоида разделены швами, параллельными ребрам, на четыре равновеликих выпуклых блока. Рельеф очень тонкий, придает кристаллу жирноватый блеск. Совершенно отсутствуют плоские элементы огранки.

Кристаллы кубического габитуса обладают наиболее разнообразной морфологией, охватывающей практически все известные морфологические типы кубоидов в кимберлитах. В каждом из изученных нами образцов алмазы принадлежали к одному мор-

фологии некоторых из них близка к некоторым разновидностям желтых кубоидов. Но бесцветные кубоиды имеют более distinct transverse steps on the surfaces developed on cubic edges, and the end faces of step correspond to an octahedron. The cuboid apexes are truncated by well-developed octahedral faces. In one sample we observed fine crystals, similar to yellow cuboids and cubo-octahedrons with gradual transitions between them. A gray crystal of cubic habit was found in one of the samples from the Udachnaya pipe. The crystal is isometric, light-gray, with sharp apexes and sharp edges. The surface of the cube is divided by junctures, parallel to the edges, into four equal convex blocks. The relief is very thin and provides greasy lustre to crystal. Flat elements are absent.

Crystals of cubic habit possess the most varying morphology, covering nearly all known morphological types of cuboids in kimberlites. In each of the studied samples of eclogites diamonds belong to one morphologic type. However, Robinson describes eclogite with diamonds of different morphologies, mainly laminar crystals of the octahedron-dodecahedroid and cuboid series [Robinson, 1979]. Unfortunately, we have photos of diamonds of only one sample of kyanite eclogite from the Udachnaya pipe (Figs. 215 and 216) [Pokhilenko et al., 1982], and photos of small diamonds of



фологическому типу. Однако Робинсон описывает эклогит с алмазами разной морфологии, преимущественно ламинарными кристаллами ряда октаэдр–ромбододекаэдронд и кубоидами [Robinson, 1979]. К сожалению, мы располагаем фотографиями алмазов только одного образца кианитового эклогита трубки Удачная (рис. 215–216) [Похиленко и др., 1982]) и фотографиями мелких алмазов эклогита № 6/79 той же трубки ([Соболев и др., 1991], рис. 217–222).

2.2. АЛМАЗЫ ИЗ ПЕРИДОТИТОВ

В пределах Якутской алмазоносной провинции алмазоносные перидотиты установлены в трубках Мир, Удачная, Айхал [Соболев и др., 1969, 1984; Похиленко и др., 1976; и др.].

Количество кристаллов в образце колеблется от 1 до 7. Они располагаются как на поверхности, так и внутри ксенолитов. Размер алмазов варьирует от 0,2 до 3,0 мм. Габитус кристаллов октаэдрический либо переходный от октаэдрического к ромбододекаэдрическому. Гранная морфология характеризуется широким развитием тригональных слоев роста и полицентрическим строением граней, реже встречаются гладкогранные остросереберные октаэдры. Не обнаружены кубонды и ромбододекаэдронды. Как и для эклогитов, не свойственны округлые (скрытоламинарные) ромбододекаэдронды. Отмечены двойники по шпинелевому закону, наблюдается повышенное количество незакономерных сростков. Кристаллы преимущественно

eclogite N 6/79 from the same pipe ([Sobolev et al., 1991], Figs. 217–222).

2.2. DIAMONDS FROM PERIDOTITES

Within the Yakutian diamondiferous province, diamondiferous peridotites were found in the Mir, Udachnaya, and Aikhal pipes [Sobolev et al., 1969, 1984; Pokhilenko et al., 1976; etc.].

The number of crystals in a sample ranges from 1 to 7, and they are distributed both on the surface and inside xenoliths. The size of diamonds varies from 0.2 to 3.0 mm. Crystal habit is octahedral or transitional from octahedral to dodecahedral. Surface morphology is characterized by abundant trigonal growth packs and polycentric structure of faces, of lesser occurrence are smooth-faced sharp-edged octahedrons. No cuboids and dodecahedroids were found. The same as eclogites, they lack rounded cryptolaminar dodecahedroids. Macles and abundant irregular aggregates are observed in them. Mostly colorless, some of them have



но бесцветные, у некоторых отмечается лиловый или коричневый нацвет, связанный, вероятно, с пластической деформацией. Аналогичные особенности имеют алмазы из ультраосновных ксенолитов некоторых зарубежных месторождений.

Алмазы из перидотитовых ксенолитов трубки Удачная представлены на рис. 223–232.

a lilac or brown tint caused, perhaps, by plastic deformation. Similar properties are common to diamonds from ultrabasic xenoliths of some foreign deposits.

Diamonds from peridotite xenoliths of the Udachnaya pipe are shown in Figs. 223–232.



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

REFERENCES

- Афанасьев В. П., Харькив А. Д.* (1980) Ксенолиты алмазоносных эклогитов из кимберлитов Якутии // Геохимия и рудообразование. Киев: Наук. думка. С. 87–98.
- Афанасьев В. П., Соболев Н. В., Кириллова Е. А., Юсупов Т. С.* (1994) Относительная абразивная устойчивость пирропа и пикроильменита – индикаторных минералов кимберлитов // Докл. РАН. Т. 337, № 3. С. 359–362.
- Бартошинский З. В.* (1960) Об алмазах из эклогита кимберлитовой трубки “Мир” // Геология и геофизика. № 6. С. 129–131.
- Бартошинский З. В.* (1961) Сравнительная характеристика алмазов из различных алмазоносных районов Западной Якутии // Геология и геофизика. № 6. С. 40–50.
- Бартошинский З. В., Квасница В. Н.* (1991) Кристалломорфология алмаза из кимберлитов. Киев: Наук. думка. 172 с.
- Бобриевич А. П., Смирнов Г. И., Соболев В. С.* (1959) Ксенолит эклогита с алмазами // Докл. АН СССР. Т. 126, № 3. С. 637–640.
- Вишневский С. А., Афанасьев В. П., Аргунов К. П., Пальчик Н. А.* (1997) Импактные алмазы: их особенности, происхождение и значение. Новосибирск: Изд-во СО РАН, НИЦ ОИГТМ. 54 с.
- Afanasiev V. P., Khar'kiv A. D.* (1980) Xenoliths of diamondiferous eclogites from kimberlites of Yakutia, in: Geochemistry and ore formation. Kiev. P. 87–98 [in Russian].
- Afanasiev V. P., Sobolev N. V., Kirillova E. A., Yusupov T. S.* (1994) Relative abrasion resistance of pyrope and picroilmenite – indicator minerals of kimberlites, in: Dokl. RAN, V. 337, N 3. P. 359–362.
- Bartoshinskii Z. V.* (1960) On diamonds from eclogite of “Mir” kimberlite pipe, in: Geologiya i Geofizika. N 6. P. 129–131.
- Bartoshinskii Z. V.* (1961) Comparative description of diamonds from various diamondiferous regions of Western Yakutia, in: Geologiya i Geofizika. N 6. P. 40–50.
- Bartoshinskii Z. V., Kvasnitsa V. N.* (1991) Crystal morphology of diamond from kimberlites. Kiev. 172 p. [in Russian].
- Bobrievitch A. P., Smirnov G. I., Sobolev V. S.* (1959) Eclogite xenolith with diamonds, in: Dokl. AN SSSR, V. 126, N 3. P. 637–640.
- Bonney T. G.* (1899) The parent rock of the diamond of South



- Дэна Дж. Д., Дэна Э. С., Пэлач Ч., Берман Г., Фрондель К. (1951) Система минералогии. Т.1, полутом 1. М.: Изд-во иностр. литературы. 608 с.
- Кухаренко А. А. (1955) Алмазы Урала. М.: Госгеолтехиздат. 514 с.
- Леммлейн Г.Г.(1973) Морфология и генезис кристаллов.М.: Наука. 327 с.
- Метелкина М. П., Прокопчук Б. И. Суходольская О. В., Францесconi Е. В. (1976) Докембрийские алмазоносные формации мира. М.: Недра. 134 с.
- Орлов Ю. Л. (1963) Морфология алмаза. М.: Госгеолтехиздат. 235 с.
- Орлов Ю. Л. (1973) Минералогия алмаза. М.: Наука. 223 с.
- Орлов Ю.Л., Каминский Ф.В. (1981) "Карбонадо" с лонсдейлитом – новая разновидность поликристаллических агрегатов алмаза // Докл. АН СССР. Т. 259, № 2. С. 459–461.
- Пальянов Ю. Н., Хохряков А. Ф., Ченуров А. И. (1982) Циклические двойники синтетического алмаза // Физико-химические методы исследования минералообразующих систем. Новосибирск: ИГиГ СО АН СССР. С. 3–11.
- Пальянов Ю. Н., Ченуров А. И., Хохряков А. Ф. (1985) Рост и морфология аптискелетных кристаллов синтетического алмаза // Минер. журн. Т. 7, № 5. С. 50–61.
- Пономаренко А. И., Серенко В. П., Лазько Е.Е. (1973) Первые па-
Africa, in: Geol. Mag. V.6. P. 309–321.
- Ченуров А. И., Федоров И. Н., Сонин В. М. (1997) Experimental modelling of the diamond formation processes. Novosibirsk. 197 p. [in Russian].
- Ченуров А. И., Кхокл'ряков А. Ф., Сонин В. М., Пал'янов Ю. Н., Соболев Н. В. (1985) On the dissolution forms of the diamond crystals in silicate melts at high pressure, in: Dokl. AN SSSR. V. 285, N 1. P. 212–216.
- Ченуров А. И., Пал'янов Ю. Н., Кхокл'ряков А. Ф., (1983) Antiskeletal crystals of synthetic diamond, in: Dokl. AN SSSR. V. 270, N 1. P. 213–215.
- Dana J. D., Dana E. S. (1946) The system of mineralogy, 7th edition (entirely rewritten and greatly enlarged by Palache C., Berman H., Frondel C.). V. 1. London. 1027 p.
- Fersman A. E., Goldschmidt V. (1911) Der Diamant. Heidelberg. 1911. 274 p.
- Gurney J. J., Siebert C., Whitefield G. G. (1969) A diamondiferous eclogite from the Robert Victor Mine, in: Upper Mantle. Project Geol. Soc. South Africa. Spec. Publ. 2. P. 351–357.
- Harris J. W. (1992) Diamond geology, in: Properties of natural and synthetic diamond (Ed. by Field J. E.), Academ. Press. London. P. 345–393.
- Harris J. W., Hazothorne J. B., Oosterveld M. M., Wehmeyer E.



- ходки алмазоносных эклогитов в кимберлитовой трубке "Удачная" // Докл. АН СССР, Т. 209, № 1. С. 188–189.
- Похиленко Н. П., Соболев Н. В., Соболев В. С., Лаврентьев Ю. Г.* (1976) Ксенолит алмазоносного ильменит-пиропового лерцолита из кимберлитовой трубки Удачная // Докл. АН СССР. Т. 231, № 2. С. 438–441.
- Похиленко Н. П., Соболев Н. В., Ефимова Э. С.* (1982). Ксенолит катаклазированной алмазоносного дистенового эклогита из трубки Удачная (Якутия) // Докл. АН СССР. Т. 226, № 1. С. 212–216.
- Соболев В. С., Най Б. С., Соболев Н. В., Лаврентьев Ю. Г., Поспелова Л. Н.* (1969) Ксенолиты алмазоносных пироповых серпентицитов из трубки "Айхал", Якутия // Докл. АН СССР. Т. 188, № 5. С. 1141–1143.
- Соболев Н. В.* (1974) Глубинные включения в кимберлитах и проблема состава верхней мантии. Новосибирск: Наука, 1974. 264 с.
- Соболев Н. В., Бакуменко И. Т., Ефимова Э. С., Похиленко Н. П.* (1991). Особенности морфологии микроалмазов, содержания примесей натрия в гранатах и калия в клинопироксенах двух ксенолитов эклогитов из кимберлитовой трубки Удачная (Якутия) // Докл. АН СССР. Т. 321, № 3. С. 585–592.
- (1975) A classification scheme for diamond and a comparative study of South African diamond characteristics, in: *Physics and Chemistry of the Earth* (Ed. by Ahrens L. H., Dawson J. B., Duncan A.R., Erlank A.J.). V. 9. P. 765–783.
- Khokhryakov A. F., Pal'yanov Ju. N.* (1990) Morphology of the diamond crystals dissolved in water bearing silicate melts, in: *Miner. Journ.* V. 12, N 1. P. 14–23.
- Kukhareenko A. A.* (1955) *Diamonds of the Urals.* Moscow. 514 p. [in Russian].
- Lemlein G. G.* (1973) *Morphology and genesis of crystals.* Moscow. 327 p. [in Russian].
- Metelkina M. P., Prokopchuk B. I., Sukhodol'skaya O. V., Frantesson E. V.* (1976) *Precambrian diamondiferous formations of the world.* Moscow. 134 p. [in Russian].
- Orlov Yu. L.* (1963) *Diamond morphology.* Moscow. 235 p. [in Russian].
- Orlov Yu. L.* (1973) *The mineralogy of diamond,* Isdatel'stvo Nauka, SSSR (translated from Russian by Welly, in 1977, New York). 223 p.
- Orlov Yu. L., Kaminsky F. V.* (1981) "Carbonado" with lonsdaleite is a new (XI) variety of diamond polycrystalline aggregates, in: *Dokl. AN SSSR,* V. 259, N 2. P. 459–461.



- Соболев Н. В., Кузнецова И. К. (1966) Минералогия алмазонасных эклогитов // Докл. АН СССР. Т. 167, № 6. С. 1365–1368.
- Соболев Н. В., Похиленко Н. П., Ефимова Э. С. (1984) Ксенолиты алмазонасных перидотитов в кимберлитах и проблема происхождения алмазов // Геология и геофизика. Т. 25, № 12. С. 63–80.
- Специус З. В., Серенко В. П. (1990) Состав континентальной верхней мантии и низов коры под Сибирской платформой. М.: Наука. 272 с.
- Хохряков А. Ф., Пальянов Ю. Н. (1990) Морфология кристаллов алмаза, растворенных в водосодержащих силикатных расплавах // Минер. журн. Т. 12, № 1. С. 14–23.
- Чепуров А. И., Пальянов Ю. Н., Хохряков А. Ф. (1983) Антискелетные кристаллы синтетического алмаза // Докл. АН СССР. Т. 270, № 1. С. 213–215.
- Чепуров А. И., Хохряков А. Ф., Сошин В. М., Пальянов Ю. Н., Соболев Н. В. (1985) О формах растворения кристаллов алмаза в силикатных расплавах при высоком давлении // Докл. АН СССР. Т. 285, № 1. С. 212–216.
- Чепуров А. И., Федоров И. И., Сошин В. М. (1997) Экспериментальное моделирование процессов алмазообразования. Новосибирск: Изд-во СО РАН, НИЦ ОИГГМ. 197 с.
- Pal'yanov Ju. N., Chepurov A. I., Khokhryakov A. F. (1985) Growth and morphology of antiskeletal synthetic diamond, in: Miner. Journ. V. 7, N 5. P. 50–61.
- Pal'yanov Ju. N., Khokhryakov A. F., Chepurov A. I. (1982) Cycle macles of synthetic diamond, in: Physicochemical studies of mineral-forming systems. Novosibirsk. P. 3–11. [in Russian].
- Pokhilenko N. P., Sobolev N. V., Sobolev V. S., Lavrent'ev Yu. G. (1976) Xenolith of diamondiferous ilmenite-pyrope lherzolite from the Udachnaya kimberlite pipe, in: Dokl. AN SSSR. V. 231, N 2. P. 438–441.
- Pokhilenko N. P., Sobolev N. V., Yefimova E. S. (1982) Xenolith of diamondiferous cataclized disthene eclogite from the Udachnaya kimberlite pipe (Yakutia), in: Dokl. AN SSSR. V. 226, N 1. P. 212–216.
- Ponomarenko A. I., Serenko V. P., Lazko E. E. (1973). The first finding of diamondiferous eclogites in the Udachnaya kimberlite pipe, in: Dokl. AN SSSR. V. 209, N 1. P. 188–189.
- Robinson D. N. (1979) Diamond and graphite in eclogite xenoliths from kimberlite, in: The mantle sample: inclusions in kimberlites and other volcanics: Proc. of 2nd Int. Kimberlite Conf., V. 2. Washington. P. 50–58.



- Шафрановский И. И.* (1948) Кристаллография округлых алмазов. Л.: Изд-во ЛГУ. 132 с.
- Юрк Ю. Ю., Каикаров И. Ф., Полканов Ю.А. и др.* (1973) Алмазы песчаных отложений Украины. Киев: Наук. думка. 167 с
- Bonney T. G.* (1899) The parent rock of the diamond of South Afrika // *Geol. Mag.* V. 6. P. 309–321.
- Fersman A. E., Goldschmidt V.* (1911) *Der Diamant.* Heidelberg. 274 s.
- Gurney J. J., Siebert C., Whitefield G. G.* (1969) A diamondiferous eclogite from the Robert Victor Mine // *Upper Mantle Project Geol. Soc. South Africa Spec. Publ.* 2. P. 351–357.
- Harris J. W.* (1992) *Diamond geology // Properties of natural and synthetic diamond / Ed. by Field J. E.* London: Academ. Press. P. 345–393.
- Harris J. W., Hawthorne J. B., Osterveld M.M., Wehmeyer E.* (1975) A classification scheme for diamond and a comparative study of South African diamond characteristics // *Physics and Chemistry of the Earth / Ed. by Ahrens L.H., Dawson J.B., Duncan A.R., Erlank A. J.* V. 9. P. 765–783.
- Robinson D. N.* (1979) Diamond and graphite in eclogite xenoliths from kimberlite // *The mantle sample: inclusions in kimberlites and other volcanics: Proc. of 2nd Int. Kimberlite Conf.* V. 2. Washington, P. 50–58.
- Rose G., Sadebeck A.* (1876–1877) Über die Kristallisation des Diamant-
- Rose G., Sadebeck A.* (1876–1877) Über die Kristallisation des Diamanten, in: *Abhandl. d. Königl. Akad. Wiss., Berlin*, 2 Abt. S. 85–148.
- Shafranovskii I. I.* (1948) *Crystallography of rounded diamonds.* Leningrad. 132 p. [in Russian].
- Sobolev N. V.* (1977) Deep-seated inclusion in kimberlites and the problem of the composition of the upper mantle: Washington D. C., American Geophysical Union, 279 p.
- Sobolev N. V., Kuznetsova I. K.* (1966) Mineralogy of diamondiferous eclogites, in: *Dokl. AN SSSR*, V. 167, N 6. P. 1365–1368.
- Sobolev V. S., Nai B. S., Sobolev N. V., Lavrent'ev Yu. G., Pospelova L.N.* (1969) Xenoliths of diamondiferous pyrope serpentinites from the "Aikhal" pipe, Yakutia, in: *Dokl. AN SSSR*. V. 188, N 5. P. 1141–1143.
- Sobolev N. V., Pokhilenko N. P., Yefimova E. C.*, (1984) Xenoliths of diamondiferous peridotites in kimberlites and the problem of origin of diamond, in: *Geologiya i Geofizika*, V. 25, N 12. P. 63–80.
- Sobolev N. V., Bakumenko I. T., Yefimova E. S., Pokhilenko N. P.* (1991) Specific features of microdiamond morphology, sodium impurity content in garnets and potassium impurity content in clino-



- en // Abhandl. d. König. Akad. Wiss. Berlin, 2 Abt. S. 85–148.
- Sobolev N. V.* (1977) Deep-seated inclusion in kimberlites and the problem of the composition of the upper mantle: Washington D. C., American Geophysical Union, 279 p.
- Sunagava I. ed.* (1984) Materials science of the Earth's interior. Tokyo. 653 p.
- Trueb L. F., Buttermann W. C.* (1969) Carbonado: a microstructural study // Amer. Min. V. 54, N 3–4.
- Williams A. F.* (1932) The genesis of the diamond. London. 636 p.
- pyroxenes of two eclogite xenoliths from the “Udachnaya” kimberlite pipe (Yakutia), in: Dokl. AN SSSR, V. 321, N 3. P. 585–592.
- Spetsius Z. V., Serenko V. P.* (1990) The composition of the continental upper mantle and low crust under the Siberian platform. Moscow. 272 p. [in Russian].
- Sunagava I. ed.* (1984) Materials science of the Earth's interior. Tokyo. 653 p.
- Trueb L. F., Buttermann W. C.* (1969) Carbonado: a microstructural study, in: Amer. Min. V. 54, N 3–4.
- Vishnevsky S. A., Afanasiev V. P., Argunov K. P., Pal'chik N. A.* (1997) Impact diamonds: their features, origin and significance. Novosibirsk. 54 p. [in Russian].
- Williams A. F.* (1932) The genesis of the diamond. London. 636 p.

ИЛЛЮСТРАЦИИ

ILLUSTRATIONS



ГАБИТУС КРИСТАЛЛОВ АЛМАЗА

HABIT OF DIAMOND CRYSTALS

Рис. 1. Плоскогранные октаэдры. Трубка Мир. × 16.

Fig. 1. Flat-faced octahedrons. Mir pipe. × 16.

Рис. 2. Октаэдр с притупленными ребрами. Трубка Удачная. × 30.

Fig. 2. Octahedron with blunt edges. Udachnaya pipe. × 30.





Рис. 3. Кристалл переходной формы со сноповидной штриховкой на ромбододекаэдрических поверхностях. Россыпь реки Молодо. $\times 40$.

Fig. 3. Crystal of transitional form with sheaf-like striation on the dodecahedral surfaces. Placer of the Molodo river. $\times 40$.

Рис. 4. Кристалл переходной формы с шестоватой скульптурой на ромбододекаэдрических поверхностях и полицентрическим строением граней $\{111\}$. Трубка Удачная. $\times 32$.

Fig. 4. Crystal of transitional form with columnar sculpture on the dodecahedral surfaces and polycentric structure of $\{111\}$ faces. Udachnaya pipe. $\times 32$.

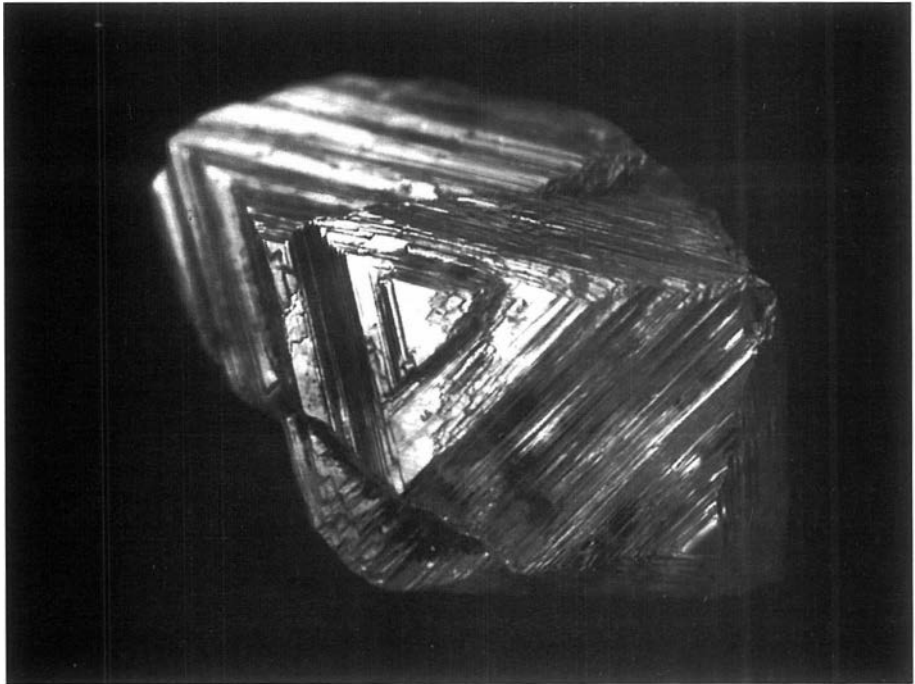
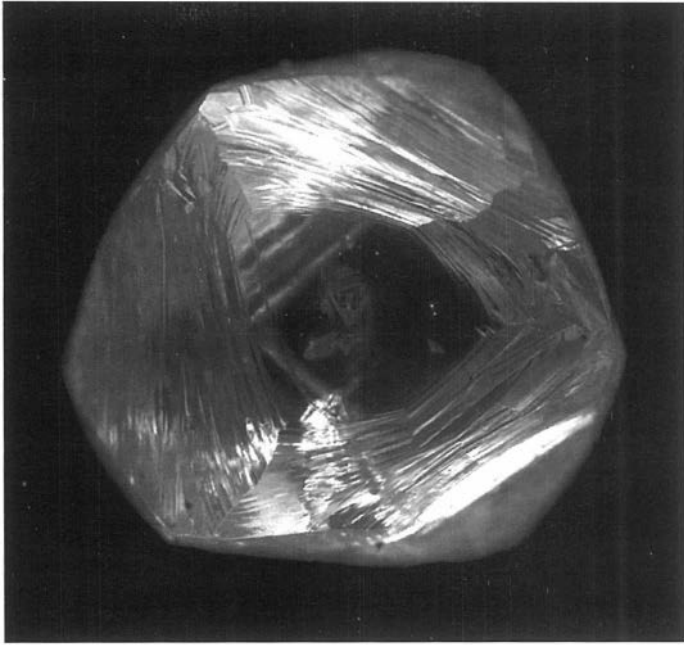




Рис. 5. Кристалл ромбододекаэдрического габитуса с занозистой штриховкой и реликтами октаэдрических граней. Трубка Мир. $\times 38$.

Fig. 5. Dodecahedral crystal with splintery striation and relics of octahedral faces. Mir pipe. $\times 38$.

Рис. 6. Груболамнарный кристалл переходной формы с полицентрическим строением граней. Трубка Мир. $\times 28$.

Fig. 6. Coarse-laminar crystal of transitional form with polycentric structure of faces. Mir pipe. $\times 28$.

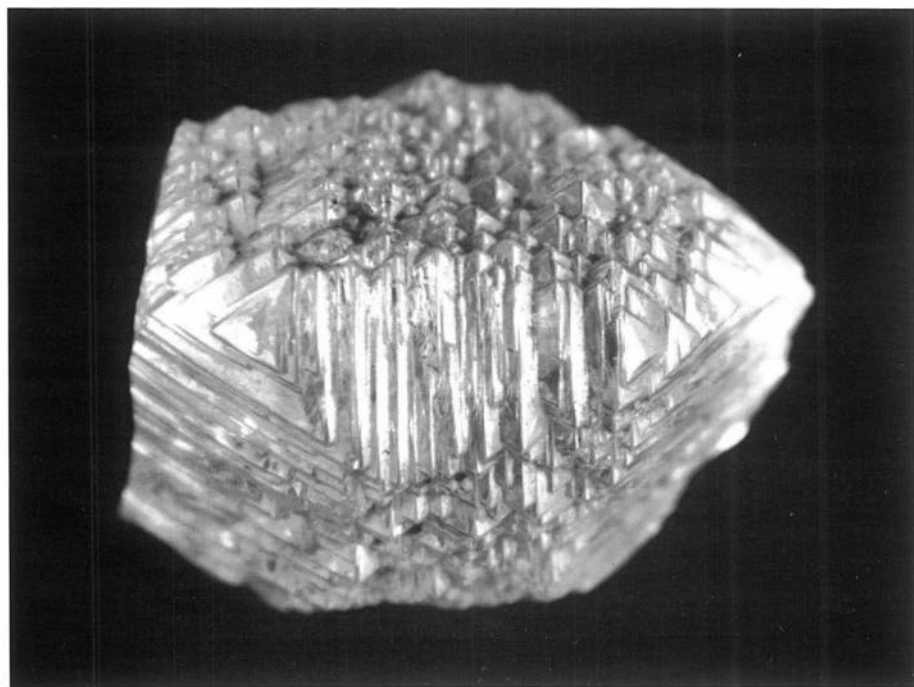




Рис. 7. Округло-ступенчатый ламинарный кристалл ромбододекаэдрического габитуса с квадратными впадинами на месте выхода осей L4. Россыпь реки Молодо. $\times 21$.

Fig. 7. Rounded-stepped laminar crystal of the dodecahedral habit with square pits at the emergence of four-fold axes. Placer of the Molodo river. $\times 21$.

Рис. 8. То же, со стороны L4. $\times 20$.

Fig. 8. The same, four-fold axis side. $\times 20$.

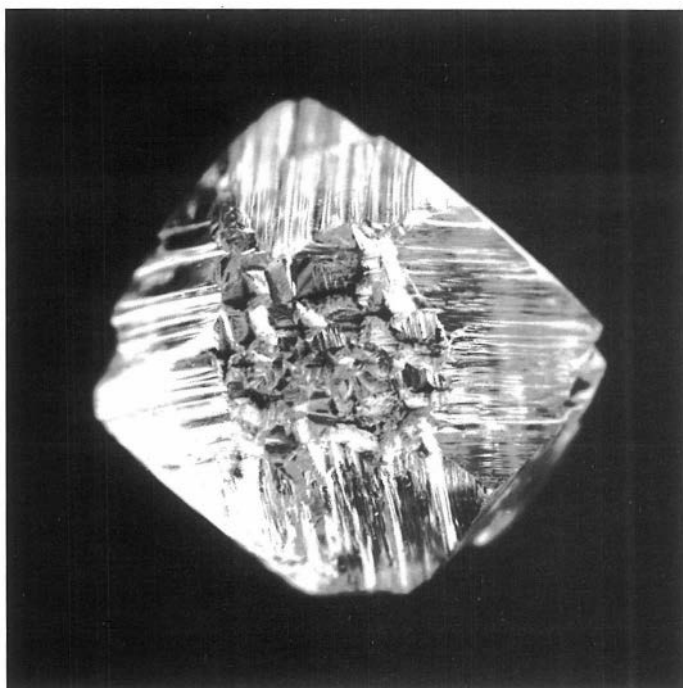
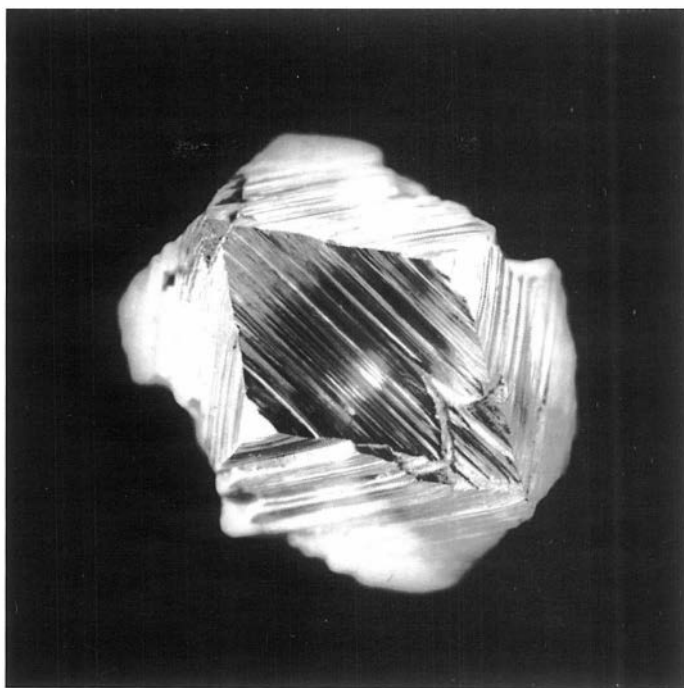




Рис. 9. Скрытоламинарные кристаллы ромбододекаэдрического габитуса. Трубка Мир. $\times 80$.

Fig. 9. Cryptolaminar crystals of dodecahedral habit. Mir pipe. $\times 80$.

Рис. 10. Сильно искаженный кристалл ромбододекаэдрического габитуса («собачий зуб») с шагренью и полосами пластической деформации. Россыпь реки Эбелях. $\times 21$.

Fig. 10. Drastically distorted crystal of dodecahedral habit («dog tooth») with shagreen and lines of plastic deformation. Placer of the Ebelyakh river. $\times 21$.

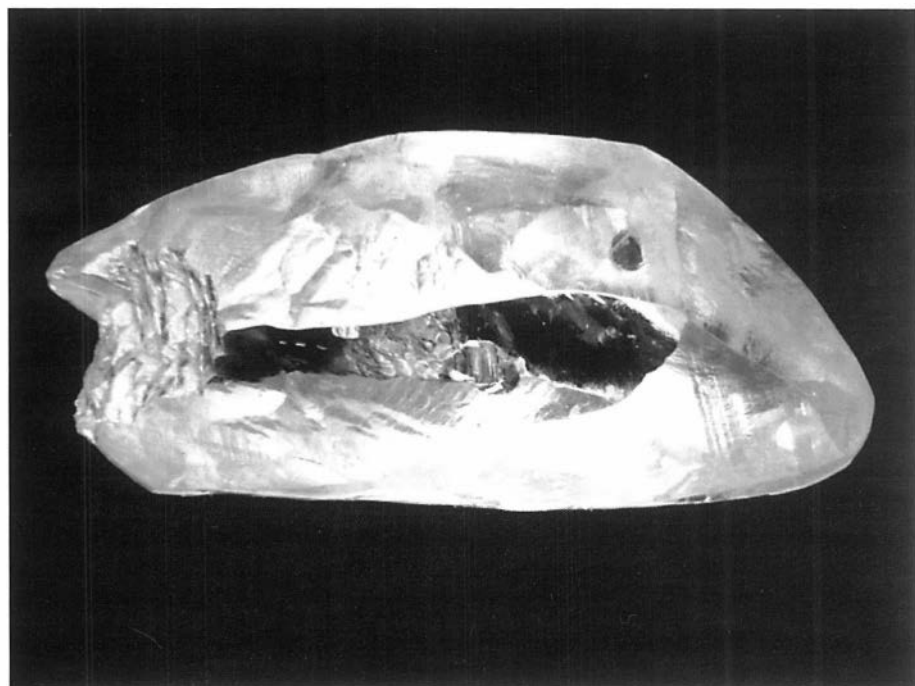
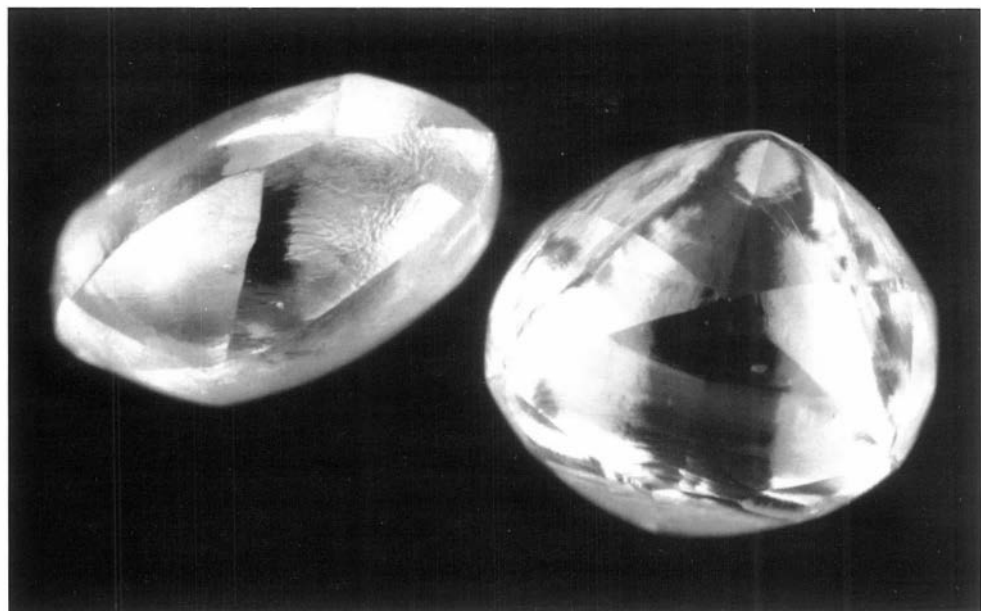




Рис. 11. Октаэдроид с узором трещин на поверхности (см. «Признаки древности»). Россыпь реки Молодо. $\times 28$.

Fig. 11. Octahedroid with pattern of cracks on the surface (see «Antiquity features»). Placer of the Molodo river. $\times 28$.

Рис. 12. Тетрагексаэдроид. Россыпь реки Эбелях. $\times 33$.

Fig. 12. Tetrahexahedroid. Placer of the Ebelyakh river. $\times 33$.

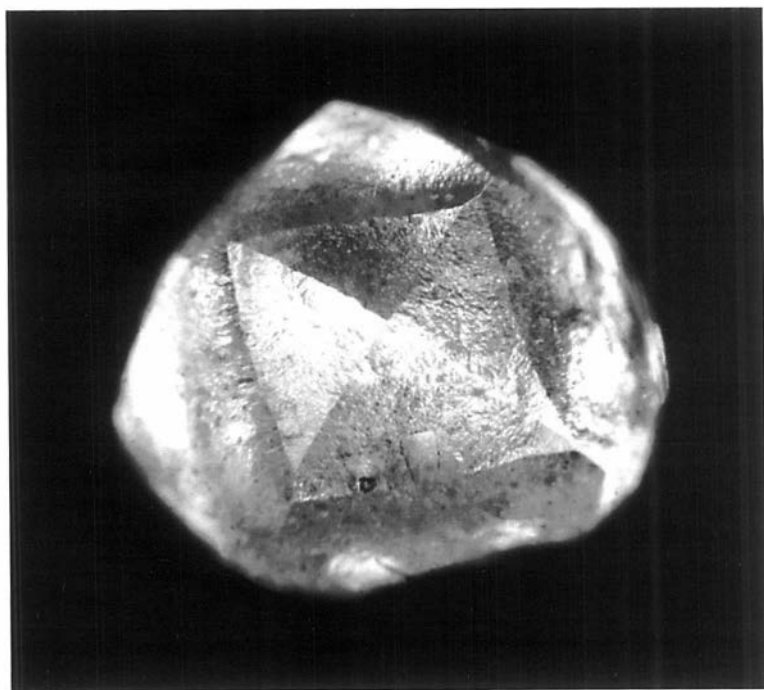




Рис. 13. Тетрагексаэдронд. Трубка Мир. $\times 42$.

Fig. 13. Tetrahexahedroid. Mir pipe. $\times 42$.

Рис. 14. Кубонд. Трубка Комсомольская. $\times 40$.

Fig. 14. Cuboid. Komsomol'skaya pipe. $\times 40$.

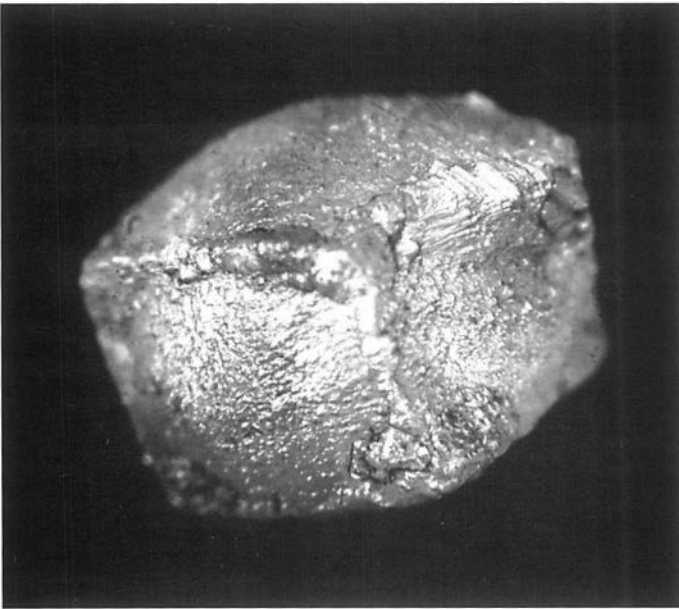




Рис. 15. То же. $\times 20$.

Fig. 15. The same. $\times 20$.

Рис. 16. То же. $\times 160$.

Fig. 16. The same. $\times 160$.

