

ПЕРМСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

К. П. Казымов, К. А. Мещеряков

ОСНОВЫ ГЕММОЛОГИИ И ШЛИФОВАЛЬНОГО ДЕЛА

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«ПЕРМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

К. П. Казымов, К. А. Мещеряков

ОСНОВЫ ГЕММОЛОГИИ И ШЛИФОВАЛЬНОГО ДЕЛА

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

*Допущено методическим советом
Пермского государственного национального
исследовательского университета в качестве
учебного пособия для студентов, обучающихся
по направлению подготовки бакалавров
«Геология»*



Пермь 2022

УДК 549+621.92(075.8)
ББК 26.303+34.637.3я73
К14

Казымов К. П.

К14 Основы геммологии и шлифовального дела. Теория и практика [Электронный ресурс] : учебное пособие / К. П. Казымов, К. А. Мещеряков ; Пермский государственный национальный исследовательский университет. – Электронные данные. – Пермь, 2022. – 10,35 Мб ; 145 с. – Режим доступа: <http://www.psu.ru/files/docs/science/books/uchebnie-posobiya/kazymov-meshcheryakov-osnovy-gemmologii-i-shlifovalnogo-dela.pdf>. – Заглавие с экрана.

ISBN 978-5-7944-3834-5

В разделе «Геммология» данного учебного пособия освещаются основные положения науки о драгоценных камнях – геммологии. Рассматриваются принципы и методы диагностики, описания и оценки драгоценных камней. Излагаются основы систематики драгоценных камней. Показана краткая история развития геммологии. Дано понятие «исторические драгоценные камни» и приведено их краткое описание. Приводятся диагностические свойства, искусственных и синтетических драгоценных камней, их отличия от природных. В краткой форме описываются методы выращивания искусственных драгоценных камней. Приведены основные понятия огранки драгоценных камней, формы и виды огранки, а также оценка качества их огранки. Прилагается краткий словарь основных терминов и понятий.

В разделе «Шлифовальное дело» приведена методика изготовления петрографических шлифов, где указаны последовательные операции их изготовления: распиловка, горячая запрессовка, холодная заливка, шлифовка, наклейка. Для изготовления аншлифов показана их методика и требования к их качеству. Кроме того, приведены требования к качеству петрографических шлифов и аншлифов. Даны основные понятия по технике безопасности работы в шлифовальной мастерской.

Предназначено для студентов направления подготовки бакалавров «Геология».

УДК 549+621.92(075.8)
ББК 26.303+34.637.3я73

*Издается по решению ученого совета геологического факультета
Пермского государственного национального исследовательского университета*

Рецензенты: кафедра «Строительный инжиниринг и материаловедение» Пермского национального исследовательского политехнического университета (рец. – и. о. зав. кафедрой, к. т. н., **В. А. Шаманов**; заслуженный работник высшей школы РФ, д. т. н., профессор **В. А. Харитонов**);

зав. лабораторией геологии месторождений полезных ископаемых Горного института УрО РАН, д. г-м. н. **И. И. Чайковский**

ISBN 978-5-7944-3834-5

© ПГНИУ, 2022

© Казымов К. П., Мещеряков К. А., 2022

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	5
I. Основы геммологии	7
1.1. Основные понятия о геммологии и драгоценных камнях	7
1.2. Классификации драгоценных камней и минералов	11
1.3. Диагностика драгоценных камней	14
1.3.1. Принципы диагностики драгоценных камней	14
1.3.2. Приборы для диагностики драгоценных камней	17
1.3.3. Главные диагностические свойства драгоценных камней	20
1.4. Оценка драгоценных камней	29
1.4.1. Принципы оценки драгоценных камней	29
1.4.2. Основные критерии оценки драгоценных камней	30
1.4.3. Меры массы драгоценных камней	42
1.5. Исторические драгоценные камни	44
1.6. Синтетические драгоценные камни и их облагораживание	63
1.7. Методы выращивания драгоценных камней	78
1.8. Конъюнктура рынка драгоценных камней	83
1.9. Огранка драгоценных камней	99
1.9.1. Общие положения	99
1.9.2. Оценка качества огранённого камня	103
II. Шлифовальное дело	105
2.1. Методика изготовления петрографических шлифов	105
2.1.1. Распиловка	106
2.1.2. Горячая запрессовка, холодная заливка	117
2.1.3. Шлифовка	121
2.1.4. Наклейка	129
2.1.4. Требования к качеству петрографических шлифов	133
2.2. Методика изготовления аншлифов	133
2.2.1. Полировка	134

2.2.2. Требования к качеству аншлифов.....	138
2.3. Техническое задание.....	138
2.4. Техника безопасности работы в шлифовальной мастерской	139
Список использованной литературы	142
Словарь основных терминов и понятий курса «Геммология и шлифовальное дело»	143

ВВЕДЕНИЕ

Геммология – наука о драгоценных камнях, их составе, свойствах, диагностике, изготовлении синтетических аналогов минералов и горных пород, обработке (огранке) и конъюнктуры рынка драгоценных камней.