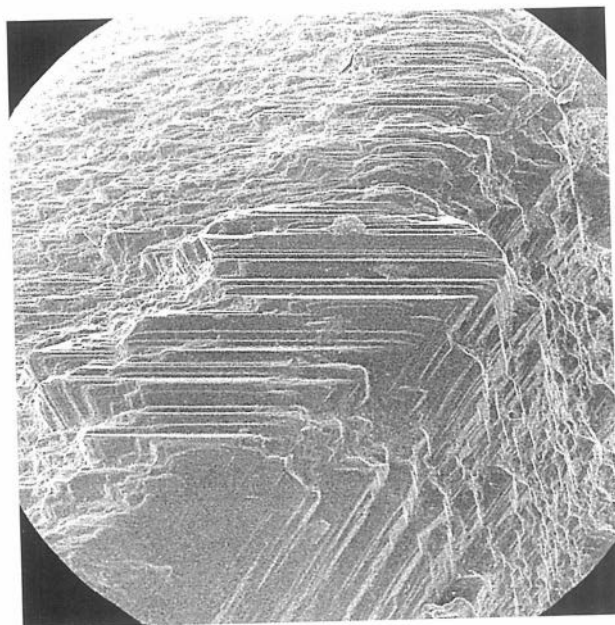
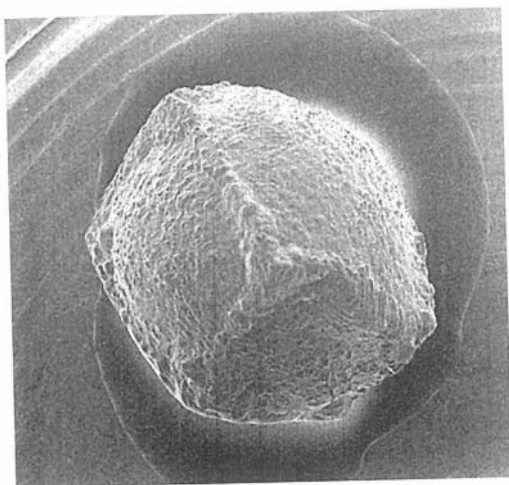




Рис. 17. Кубоид. Трубка Мир. $\times 32$.

Fig. 17. Cuboid. Mir pipe. $\times 32$.

Рис. 18. Кубоид с единичными крупными центральными впадинами.
Россыпь реки Эбелях. $\times 28$.

Fig. 18. Cuboid with single central pits. Placer of the Ebelyakh river. $\times 28$.

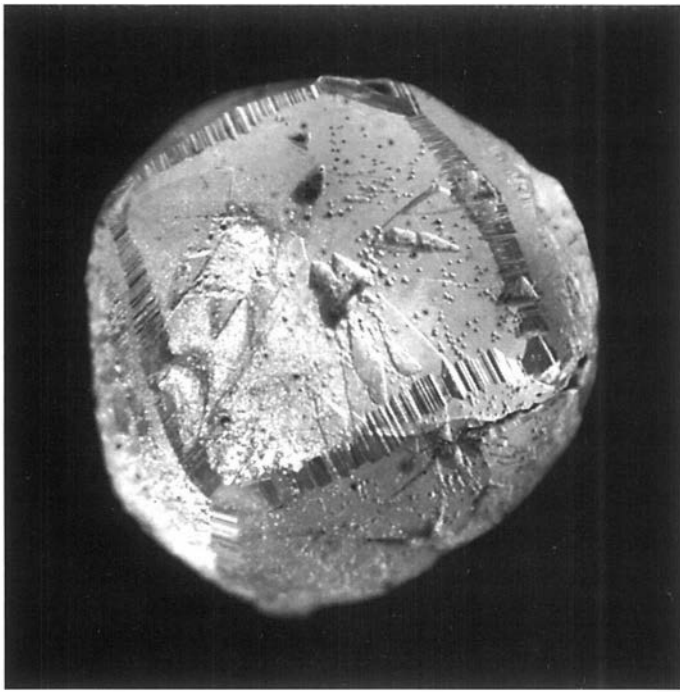




Рис. 19. Кубоид с поверхностями ромбододекаэдроида на месте ребер. Трубка Удачная. × 46.

Fig. 19. Cuboid with dodecahedral surfaces at the edges. Udachnaya pipe. × 46.

Рис. 20. Серый кубоид с ребрами, притупленными поверхностями ромбододекаэдроида с блоковым рельефом и шагренью. Россыпь реки Молодо. × 29.

Fig. 20. Gray cuboid with edges blunted by dodecahedral surface on which block relief and shagreen are developed. Placer of the Molodo river. × 29.

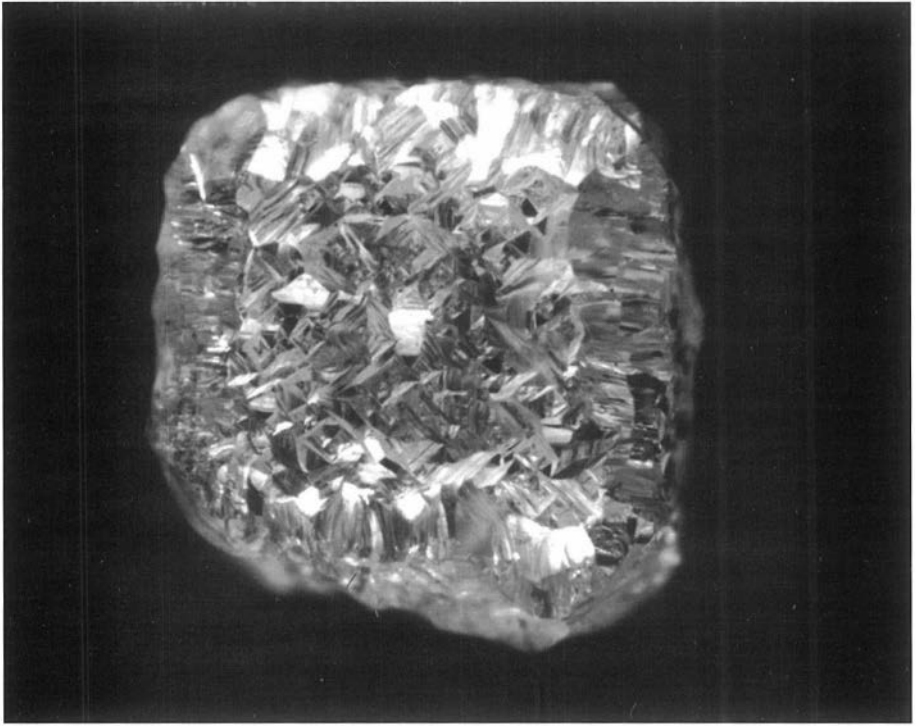




Рис. 21. Кристалл комбинационной формы «кубоид + октаэдр». Участок Верхний, россыпь реки Эбелях. $\times 30$.

Fig. 21. Crystal of combinative form «cuboid + octahedron». Verkhni district, placer of the Ebelyakh river. $\times 30$.

Рис. 22. Кристалл комбинационной формы с вогнутыми поверхностями кубоида и ромбододекаэдроида и плоскими гранями октаэдра. Трубка Мир. $\times 33$.

Fig. 22. Crystal of combinative habit with cuboid and dodecahedroid concave surfaces and with flat octahedral faces. Mir pipe. $\times 33$.

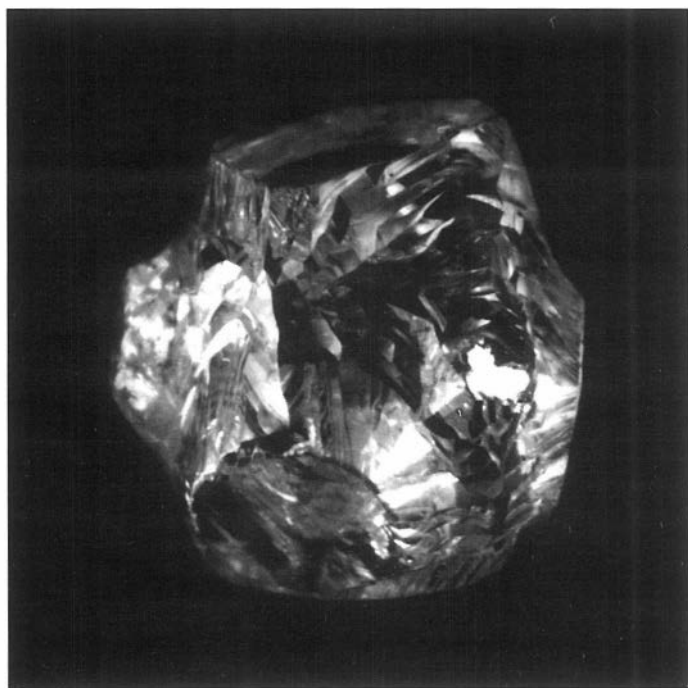
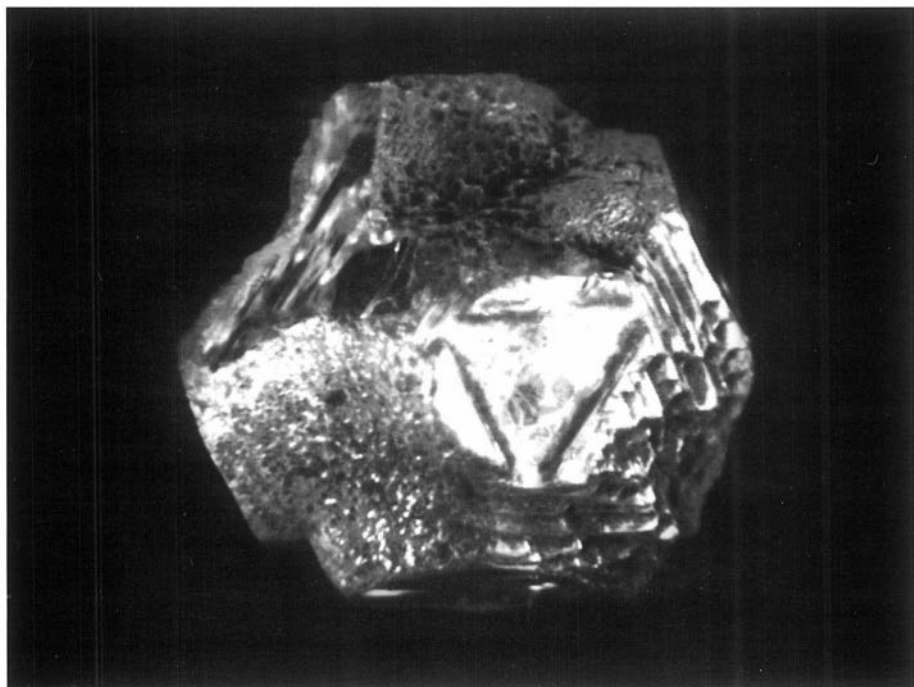




Рис. 23. Кристалл комбинационной формы с плоскими гранями октаэдра, желобами на месте его ребер и выпуклыми поверхностями кубоида. Трубка Мир. $\times 34$.

Fig. 23. Crystal of combinative habit with flat octahedron faces, with convex cuboid surfaces, and with grooves on edges. Mir pipe. $\times 34$.

Рис. 24. Кристалл комбинационной формы с глубокими вогнутыми поверхностями на месте $\{110\}$ и $\{100\}$, на месте октаэдра – конические выступы с реликтами плоских граней $\{111\}$. Россыпь реки Ирелях. $\times 28$.

Fig. 24. Crystal of combinative habit with deep concave surfaces et $\{110\}$ and $\{100\}$, and with conic projections having relics of flat $\{111\}$ faces. Placer of the Irelyakh river. $\times 28$.

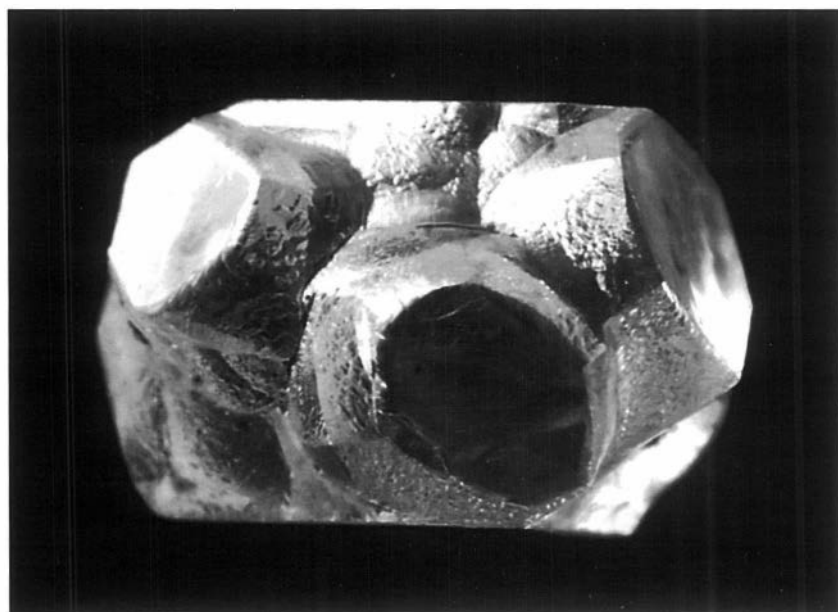
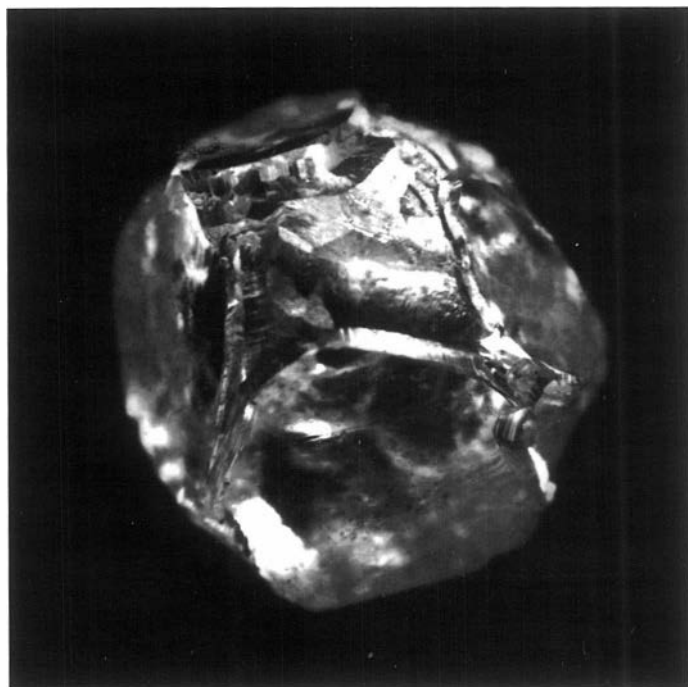




Рис. 25. Желтый кристалл комбинационной формы «кубоид-октаэдр-ромбододекаэдр». Трубка Сытыканская. × 46.

Fig. 25. Yellow crystal of combinative form «cuboid-octahedron-dodecahedroid». Sytykanskaya pipe. × 46.

Рис. 26. Желто-зеленый кристалл комбинационной формы «кубоид-октаэдр-ромбододекаэдр». Россыпь реки Молодо. × 24.

Fig. 26. Yellow-green crystal of combinative form «cuboid-octahedron-dodecahedroid». Placer of the Molodo river. × 24.

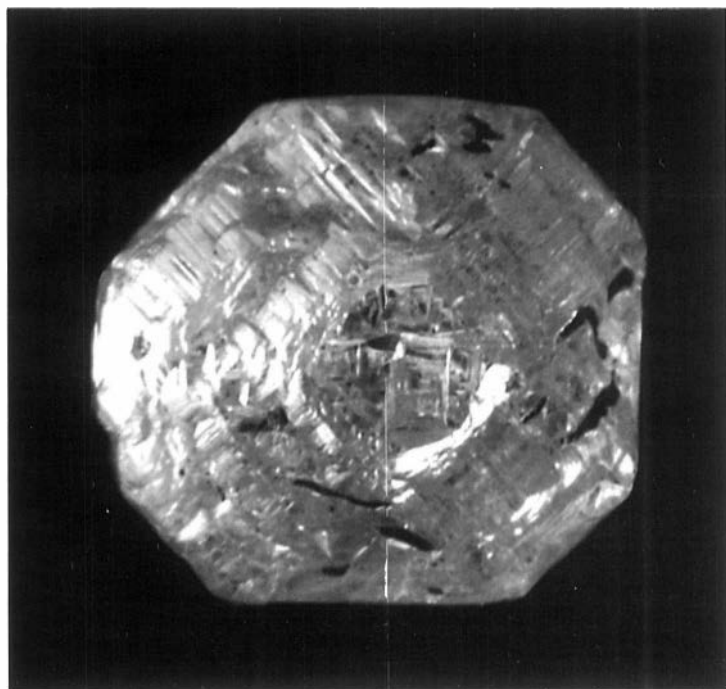
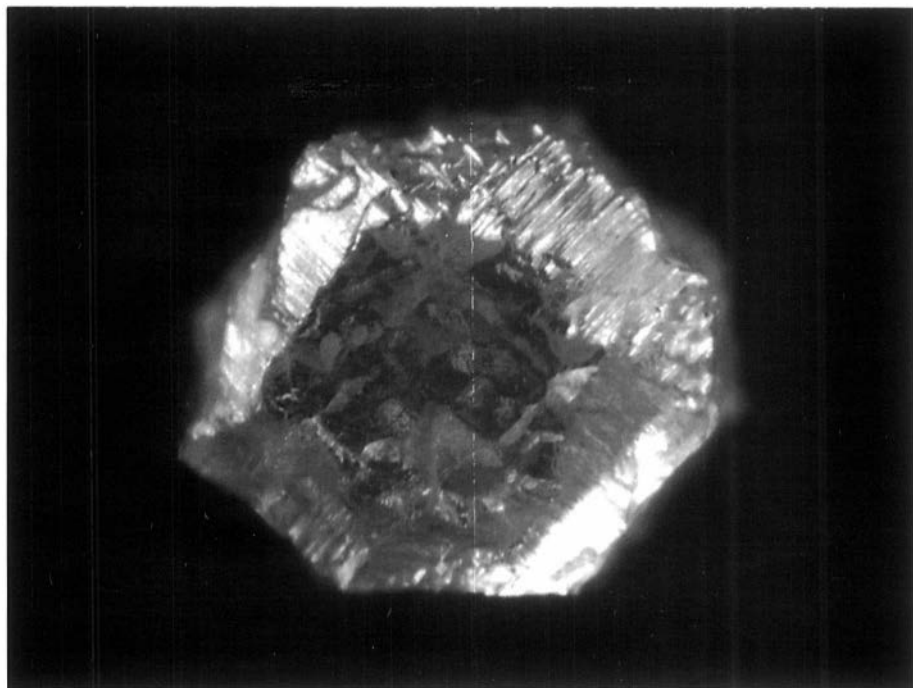




Рис. 27. «Двуликий Янус»: с одной стороны октаэдр с треугольными и гексагональными впадинами на $\{111\}$ и занозистой штриховкой на ребрах, с другой – октаэдроид с занозистой и черепитчатой скульптурой. Трубка Мир. $\times 54$.

Fig. 27. «Two-faced Janus»: one side – octahedron with triangular and hexagonal pits on $\{111\}$ and with splintery striated edges, the other side – octahedroid with splintery and tiled sculpture. Mir pipe. $\times 54$.

Рис. 28. То же, с другой стороны. $\times 54$.

Fig. 28. The same, another side. $\times 54$.

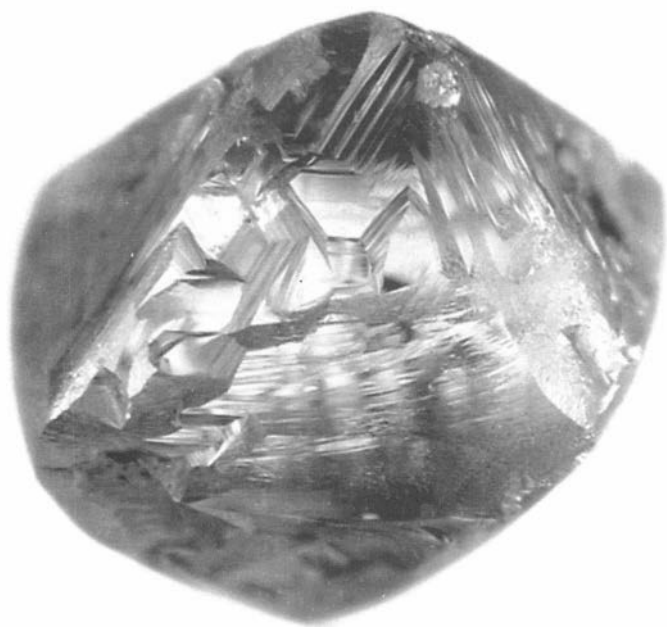




Рис. 29. «Двуликий Янус». Трубка Юбилейная. × 25.

Fig. 29. «Two-faced Janus». Yubileinaya pipe. × 25.

Рис. 30. То же, с другой стороны. × 25.

Fig. 30. The same, another side. × 25.





Рис. 31. «Двуликий Янус» лилово-коричневого цвета: с одной стороны – корродированный октаэдр, с другой – ромбододекаэдрод. Россыпь реки Куойка. × 24.

Fig. 31. Lilac-brown «Two-faced Janus»: one side – corroded octahedron, the other side – dodecahedroid. Placer of the Kuoika river. × 24.

Рис. 32. «Двуликий Янус». Россыпь реки Эбелях. × 32.

Fig. 32. «Two-faced Janus». Placer of the Ebelyakh river. × 32.

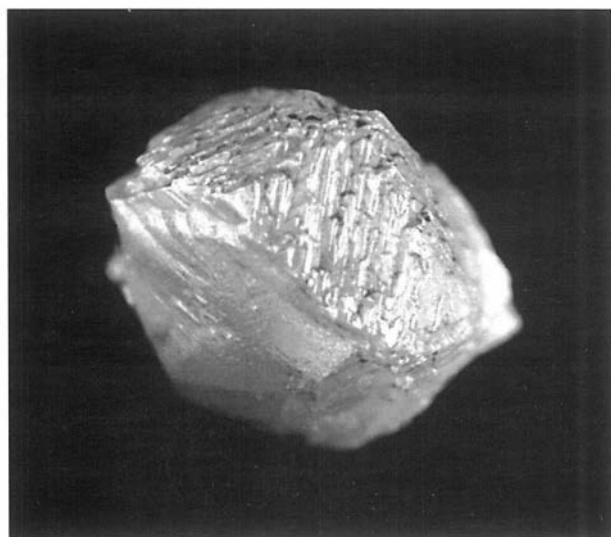
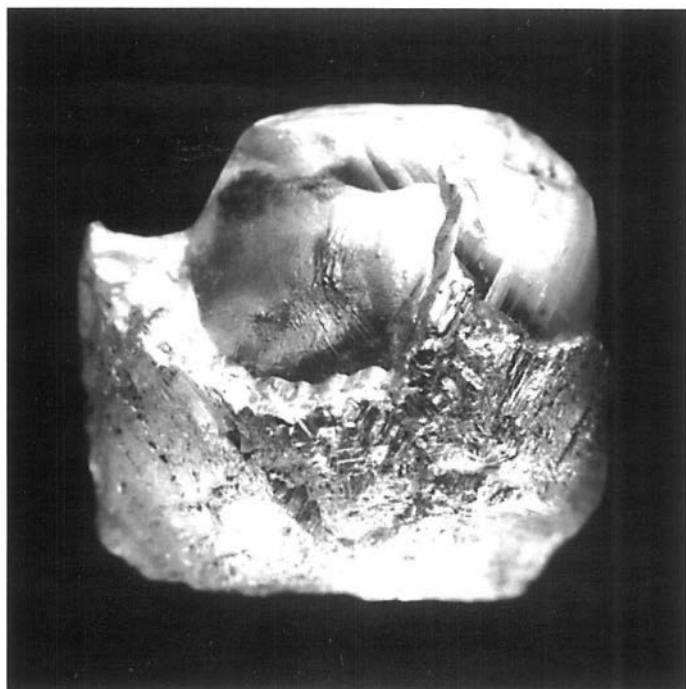


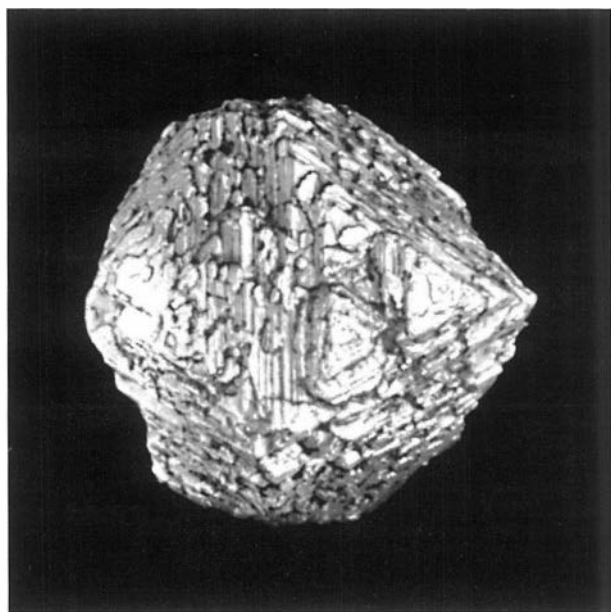


Рис. 33. То же, со стороны ромбододекаэдрида. $\times 42$.

Fig. 33. The same, dodecahedral side. $\times 42$.

Рис. 34. То же, со стороны октаэдра; октаэдрические грани имеют полицентрическое строение и покрыты кавернами. $\times 33$.

Fig. 34. The same, the octahedral side; polycentric structure and caverns on the octahedral faces. $\times 33$.





ГРАННАЯ МОРФОЛОГИЯ АЛМАЗОВ

SURFACE MORPHOLOGY

Рис. 35. Плоскогранный остросеберный кристалл октаэдрического габитуса с вростком алмаза. Трубка Удачная. $\times 22$.

Fig. 35. Flat-faced sharp-edged octahedron with an ingrowth of diamond. Udachnaya pipe. $\times 22$.

Рис. 36. Кристалл октаэдрического габитуса с тригональными слоями. Трубка Удачная. $\times 23$.

Fig. 36. Crystal of the octahedral habit with trigonal layers. Udachnaya pipe. $\times 23$

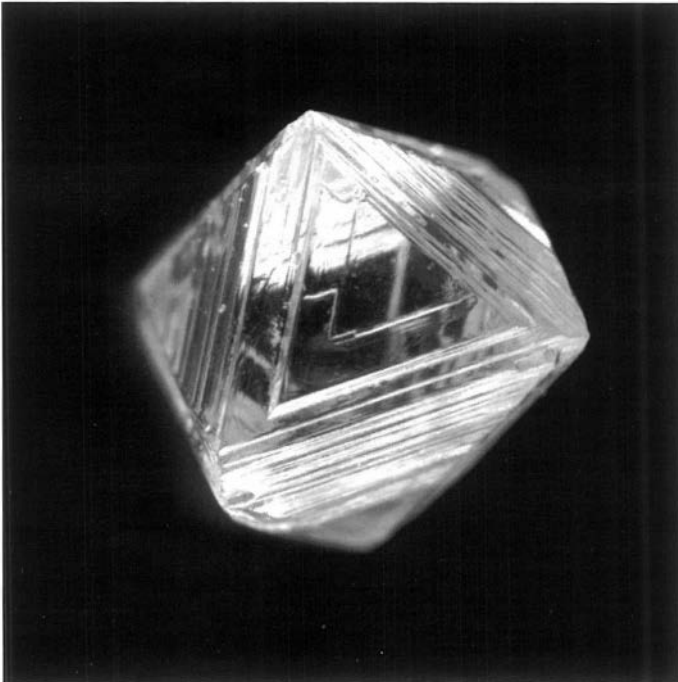




Рис. 37. Октаэдр с параллельной штриховкой на ребрах. Трубка Удачная. $\times 25$.

Fig. 37. Octahedron with parallel striation on edges. Udachnaya pipe. $\times 25$.

Рис. 38. Кристалл переходной формы с признаками полицентрического строения граней. Трубка Мир. $\times 25$.

Fig. 38. Crystal of transitional form with signs of polycentric structure of faces. Mir pipe. $\times 25$.

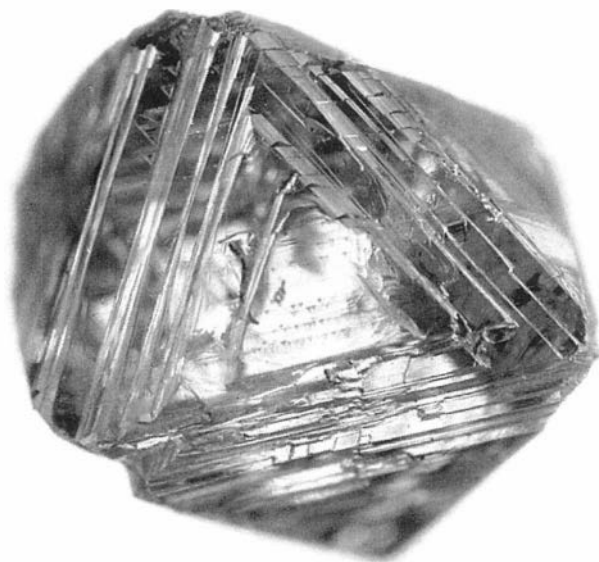
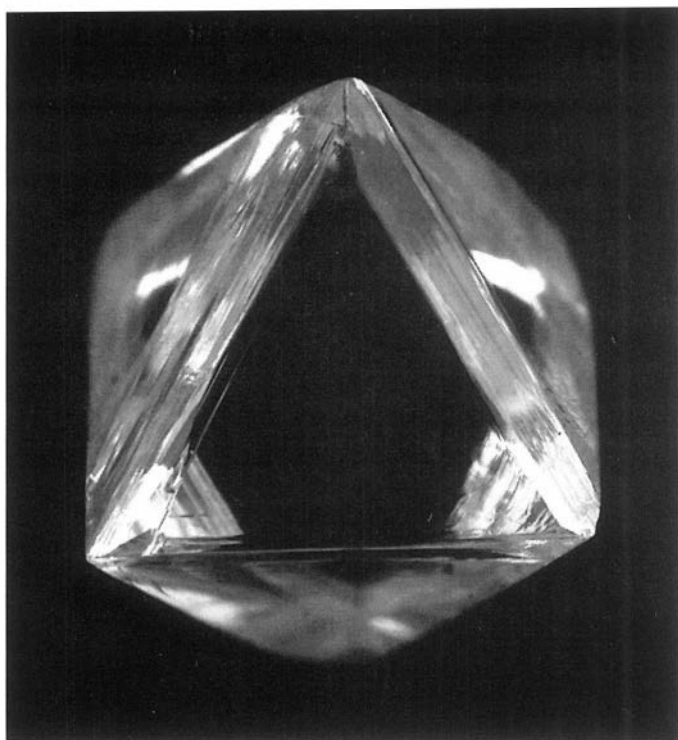




Рис. 39. Кристалл октаэдрического габитуса со сноповидной штриховкой на ребрах. Трубка Мир. $\times 40$.

Fig. 39. Crystal of octahedral habit with sheaf-like striated edges. Mir pipe. $\times 40$.

Рис. 40. То же. $\times 35$.

Fig. 40. The same. $\times 35$.

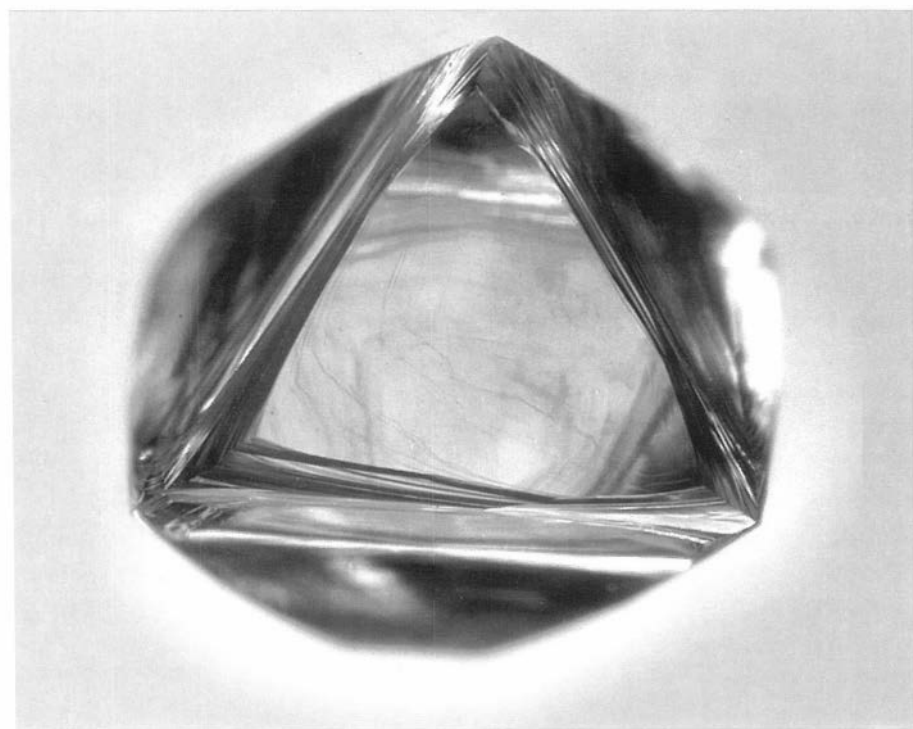
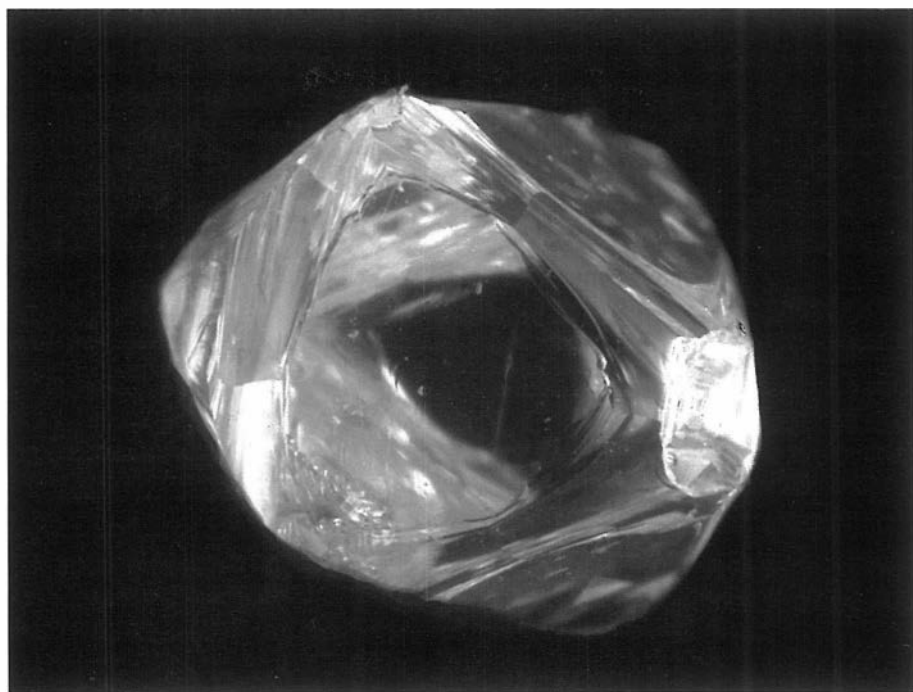




Рис. 41. Кристалл октаэдрического габитуса со сноповидной штриховкой и леденцовой поверхностью. Россыпь реки Молодо. $\times 32$.

Fig. 41. Crystal of octahedral habit with sheaf-like striation and «icicle» surface. Placer of the Molodo river. $\times 32$.

Рис. 42. То же, детали поверхности. $\times 100$.

Fig. 42. The same, details of surface. $\times 100$.

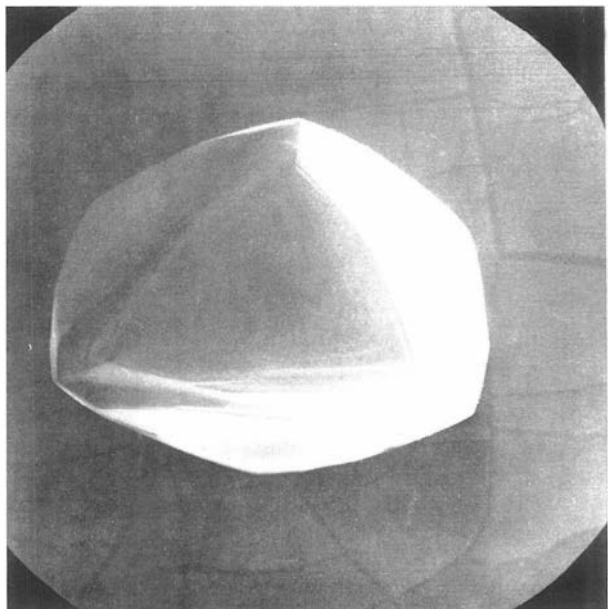




Рис. 43. Кристалл октаэдрического габитуса со сноповидной штриховкой на ребрах. Трубка Удачная. $\times 40$.

Fig. 43. Crystal of octahedral habit with sheaf-like striation on edges. Udachnaya pipe. $\times 40$.

Рис. 44. Кристалл переходной формы со сноповидной штриховкой на поверхностях ромбододекаэдра. Трубка Удачная. $\times 37$.

Fig. 44. Crystal of transitional form with sheaf-like striation on dodecahedral surface. Udachnaya pipe. $\times 37$.

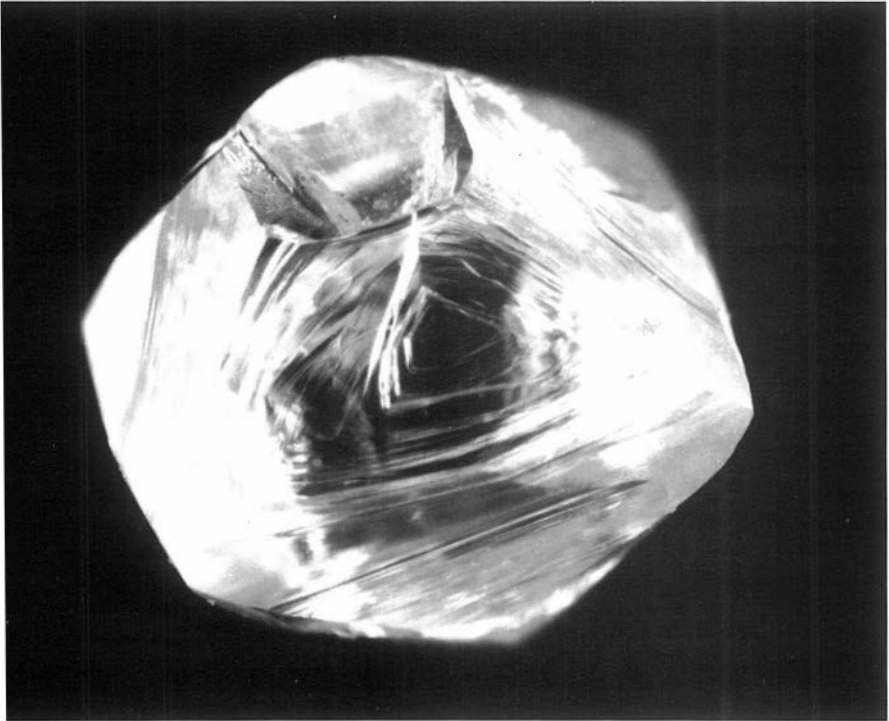




Рис. 45. Сноповидная штриховка и блоковая скульптура на поверхностях ромбододекаэдроида. Трубка Удачная. $\times 35$.

Fig. 45. Sheaf-like striation and block sculptures on the dodecahedroid surfaces. Udachnaya pipe. $\times 35$.

Рис. 46. Ромбододекаэдроид с тонкой сноповидной штриховкой. Россыпь реки Куойка. $\times 45$.

Fig. 46. Dodecahedroid with thin sheaf-like striation. Placer of the Kuoika river. $\times 45$.

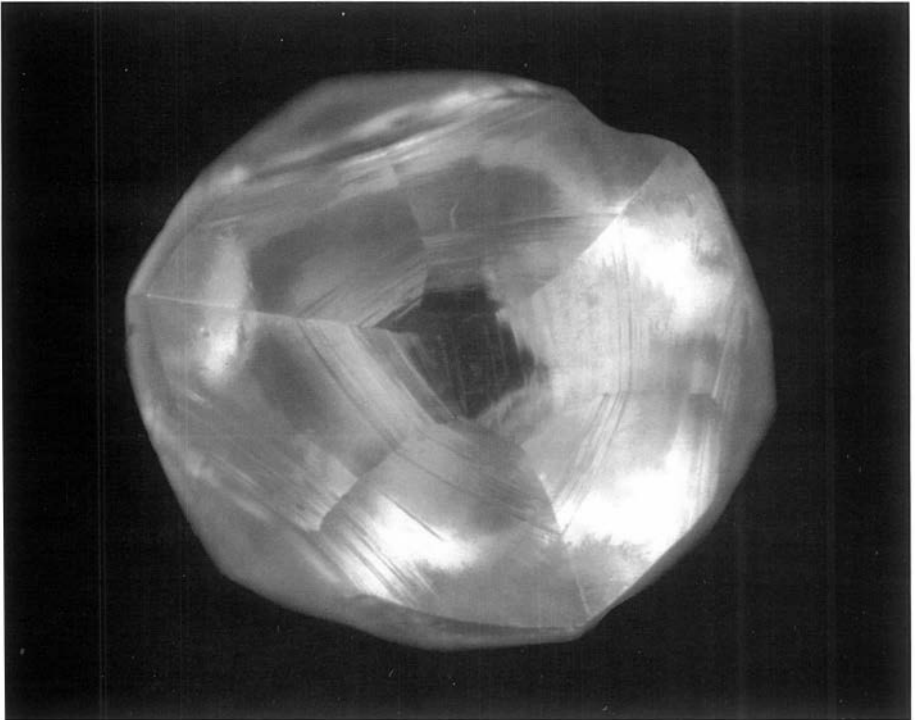




Рис. 47. Лилово-коричневый ромбододекаэдронд со сноповидной штриховкой. Россыпь реки Эбелях. $\times 24$.

Fig. 47. Lilac-brown dodecahedroid with sheaf-like striation. Placer of the Ebelyakh river. $\times 24$.

Рис. 48. Кристалл октаэдрического габитуса с занозистой штриховкой на ребрах. Трубка Удачная. $\times 26$.

Fig. 48. Crystal of octahedral habit with splintery striation on edges. Udachnaya pipe. $\times 26$.

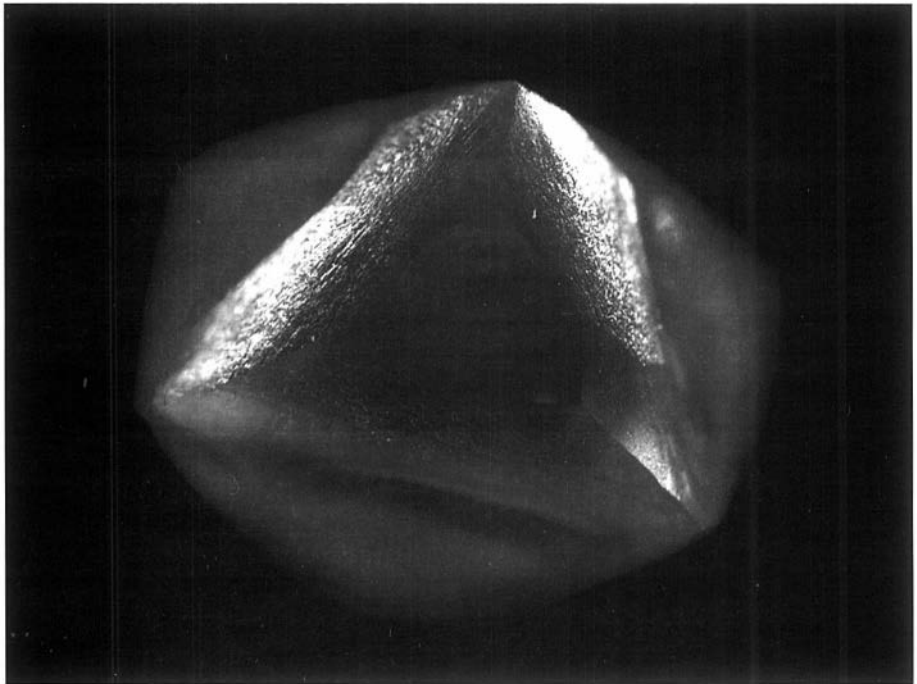




Рис. 49. То же, с противоположной стороны. $\times 26$.

Fig. 49. The same, opposite side. $\times 26$.

Рис. 50. То же, занозистая штриховка. $\times 100$.

Fig. 50. The same, splintery striation. $\times 100$.

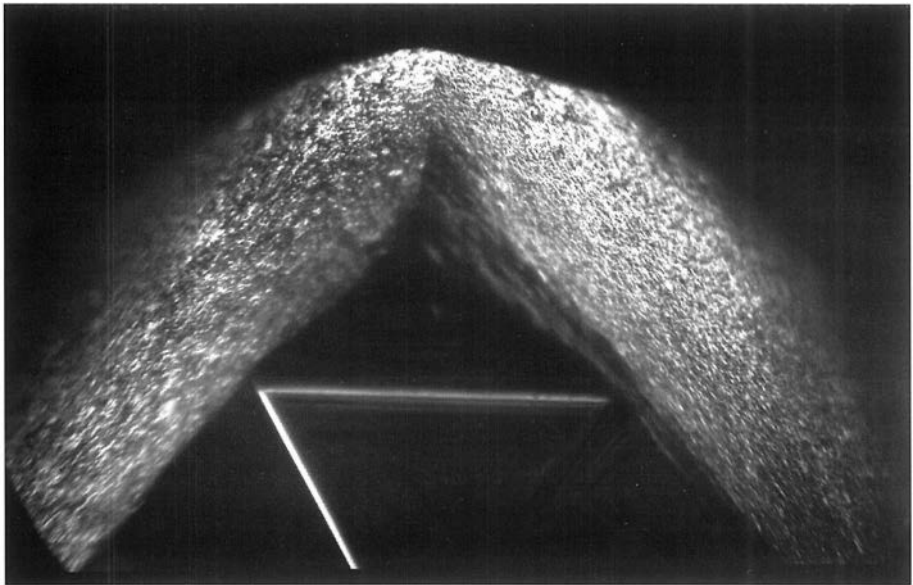
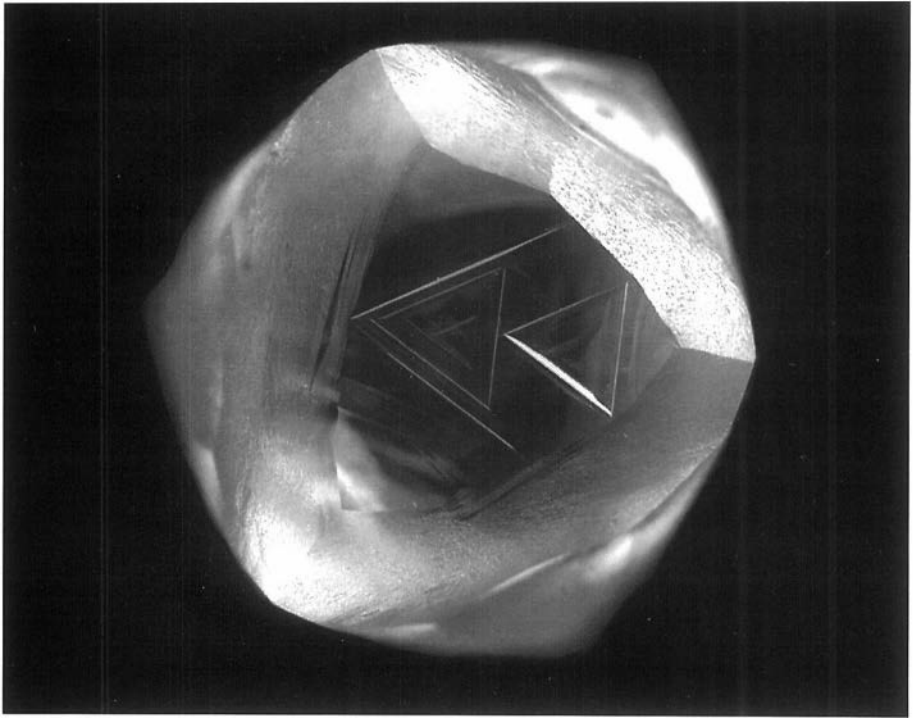




Рис. 51. Кристалл октаэдрического габитуса с занозистой штриховкой на ребрах. Трубка Удачная. $\times 32$.

Fig. 51. Crystal of octahedral habit with splintery striation on edges. Udachnaya pipe. $\times 32$.

Рис. 52. Кристалл октаэдрического габитуса со сноповидной штриховкой, местами переходящей в занозистую. Трубка Ломоносовская (Архангельская алмазоносная провинция). $\times 55$.

Fig. 52. Crystal of the octahedral habit with sheaf-like striation, locally changing into splintery striation. Lomonosov pipe (Arkhangel'sk diamondiferous province). $\times 55$.

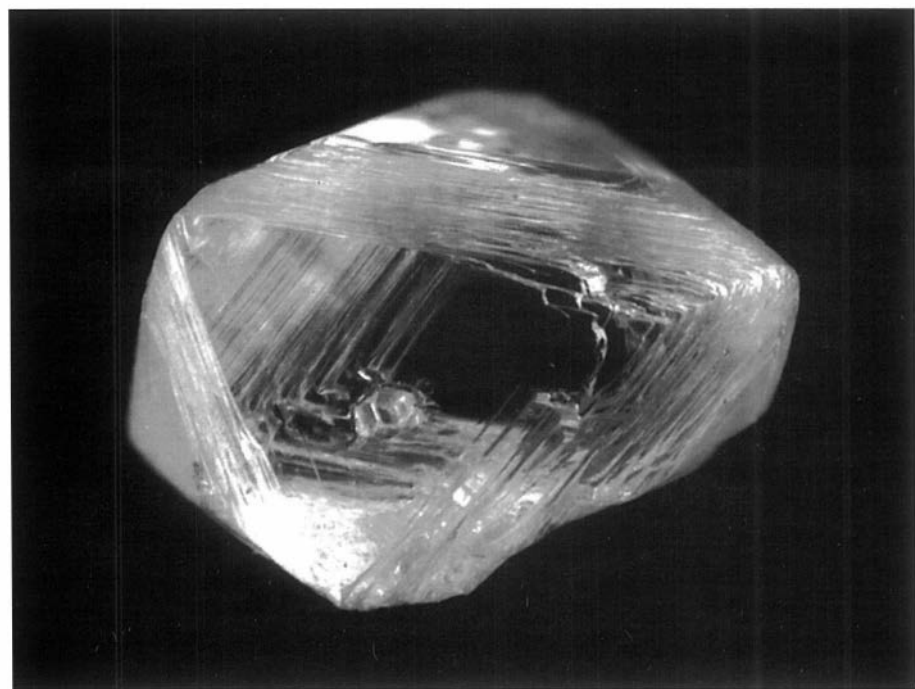
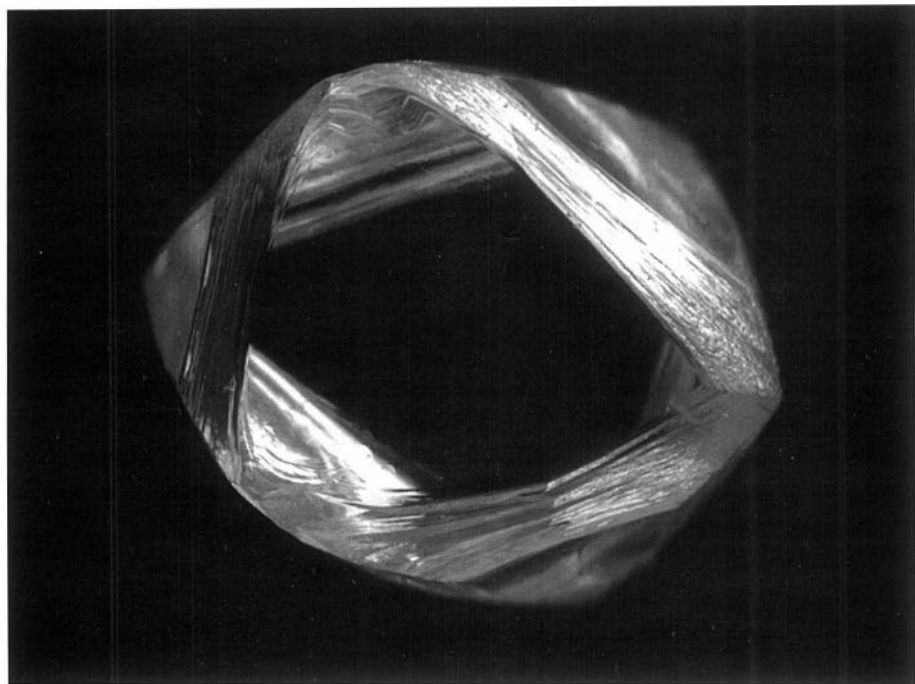




Рис. 53. Кристалл переходной формы с занозистой штриховкой.
Трубка Удачная. $\times 31$.

Fig. 53. Crystal of transitional form with splintery striation.
Udachnaya pipe. $\times 31$.

Рис. 54. Ромбододекаэдр с занозистой штриховкой, переходящей в шестоватую скульптуру. Трубка Ломоносовская (Архангельская алмазоносная провинция). $\times 40$.

Fig. 54. Dodecahedroid with splintery striation changing into columnar sculpture. Lomonosov pipe (Arkhangel'sk diamondiferous province). $\times 40$.

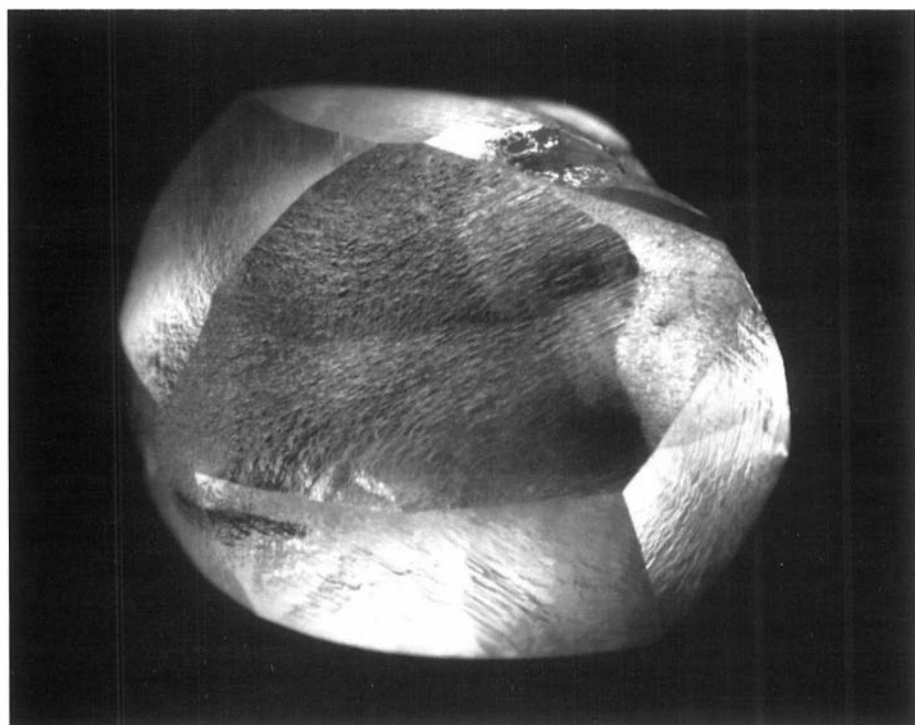
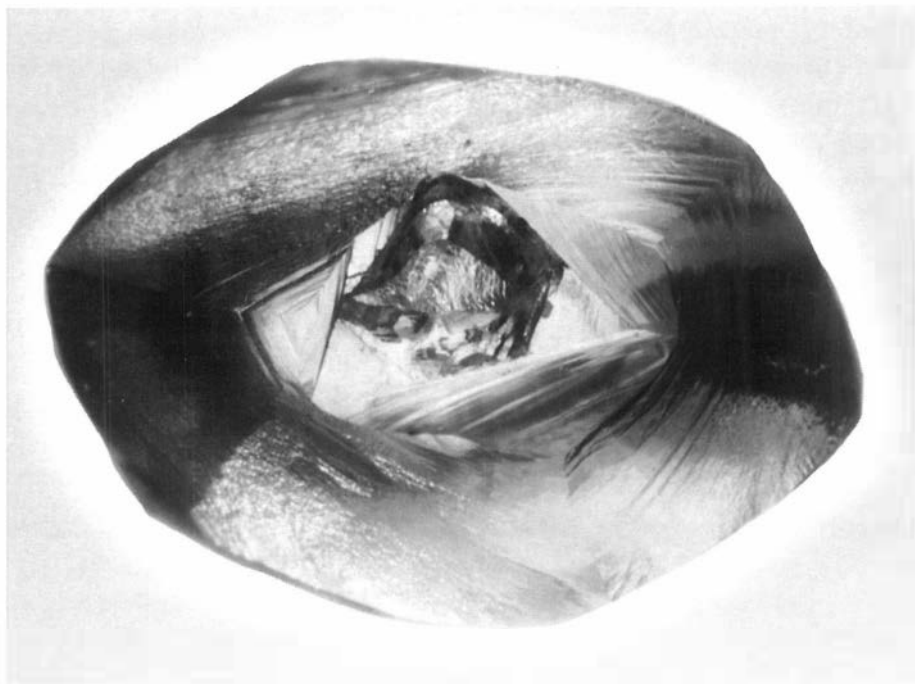




Рис. 55. Ромбододекаэдроид с занозистой штриховкой. Трубка Ломоносовская (Архангельская алмазоносная провинция). $\times 40$.

Fig. 55. Dodecahedroid with splintery striation. Lomonosov pipe (Arkhangel'sk diamondiferous province). $\times 40$.

Рис. 56. Кристалл октаэдрического габитуса с округлоступенчатым рельефом на ребрах и сильной матировкой поверхности. Россыпь реки Молодо. $\times 34$.

Fig. 56. Crystal of the octahedral habit with rounded-stepped relief on the edges and with drastically frosted surface. Placer of the Molodo river. $\times 34$.

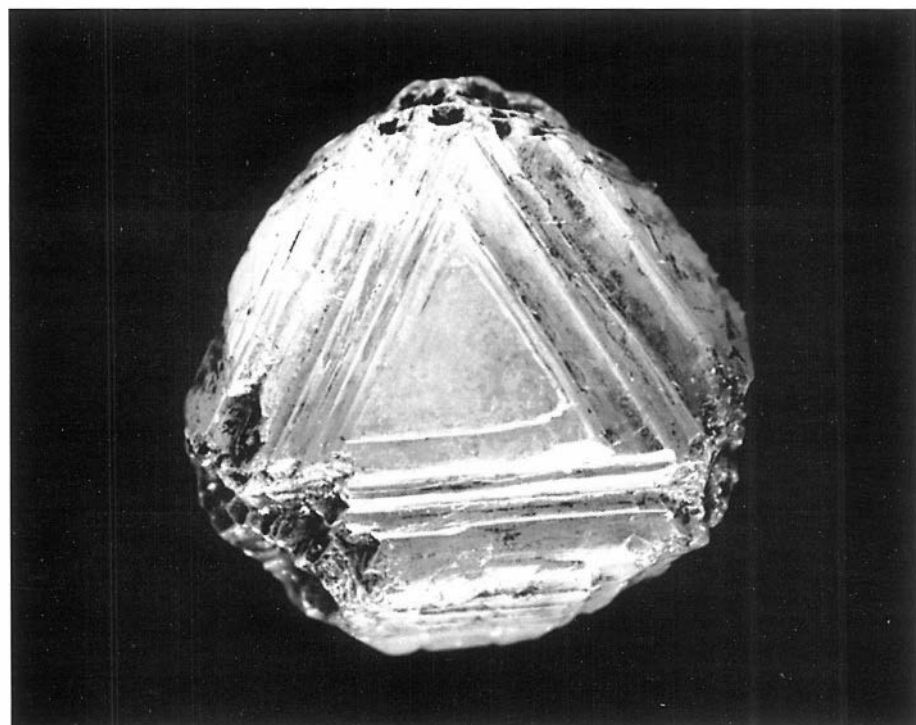
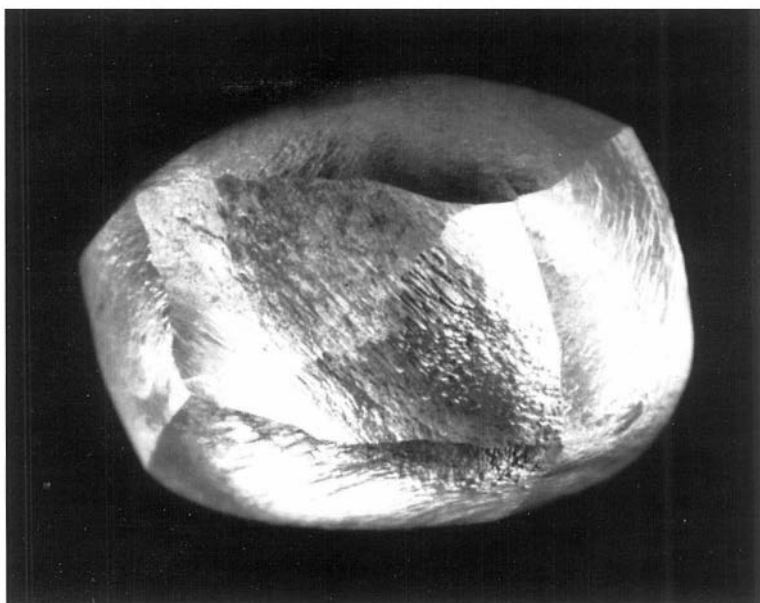




Рис. 57. Ламинарный ромбододекаэдроид с округлоступенчатым строением поверхностей. Трубка Мир. $\times 33$.

Fig. 57. Laminar dodecahedroid with rounded-stepped relief on the surfaces. Mir pipe. $\times 33$.

Рис. 58. Кристалл октаэдрического габитуса с блоковой скульптурой на поверхностях, притупляющих ребра. Трубка Удачная. $\times 30$.

Fig. 58. Crystal of octahedral habit with block sculpture on blunted edges. $\times 30$.

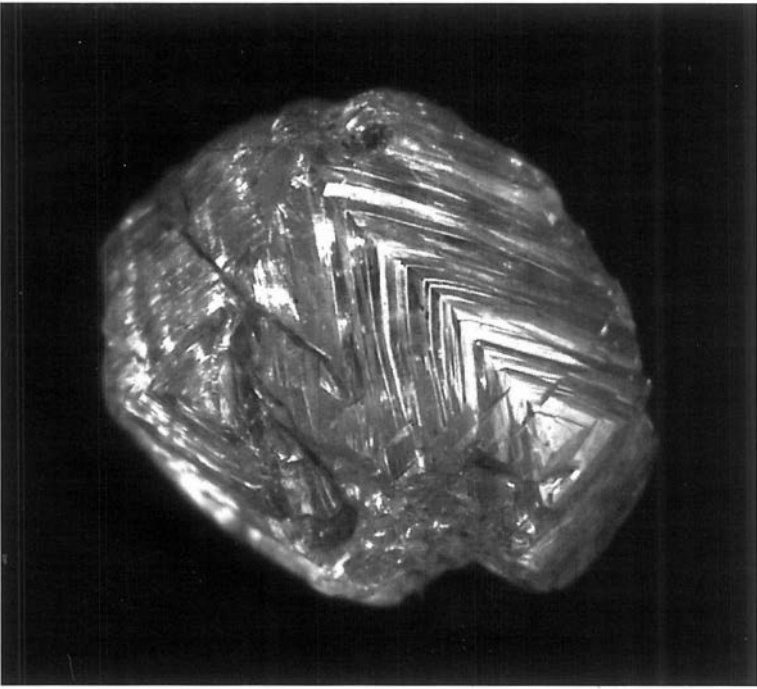




Рис. 59. Кристалл переходной формы с блоковым рельефом. Трубка Мир. $\times 28$.

Fig. 59. Crystal of transitional form with block relief. Mir pipe. $\times 28$.

Рис. 60. Ромбододекаэдрон со слабо выраженным блоковым строением поверхностей. Трубка Сытыканская. $\times 49$.

Fig. 60. Dodecahedroid with indistinct block structure of surfaces. Sytykanskaya pipe. $\times 49$.

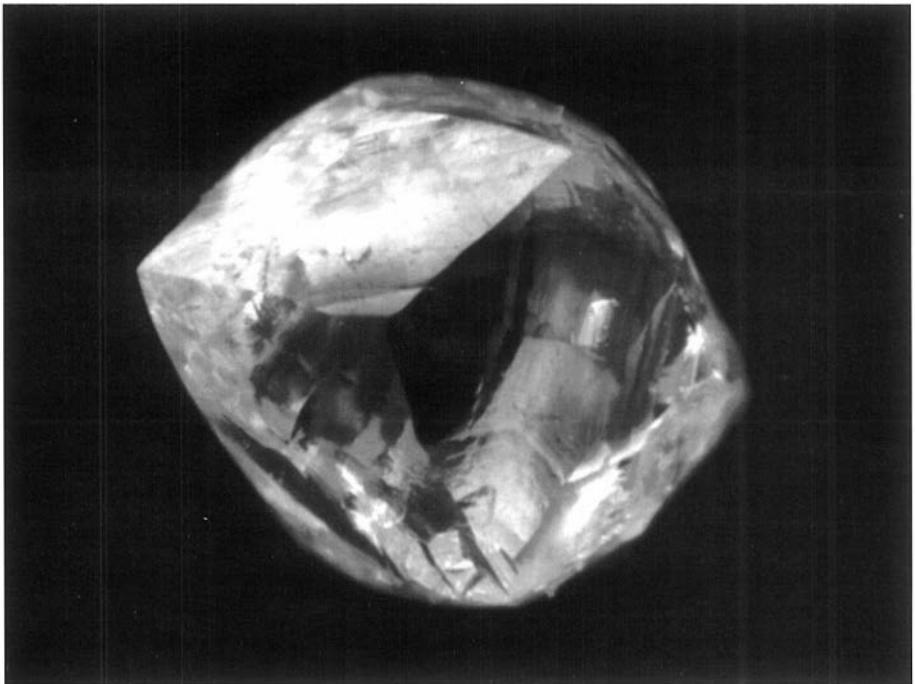




Рис. 61. Коричневый ромбододекаэдрoid с блоковым рельефом и ярко выраженной леденцовой скульптурой. Россыпь реки Молодо. $\times 20$.

Fig. 61. Brown dodecahedroid with block relief and distinct «icicle» sculpture. Placer of the Molodo river. $\times 20$.

Рис. 62. Ромбододекаэдрoid с блоковой скульптурой. Трубка Ломоносовская (Архангельская алмазоносная провинция). $\times 25$.

Fig. 62. Dodecahedroid with block sculpture. Lomonosov pipe (Arkhangel'sk diamondiferous province). $\times 25$.





Рис. 63. Ромбододекаэдрoid с тонкой сноповидной штриховкой и каплевидными холмиками на поверхностях. Россыпь реки Молодо. $\times 35$.

Fig. 63. Dodecahedroid with thin sheaf-like striation and with drop-like hills on surfaces. Placer of the Molodo river. $\times 35$.

Рис. 64. Ромбододекаэдрoid с блоковой скульптурой. Участок Приустьевой, оссыпь реки Эбелях. $\times 40$.

Fig. 64. Dodecahedroid with block sculpture. Priust'yevoi district, placer of the Ebelyakh river. $\times 40$.

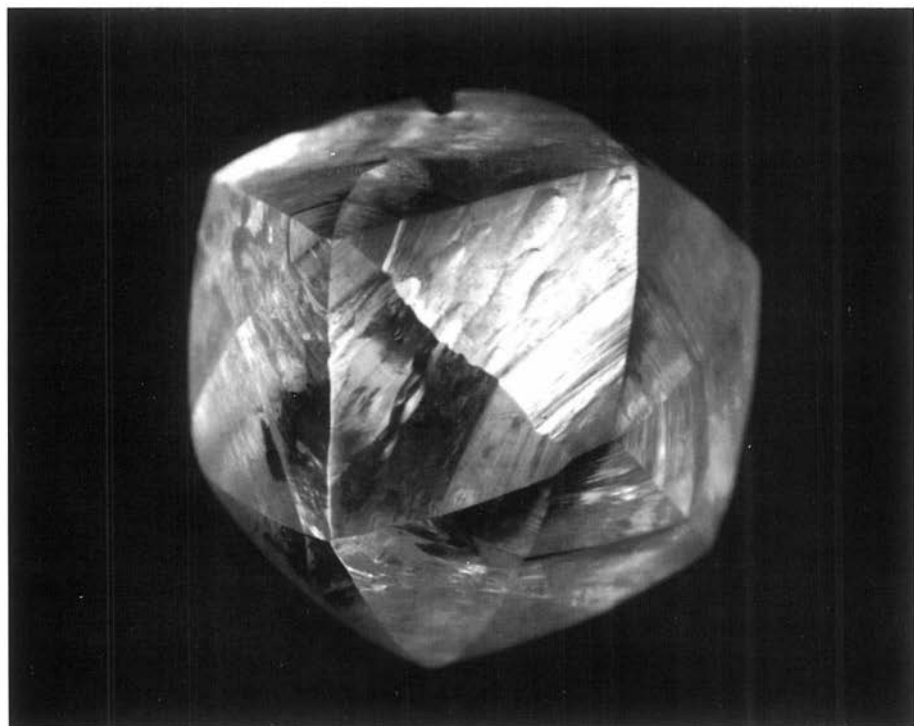




Рис. 65. Кристалл с октаэдрического габитуса с полицентрическим строением граней. Трубка Ломоносовская (Архангельская алмазоносная провинция). $\times 35$.

Fig. 65. Crystal of octahedral habit with polycentric structure of faces. Lomonosov pipe (Arkhangel'sk diamondiferous province). $\times 35$.

Рис. 66. Кристалл октаэдрического габитуса с полицентрическим строением граней. Трубка Мир. $\times 27$.

Fig. 66. Crystal of octahedral habit with polycentric structure of faces. Mir pipe. $\times 27$.

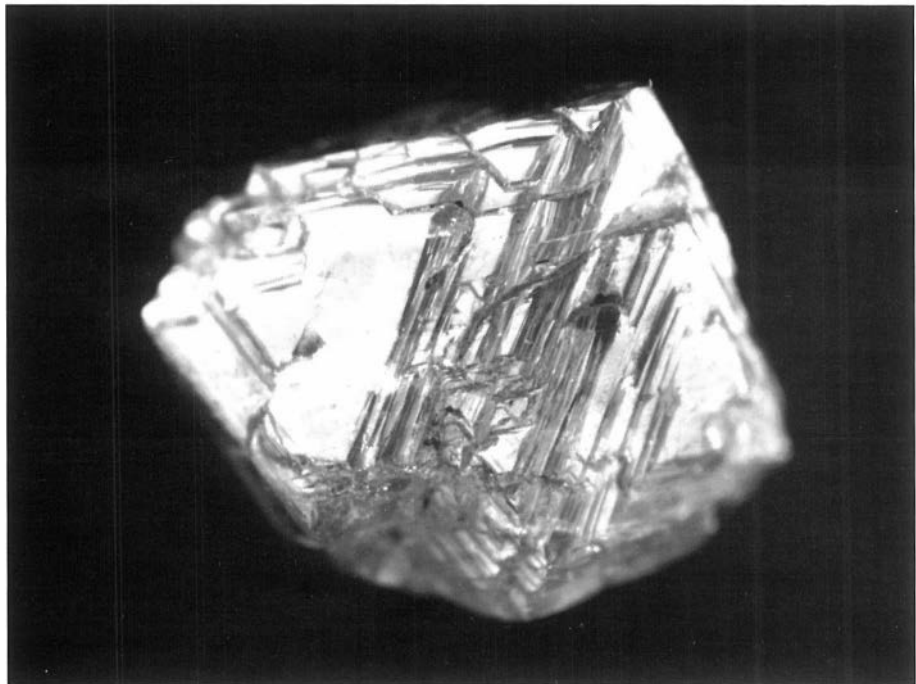
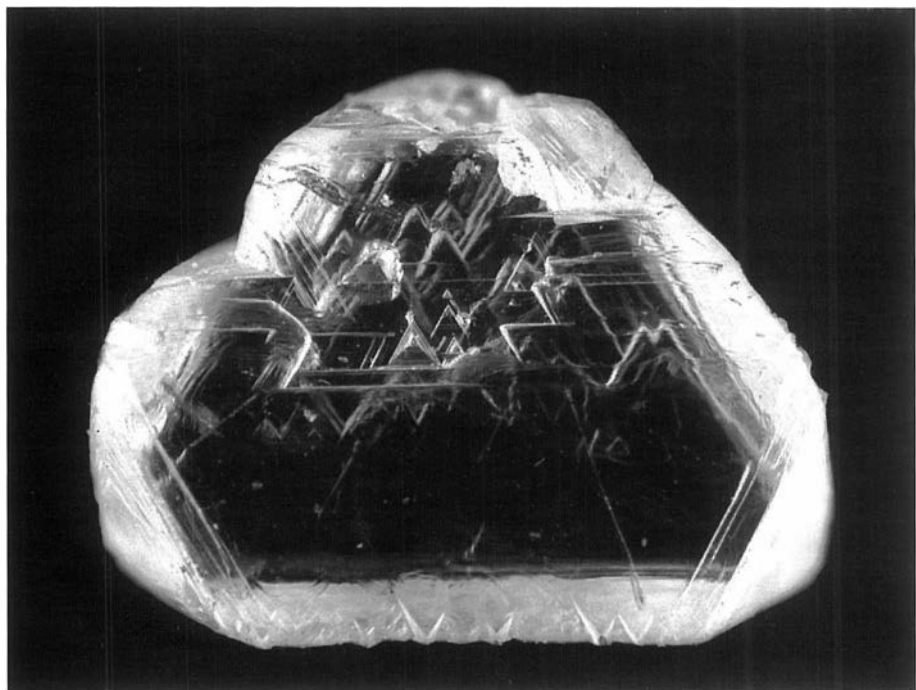




Рис. 67. Кристалл октаэдрического габитуса с полицентрическим строением граней. Трубка Сытыканская. $\times 30$.

Fig. 67. Crystal of octahedral habit with polycentric structure of faces. Sytykanskaya pipe. $\times 30$.

Рис. 68. Кристалл переходной формы с полицентрическим строением граней. Трубка Мир. $\times 31$.

Fig. 68. Crystal of transitional form with polycentric structure of faces. Mir pipe. $\times 31$.





Рис. 69. Кристалл переходной формы с шестовой скульптурой на ромбододекаэдрических поверхностях. Трубка Мир. $\times 38$.

Fig. 69. Crystal of transitional form with columnar sculpture on dodecahedral surfaces. Mir pipe. $\times 38$.

Рис. 70. Ламинарный ромбододекаэдронд. Трубка Мир. $\times 42$.

Fig. 70. Laminar dodecahedroid. Mir pipe. $\times 42$.





Рис. 71. Скрытоламинарный ромбододекаэдронд. Трубка Юбилейная. $\times 41$.

Fig. 71. Cryptolaminar dodecahedroid. Yubileinaya pipe. $\times 41$.

Рис. 72. Скрытоламинарный ромбододекаэдронд с иглообразными каналами травления. Россыпь реки Эбелях. $\times 56$.

Fig. 72. Cryptolaminar dodecahedroid with acicular etch channels. Placer of the Ebelyakh river. $\times 56$.

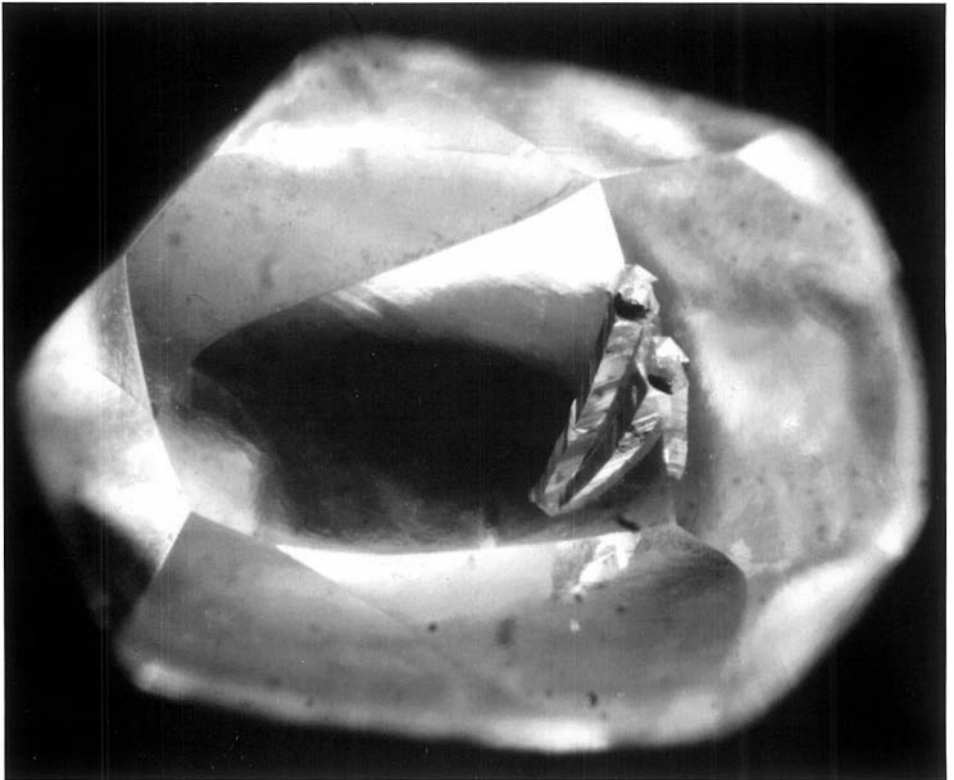




Рис. 73. Лилово-коричневый ромбододекаэдрoid с шагренью и полосами пластической деформации. Россыпь реки Вилюй. $\times 30$.

Fig. 73. Lilac-brown dodecahedroid with shagreen and lines of plastic deformation. Placer of the Vilyui river. $\times 30$.

Рис. 74. Ромбододекаэдрoid с шагренью и полосами пластической деформации. Урал. $\times 20$.

Fig. 74. Dodecahedroid with shagreen and lines of plastic deformation. Ural. $\times 20$.

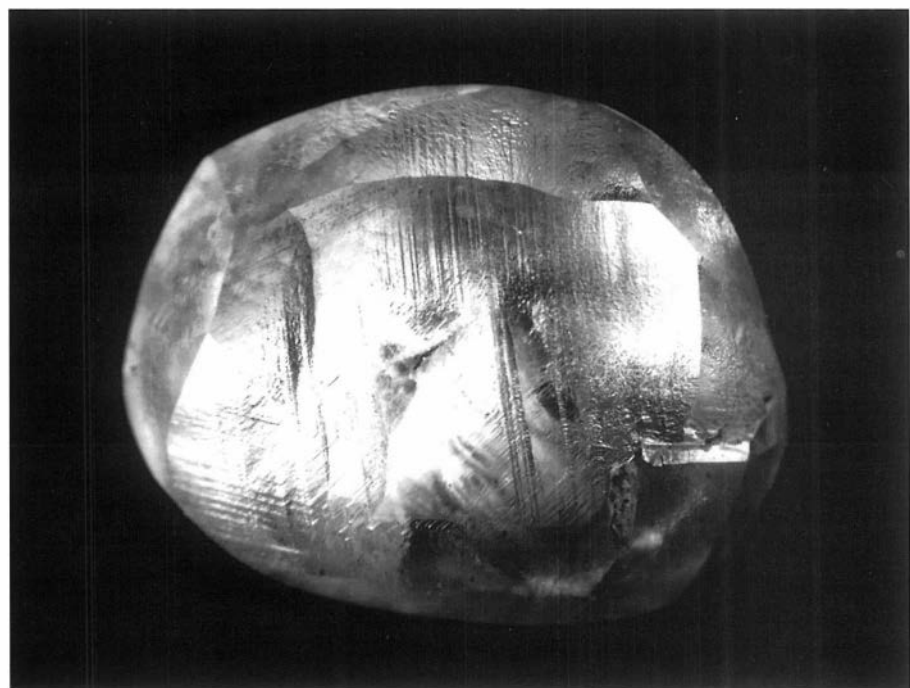
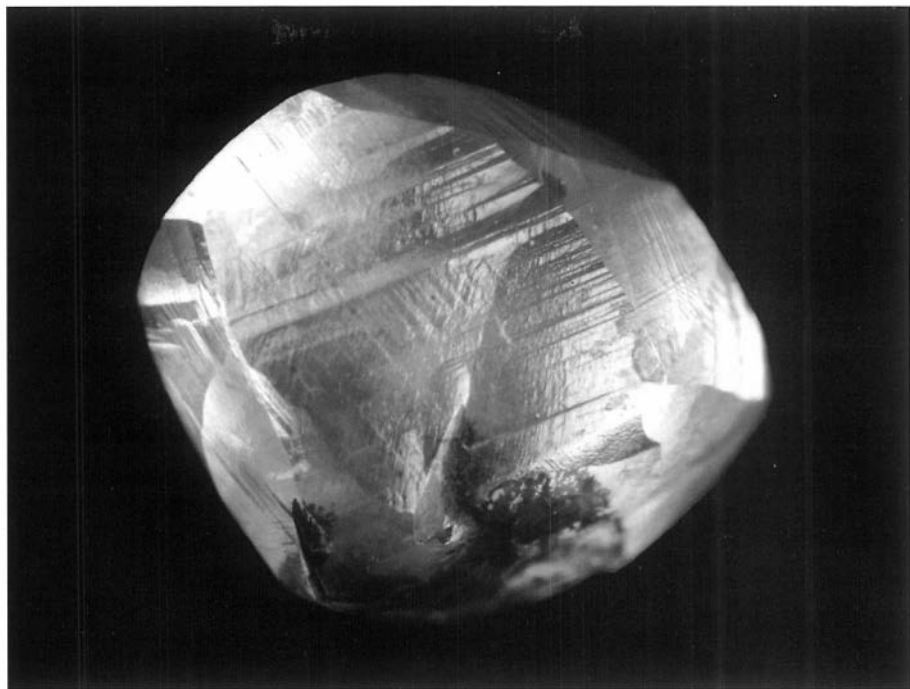




Рис. 75. Лилово-коричневый ромбододекаэдрoid с шагрeneвым рельефом. Россыпь реки Эбелях. × 30.