Основная часть драгоценных камней представлена природными минеральными образованиями и горными породами.

Курс «Основы геммологии и шлифовальное дело» является дисциплиной по выбору во всем цикле геологических дисциплин, а практические занятия по данному курсу являются необходимой составной частью обучения студентов основам геммологических знаний.

Данный курс направлен на получение студентами знаний по основным теоретическим и прикладным вопросам геммологии как научной базы для исследования драгоценных камней, как объекта эстетического порядка и в то же время используемого в коммерческих целях.

Основные задачи практических занятий курса «Основы геммологии и шлифовального дела» связаны с процессом формирования у студентов знания о драгоценных камнях как материальном объекте, используемом человеком в виде ювелирных изделий, имеющих определённую стоимость и соответственно, являющихся в некотором роде валютой. Цель данных занятий направлена на получение студентами практических навыков в диагностике и оценке драгоценных камней, как изделий, обладающих определённой коммерческой ценностью в социальной среде. На занятиях студенты описывают реальные огранённые изделия из различных минералов, отнесённых к категории драгоценных камней, определяют название минералов, дают им коммерческую оценку. Студенты обретаю знания по современным методам изучения драгоценных камней как составной части минерального мира на планете Земля.

В части шлифовального дела на практических занятиях студенты получают навыки в изготовлении специальных препаратов, шлифов и аншлифов, направленных на изучение горных пород и минералов на микроскопическом уровне. Учащиеся из конкретных образцов горных пород изготавливают плоско-параллельные пластинки – шлифы и полированные образцы горных пород – аншлифы, которые в дальнейшем могут быть использованы в учебных целях в курсах петрографии, литологии и минерагении.

Задачами обучения студентов по данному курсу являются:

- 1) овладение студентами теоретическими основами геммологии;
- 2) формирование способности использовать полученные знания в практической деятельности;

3) познание возможностей методов минералогических исследований при решении различных геологических задач;

4) умение самостоятельно пользоваться и выбирать необходимый метод исследования драгоценных камней;

5) изучение коллекций основных драгоценных камней, включённых в список программы курса, их диагностика и описание.

6) получение студентами навыков по изготовлению особых препаратов – шлифов и аншлифов.

Студент, прошедший соответствующую подготовку по курсу «Основы геммологии и шлифовального дела», будет иметь твёрдые знания для дальнейшего изучения дисциплин геологического профиля и сможет квалифицированно применять их в своей практической деятельности на производстве.

При подготовке данного пособия использованы как классические сведения, содержащиеся в основной учебной литературе по геммологии, так и новые материалы, заимствованные из новейших отечественных источников. В нём обобщён многолетний опыт проведения занятий по данной дисциплине, накопленный на кафедре минералогии и петрографии Пермского государственного национального исследовательского университета.

Учебным пособием могут воспользоваться студенты специальности «Геология» при подготовке к лабораторным занятиям, связанным с практическим изучением драгоценных камней, а также при изготовлении шлифов и аншлифов. В нём изложены основные методические приемы и методы диагностики и макроскопического описания драгоценных камней.

Авторы благодарят сотрудников кафедры минералогии и петрографии ПГНИУ профессора Р. Г. Ибламинова и профессора Б. М. Осовецкого за ценные советы и указания при написании учебного пособия.

I. ОСНОВЫ ГЕММОЛОГИИ

1.1. Основные понятия о геммологии и драгоценных камнях

С древних времен камень привлекал внимание человека. Вначале он служил орудием труда и использовался как оружие на охоте, а впоследствии в камне стали ценить именно его красоту. В результате были выделены три основных свойства камня, позволяющие относить некоторые природный камни-минералы к драгоценным: красота, долговечность и редкость. В процессе развития горнодобывающей промышленности число камней, используемых в ювелирных изделиях, резко возросло, и на рубеже XIX–XX вв. зародилась наука геммология, которая существует в настоящее время и развивается быстрыми темпами.

***Геммология** – наука о драгоценных камнях, используемых в ювелирном и камнерезном производствах.*

Термин «геммология» произошел от лат. «gemma» – драгоценный камень, и греч. «logos» – учение. Само слово «gemma» произошло от санскритского «джемма», которым назывались отборные камни – «ониксы». На них в античное время вырезались различные изображения, которые в последствии стали называться «геммы». Позднее этот термин перешел на любые самоцветы и ювелирные изделия из них.

Термин «геммология», в современном понимании, появился сравнительно недавно, в XIX в., и еще не стал общепринятым, хотя интерес к драгоценным камням у человека появился очень давно и потребность в украшениях была даже сильнее, чем потребность в одежде. Как известно, камни служили и украшениями, и оберегами, и орудиями труда и охоты и т. д.