Fig. 75. Lilac-brown dodecahedroid with shagreen relief. Placer of the Ebelyakh river. × 30.

Рис. 76. Ромбододекаэдрoid с тонким шагрeneвым рельефом. Россыпь реки Молодо. × 28.

Fig. 76. Dodecahedroid with a thin shagreen relief. Placer of the Molodo river. × 28.

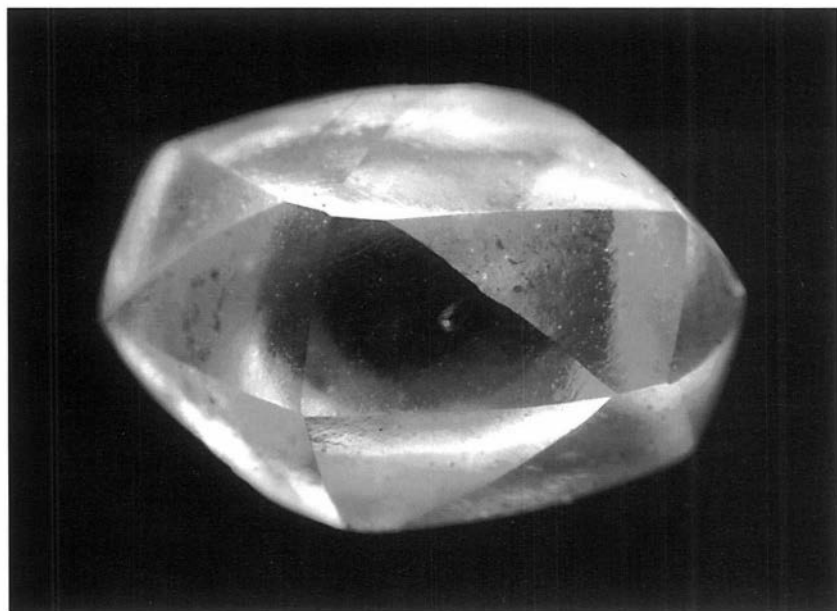




Рис. 77. Сиреневый кристалл октаэдрического габитуса с полосами пластической деформации. Трубка Мир. $\times 35$.

Fig. 77. Lilac crystal of octahedral habit with lines of plastic deformation. Mir pipe. $\times 35$.

Рис. 78. Кристалл октаэдрического габитуса с цепочками обратно-параллельных тригональных впадин вдоль полос пластической деформации и со шрамом. Трубка Мир. $\times 21$.

Fig. 78. Crystal of octahedral habit with chains of inversely parallel trigonal pits along lines of plastic deformation and with a scar. Mir pipe. $\times 21$.





Рис. 79. То же, детали поверхности. $\times 27$.

Fig. 79. The same, details of surface. $\times 27$.

Рис. 80. То же, детали поверхности. $\times 300$.

Fig. 80. The same, details of surface. $\times 300$.

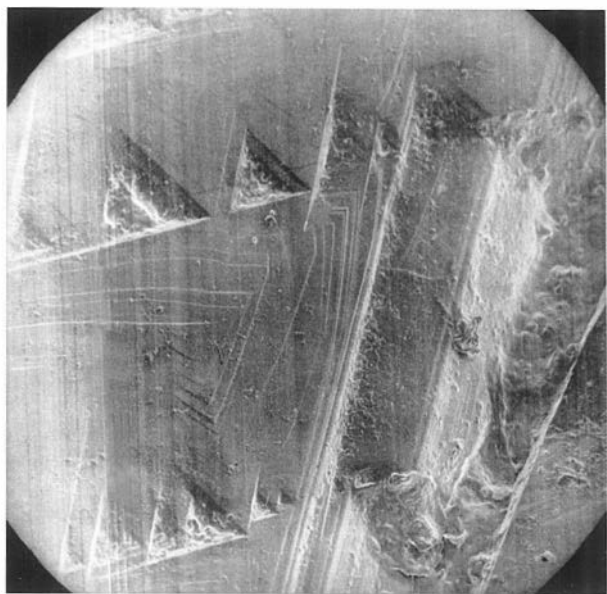
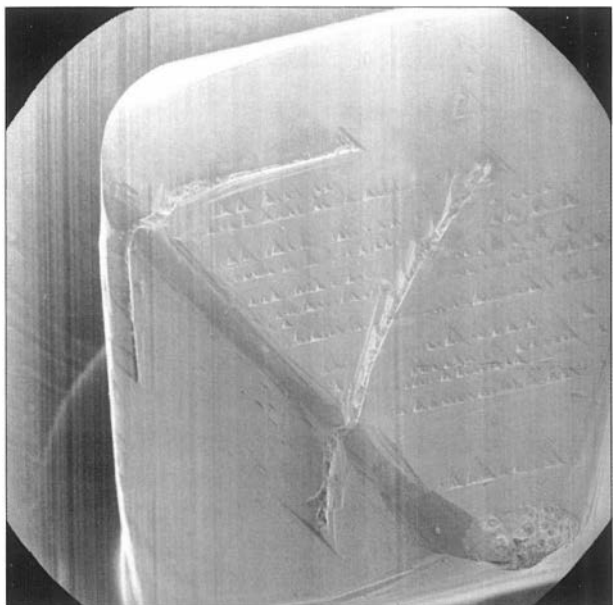




Рис. 81. Кристалл октаэдрического габитуса с желобами на месте ребер. Россыпь реки Молодо. $\times 36$.

Fig. 81. Crystal of the octahedral habit with grooves at the site of edges. Placer of the Molodo river. $\times 36$.

Рис. 82. Кристалл октаэдрического габитуса с ребрами, притупленными коррозионными поверхностями тригонтриоктаэдроиды и с прямо параллельными тригональными впадинами. Россыпь реки Молодо. $\times 40$.

Fig. 82. Crystal of the octahedral habit with edges blunted by corrosion trigon-trioctahedroid surfaces and with straight-parallel triangular pits. Placer of the Molodo river. $\times 40$.

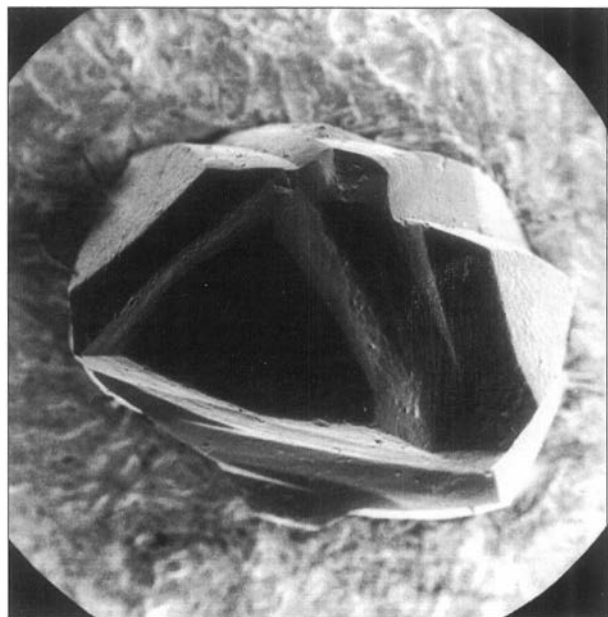




Рис. 83. Желтый кубоид с квадратными впадинами. Россыпь Булкур (Западное Верхоянье). $\times 40$.

Fig. 83. Yellow cuboid with square pits on surfaces. Bulkur placer (Western Upper Yana region). $\times 40$.

Рис. 84. То же, детали поверхности. $\times 70$.

Fig. 84. The same, details of surface. $\times 70$.

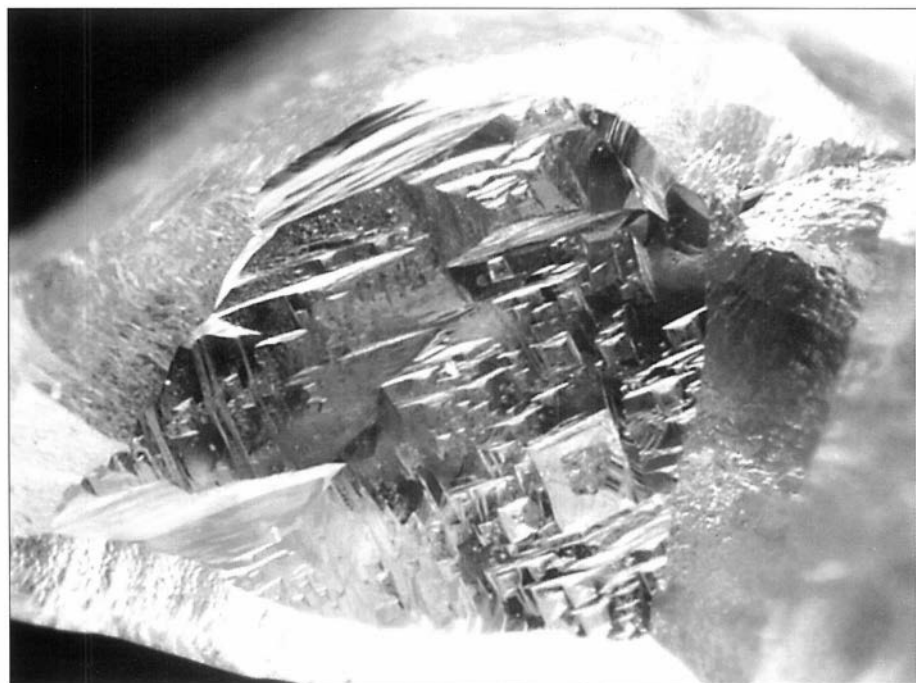




Рис. 85. Кристалл комбинационной формы «кубоид + ромбододекаэдр» с тонкой сноповидной штриховкой на поверхностях ромбододекаэдра и тетрагональными впадинами на поверхностях кубоида. Россыпь реки Куойка. $\times 20$.

Fig. 85. Combination crystal of «cuboid + dodecahedroid» form with a thin sheaf-like striation on dodecahedral surfaces and with tetragonal pits on cuboid surfaces. Placer of the Kuoika river. $\times 20$.

Рис. 86. То же, тетрагональные впадины. $\times 78$.

Fig. 86. The same, tetragonal pits. $\times 78$.

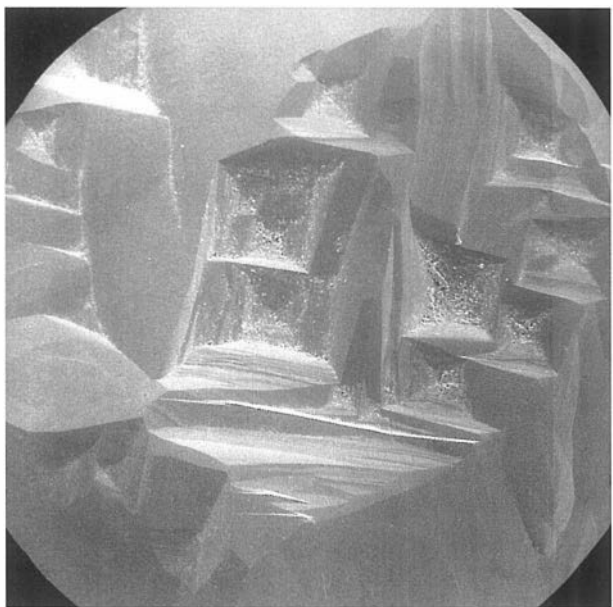
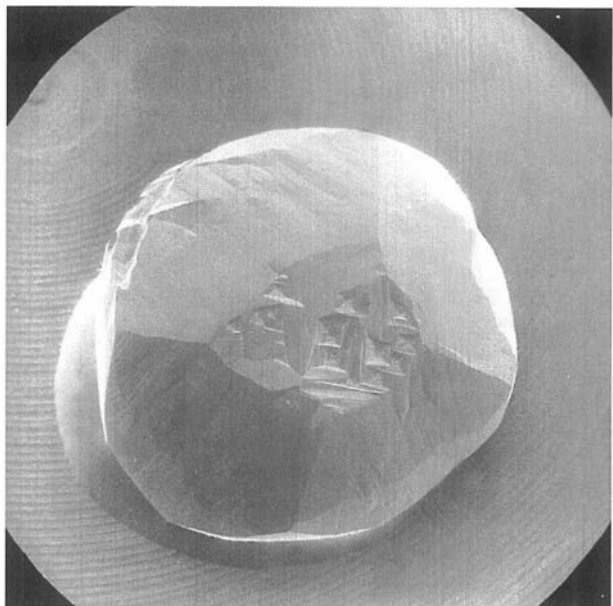




Рис. 87. Кубоид с почковидным строением поверхности. Россыпь реки Эбелях. $\times 30$.

Fig. 87. Cuboid with kidney-like surface structure. Placer of the Ebelyakh river. $\times 30$.

Рис. 88. Кубоид с вогнутыми поверхностями на месте $\{100\}$ и вытянутыми вершинами, притупленными гранями октаэдра. Трубка Мир. $\times 34$.

Fig. 88. Crystal of the cubic habit with concave surfaces and elongated apexes blunted by relics of octahedron faces. Mir pipe. $\times 34$.

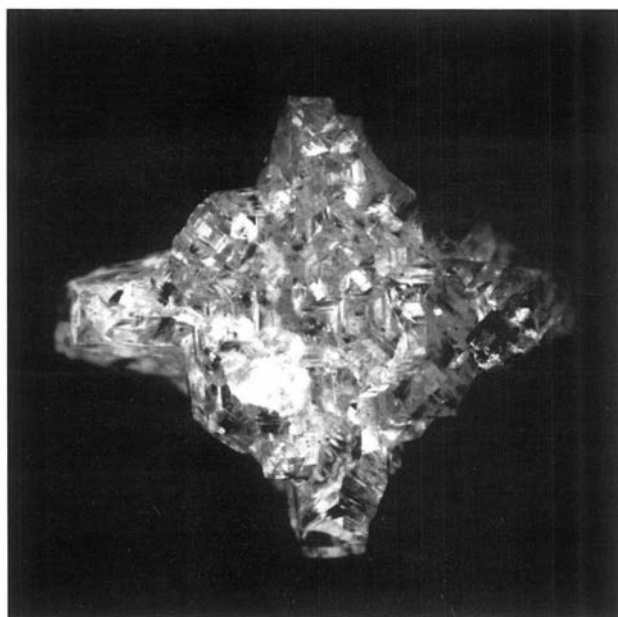
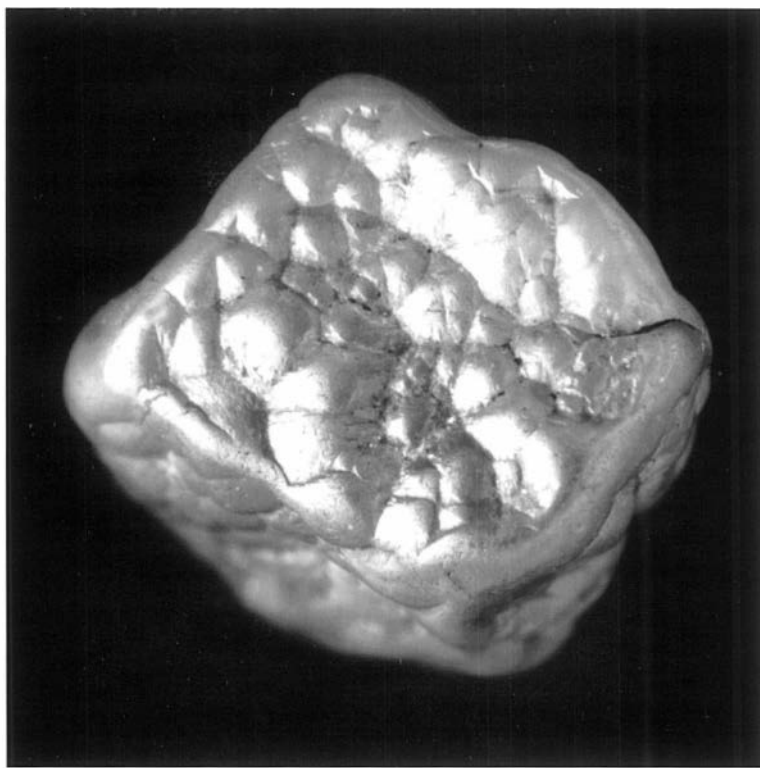




Рис. 89. Ромбододекаэдронд с черепитчато-шестоватой скульптурой. Россыпь реки Молодо. $\times 20$.

Fig. 89. Dodecahedroid with tile-columnar sculpture. Placer of the Molodо river. $\times 20$.

Рис. 90. То же, детали поверхности. $\times 50$.

Fig. 90. The same, details of surface. $\times 50$.





Рис. 91. Октаэдроид с черепитчатой и леденцовой скульптурой. Россыпь реки Молодо. $\times 28$.

Fig. 91. Octahedroid with tiled and «icicle» sculptures. Placer of the Molodo river. $\times 28$.

Рис. 92. Ромбододекаэдроид с кавернами и дисковой скульптурой. Россыпь реки Эбелях. $\times 50$.

Fig. 92. Dodecahedroid with caverns and disk sculpture. Placer of the Ebelyakh river. $\times 50$.

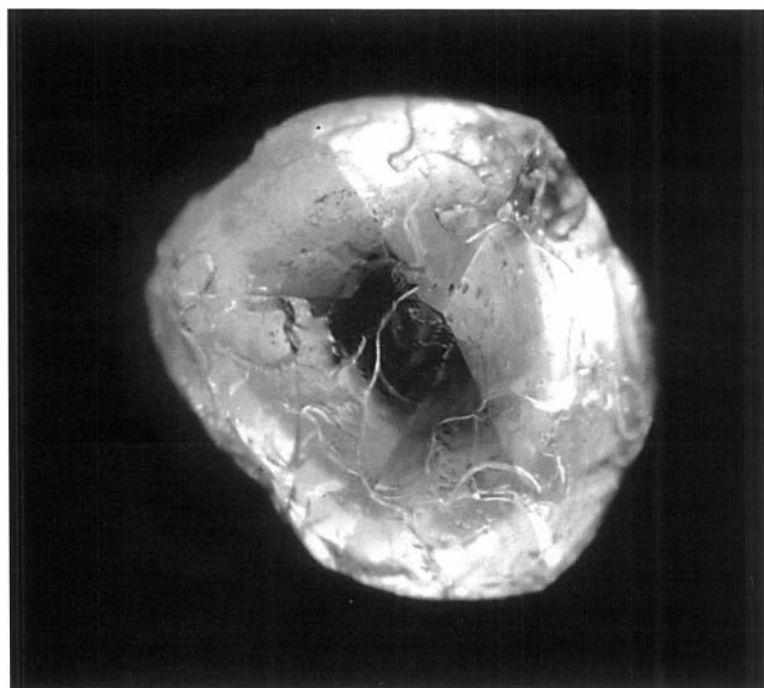
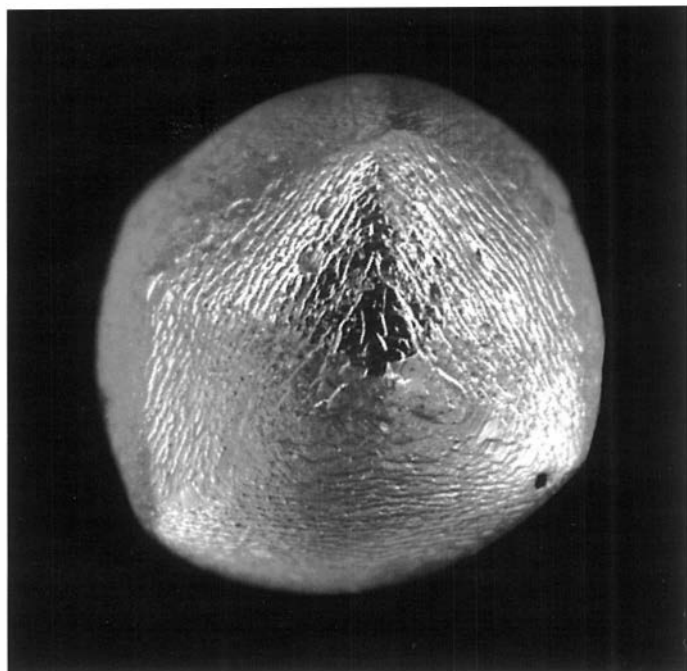




Рис. 93. Шпинелевый двойник кристаллов переходной формы с кавернами. Россыпь реки Эбелях. $\times 32$.

Fig. 93. Macle of transitional-form crystals with caverns. Placer of the Ebelyakh river. $\times 32$.

Рис. 94. То же, фотография выполнена на сканирующем электронном микроскопе. $\times 20$.

Fig. 94. The same, scanning electron photomicrograph. $\times 20$.





Рис. 95. То же, детали поверхности. $\times 220$.

Fig. 95. The same, details of surface. $\times 220$.

Рис. 96. Кристалл октаэдрического габитуса с матированной поверхностью. Трубка Мир. $\times 20$.

Fig. 96. Crystal of octahedral habit with frosted surface. Mir pipe. $\times 20$.





Рис. 97. Кристалл октаэдрического габитуса со шрамами. Трубка Удачная. $\times 31$.

Fig. 97. Crystal of octahedral habit with scars. Udachnaya pipe. $\times 31$.

Рис. 98. То же, фотография выполнена на сканирующем электронном микроскопе. $\times 22$.

Fig. 98. The same, scanning electron photomicrograph. $\times 22$.





Рис. 99. То же, детали шрамов. $\times 60$.

Fig. 99. The same, details of scars. $\times 60$.

Рис. 100. Ромбододекаэдронд с шагренью и каплевидными холмиками. Участок Верховье, россыпь реки Эбелях. $\times 33$.

Fig. 100. Dodecahedroid with shagreen and drop-like hummocks. Verkhov'e district, placer of the Ebelyakh river. $\times 33$.

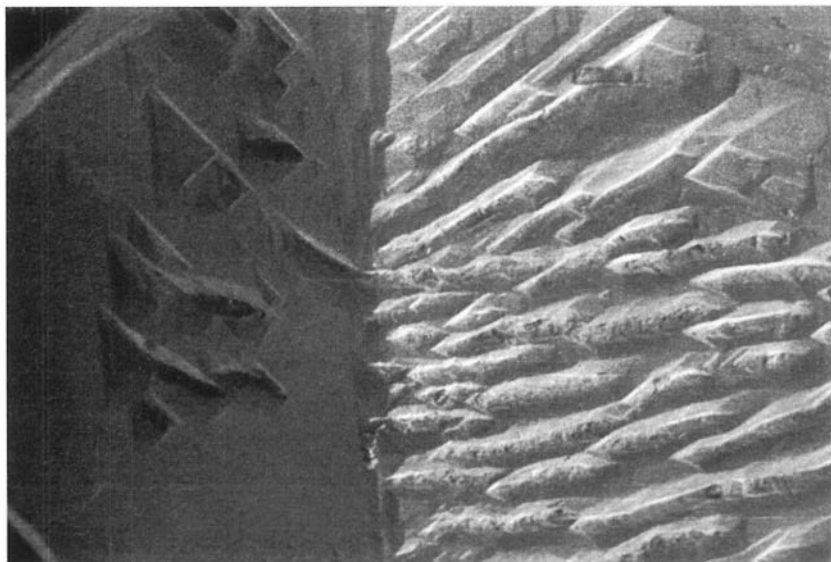




Рис. 101. Ромбододекаэдронд с тонкой шагренью и полосами пластической деформации. Россыпь реки Куойка. $\times 26$.

Fig. 101. Dodecahedroid with thin shagreen and lines of plastic deformation. Placer of the Kuoika river. $\times 26$.

Рис. 102. То же, полосы пластической деформации с шагренью. $\times 260$.

Fig. 102. The same, lines of plastic deformation with shagreen. $\times 260$.

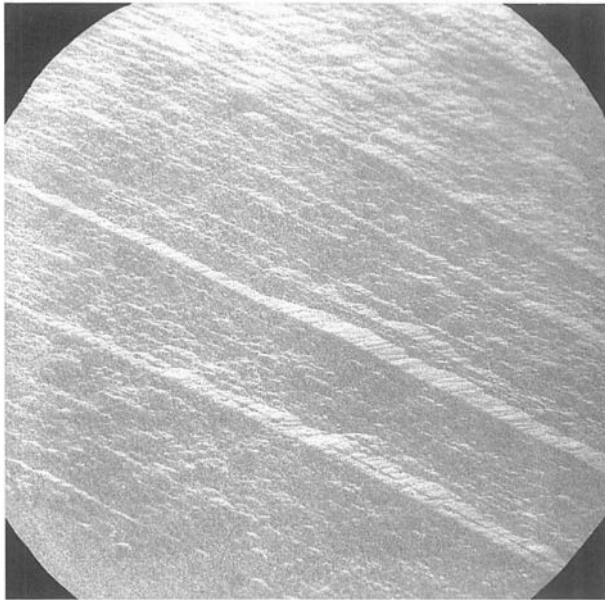
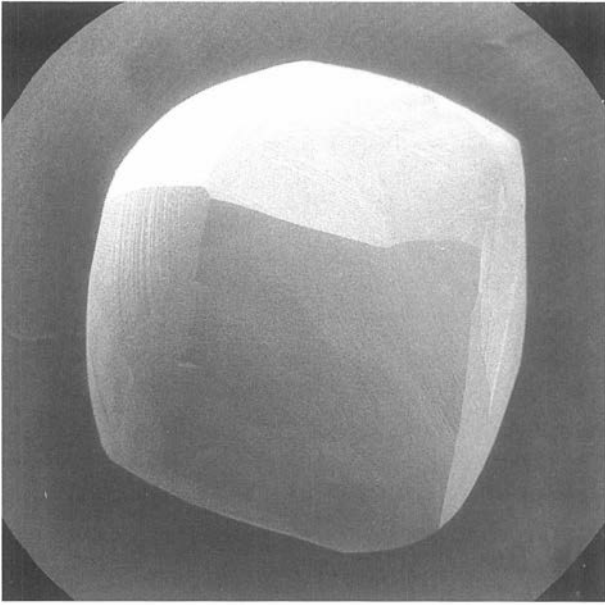




Рис. 103. То же, детали рельефа. $\times 1300$.

Fig. 103. The same, details of relief. $\times 1300$.

Рис. 104. То же, детали рельефа. $\times 3600$.

Fig. 104. The same, details of relief. $\times 3600$.

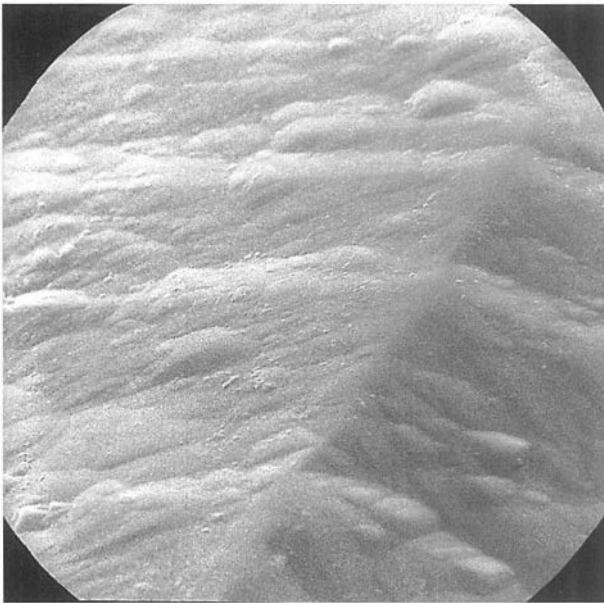
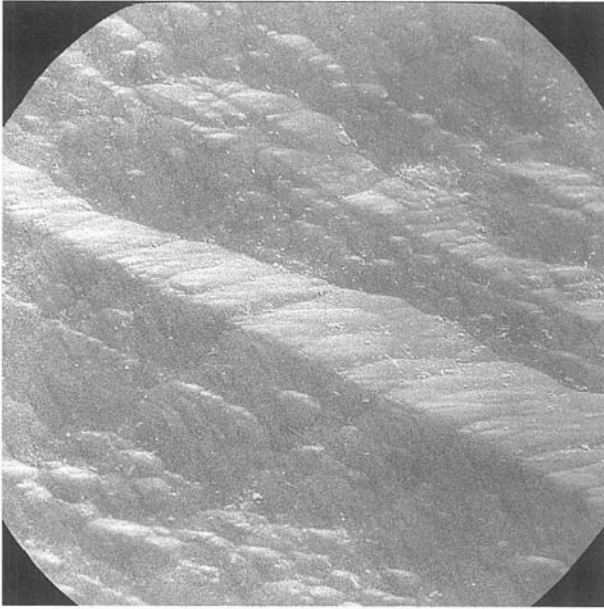




Рис. 105. Ромбододекаэдронд с тонким черепитчато-шестоватым рельефом. Россыпь реки Куойка. $\times 40$.

Fig. 105. Dodecahedroid with thin tile-columnar relief. Placer of the Kuoika river. $\times 40$.

Рис. 106. То же, детали рельефа. $\times 1100$.

Fig. 106. The same, details of relief. $\times 1100$.

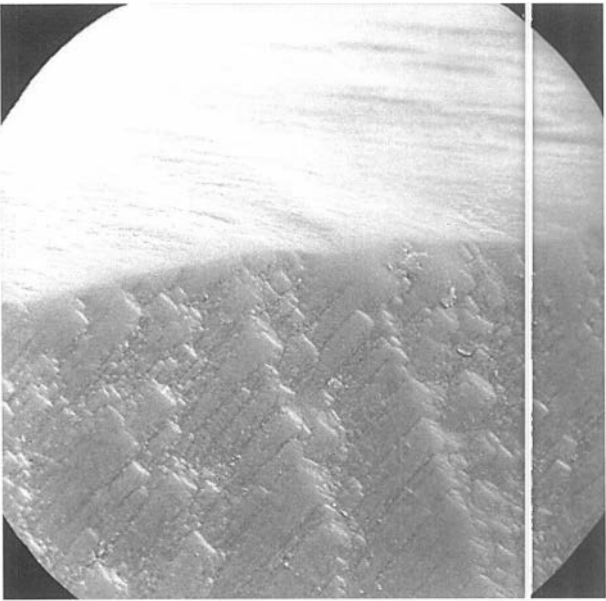
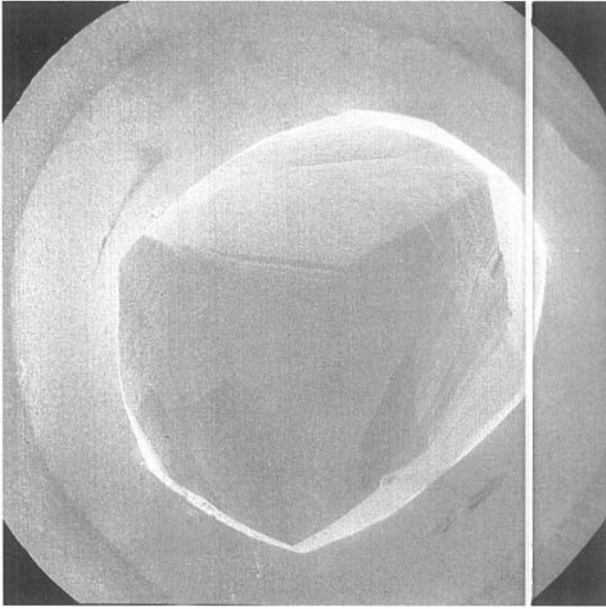




Рис. 107. То же, детали рельефа. $\times 3200$.

Fig. 107. The same, details of relief. $\times 3200$.

Рис. 108. Ромбододекаэдронд с паутиновым узором и дисковой скульптурой. Трубка Удачная. $\times 50$.

Fig. 108. Dodecahedroid with web pattern and disk sculpture. Udachnaya pipe. $\times 50$.

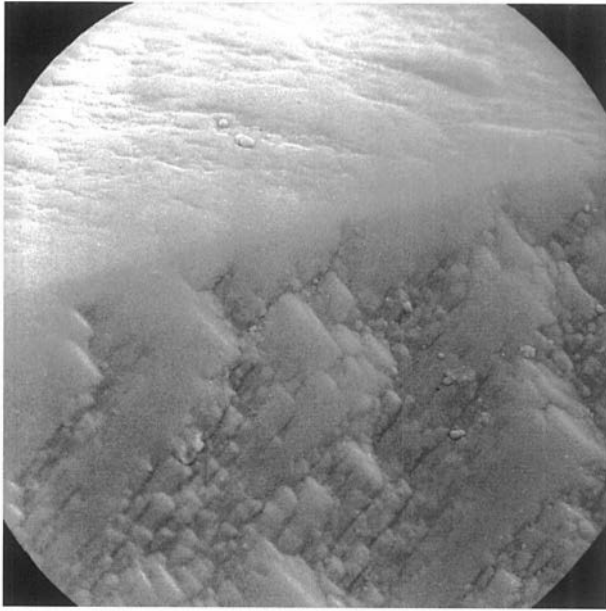




Рис. 109. Ромбододекаэдроид с паутиновым узором. Ручей Гусиный, россыпь реки Эбелях. $\times 32$.

Fig. 109. Dodecahedroid with web pattern. Brook Gusinyi, placer of the Ebelyakh river. $\times 32$.

Рис. 110. Кристалл октаэдрического габитуса с обратнопараллельной тригональной впадиной на грани октаэдра и тетрагональной впадиной на вершине. Трубка Мир. $\times 26$.

Fig. 110. Crystal of octahedral habit with an inversely parallel trigonal pit on octahedral face and with a tetragonal pit at the apex. Mir pipe. $\times 26$.

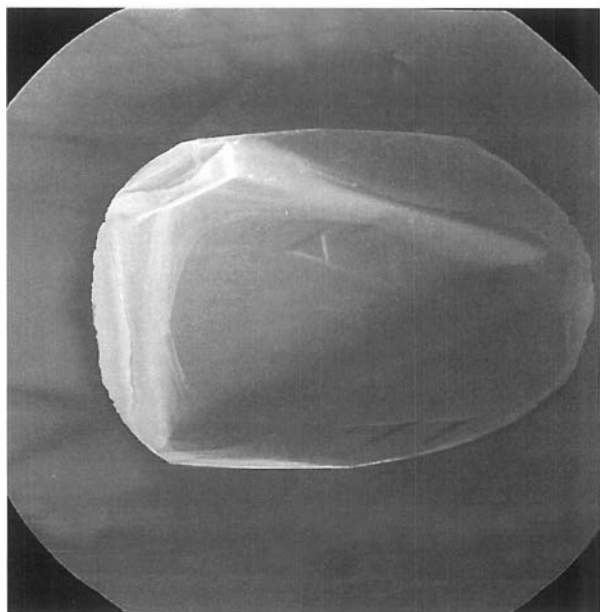




Рис. 111. Кристалл октаэдрического габитуса с обратнопараллельными тригональными и гексагональными впадинами. Трубка Мир. $\times 26$.

Fig. 111. Crystal of octahedral habit with inversely parallel trigonal and hexagonal pits. Mir pipe. $\times 26$.

Рис. 112. То же, детали рельефа. $\times 48$.

Fig. 112. The same, details of relief. $\times 48$.

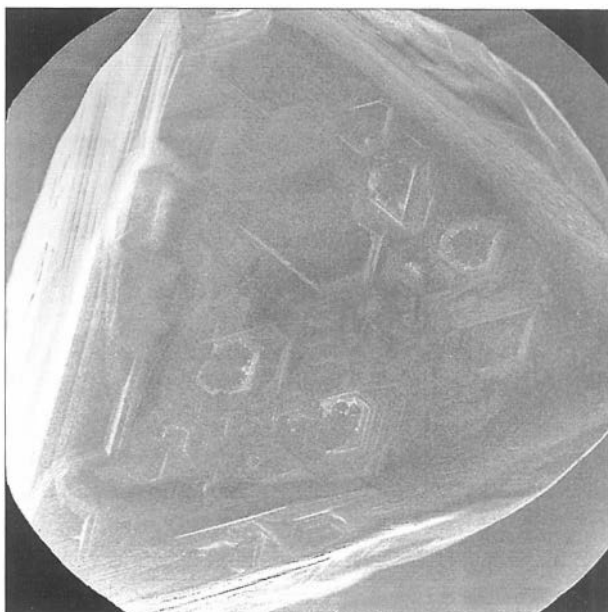
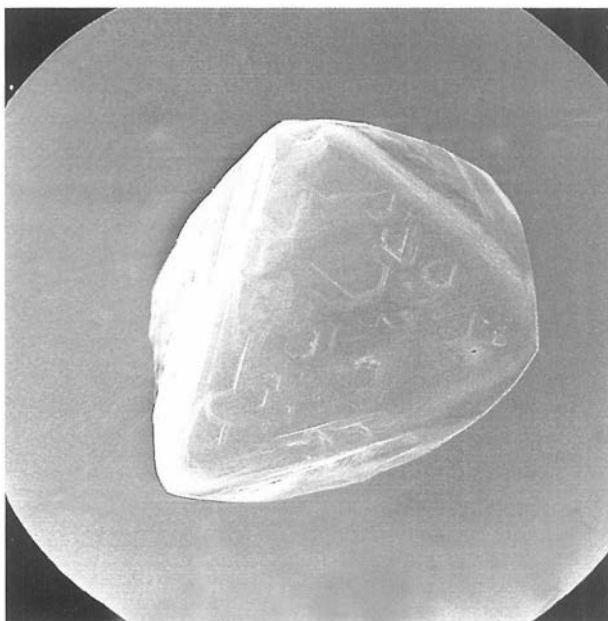




Рис. 113. Кристалл октаэдрического габитуса с обратнопараллельными треугольными и гексагональными впадинами. Трубка Мир. $\times 22$.

Fig. 113. Crystal of octahedral habit with inversely parallel trigonal and hexagonal pits. Mir pipe. $\times 22$.

Рис. 114. То же, фотография выполнена на сканирующем электронном микроскопе. $\times 16$.

Fig. 114. The same, scanning electron photomicrograph. $\times 16$.

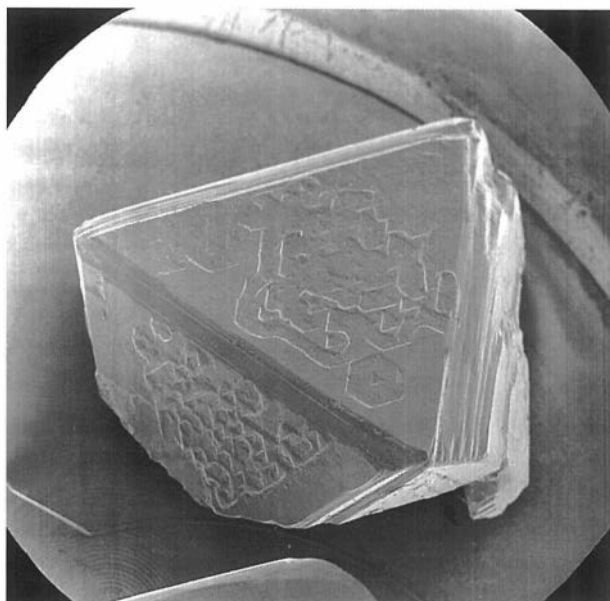




Рис. 115. Ромбододекаэдронд с крупной гексагональной впадиной и мелкими кавернами. Россыпь реки Куойка. $\times 26$.

Fig. 115. Dodecahedroid with a hexagonal pit and small caverns. Placer of the Kuoika river. $\times 26$.

Рис. 116. То же, детали поверхности. $\times 1000$.

Fig. 116. The same, details of surface. $\times 1000$.

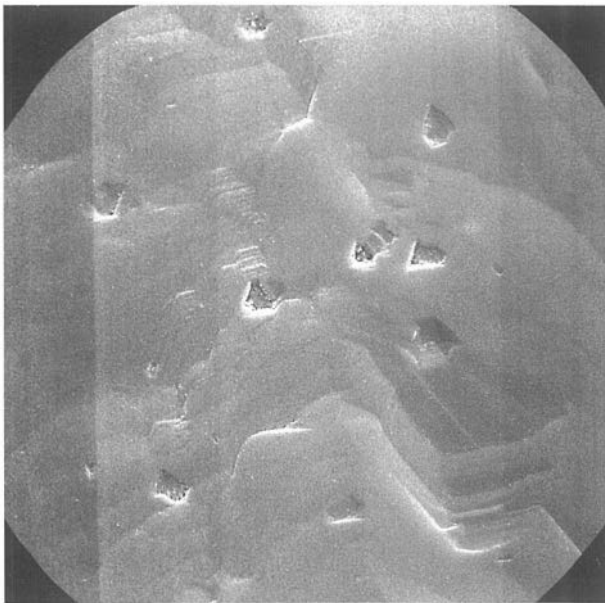
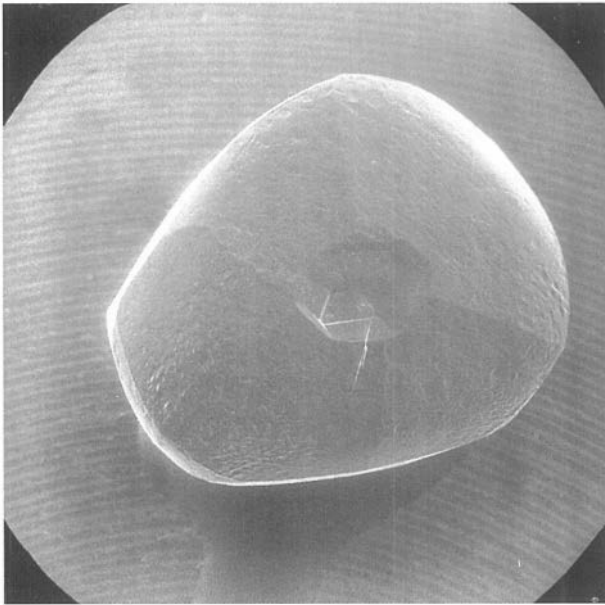




Рис. 117. То же, детали гексагональной впадины. $\times 160$.

Fig. 117. The same, details of the hexagonal pit. $\times 160$.

Рис. 118. Тетрагональная впадина на вершине кристалла октаэдрического габитуса. Трубка Мир. $\times 130$.

Fig. 118. Tetragonal pit on apex of octahedral crystal. Mir pipe. $\times 130$.

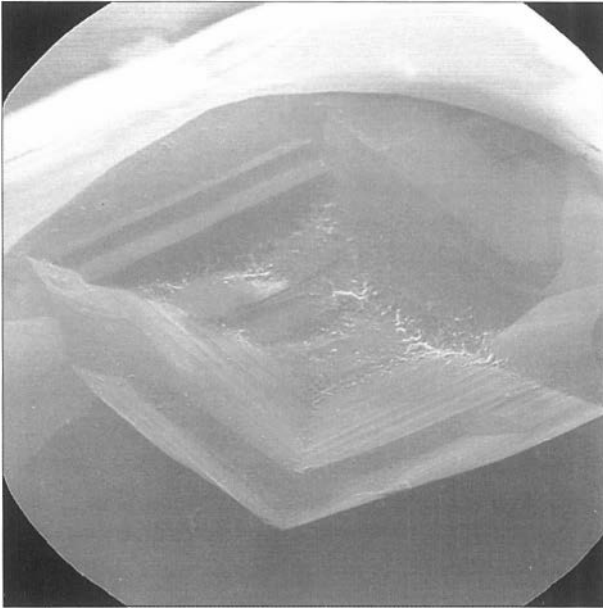
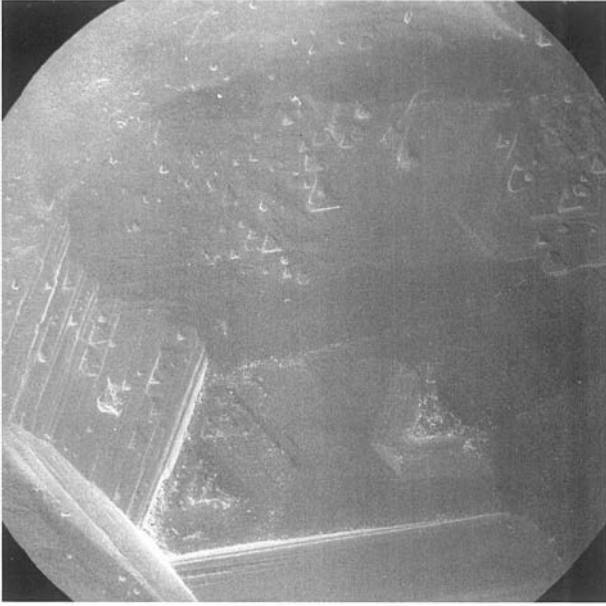




Рис. 119. Тригонтриоктаэдроид как результат коррозии. Россыпь реки Эбелях. $\times 25$.

Fig. 119. Trigon-trioctahedroid as a result of corrosion. Placer of the Ebelyakh river. $\times 25$.

Рис. 120. То же, детали рельефа. $\times 104$.

Fig. 120. The same, details of relief. $\times 104$.

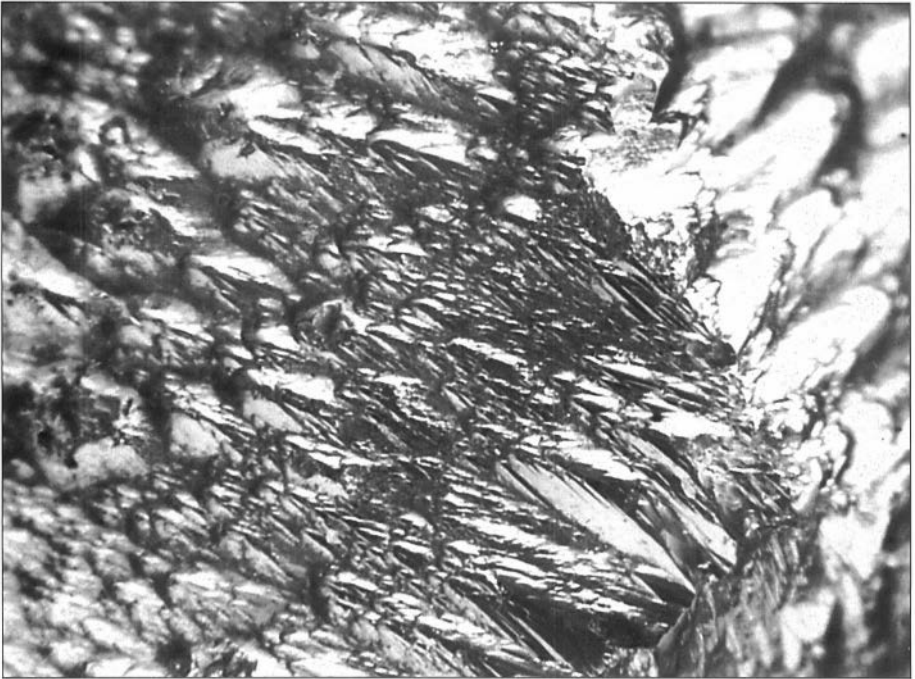
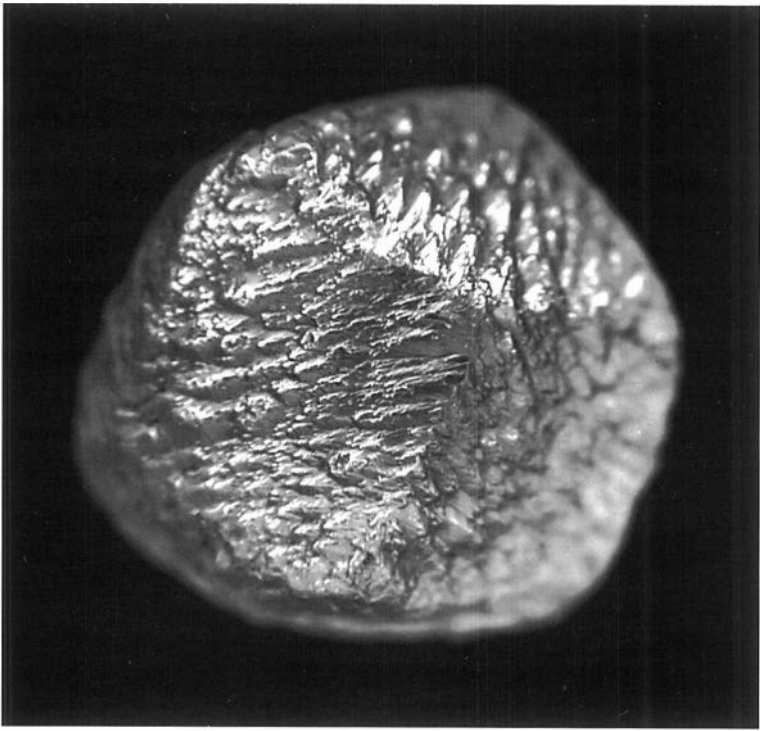




Рис. 121. Тригонтриоктаэдронд как результат коррозии.
Россыпь реки Молодо. $\times 30$.

Fig. 121. Trigon-trioctahedroid as a result of corrosion.
Placer of the Molodo river. $\times 30$.

Рис. 122. То же, детали рельефа. $\times 80$

Fig. 122. The same, details of relief. $\times 80$

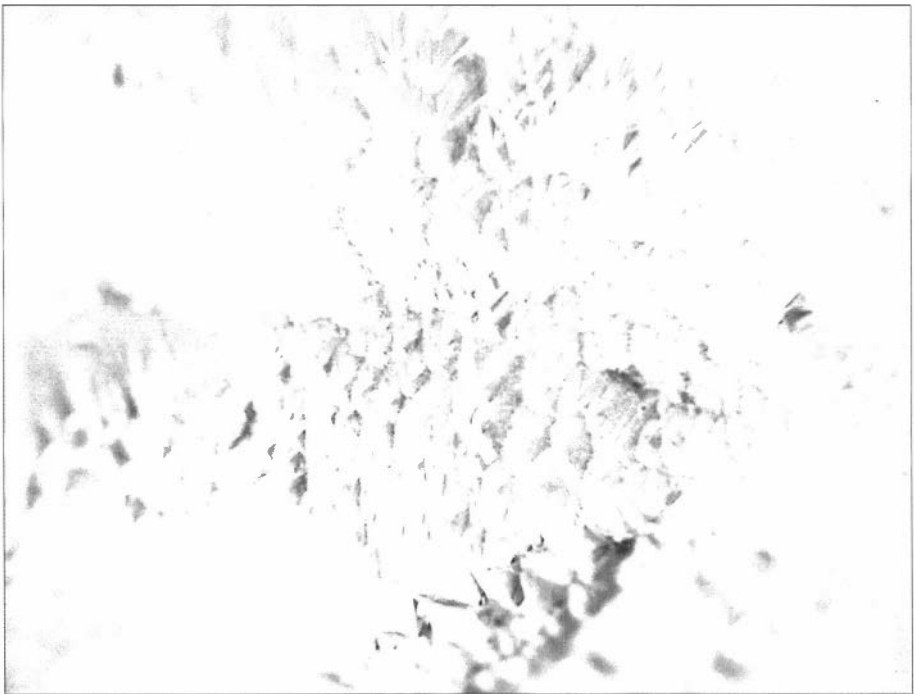
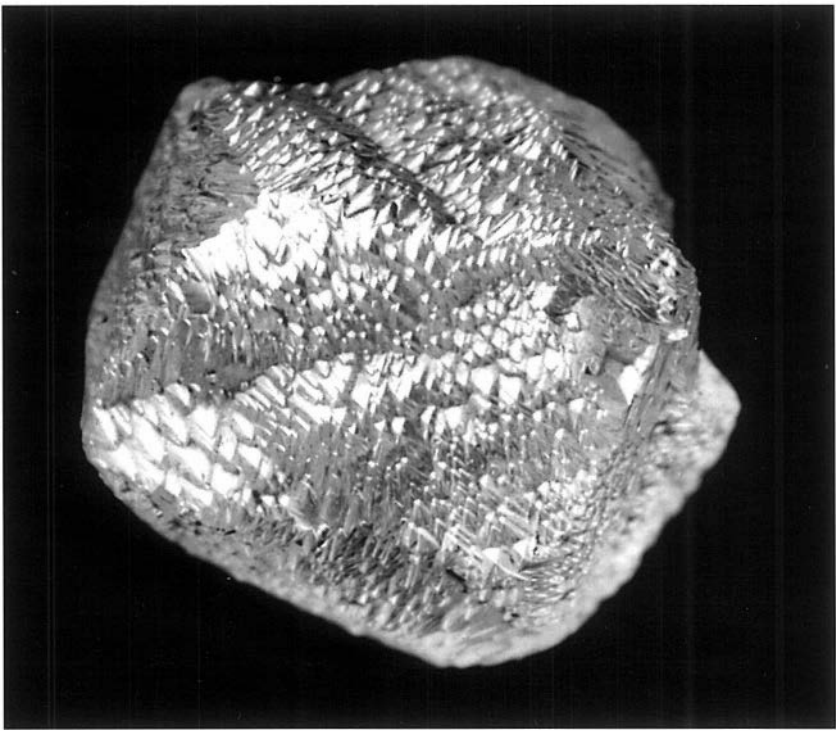




Рис. 123. Кристалл с фрагментами коррозионных поверхностей, соответствующих тригонтриоктаэдриду. Россыпь реки Молодо. $\times 34$.

Fig. 123. Crystal with corrosion trigon-trioctahedral surfaces. Placer of the Molodo river. $\times 34$.

Рис. 124. То же, детали коррозионной поверхности. $\times 105$.

Fig. 124. The same, details of corrosion surface. $\times 105$.

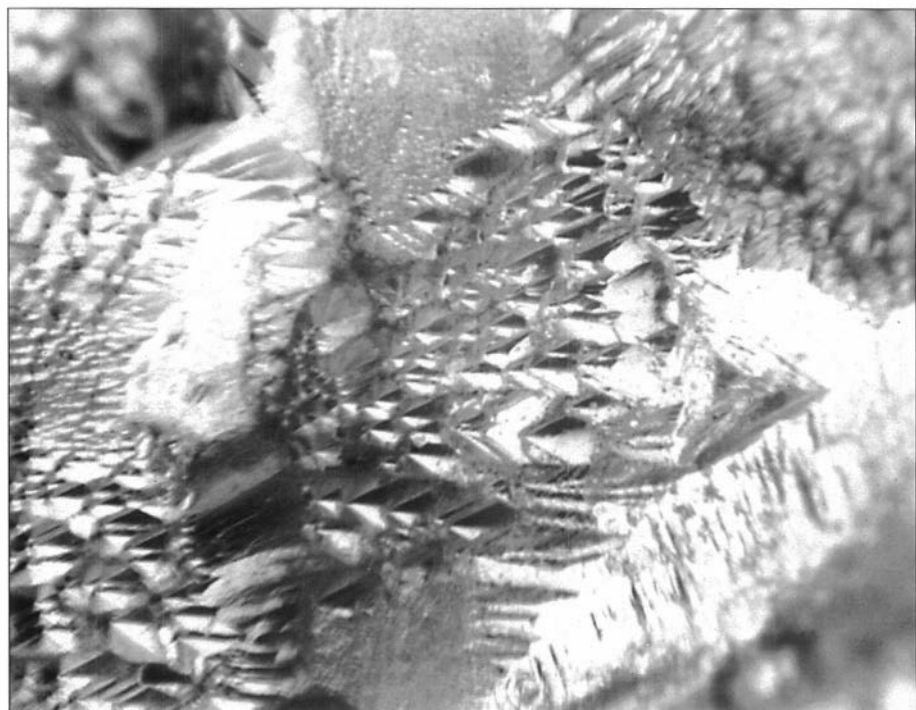
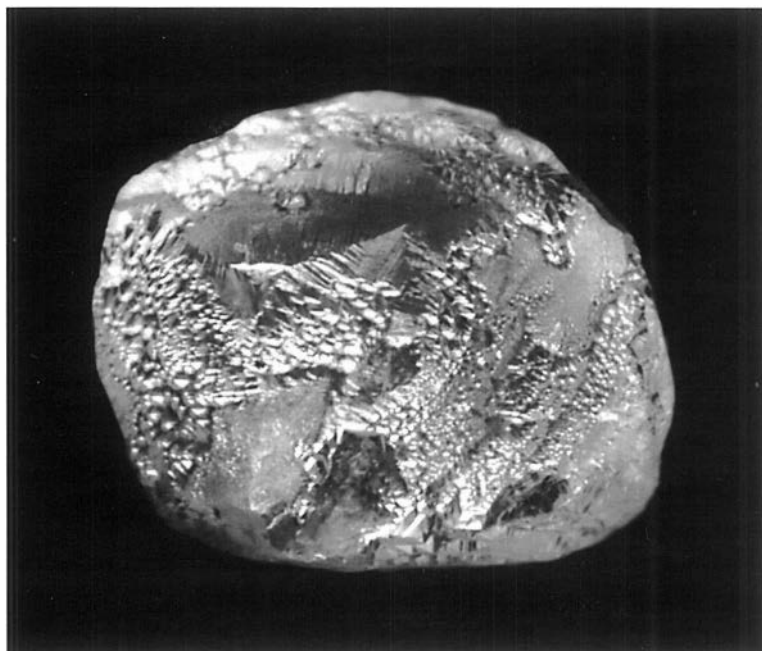




Рис. 125. Матировка и каверны на кристалле октаэдрического габитуса со сноповидной штриховкой. Россыпь реки Молодо. $\times 53$.

Fig. 125. Frosting and caverns on crystal of octahedral habit with sheaf-like striation. Placer of the Molodo river. $\times 53$.

Рис. 126. Сильная коррозионная матировка на кристалле октаэдрического габитуса. Россыпь реки Молодо. $\times 35$.

Fig. 126. Crystal of octahedral habit with a drastic corrosion frosting. Placer of the Molodo river. $\times 35$.

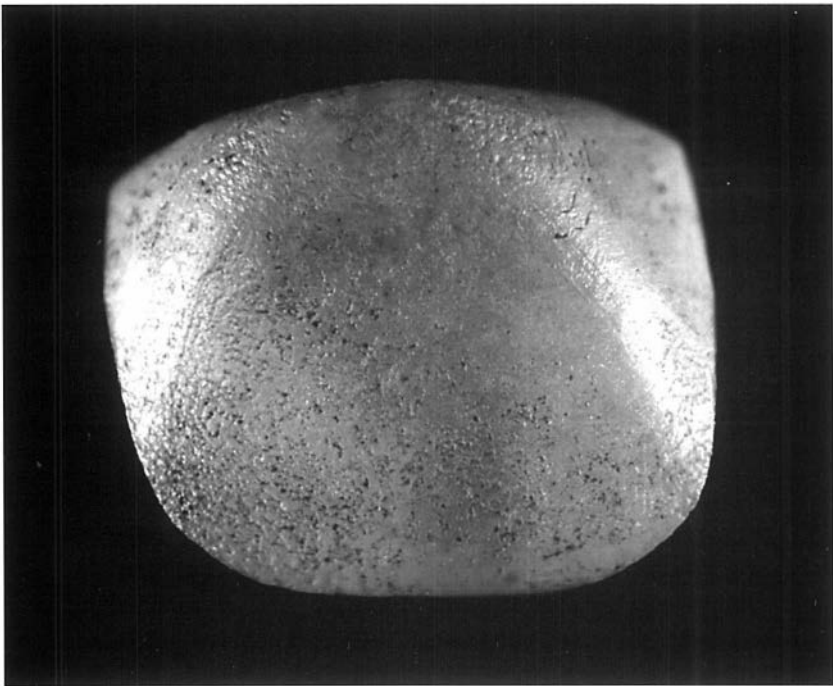
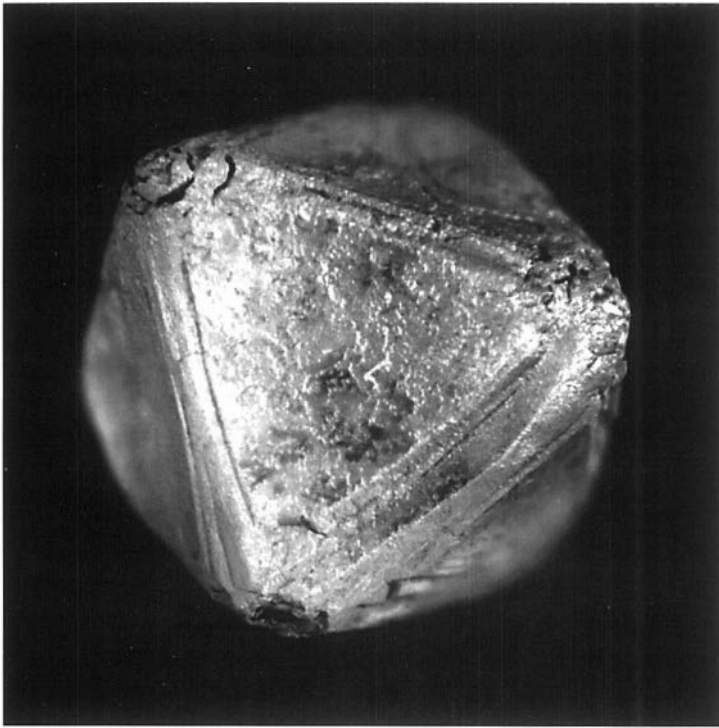




Рис. 127. Кристалл октаэдрического габитуса с параллельной штриховкой и матировкой. Трубка Удачная. $\times 33$.

Fig. 127. Crystal of octahedral habit with parallel striation and with frosted surface. Udachnaya pipe. $\times 33$.

Рис. 128. Коричневый кристалл октаэдрического габитуса с полицентрическим строением граней и фрагментарной коррозией. Россыпь реки Ырас-Юрях. $\times 30$.

Fig. 128. Brown crystal of octahedral habit with polycentric forms and with weak corrosion. Placer of the Yras-Yuryakh river. $\times 30$.

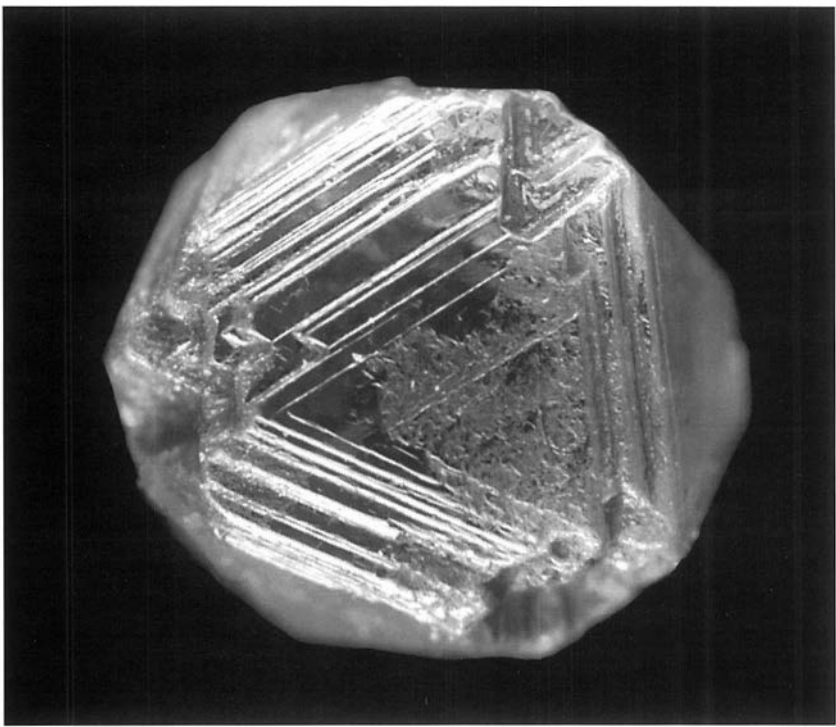
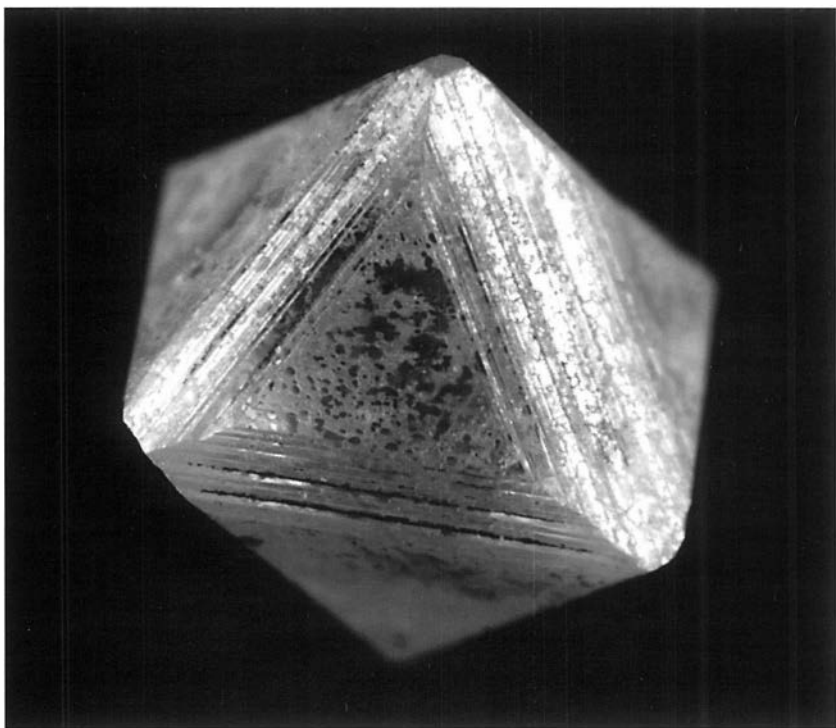




Рис. 129. Корродированный кристалл октаэдрического габитуса. Россыпь реки Молодо. $\times 25$.

Fig. 129. Corroded crystal of octahedral habit. Placer of the Molodo river. $\times 25$.

Рис. 130. Рельеф коррозии на алмазе IV разновидности (алмаз в оболочке) по классификации Ю. Л. Орлова. Трубка Удачная. $\times 20$.

Fig. 130. Corrosion relief on a diamond of variety IV according to Orlov's classification (coated diamond). Udachnaya pipe. $\times 20$.

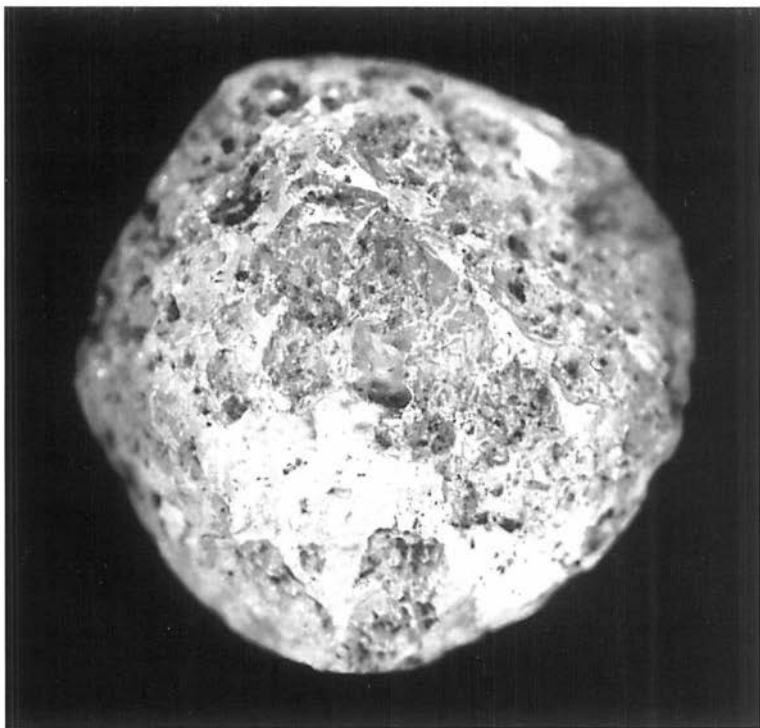




Рис. 131. Ромбододекаэдрoid с кавернами. Трубка Юбилейная. $\times 27$.

Fig. 131. Dodecahedroid with caverns. Yubileinaya pipe. $\times 27$.

Рис. 132. Кристалл переходной формы с кавернами. Трубка Сытыканская. $\times 40$.

Fig. 132. Crystal of transitional form with caverns. Sytykanskaya pipe. $\times 40$.

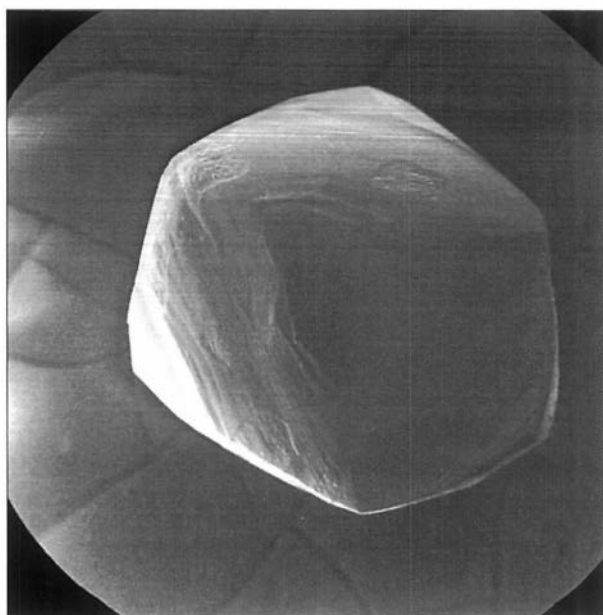
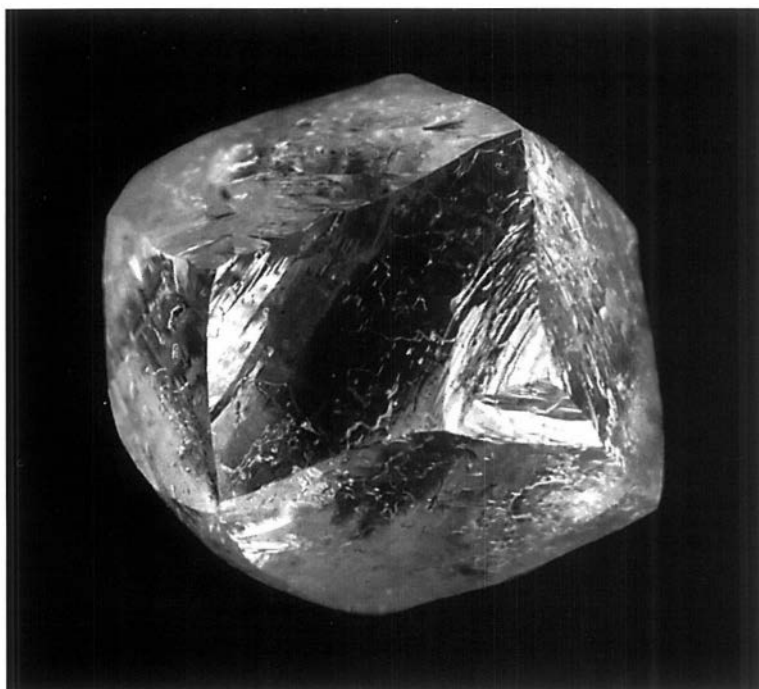




Рис. 133. Кристалл переходной формы с кавернами. Трубка Сытыканская. $\times 40$.

Fig. 133. Crystal of transitional form with caverns. Sytykanskaya pipe. $\times 40$.

Рис. 134. То же, детали каверн. $\times 100$.

Fig. 134. The same, details of caverns. $\times 100$.

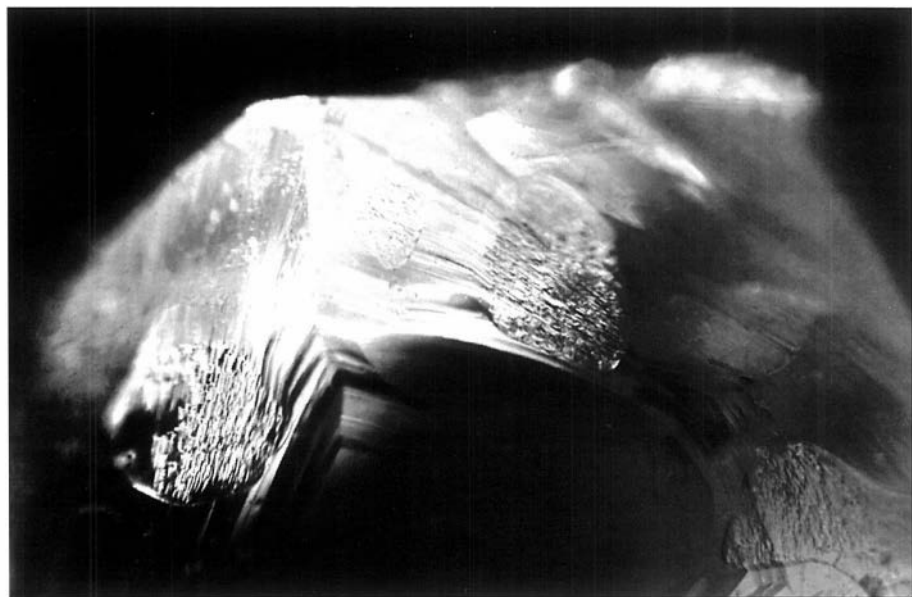




Рис. 135. Кристалл октаэдрического габитуса с корродированной поверхностью. Россыпь реки Молодо. $\times 21$.

Fig. 135. Crystal of octahedral habit with corroded surface. Placer of the Molodo river. $\times 21$.

Рис. 136. Кристалл октаэдрического габитуса с кавернами. Трубка Сытыканская. $\times 30$.

Fig. 136. Crystal of octahedral habit with caverns. Sytykanskaya pipe. $\times 30$.

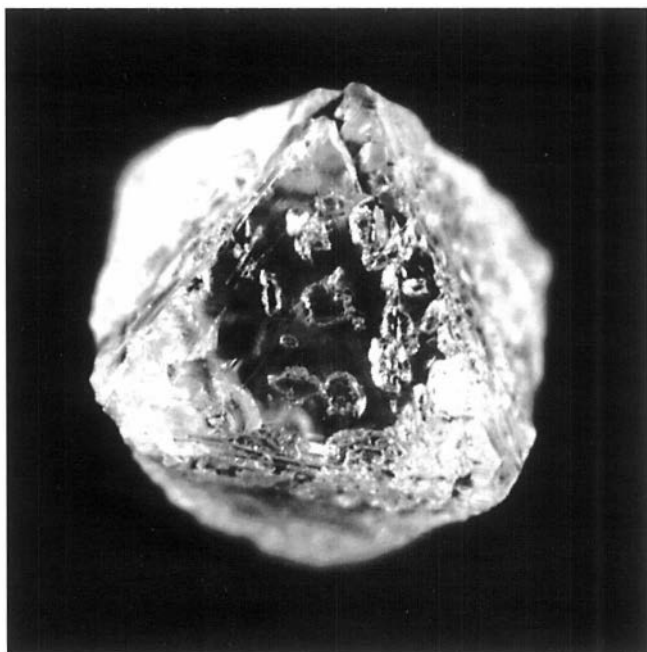




Рис. 137. Ромбододекаэдронд («собачий зуб») с кавернами. Россыпь реки Ырас-Юрях. × 30.

Fig. 137. Dodecahedroid («dog tooth») with caverns on surface. Placer of the Yras-Yurekh river. × 30.

Рис. 138. Кристалл октаэдрического габитуса с желобами на месте ребер, матированной поверхностью, с трещинами на ребрах и поверхности (см. «Признаки древности»). Россыпь реки Молодо. × 40.

Fig. 138. Crystal of octahedral habit with forsted surface, with grooves on edges and cracks on edges and faces (see «Antiquity features»). Placer of the Molodo river. × 40.

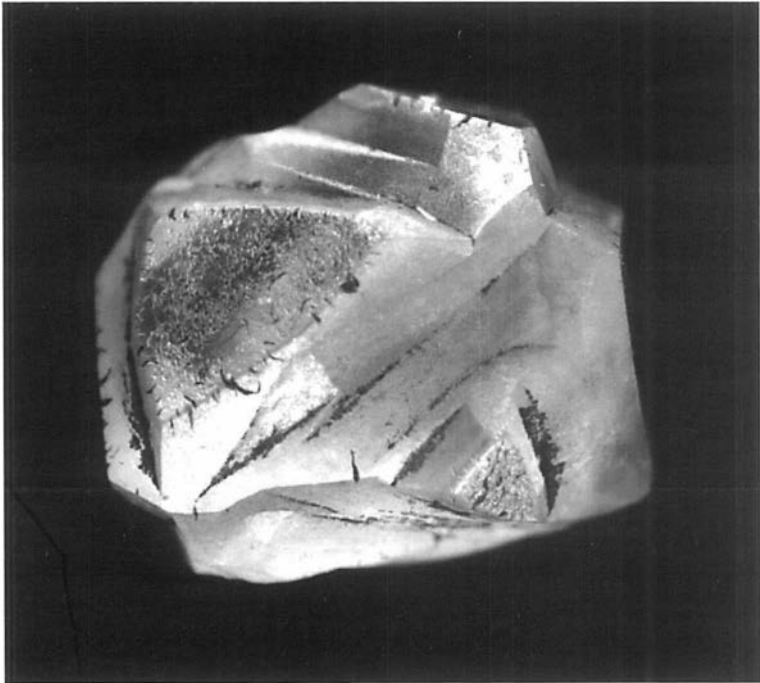


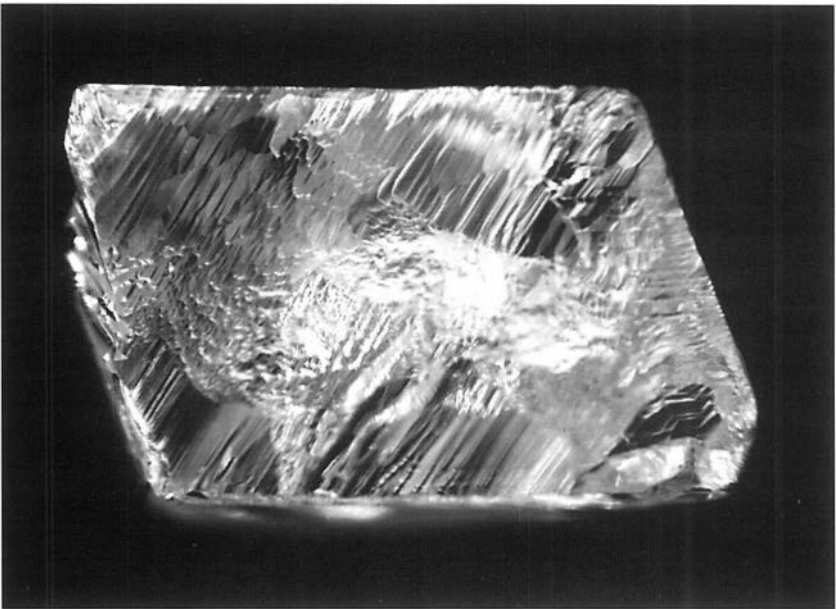
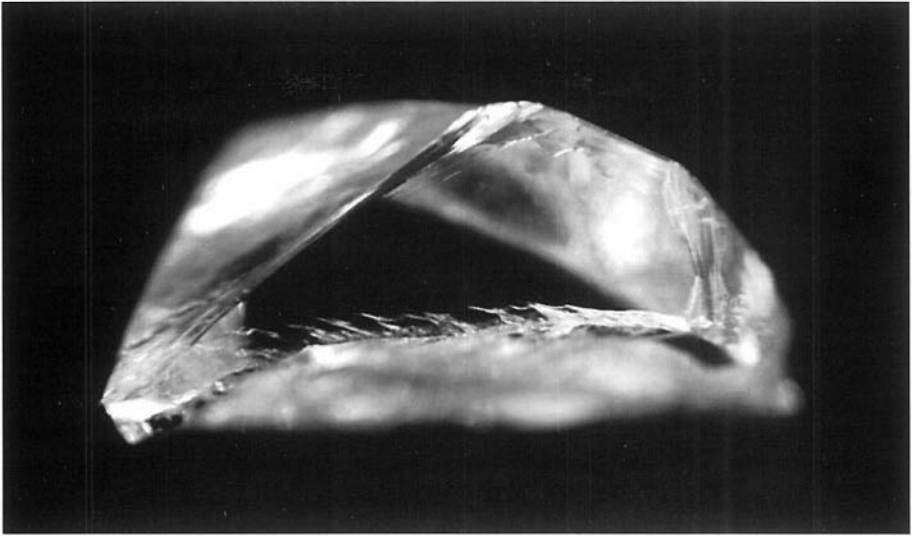


Рис. 139. Расколотый кристалл октаэдрического габитуса со сноповидной штриховкой и скульптурами коррозии на сколе (протомагматический скол). Трубка Мир. $\times 23$.

Fig. 139. Broken crystal of octahedral habit with sheaf-like striation and with corrosion sculptures on the cleavage surface (protomagmatic cleavage surface). Mir pipe. $\times 23$.

Рис. 140. То же, скульптуры магматической коррозии на сколе. $\times 24$.

Fig. 140. The same, sculptures of protomagmatic corrosion on the cleavage surface. $\times 24$.





ДВОЙНИКИ И СРОСТКИ

MACLES AND AGGREGATES

Рис. 141. Шпинелевый двойник в форме треугольной пластинки. Трубка Удачная. $\times 24$.

Fig. 141. Macle in the form of trigonal plate. Udachnaya pipe. $\times 24$.

Рис. 142. Сложный шпинелевый двойник. Трубка Удачная. $\times 24$.

Fig. 142. Complex macle. Udachnaya pipe. $\times 24$.





Рис. 143. Вросток, ориентированный по шпинелевому закону. Трубка Мир. $\times 43$.

Fig. 143. Embedded crystal oriented after spinel law. Mir pipe. $\times 43$.

Рис. 144. Шпинелевый двойник ромбододекаэдров с шестоватой скульптурой. Трубка Сытыканская. $\times 30$.

Fig. 144. Macle of dodecahedroids with columnar relief. Sytykanskaya pipe. $\times 30$.

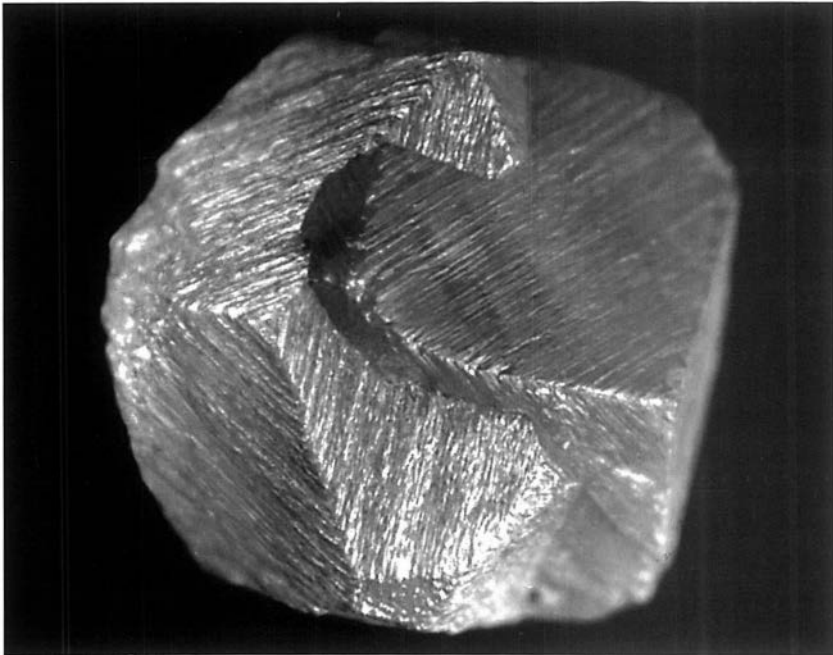




Рис. 145. Вросток, ориентированный по шпинелевому закону в ромбододекаэдроме с шестовато-черепитчатой скульптурой. Россыпь реки Эбелях. $\times 60$.

Fig. 145. Crystal embedded after spinel law in dodecahedroid. Placer of the Ebelyakh river. $\times 60$.

Рис. 146. Циклический двойник (пятерник). Трубка Мир. $\times 40$.

Fig. 146. Cyclic macle (star-macle). Mir pipe. $\times 40$.

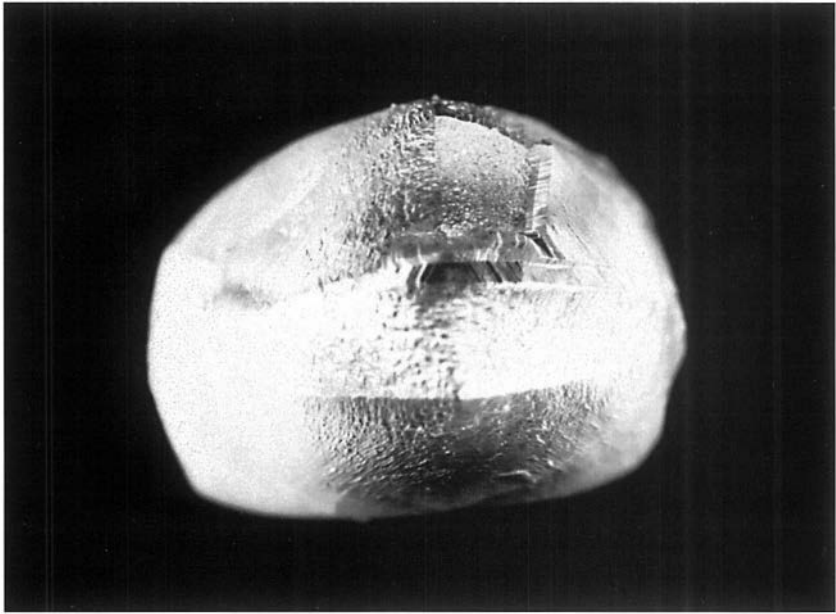




Рис. 147. Параллельный сросток двух кристаллов октаэдрического габитуса. Трубка Мир. $\times 16$.

Fig. 147. Parallel aggregate of two crystals of octahedral habit. Mir pipe. $\times 16$.

Рис. 148. Параллельный сросток двух октаэдров со сноповидной и занозистой штриховкой на ребрах. Трубка Долгожданная. $\times 27$.

Fig. 148. Parallel aggregate of two crystals of octahedral habit with sheaf-like and splintery striation. Dolgozhdannaya pipe. $\times 27$.

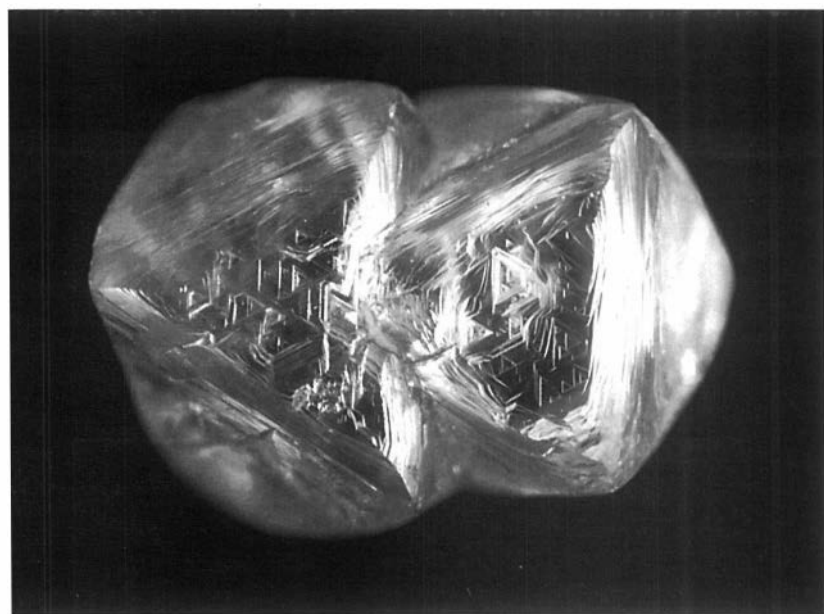




Рис. 149. Кристалл октаэдрического габитуса со сноповидной штриховкой; в треугольной впадине – росток алмаза. Трубка Мир. $\times 30$.

Fig. 149. Crystal of octahedral habit with a sheaf-like striation; in the trigonal pit is embedded crystal. Mir pipe. $\times 30$.

Рис. 150. То же, детали поверхности. $\times 95$.

Fig. 150. The same, details of surface. $\times 95$.

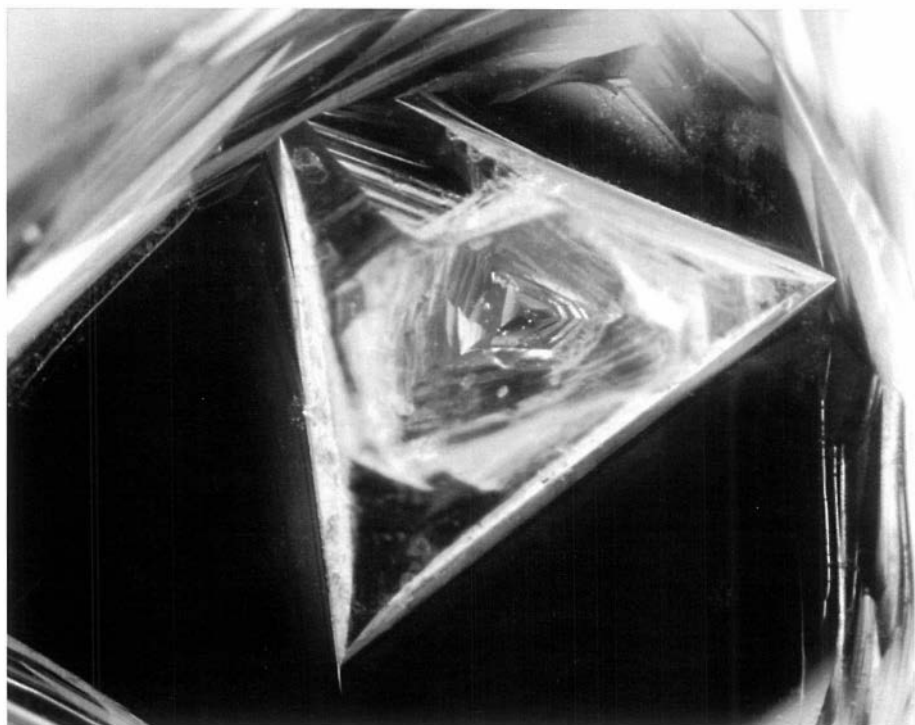
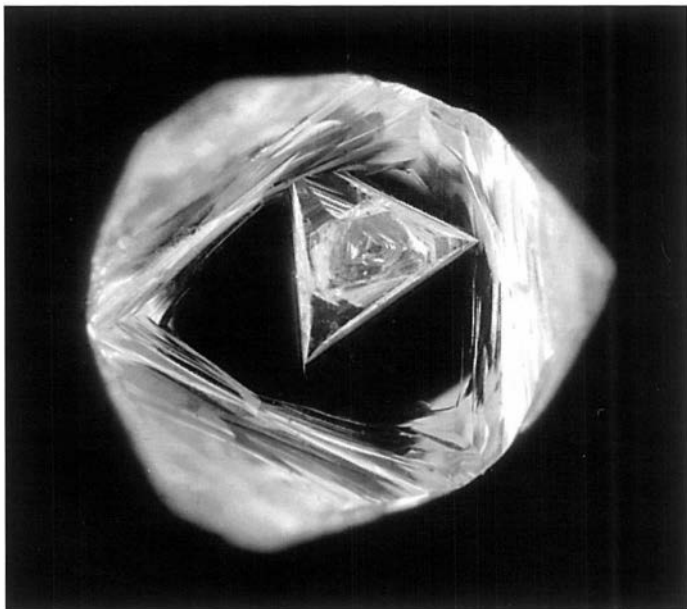




Рис. 151. Вросток в кристалле октаэдрического габитуса. Трубка Удачная. $\times 33$.

Fig. 151. Embedded crystal in octahedron. Udachnaya pipe. $\times 33$.

Рис. 152. Вросток в ромбододекаэдроме с тонкой сноповидной штриховкой. Участок Приустьевой, россыпь реки Эбелях. $\times 40$.

Fig. 152. Embedded crystal in dodecahedroid with thin sheaf-like striation. Priust'yevoi district, placer of the Ebelyakh river. $\times 40$.

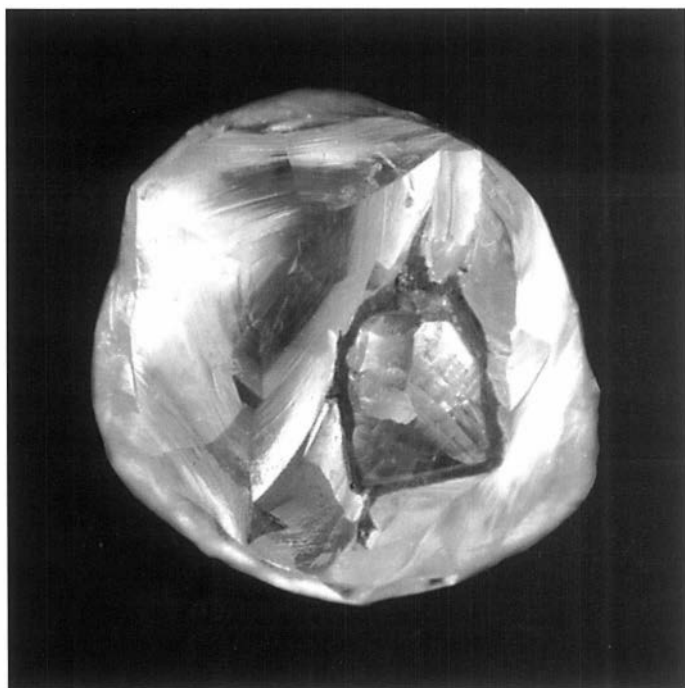


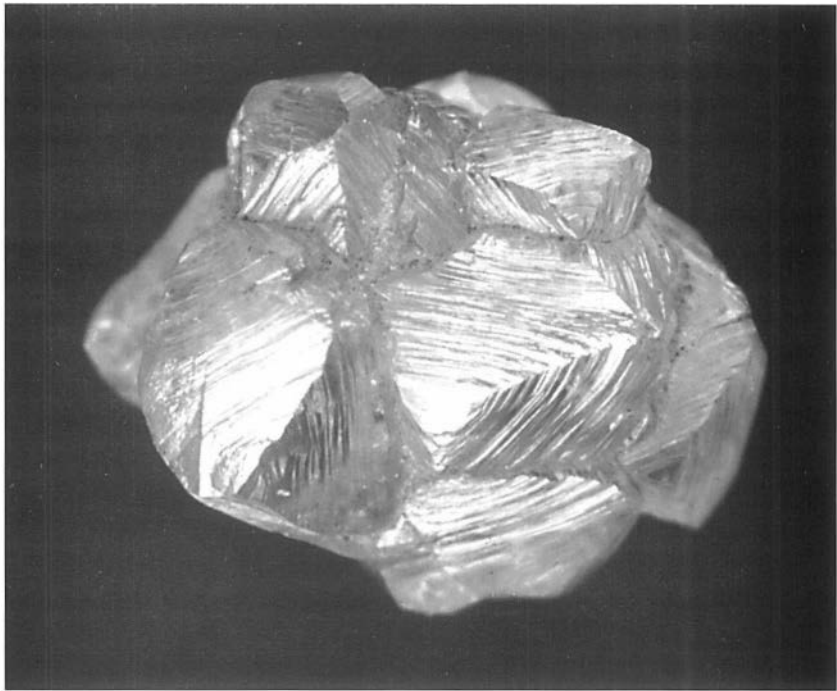


Рис. 153. Незакономерный сросток разновеликих кристаллов. Россыпь реки Молодо. $\times 30$.

Fig. 153. Irregular aggregate of unequal crystals. Placer of the Molodo river. $\times 30$.

Рис. 154. Поликристаллический сросток ламинарных ромбододекаэдров. Россыпь реки Молодо. $\times 30$.

Fig. 154. Polycrystalline aggregate of laminar dodecahedroids. Placer of the Molodo river. $\times 30$.





МЕХАНИЧЕСКИЙ ИЗНОС

MECHANICAL WEAR

Рис. 155. Кристалл переходного габитуса с округло-ступенчатым строением поверхностей ромбододекаэдроида и поверхностями истирания. Россыпь реки Эбелях. × 29.

Fig. 155. Crystal of transitional habit with a rounded-stepped structure of dodecahedral surface of and with abrasion surface. Placer of the Ebelyakh river. × 29.

Рис. 156. То же, детали поверхности истирания. × 60.

Fig. 156. The same, details of abrasion surface. × 60.

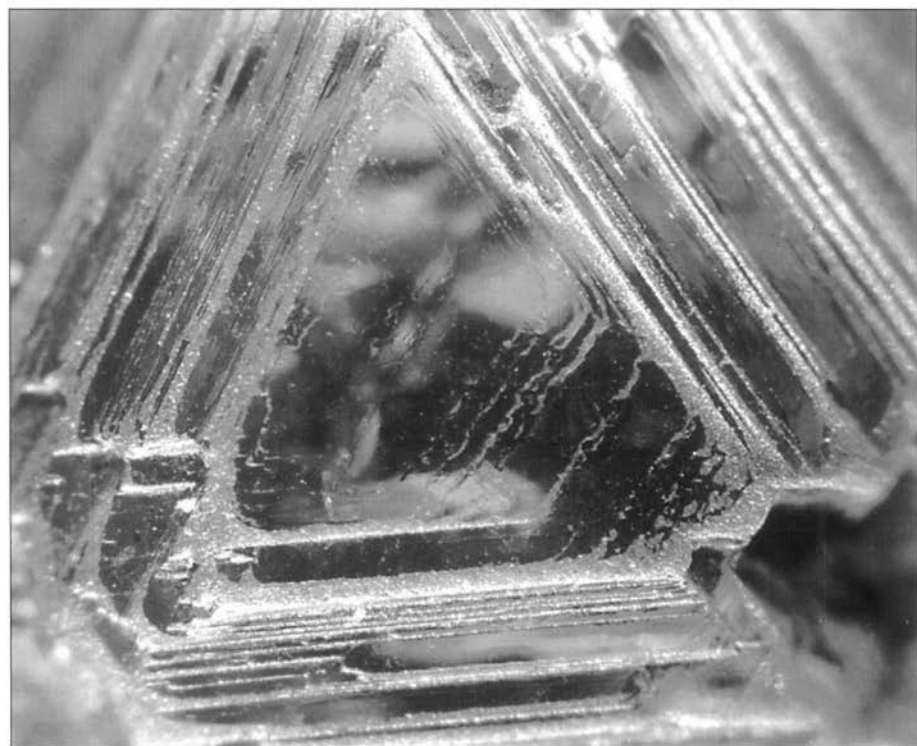
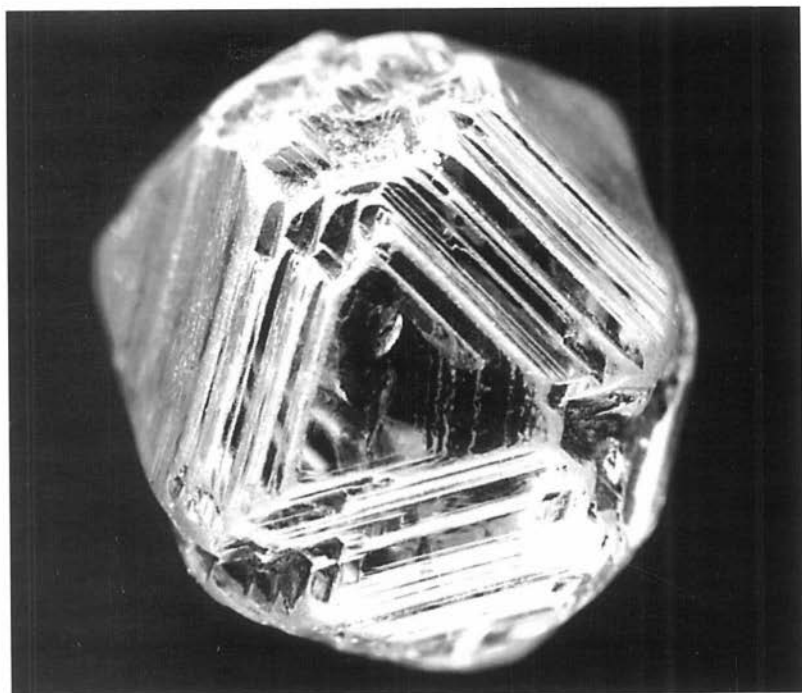




Рис. 157. Ромбододекаэдронд с кавернами и механическим износом. Россыпь реки Куойка. × 20.

Fig. 157. Dodecahedroid with caverns and mechanical wear. Placer of the Kuoika river. × 20.

Рис. 158. Сросток ромбододекаэдрондов (VII разновидность по классификации Ю. Л. Орлова) с механическим износом. Россыпь реки Эбелях. × 22.

Fig. 158. Aggregate of dodecahedroids (variety VII according to Orlov's classification) with mechanical wear. Placer of the Ebelyakh river. × 22.

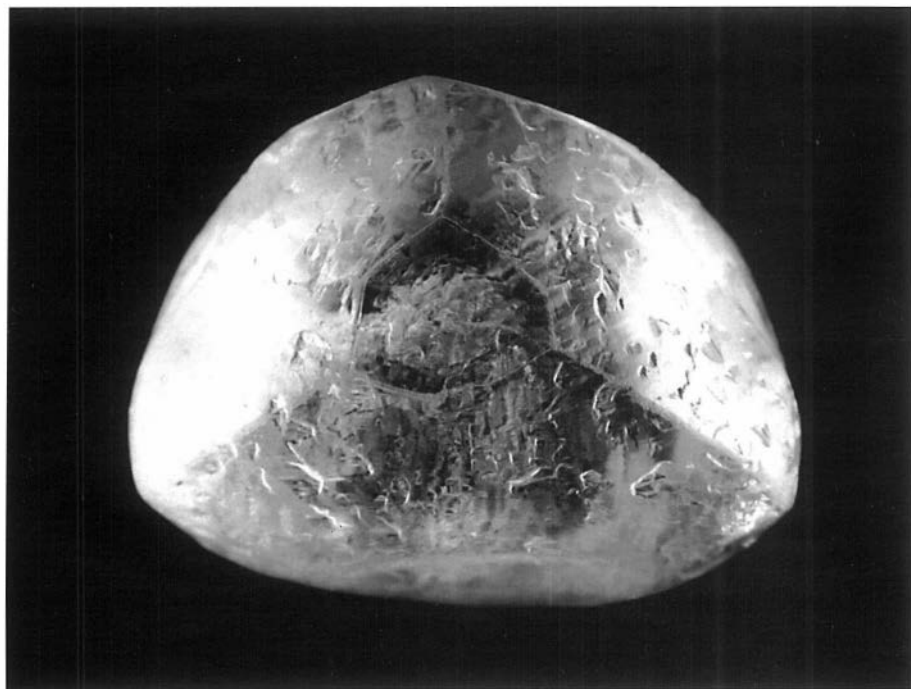




Рис. 159. Сросток ромбододекаэдров (VII разновидность по классификации Ю. Л. Орлова) с механическим износом. Россыпь реки Эбелях. $\times 20$.

Fig. 159. Aggregate of dodecahedroids (variety VII according to Orlov's classification) with mechanical wear. Placer of the Ebelyakh river. $\times 20$.

Рис. 160. То же, детали поверхности. $\times 50$.

Fig. 160. The same, details of surface. $\times 50$.





Рис. 161. Янтарно-желтый тетрагексаэдронд с каплевидными холмиками и механическим износом. Россыпь реки Эбелях. $\times 25$.

Fig. 161. Amber-yellow tetrahexahedroid with drop-like hummocks and mechanical wear. Placer of the Ebelyakh river. $\times 25$.

Рис. 162. Ромбододекаэдронд с сильным механическим износом. Россыпь реки Молодо. $\times 32$.

Fig. 162. Dodecahedroid with drastic mechanical wear. Placer of the Molodo river. $\times 32$





Рис. 163. Износ в форме выкрашивания. Россыпь реки Молодо. × 40.

Fig. 163. Spalling-like mechanical wear. Placer of the Molodo river. × 40.

Рис. 164. То же, с противоположной стороны. × 40.

Fig. 164. The same, opposite side. × 40.

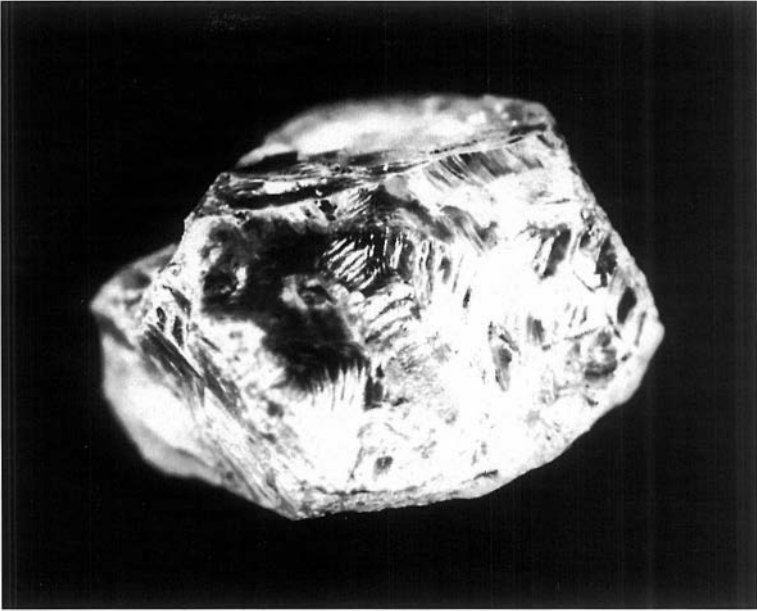




Рис. 165. Светло-коричневый ромбододекаэдроид с леденцовым рельефом на ребрах. Россыпь реки Эбелях. × 27. (См. также рис. 42, 61, 91, 199).

Fig. 165. Light-brown dodecahedroid with «icicle» relief on edges. Placer of the Ebelyakh river. × 27. (See also Figs. 42, 61, 91, 199).

«ПРИЗНАКИ ДРЕВНОСТИ» АЛМАЗОВ

«ANTIQUITY FEATURES» OF DIAMONDS

Рис. 166. Ромбододекаэдроид с бурыми пятнами пигментации и тонким ромбическим узором. Россыпь реки Молодо. × 50.

Fig. 166. Dodecahedroid with grayish-brown pigmentation spots and with thin rhombic pattern. Placer of the Molodo river. × 50.

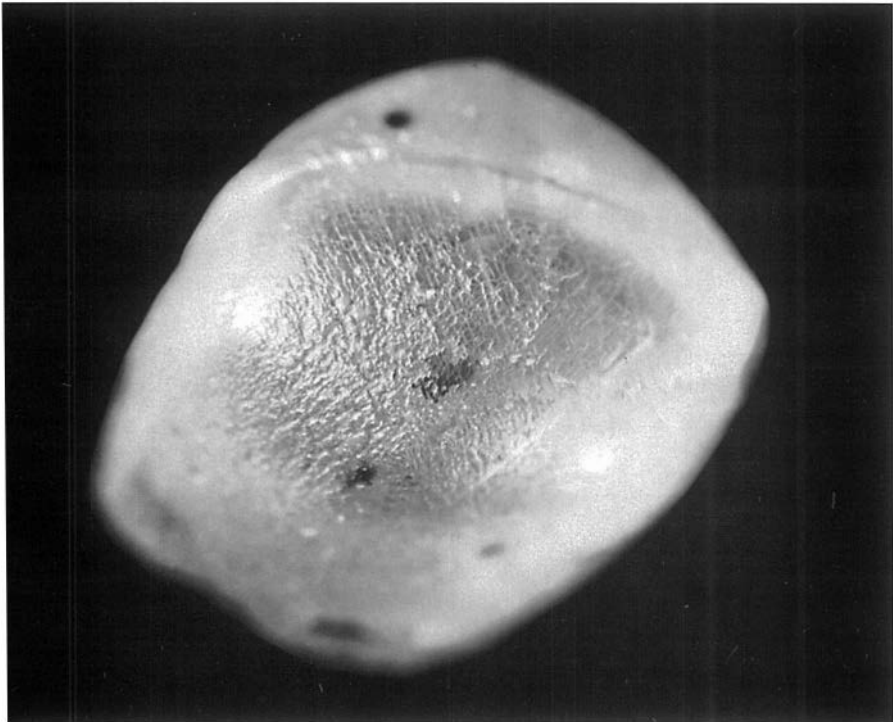


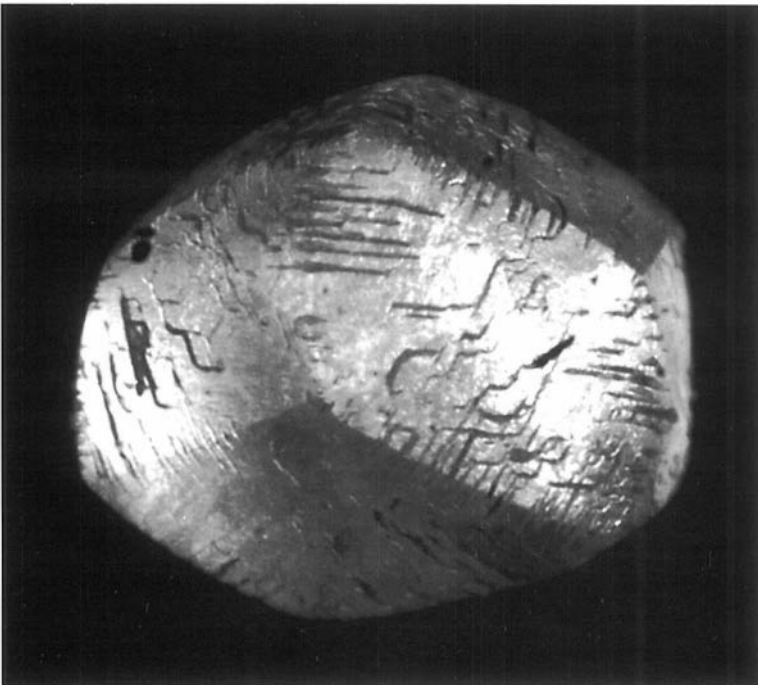
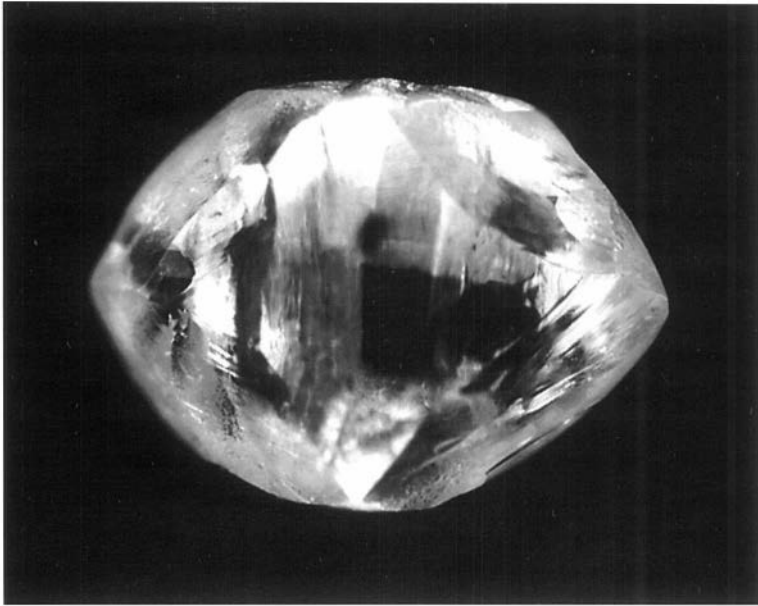


Рис. 167. Ромбододекаэдрoid с зелеными пятнами пигментации. Россыпь реки Молодо. × 50.

Fig. 167. Dodecahedroid with green pigmentation spots. Placer of the Molodo river. × 50.

Рис. 168. Ромбододекаэдрoid с узором глубоких ромбических трещин. Россыпь реки Ирелях. × 42. (См. также рис. 11, 138).

Fig. 168. Dodecahedroid with a pattern of deep rhombic cracks. Placer of the Irelyakh river. (See also Figs. 11, 138).





РАЗНОВИДНОСТИ АЛМАЗОВ
по классификации Ю. Л. ОРЛОВА

DIAMONDS VARIETIES
according to Yu. L. ORLOV'S CLASSIFICATION

I разновидность

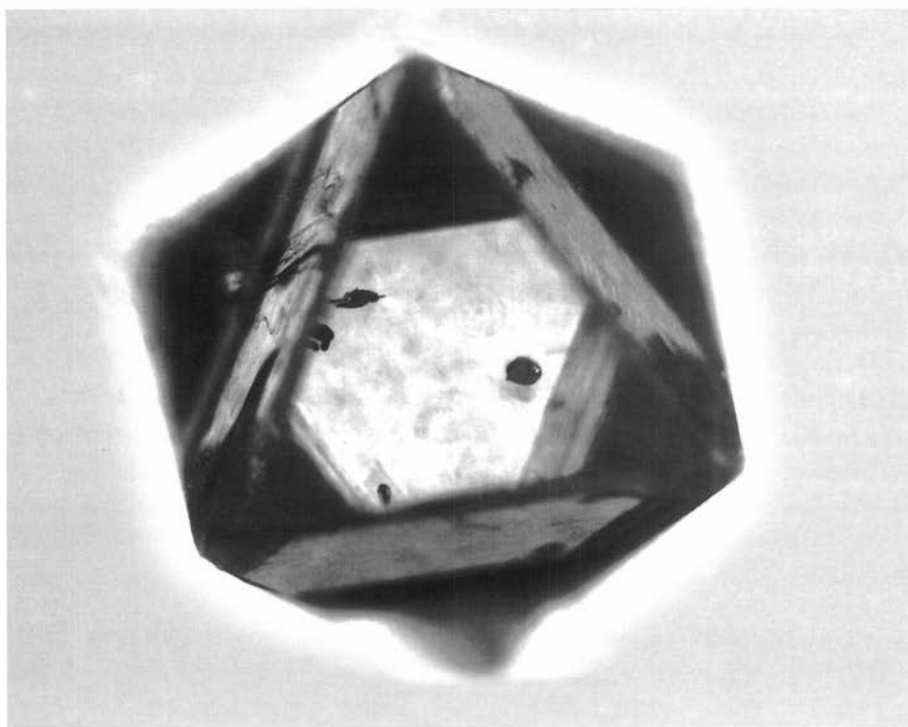
Variety I

Рис. 169. Кристалл октаэдрического габитуса с включениями. Трубка Поморская (Архангельская алмазоносная провинция). × 30.

Fig. 169. Crystal of octahedral habit with inclusions. Pomorskaya pipe (Arkhangel'sk diamondiferous province). × 30.

Рис. 170. Ламинарный ромбододекаэдронд с блоковой скульптурой. Трубка Юбилейная. × 35.

Fig. 170. Laminar dodecahedroid with block sculpture. Yubileinaya pipe. × 35.





II разновидность

Variety II

Рис. 171. Желтый кубоид с квадратными впадинами. Россыпь Булкур (Западное Верхоянье). $\times 32$.

Fig. 171. Yellow cuboid with square pits. Bulkur placer (Western Upper Yana region). $\times 32$.

Рис. 172. Желтый тетрагексаэдроид с крупными квадратными впадинами. Россыпь Булкур (Западное Верхоянье). $\times 23$.

Fig. 172. Yellow tetrahexahedroid with big square pits. Bulkur placer (Western Upper Yana region). $\times 23$.

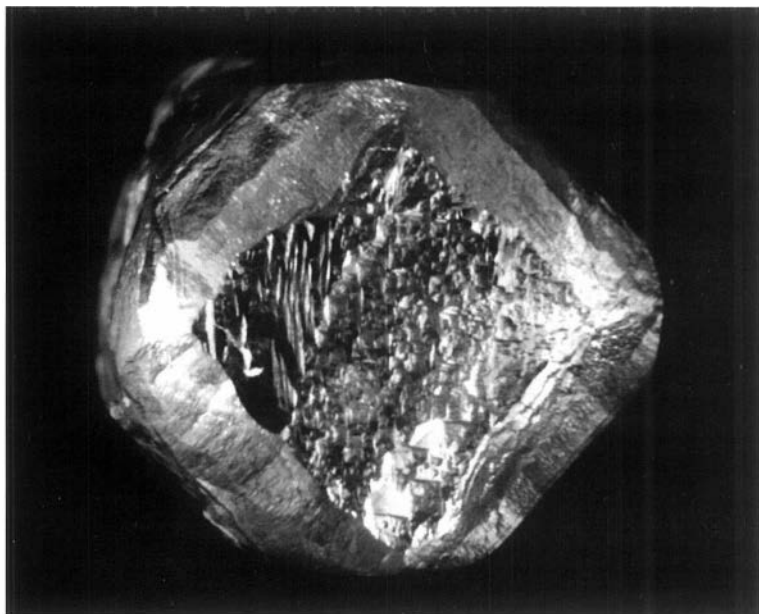


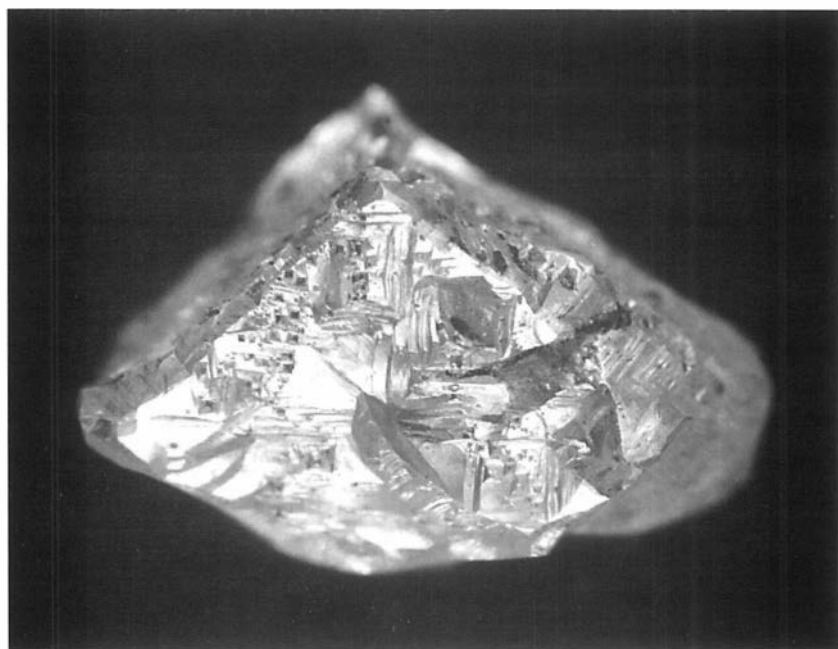
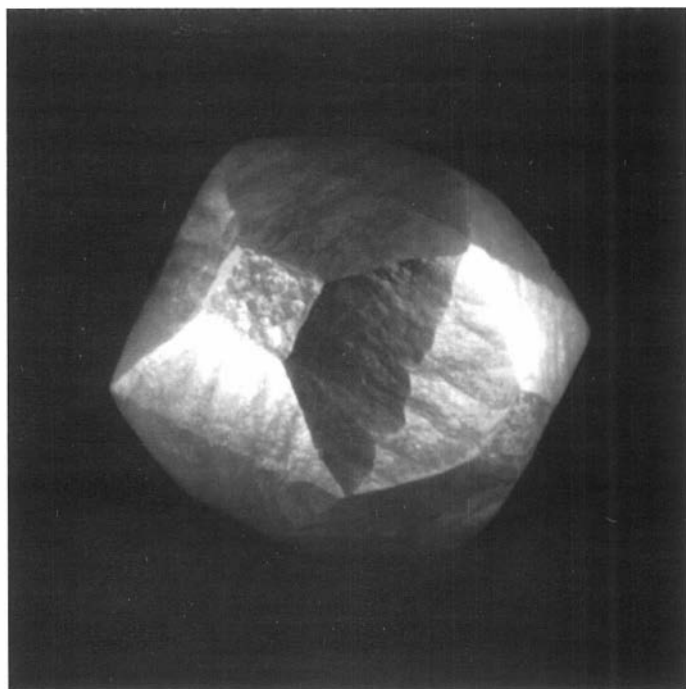


Рис. 173. Янтарно-желтый тетрагексаэдррид. Трубка Юбилейная. $\times 44$.

Fig. 173. Amber-yellow tetrahexahedroid. Yubileinaya pipe. $\times 44$.

Рис. 174. Обломок желтого кубоида с квадратными впадинами. Россыпь Булкур (Западное Верхоянье). $\times 19$.

Fig. 174. Fragment of yellow cuboid with square pits. Bulkur placer (Western Upper Yana region). $\times 19$.





III разновидность

Variety III

Рис. 175. Сросток двух молочно-серых кубоидов. Россыпь реки Молодо. $\times 27$.

Fig. 175. Aggregate of two milk-gray cuboids. Placer of the Molodo river. $\times 27$.

Рис. 176. То же, с другой стороны кристалла. $\times 29$.

Fig. 176. The same, opposite side. $\times 29$.

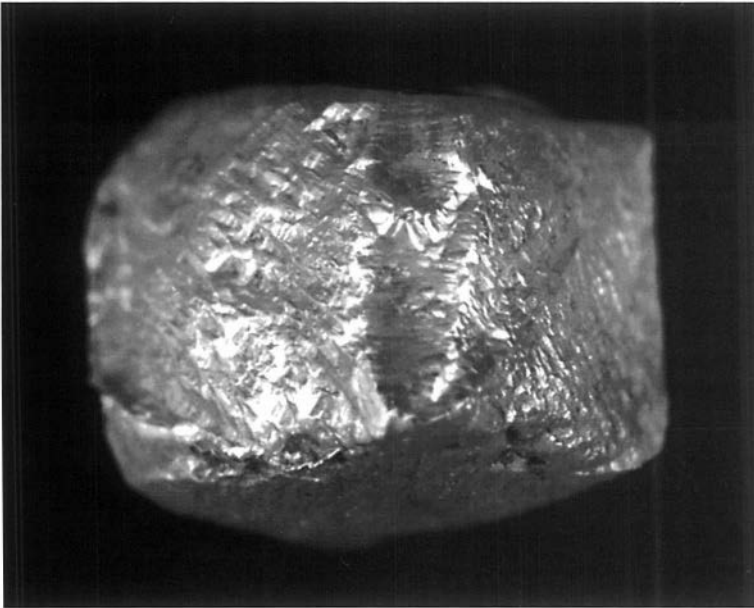


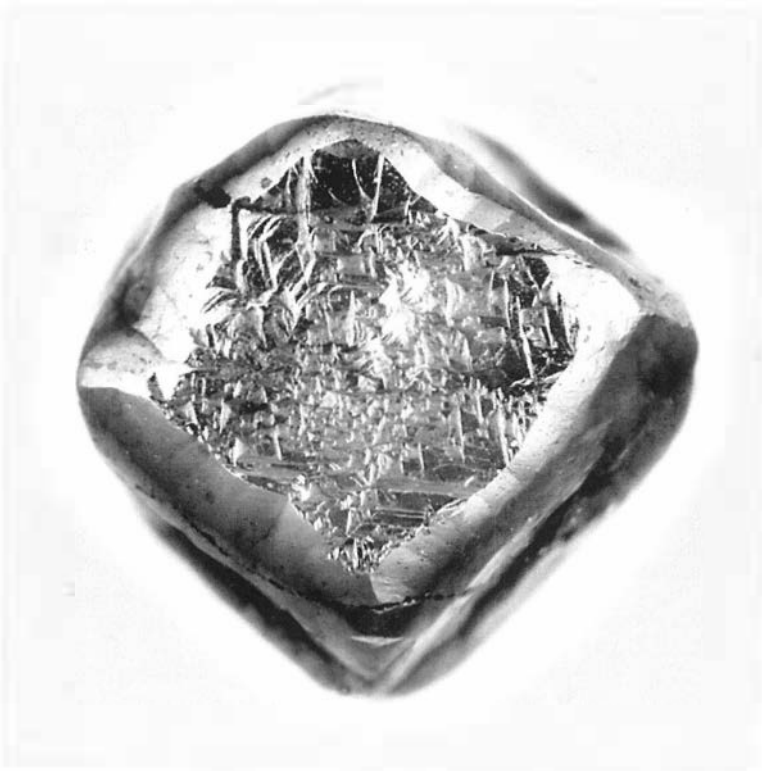
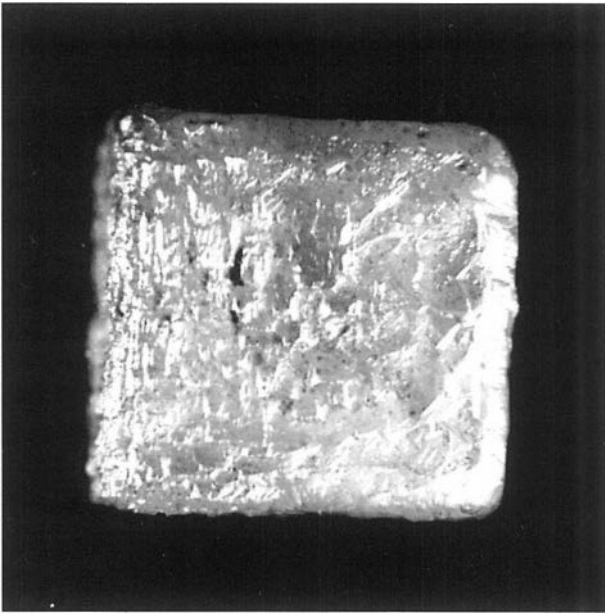


Рис. 177. Светло-серый кубоид. Трубка Удачная. × 29.

Fig. 177. Light-gray cuboid. Udachnaya pipe. × 29.

Рис. 178. Эмалевидный серый кубоид. Россыпь реки Молодо. × 26.

Fig. 178. Enamel-like gray cuboid. Placer of the Molodo river. × 26.





IV разновидность

Variety IV

Рис. 179. Желтый кристалл октаэдрического габитуса со сплошным узором треугольных впадин на $\{111\}$. Трубка Мир. $\times 20$.

Fig. 179. Yellow crystal of the octahedral habit with a continuous pattern of trigonal pits on $\{111\}$. Mir pipe. $\times 20$.

Рис. 180. Желтый кристалл октаэдрического габитуса со сплошным узором треугольных впадин на $\{111\}$. Трубка Удачная. $\times 30$.

Fig. 180. Yellow crystal of the octahedral habit with continuous pattern of trigonal pits on $\{111\}$ faces. Udachnaya pipe. $\times 30$.

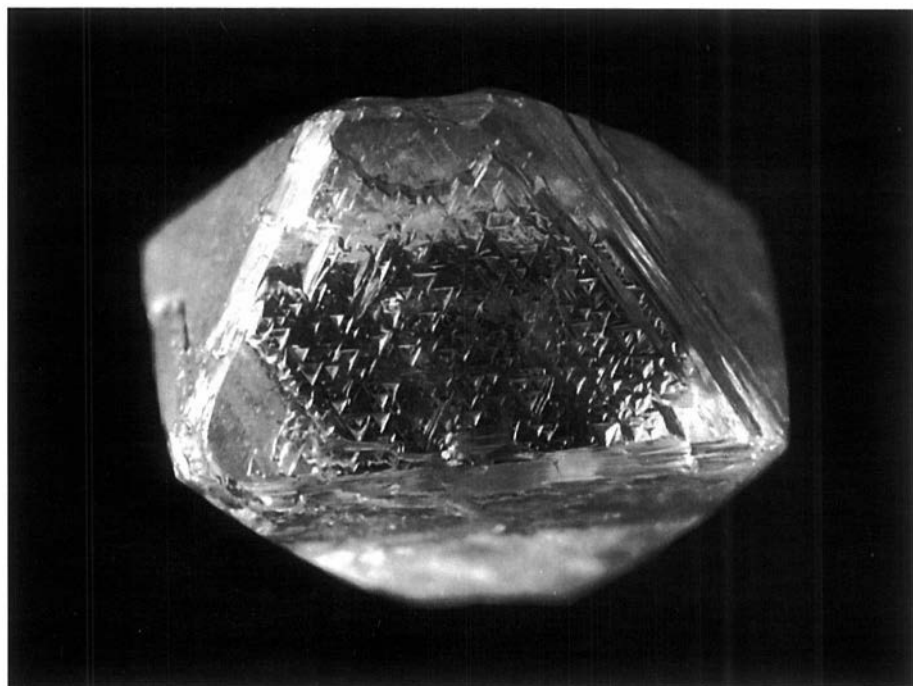
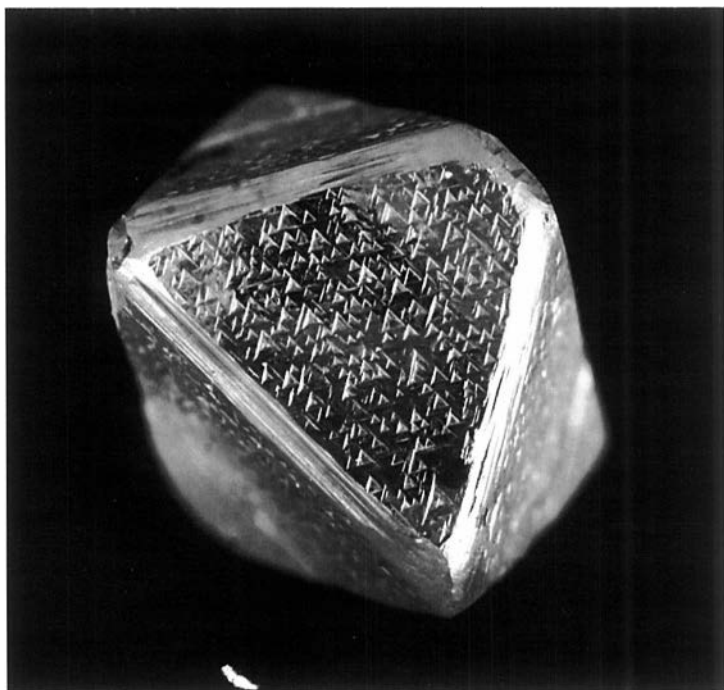




Рис. 181. Кристалл переходной формы коричневатого цвета, с тонкой шагренью и блоковой скульптурой на поверхностях ромбододекаэдроида и со сплошным узором треугольных впадин на $\{111\}$. Россыпь реки Молодо. $\times 34$.

Fig. 181. Brown crystal of transitional form with thin shagreen relief, block sculpture on dodecahedral surfaces and with continuous pattern of trigonal pits on $\{111\}$. Placer of the Molodo river. $\times 34$.

Рис. 182. Желтый кристалл переходной формы со сплошным узором треугольных впадин на $\{111\}$. Трубка Удачная. $\times 40$.

Fig. 182. Yellow crystal of transitional form with continuous pattern of trigonal pits on $\{111\}$. Udachnaya pipe. $\times 40$.

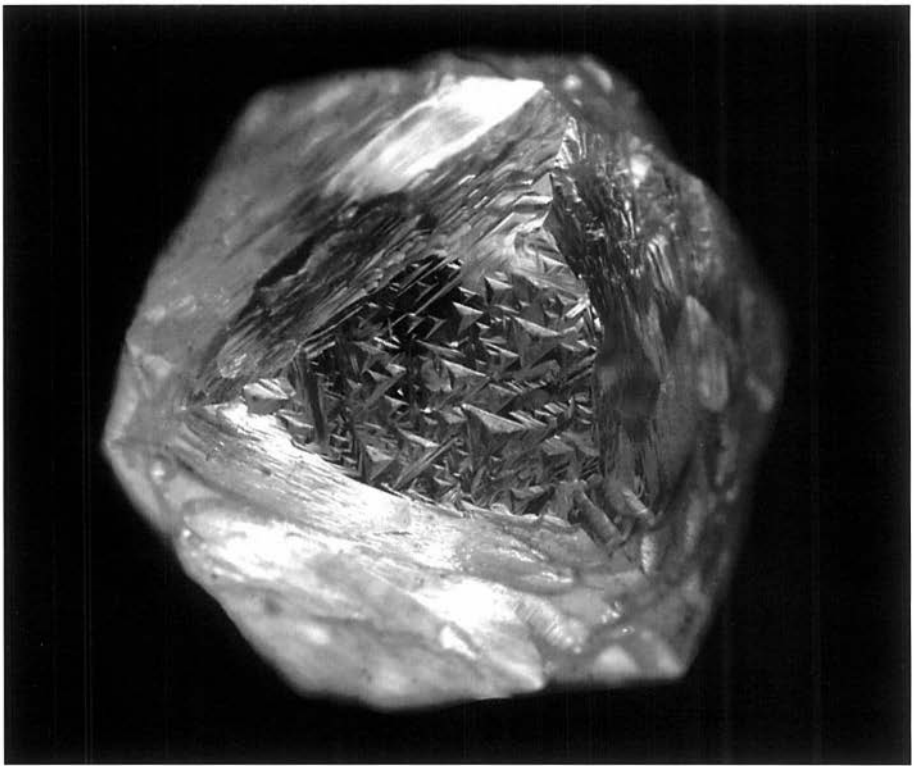




Рис. 183. Кристалл переходной формы зеленовато-серого цвета с шагренью на поверхностях ромбододекаэдроида и пористым характером октаэдрических граней. Трубка Юбилейная. $\times 36$.

Fig. 183. Green-gray crystal of transitional form with shagreen on dodecahedral surfaces and with «porous» octahedral faces. Yubileinaya pipe. $\times 36$.

Рис. 184. Зеленовато-желтый кристалл комбинационной формы «кубод-ромбододекаэдрод-октаэдр». Россыпь реки Эбелях. $\times 50$.

Fig. 184. Green-yellow crystal of «cuboid-dodecahedroid-octahedron» combinative form. Placer of the Ebelyakh river. $\times 50$

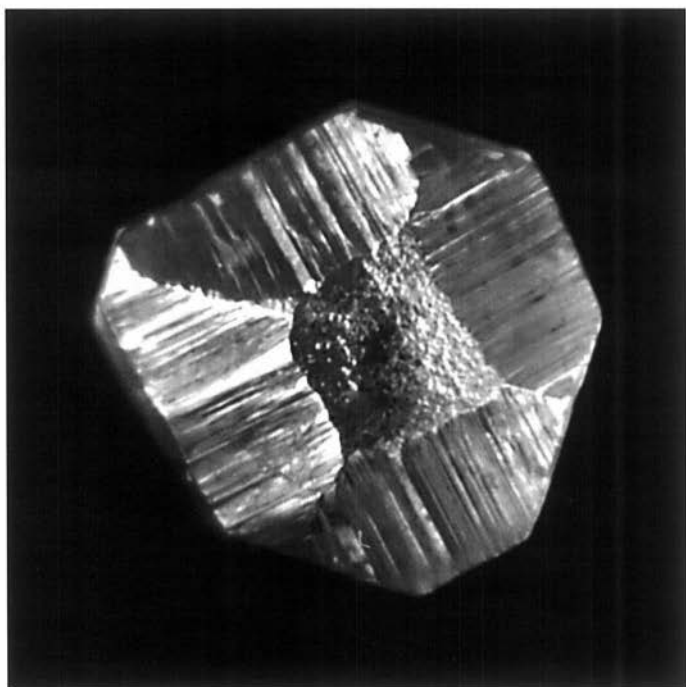
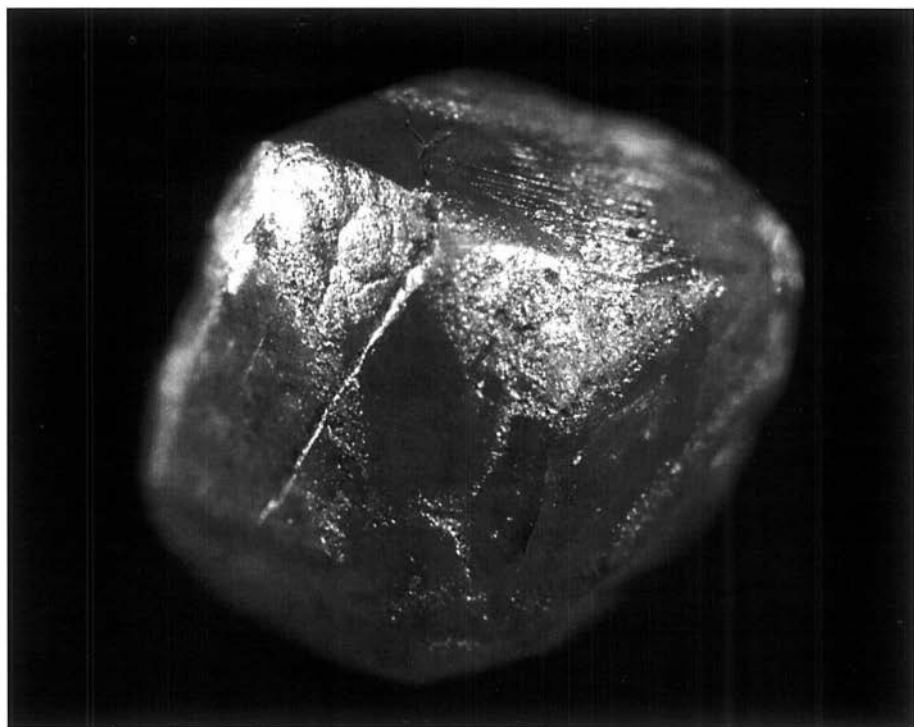


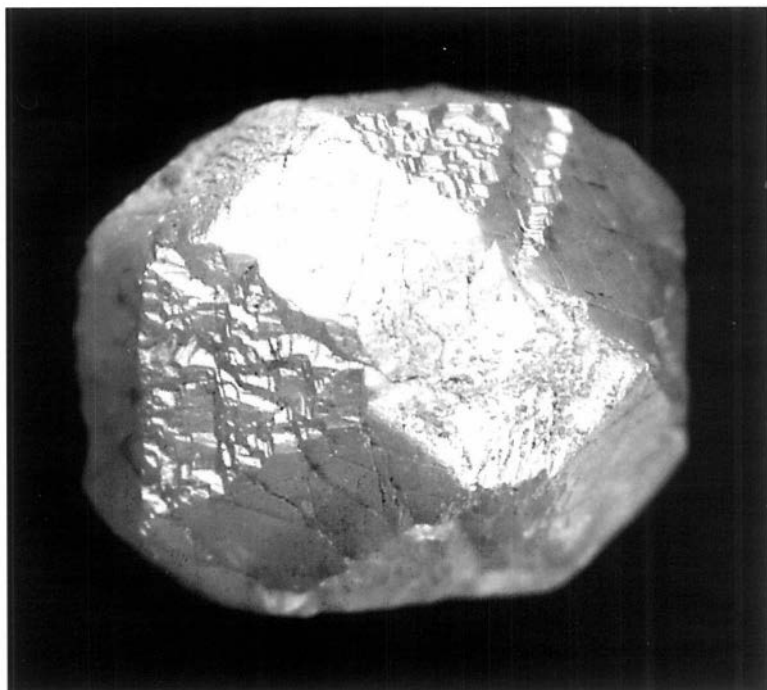


Рис. 185. Расколотый кристалл комбинационной формы «кубоид-октаэдр-ромбодекаэдр». Трубка Юбилейная. $\times 30$.

Fig. 185. Broken crystal of «cuboid-octahedron-dodecahedroid» combinative form. Yubileinaya pipe. $\times 30$.

Рис. 186. То же, со стороны скола видна центральная часть и обочка. $\times 28$.

Fig. 186. The same, the core and the rim portions are seen at the surface of break. $\times 28$.





V разновидность

Variety V

Рис. 187. Группа алмазов V разновидности. Россыпь реки Эбелях. × 8.

Рис. 187. Some diamonds of variety V. Placer of the Ebelyakh river. × 8.

Рис. 188. Алмазы V разновидности из россыпей севера Якутской алмазоносной провинции. × 12.

Fig. 188. Some diamonds of variety V from placers of northern part of the Yakutian diamondiferous province. × 12.





Рис. 189. Серый кристалл переходной формы. Россыпь реки Молодо. $\times 18$.

Fig. 189. Gray crystal of transitional form. Placer of the Molodo river. $\times 18$.

Рис. 190. Серый кристалл переходной формы. Участок Приустьевой, россыпь реки Эбелях. $\times 34$.

Fig. 190. Gray crystal of transitional form. Priust'yevoi district, placer of the Ebelyakh river. $\times 34$.





Рис. 191. Серый кристалл переходной формы с большим количеством чешуек графита во внешней зоне. Россыпь реки Эбелях. × 30.

Fig. 191. Gray crystal of transitional form with a great number of graphite flakes. Placer of the Ebelyakh river. × 30.

Рис. 192. Серый ромбододекаэдр с большим количеством чешуек графита во внешней зоне. Участок Приустьевой, россыпь реки Эбелях. × 30.

Fig. 192. Gray dodecahedroid with a great number of graphite flakes. Priust'yevoi district, placer of the Ebelyakh river. × 30.





VI разновидность
Variety VI

Рис. 193. Баллас. Россыпь реки Беевчине. × 24.

Fig. 193. Ballas. Placer of the Beenchime river. × 24.

Рис. 194. Баллас. Участок Приустьевой, россыпь реки Эбелях. × 35.

Fig. 194. Ballas. Priust'yevoi district, placer of the Ebelyakh river. × 35.

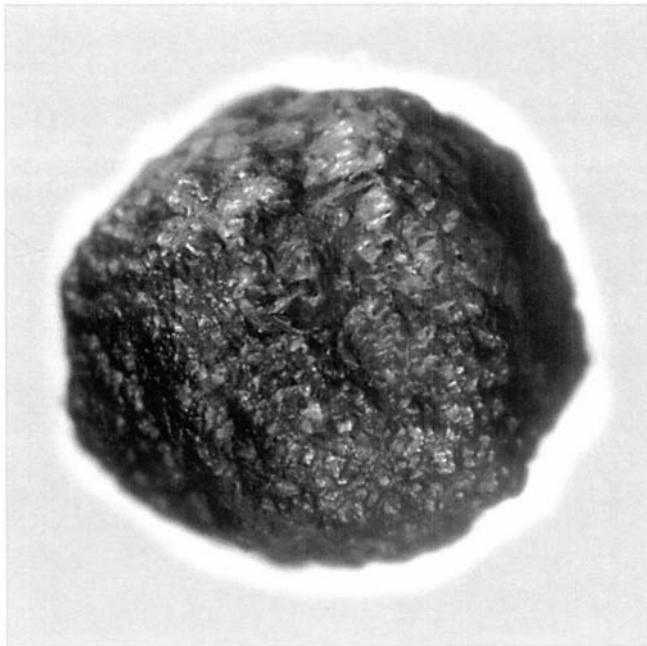
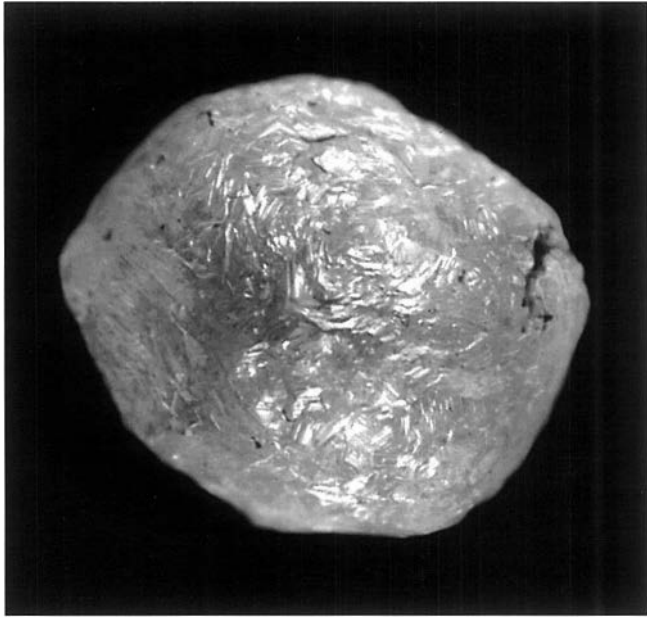




Рис. 195. Баллас. Россыпь реки Нижняя Тунгуска. × 40.

Fig. 195. Ballas. Placer of the Nizhnyaya Tunguska river. × 40.

VII разновидность
Variety VII

Рис. 196. Группа алмазов VII разновидности. Россыпь реки Эбелях. × 6.

Fig. 196. Some diamonds of variety VII. Placer of the Ebelyakh river. × 6.

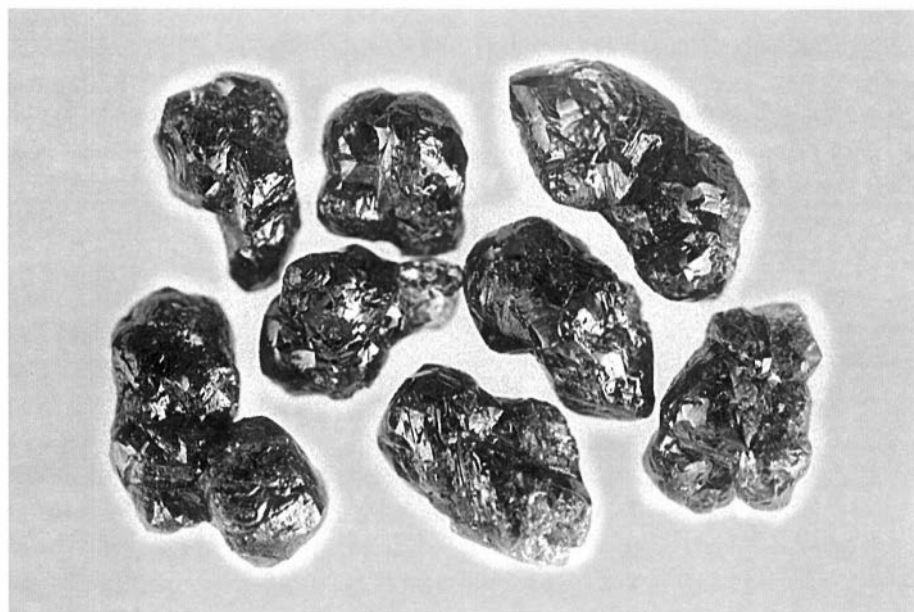
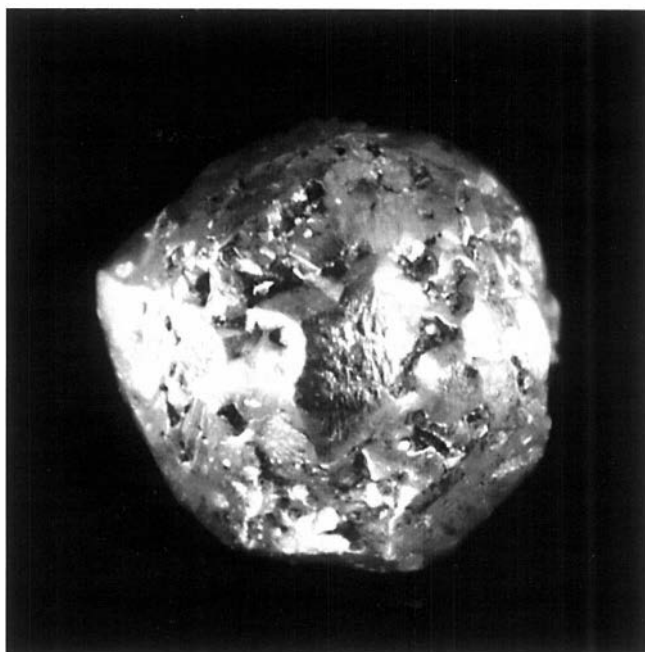




Рис. 197. Алмазы VII разновидности из россыпей севера Якутской алмазоносной провинции. $\times 8$.

Fig. 197. Some diamonds of variety VII from placers of the northern part of the Yakutian diamondiferous province. $\times 8$.

Рис. 198. Сросток кристаллов ромбододекаэдрического габитуса. Россыпь реки Молодо. $\times 20$.

Fig. 198. Aggregate of dodecahedral habit crystals. Placer of the Molodo river. $\times 20$.

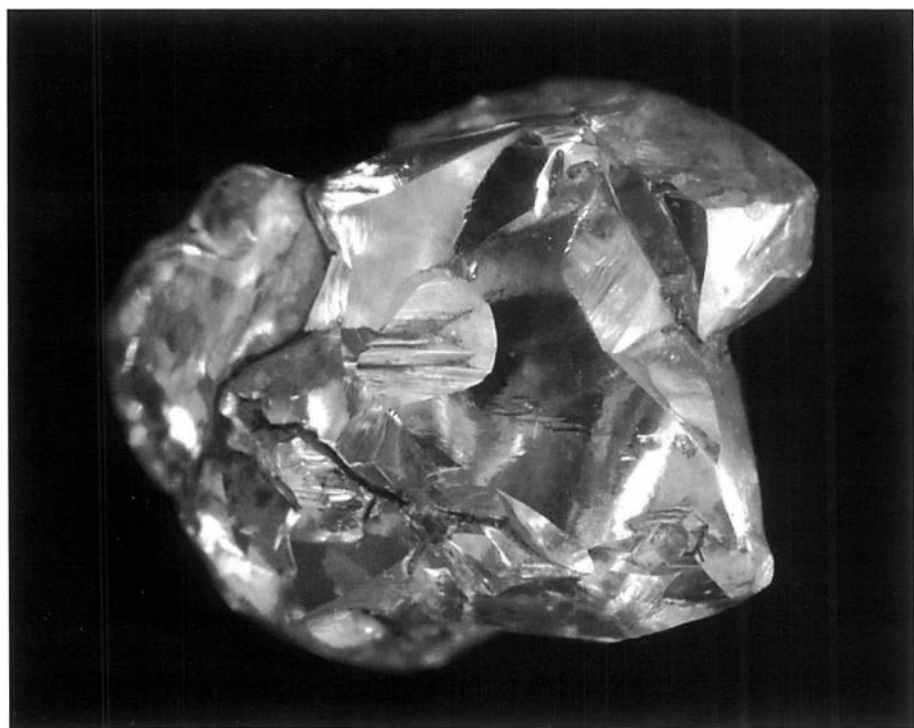




Рис. 199. Сросток кристаллов ромбододекаэдрического габитуса. Россыпь реки Молодо. $\times 21$.

Fig. 199. Aggregate of dodecahedral habit crystals. Placer of the Molodo river. $\times 21$.

VIII разновидность

Variety VIII

Рис. 200. Серый поликристаллический сросток ламинарных ромбододекаэдров. Трубка Удачная. $\times 27$.

Fig. 200. Gray polycrystalline aggregate of laminar dodecahedroids. Udachnaya pipe. $\times 27$.

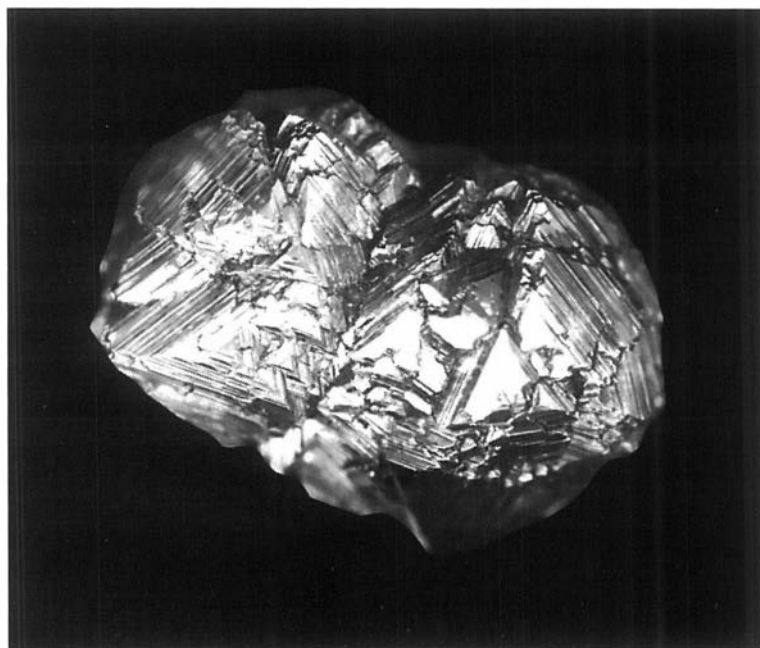
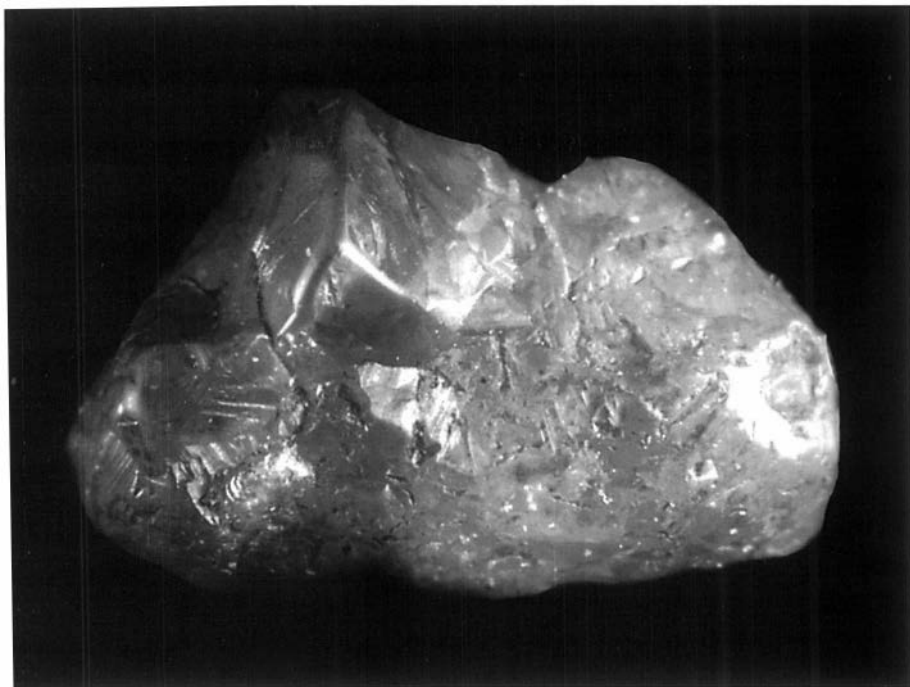




Рис. 201. Поликристаллический сросток кристаллов октаэдрического габитуса со сноповидной штриховкой. Трубка Мир. $\times 36$.

Fig. 201. Polycrystalline aggregate of crystals of octahedral habit with sheaf-like striation. Mir pipe. $\times 36$.

Рис. 202. Серый поликристаллический агрегат. Трубка Удачная. $\times 20$.

Fig. 202. Gray polycrystalline aggregate. Udachnaya pipe. $\times 20$.

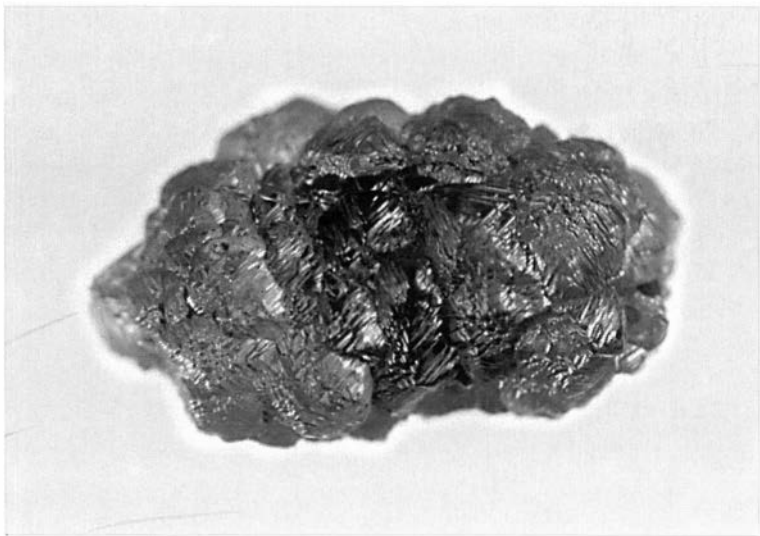
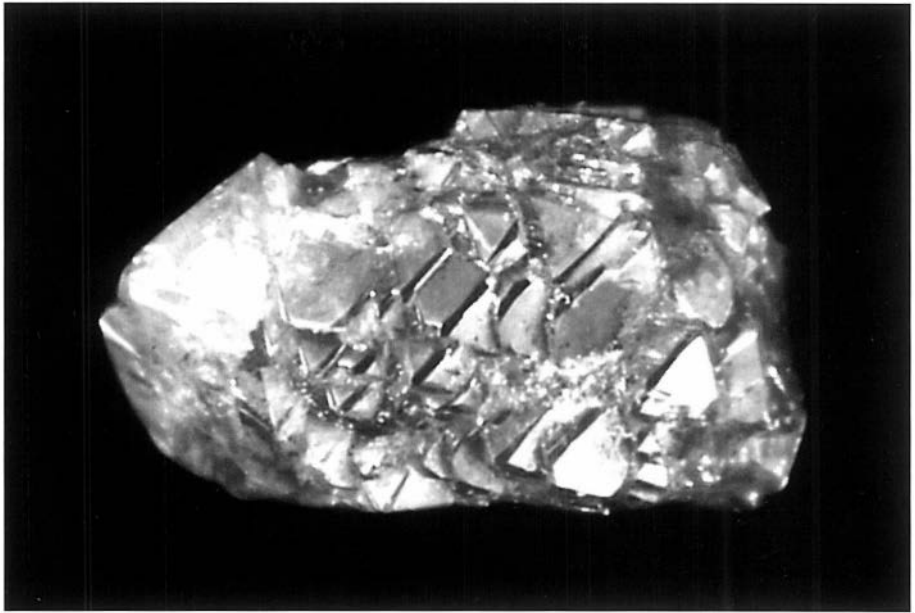


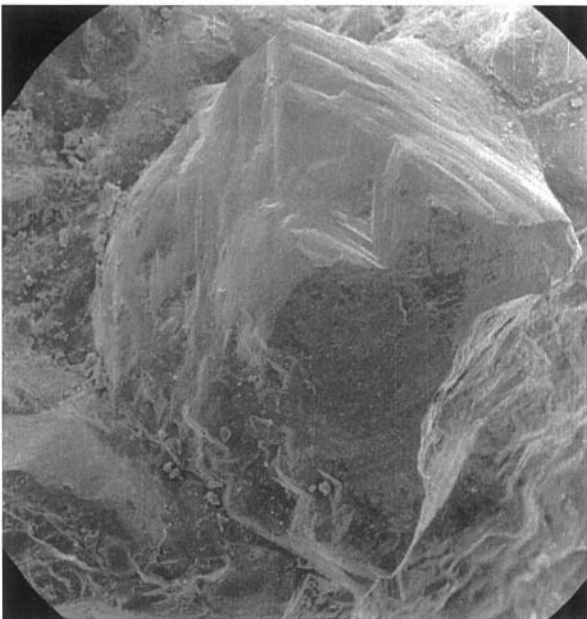
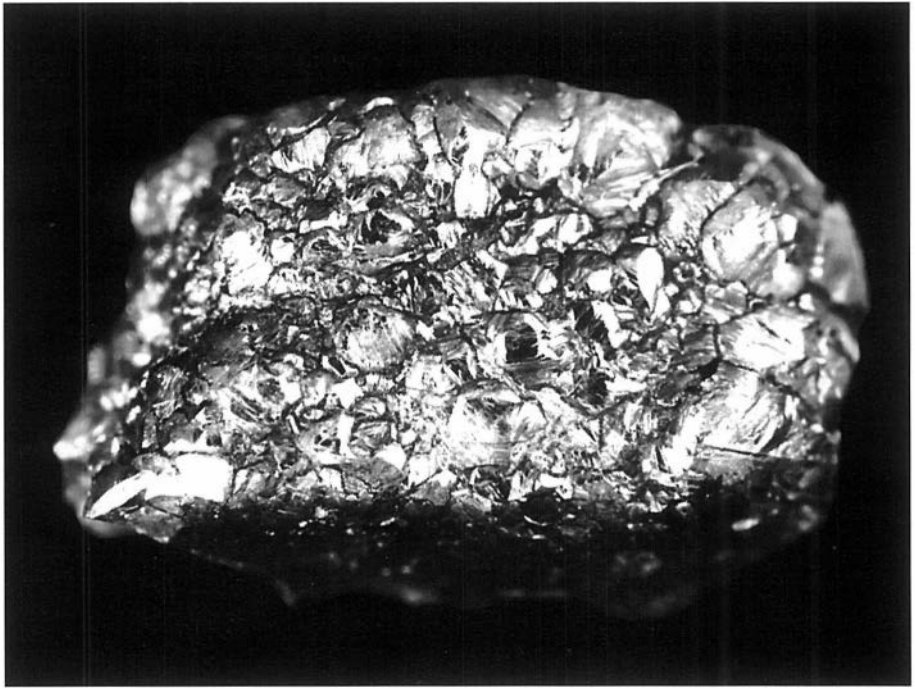


Рис. 203. Темно-серый поликристаллический агрегат кристаллов, имеющих на поверхности ромбододекаэдрический габитус. Трубка Сытыканская. $\times 24$.

Fig. 203. Dark-gray polycrystalline aggregate of crystals having dodecahedral habit on the surface of aggregate. Sytykanskaya pipe. $\times 24$.

Рис. 204. То же, отдельный индивид. $\times 120$.

Fig. 204. The same, an individual crystal. $\times 120$.





X разновидность
Variety X

Рис. 205. Карбонадо, общий вид. Бразилия. × 18.

Fig. 205. Carbonado. Brazil. × 18.

Рис. 206. То же, отдельные индивиды. × 86.

Fig. 206. The same, an individual crystals. × 86.

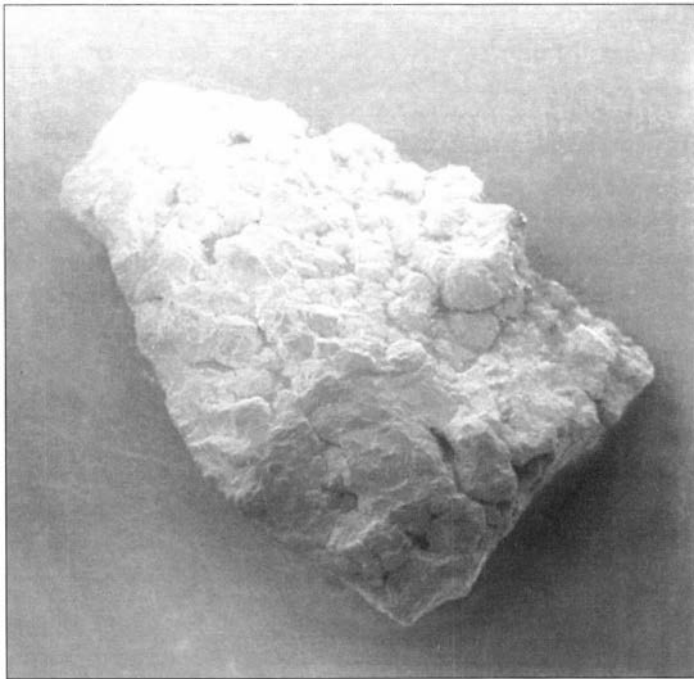


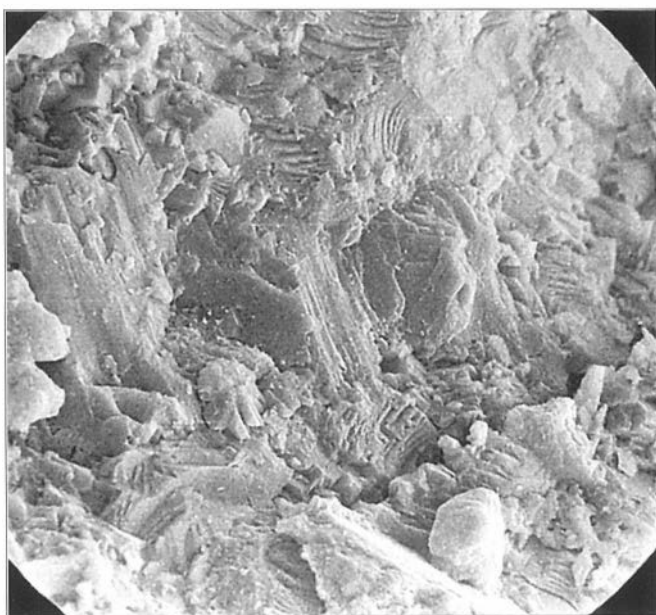
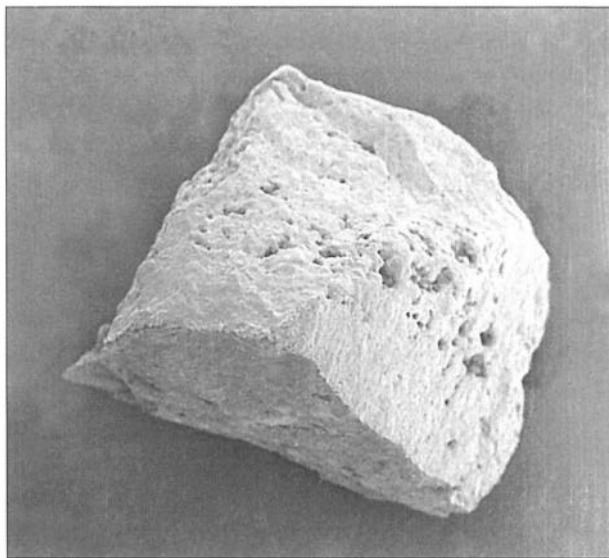


Рис. 207. Карбонадо, общий вид. Бразилия. $\times 16$.

Fig. 207. Carbonado. Brazil. $\times 16$.

Рис. 208. То же, детали структуры. $\times 2000$.

Fig. 208. The same. Details of structure. $\times 2000$.





XI разновидность

Variety XI

Рис. 209. Группа алмазов импактного происхождения («якутиты»). Участок Приустьевой, россыпь реки Эбелях. × 10.

Fig. 209. Impact diamonds («yakutites»). Priust'yevoi district, placer of the Ebelyakh river. × 10.

Рис. 210. Алмаз импактного происхождения (якутит). Россыпь реки Эбелях. × 16.

Fig. 210. Impact diamond («yakutite»). Placer of the Ebelyakh river. × 16.

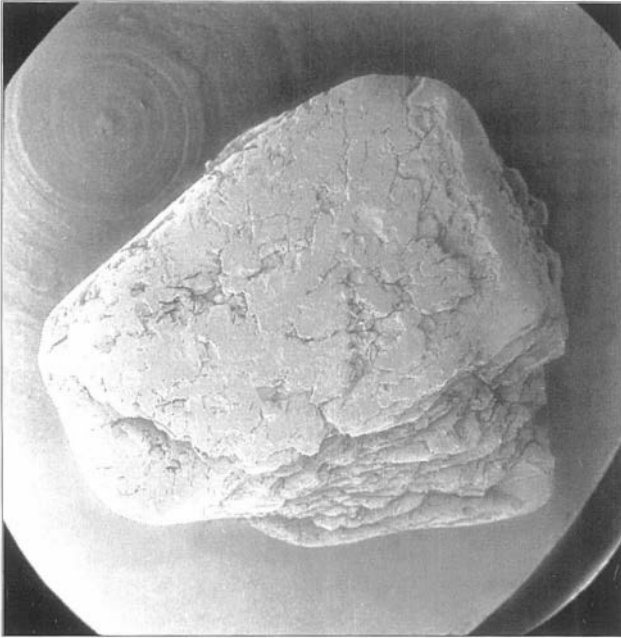




Рис. 211. Алмаз импактного происхождения (якутит). Россыпь реки Эбелях. $\times 16$.

Fig. 211. Impact diamond («yakutite»). Placer of the Ebelyakh river. $\times 16$.

Рис. 212. То же, детали поверхности. $\times 50$.

Fig. 212. The same, details of surface. $\times 50$.

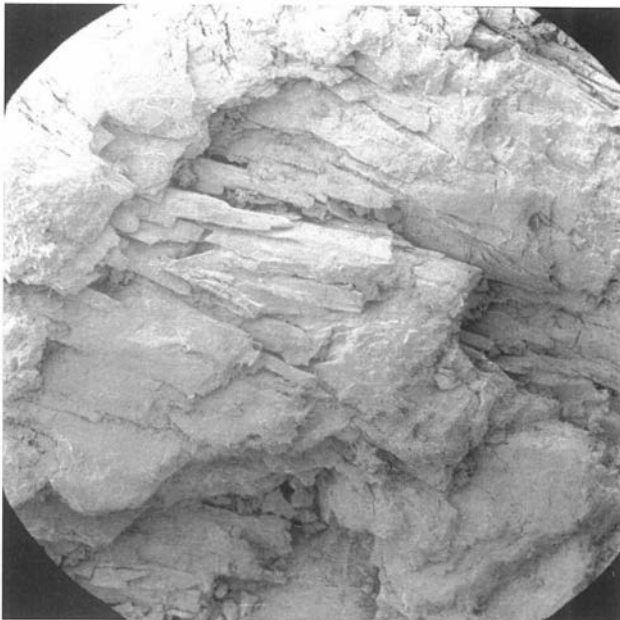
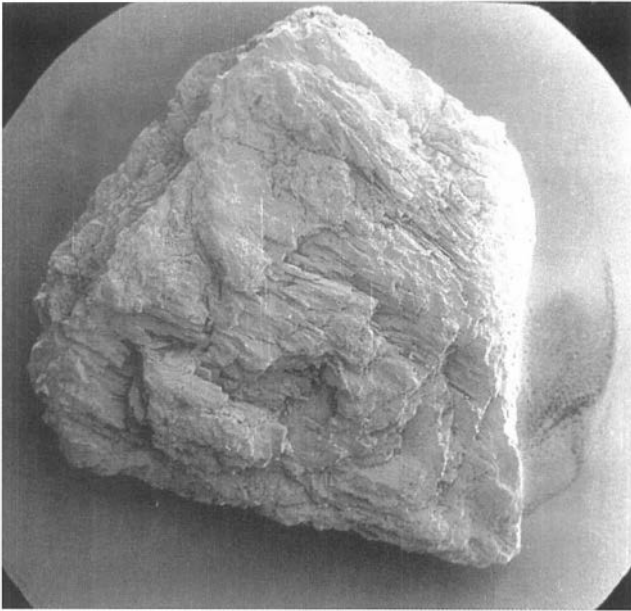


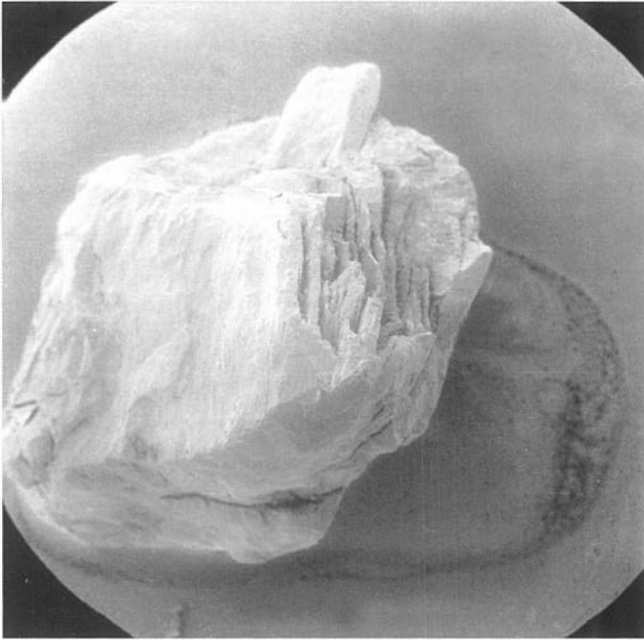


Рис. 213. Алмаз импактного происхождения (якутит). Россыпь реки Эбелях. $\times 27$.

Fig. 213. Impact diamond («yakutite»). Placer of the Ebelyakh river. $\times 27$.

Рис. 214. То же, детали поверхности. $\times 75$.

Fig. 214. The same, details of surface. $\times 75$.





АЛМАЗЫ ИЗ КСЕНОЛИТОВ ЭКЛОГИТОВ ТРУБКИ УДАЧНАЯ

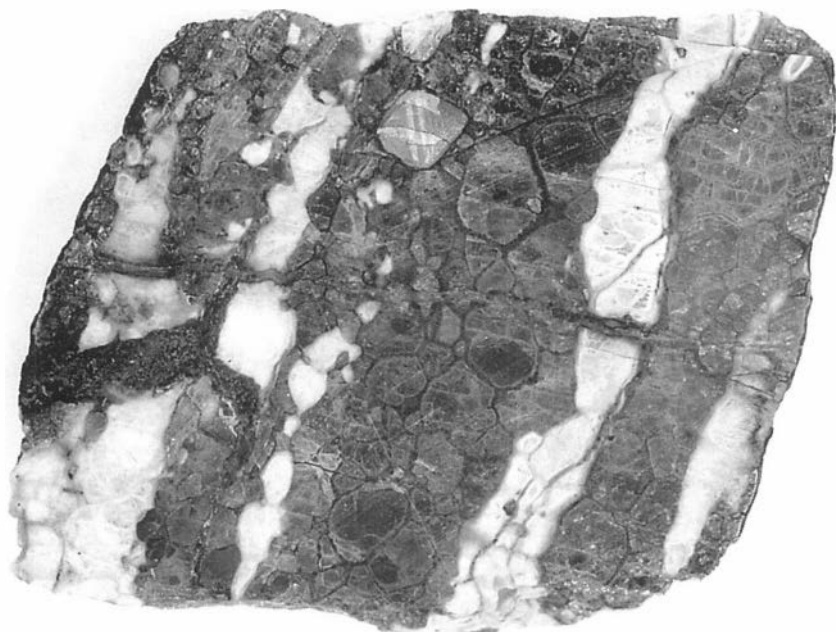
**DIAMONDS FROM ECLOGITE XENOLITHS
OF UDACHNAYA PIPE**

Рис. 215. Алмаз в ксенолите кяанитового эклогита. $\times 3,5$.

Fig. 215. A diamond in xenolith of kyanite eclogite. $\times 3,5$.

Рис. 216. То же, на алмазе видна коррозия. $\times 13$.

Fig. 216. The same, corrosion of the diamond can be seen. $\times 13$.





МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ РЯД «ОКТАЭДР—КОМБИНАЦИОННАЯ ФОРМА—КУБОИД»
МЕЛКИХ АЛМАЗОВ ИЗ КСЕНОЛИТА ЭКЛОГИТА № 6/79

«OCTAHEDRON—COMBINATION FORM—CUBOID» MORPHOLOGICAL SERIES
OF SMALL DIAMONDS FROM ECLOGITE XENOLITHS № 6/79

Рис. 217. Кристалл октаэдрического габитуса с тетрагональными впадинами на вершинах и округло-ступенчатым строением поверхностей ромбододекаэдра*. × 630.

Fig. 217. Crystal of octahedral habit with tetragonal pits on apexes and with round-stepped structure of surfaces of dodecahedroid*. × 630.

Рис. 218. Кристалл октаэдрического габитуса с тетрагональными впадинами на вершинах*. × 600.

Fig. 218. Crystal of octahedral habit with tetragonal pits on apexes*. × 600.

* Здесь и далее – фотографии выполнены с использованием растрового электронного микроскопа.

* Here and after the photographs where made using scanning electrom microscopy.

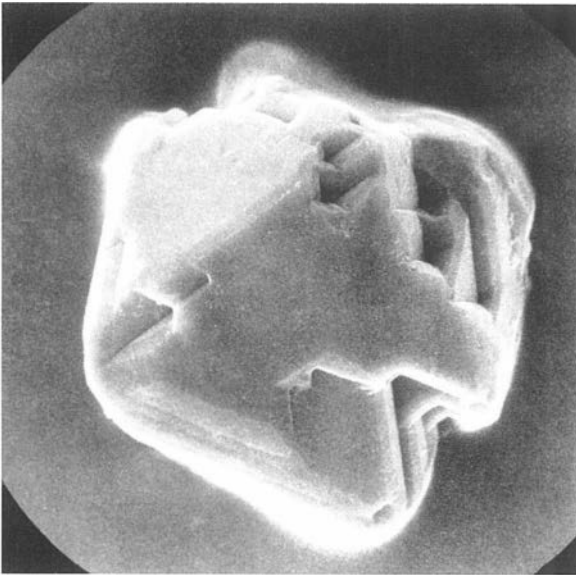
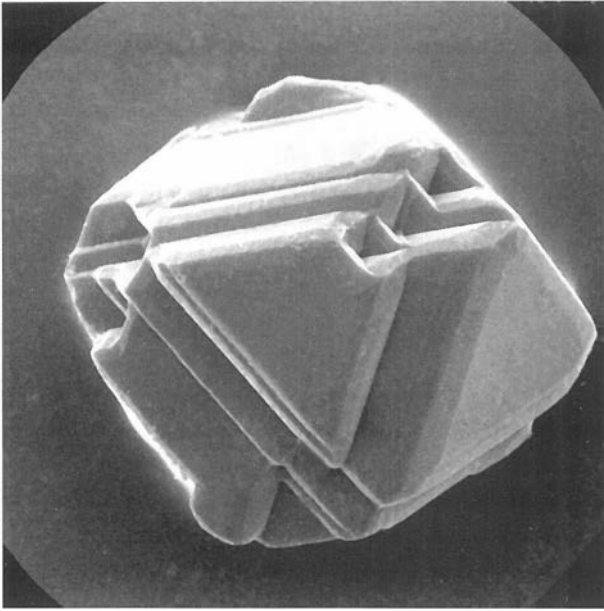




Рис. 219. Кристалл октаэдрического габитуса с округло-ступенчатым строением поверхностей, замещающих ребра*. × 450.

Fig. 219. Crystal of the octahedral habit with round-stepped structure of surfaces replacing the edges*. × 450.

Рис. 220. Кристалл комбинационной формы «кубонд-октаэдр-ромбододекаэдронд»*. × 300.

Fig. 220. Crystal of «cuboid-octahedron-dodecahedroid» combination form*. × 300.

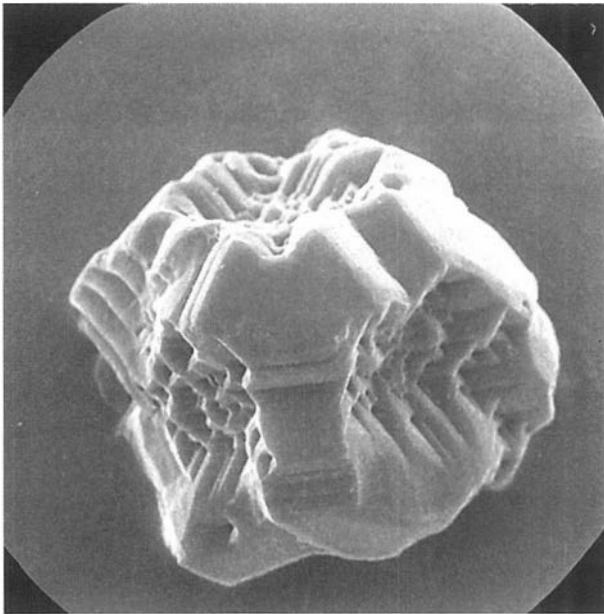
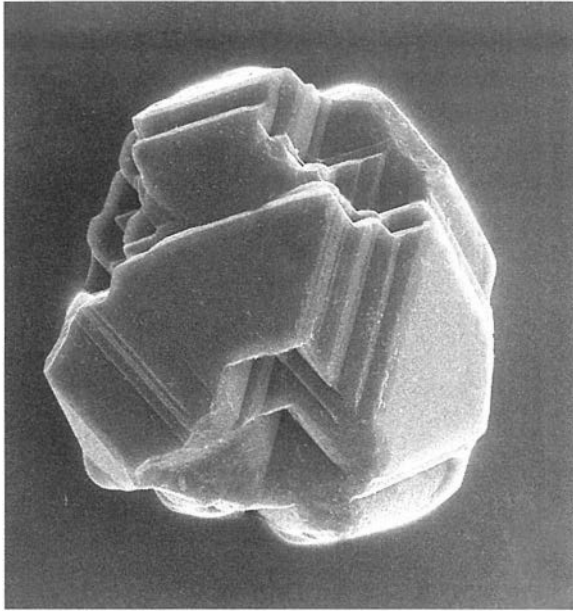


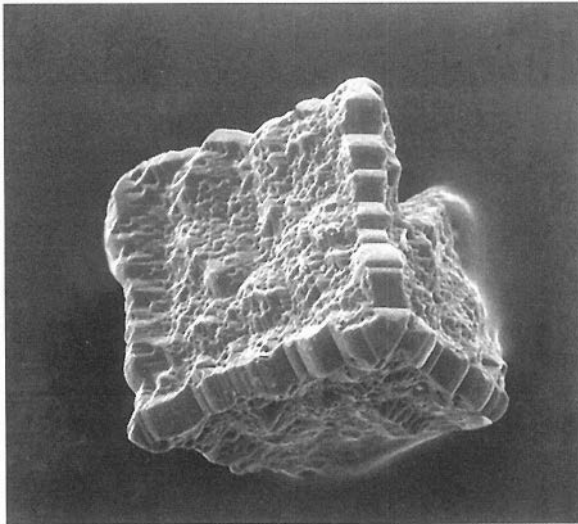
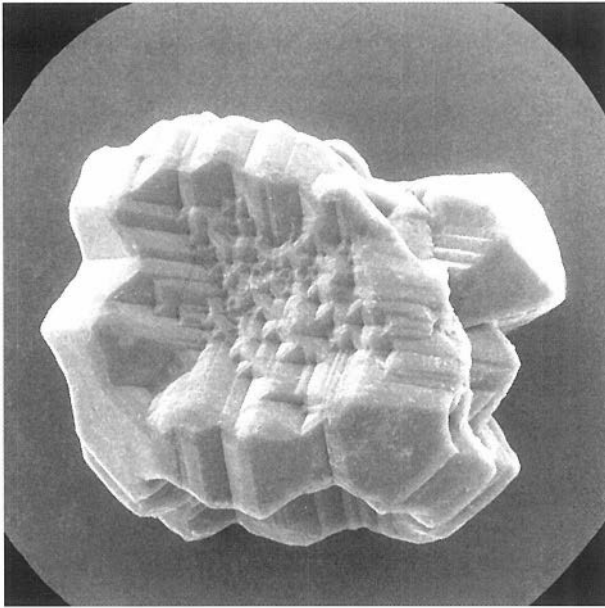


Рис. 221. Кубоид с реликтами граней октаэдра и округло-ступенчатыми поверхностями ромбододекаэдроида*. $\times 350$.

Fig. 221. Cuboid with relics of octahedral faces and with round-stepped dodecahedral surface*. $\times 350$.

Рис. 222. Кубоид с небольшими реликтами граней октаэдра и округло-ступенчатыми поверхностями ромбододекаэдроида*. $\times 120$.

Fig. 222. Cuboid with poor relics of octahedral faces and with round-stepped dodecahedral surface*. $\times 120$.





АЛМАЗЫ ИЗ КСЕНОЛИТОВ ПЕРИДОТИТОВ ТРУБКИ УДАЧНАЯ
DIAMONDS FROM PERIDOTITE XENOLITHS OF UDACHNAYA PIPE

Рис. 223. Октаэдрический кристалл в породе. $\times 35$.

Fig. 223. Octahedral diamond in the rock. $\times 35$.

Рис. 224. Шпинелевый двойник в породе. $\times 32$.

Fig. 224. Macle in the rock. $\times 32$.

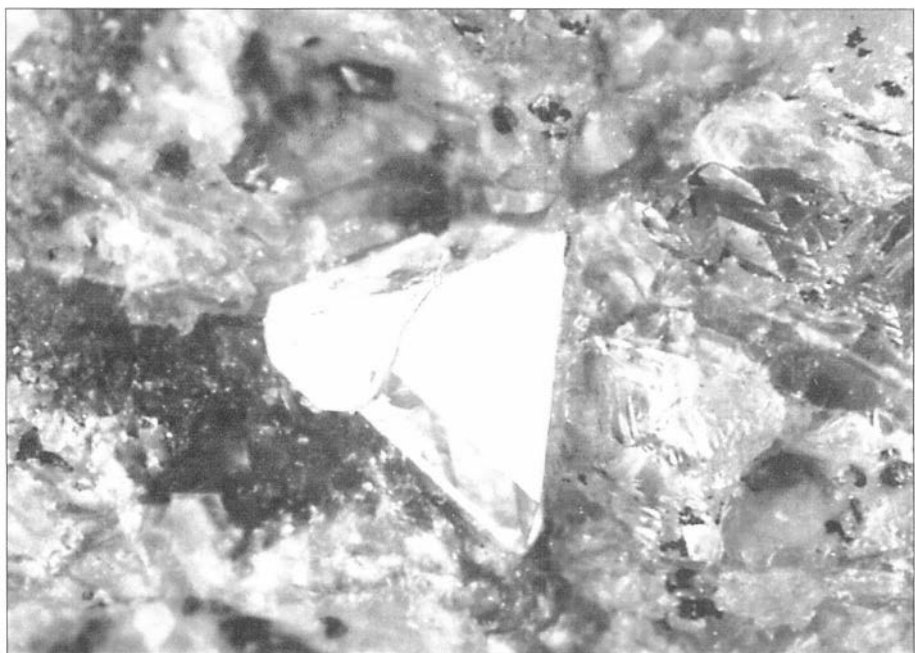
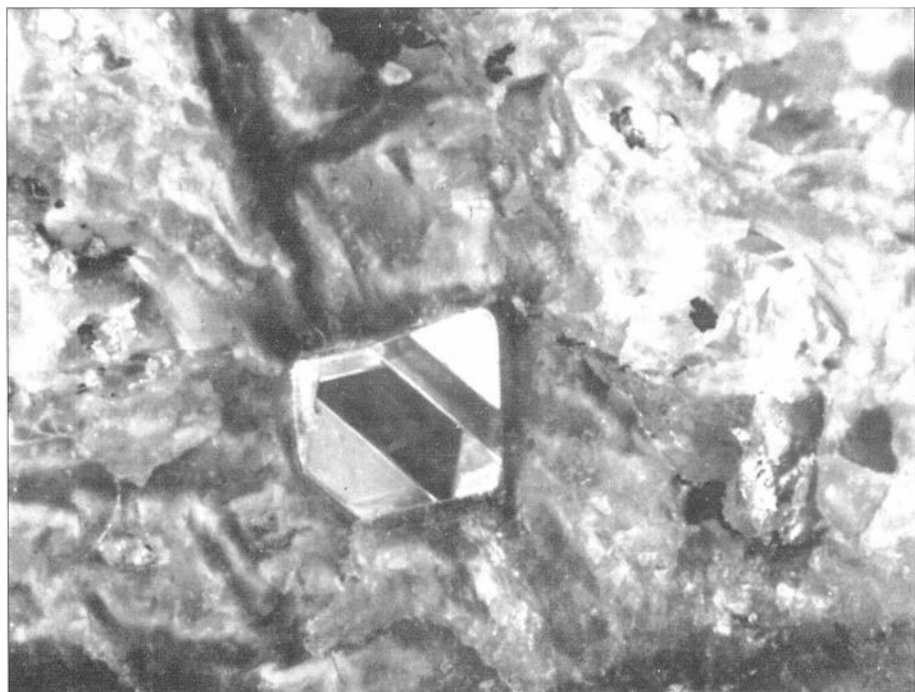




Рис. 225. Кристалл октаэдрического габитуса с полицентрическим строением граней*. $\times 140$.

Fig. 225. Crystal of octahedral habit with polycentric structure of faces*. $\times 140$.

Рис. 226. Шпинелевый двойник*. $\times 70$.

Fig. 226. Maclé*. $\times 70$.

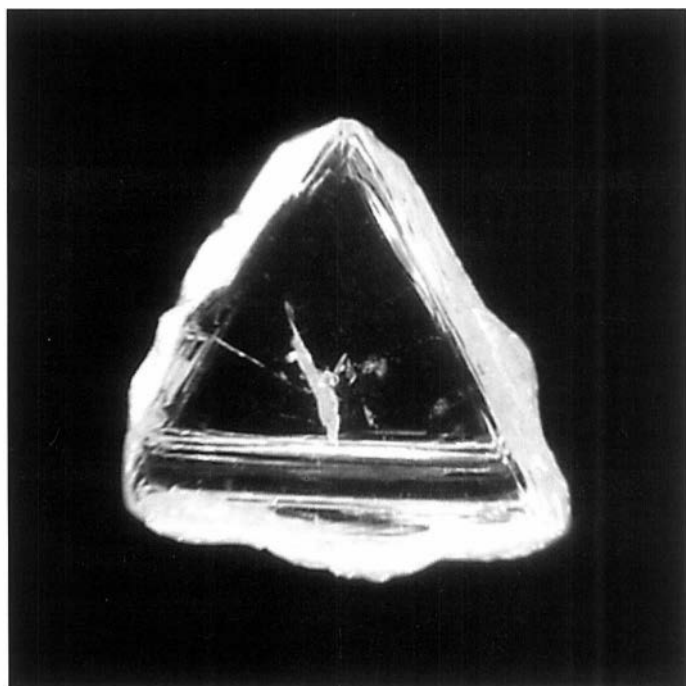
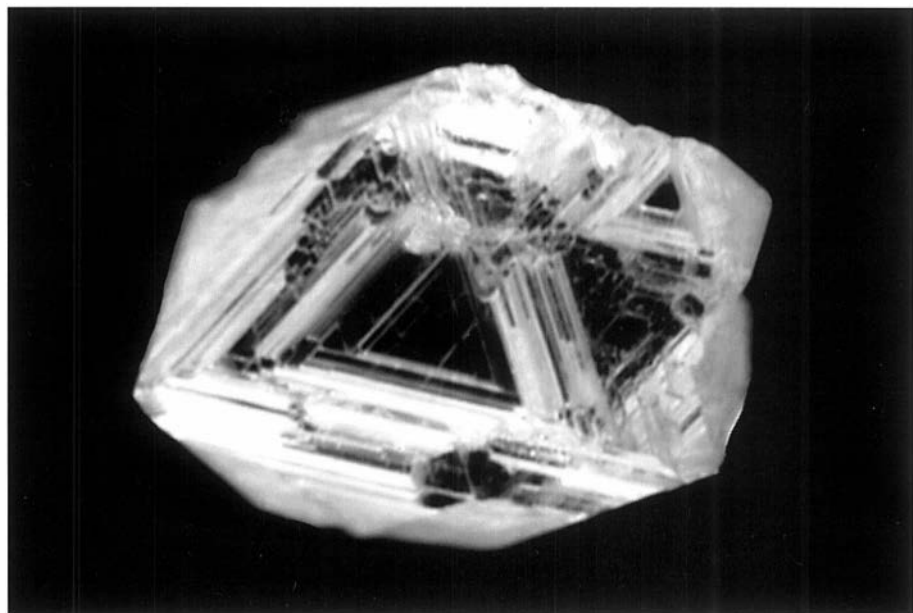




Рис. 227. Кристалл с полицентрическим строением граней*. × 150.

Fig. 227. Crystal with polycentric structure of faces*. × 150.

Рис. 228. Кристалл с полицентрическим строением граней*. × 120.

Fig. 228. Crystal with polycentric structure of faces*. × 120.

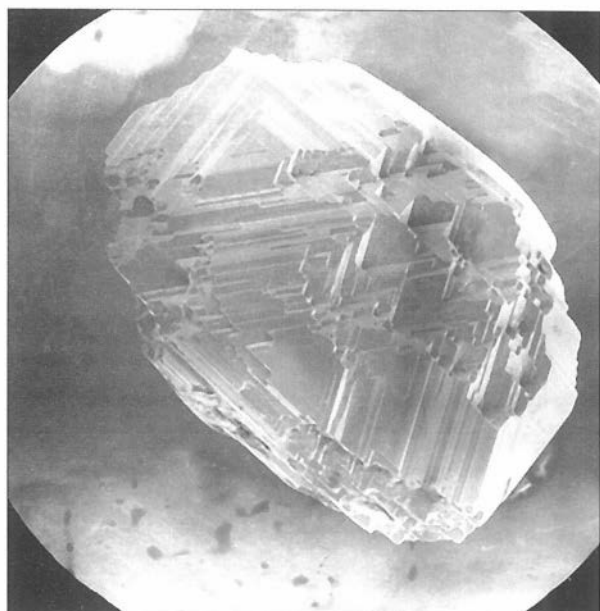
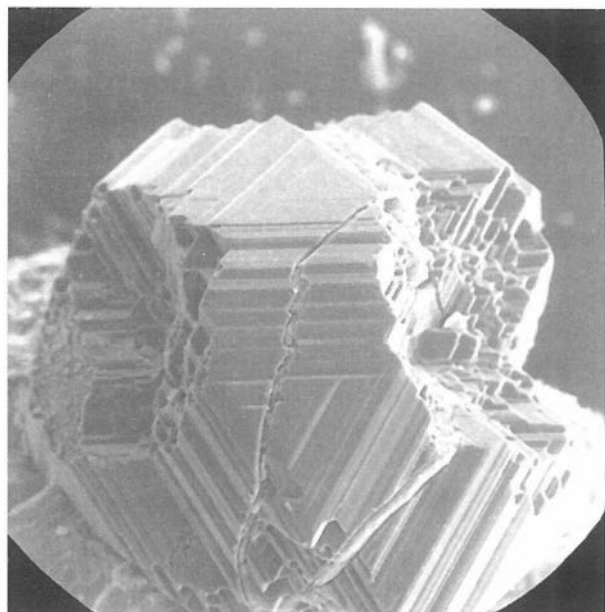




Рис. 229. Сросток алмазов с параллельной штриховкой на ребрах субиндивидов*. $\times 90$.

Fig. 229. Aggregate of crystals with parallel striation on edges*. $\times 90$.

Рис. 230. Кристалл переходной формы с полицентрическим строением граней*. $\times 80$.

Fig. 230. Crystal of transitional form with polycentric structure of faces*. $\times 80$.

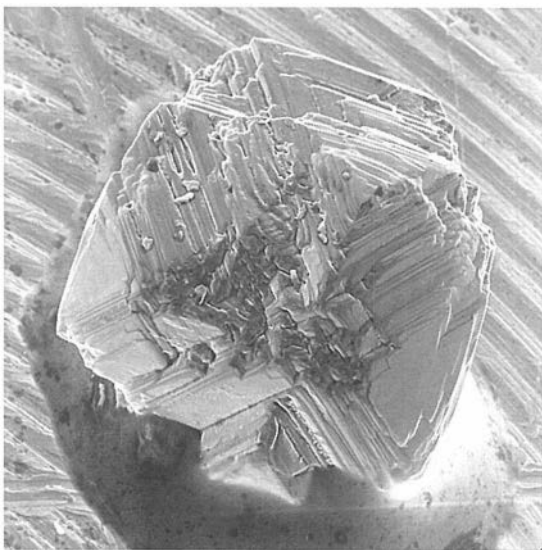
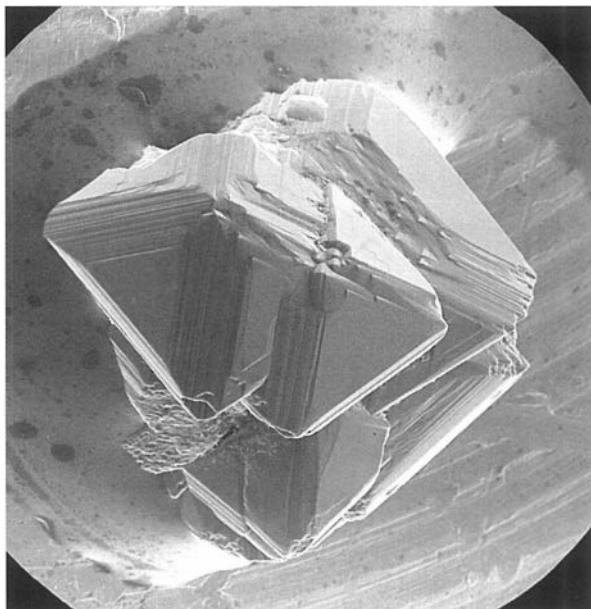


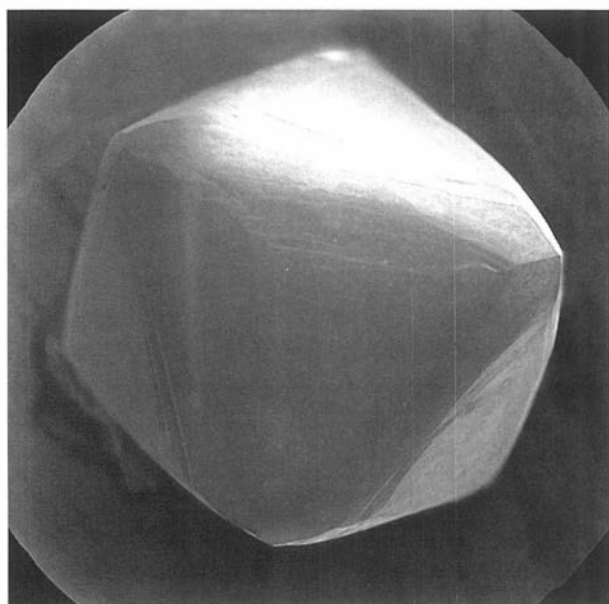
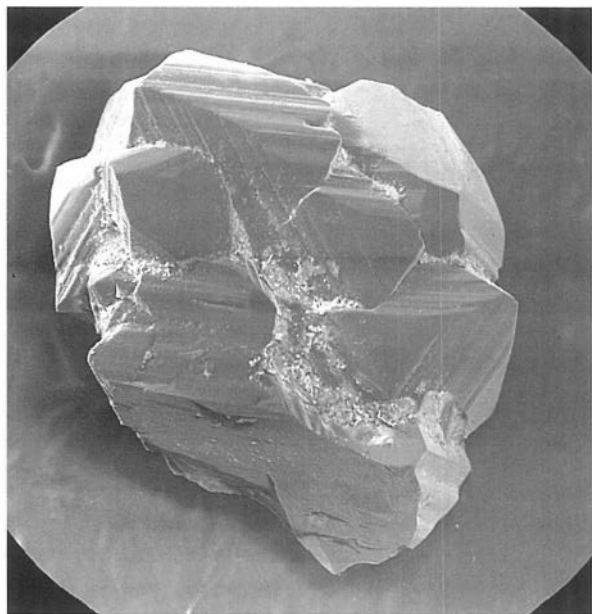


Рис. 231. Сросток алмазов с параллельной штриховкой на поверхностях ромбододекаэдроида*. $\times 80$.

Fig. 231. Aggregate of crystals with parallel striation on dodecahedral surfaces*. $\times 80$.

Рис. 232. Кристалл октаэдрического габитуса со сноповидной штриховкой на ребрах*. $\times 180$.

Fig. 232. Crystal of octahedral habit with sheaf-like striation on edges*. $\times 180$.



ОГЛАВЛЕНИЕ

ОТ РЕДАКТОРА	I
ПРЕДИСЛОВИЕ	5
1. КРИСТАЛЛОМОРФОЛОГИЯ АЛМАЗОВ ИЗ КИМБЕРЛИТОВ И РОССЫПЕЙ	8
1.1. ГАБИТУС КРИСТАЛЛОВ АЛМАЗА	9
1.2. ГРАННАЯ МОРФОЛОГИЯ АЛМАЗОВ	14
1.3. ДВОЙНИКИ И СРОСТКИ	20
1.4. МЕХАНИЧЕСКИЙ ИЗНОС	21
1.5. “ПРИЗНАКИ ДРЕВНОСТИ” АЛМАЗОВ	24
1.6. РАЗНОВИДНОСТИ АЛМАЗОВ ПО КЛАССИФИКАЦИИ Ю. Л. ОРЛОВА	28
1.7. РАЗНОВИДНОСТИ АЛМАЗОВ ПО КЛАССИФИКАЦИИ СУНАГАВЫ	41
1.8. СХЕМА КЛАССИФИКАЦИИ АЛМАЗОВ ПО ДЖ. ХАРРИСУ И ДР. [1975]	45
2. АЛМАЗЫ ИЗ КСЕНОЛИТОВ ГЛУБИННЫХ ПОРОД	47
2.1. АЛМАЗЫ ИЗ ЭКЛОГИТОВ	—
2.2. АЛМАЗЫ ИЗ ПЕРИДОТИТОВ	51
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	53
ИЛЛЮСТРАЦИИ	59

CONTENTS

EDITORIAL	II
PREFACE	5
1. CRYSTALLOMORPHOLOGY OF DIAMONDS FROM KIMBERLITES AND PLACERS	8
1.1. HABIT OF DIAMOND CRYSTALS	9
1.2. SURFACE MORPHOLOGY OF DIAMONDS	14
1.3. MACLES AND AGGREGATES	20
1.4. MECHANICAL WEAR	21
1.5. "ANTIQUITY FEATURES" OF DIAMONDS	24
1.6. VARIETIES OF DIAMONDS ACCORDING TO ORLOV'S CLASSIFICATION	28
1.7. VARIETIES OF DIAMONDS ACCORDING TO SUNAGAWA'S CLASSIFICATION	41
1.8. DIAMOND CLASSIFICATION ACCORDING TO J. HARRIS ET AL. [1975]	45
2. DIAMONDS FROM XENOLITHS OF DEEP- SEATED ROCKS	47
2.1. DIAMONDS FROM ECLOGITES	—
2.2. DIAMONDS FROM PERIDOTITES	51
REFERENCES	53
ILLUSTRATIONS	59

Научное издание

Валентин Петрович Афанасьев, Эмилия Сергеевна Ефимова,
Николай Николаевич Зипчук, Василий Иванович Коптиль

АТЛАС МОРФОЛОГИИ АЛМАЗОВ РОССИИ

Научный редактор
академик *Николай Владимирович Соболев*

Утверждено к печати Институтом минералогии
и петрографии СО РАН

Редактор *А. В. Владимирова*
Перевод *Т. С. Вотенцевой*
Технический редактор *О. М. Вараксина*
Корректор *И. А. Абрамова*
Оформление и компьютерная верстка *А. В. Владимировой*
Фото к печати подготовлены *Л. Н. Ким*

ЛР № 020909 от 01.09.99. Подписано к печати 17.07.2000. Формат 70 x 100/16.

Гарнитура "Peterburg". Печать офсетная.

Усл. печ. л. 23,9. Уч.-изд. л. 13,5. Тираж 300 экз. Заказ 46.

Типография НИЦ ОИГГМ СО РАН
630090, Новосибирск, 90, просп. Акад. В. А. Коптюга, 3