Традиционная сфера применения драгоценных камней:

- украшения;
- лекарства, средства лечения;
- амулеты, астрология;
- символы власти, знаки отличия;
- символы брака;
- средство вложения капитала, валюта;
- предмет коллекционирования.

Природная красота драгоценных камней, их прозрачность и чистые яркие цвета совместно с непостижимой точностью граней всегда производила неизгладимое впечатление на человека и зачастую вызывала мистическое поклонение, что дало толчок к зарождению культуры камня, а также к их научному изучению.

Таким образом, наука о драгоценных камнях считается самой древней из всех существующих наук на земле. Но она продолжает развиваться и обогащаться знаниями по сей день.

Ее развитие идет в направлении:

- от представления мистических и лечебных свойств камня;
- к описанию и систематике;
- к познанию законов кристаллографии, кристаллооптики, химического состава;
- генезиса;
- к диагностике и оценке.

С середины XIX в. В геммологии добавился раздел по синтезу драгоценных камней. В настоящее время с применением сканирующего электронного микроскопа, рентгеноструктурного анализа, электронно-зондового анализа и внедрения более совершенной аппаратуры качественно улучшается эффективность диагностики, но при этом увеличивается количество объектов исследования, как природных, так и синтетических. Рассмотрим эти различия:

- Изучение драгоценных камней в настоящее время производится с широким применением физики, химии, геологии, минералогии, петрографии, кристаллографии и других естественных наук, хотя все они трансформируются в геммологии порой своеобразно.

- Поскольку драгоценными камнями на протяжении многих веков занимались не ученые-исследователи, а в первую очередь предприниматели, то их подход к этой науке был довольно специфичен и основывался на коммерческом интересе.

- В результате происходило, во-первых, посвящение узкого круга людей, так как секреты добычи, диагностики, оценки, обработки не разглашались, а чаще всего передавались из поколения в поколение. Во-вторых, терминология в геммологии довольно сильно отличается от минералогической.

- Это различие возникло потому, что в геммологии имеются другие приоритеты исследования (неинтересно то, чего нельзя продать), по этой же причине происходило засекречивание объектов деятельности (это и сейчас имеет место – пресловутые «шурики», «зелёнка» и т. п.), замена одних терминов другими для более успешной продажи первых (ведь гранаты «так обычны!», зато «капский рубин» более привлекателен, хотя это всего лишь гранат-альмандин (В. Шуман)). Стоит заметить, что существует путаница из-за недостаточной грамотности в минералогии, кристаллографии, химии и др.

Понятие «драгоценный камень»

Понятие *драгоценный камень* формировалось в сознании человека на протяжении многих тысячелетий.

Интерес человека к драгоценным камням уходит своими корнями в эпоху мезолита. Драгоценные камни добывались и обрабатывались на очень высоком уровне в Центральной и Восточной Азии, Месопотамии, Вавилоне, Египте и в Центральной Америке. Древние греки, римляне и жители Вавилона были большими почитателями и ценителями драгоценных камней.

В Центральной и Южной Европе того времени известно только несколько попыток обработки и использования драгоценных камней в ювелирном деле. Интерес к драгоценным камням значительно возрос в Европе в XV и XVI веках в связи с развитием науки, торговли и культуры. Свою положительную роль сыграли и различные верования в сверхъестественную силу драгоценных камней и их связь с астрологией. Пик интереса к камням приходится на XVIII и XIX столетие. В это время было открыто много новых месторождений и были разработаны более современные методы и технологии обработки камней. Особенно это относится к России, в которой были открыты месторождения драгоценных камней на Урале и Алтае.

В это же время в России были созданы три центра по добыче, обработке и продаже драгоценных камней и изделий из них: Санкт-Петербургская, Екатеринбургская (Урал) и Колываньская (Алтай) гранильные фабрики.

В настоящее время наблюдается определённый интерес к нетрадиционным камням и даже к таким, которые далеки от совершенства.

В современном понятии к *ДРАГОЦЕННЫМ КАМНЯМ* относят все минералы, минералоиды, горные породы и органические вещества природного и искусственного происхождения, которые могут быть использованы в ювелирном деле, в коллекциях (в виде естественных, природных форм и в обработанном виде), а также применяются для изготовления мозаик и предметов декоративно-прикладного искусства.

При этом основным объектом, используемым человеком при изготовлении ювелирных изделий, всё же остаётся минерал.

МИНЕРАЛ – продукт природных физико-химических процессов в земной коре, физически и химически обособленный от окружающей среды, имеющий определённый химический состав и кристаллическую решётку (структуру).

Химический состав драгоценного камня (минерала)

В состав минералов входят почти все химические элементы таблицы Менделеева, однако их участие в составе минералов неодинаковое.

Наряду с главными элементами, определяющими самостоятельность минерального вида, имеются элементы, входящие в минерал лишь в качестве примесей. Так, например, кремний (Si) образует более 400 минералов, примесями могут быть *Ca, Mg, Fe, Mn, Al, Cr*.

Химический состав одного минерала (минерального вида) остаётся более или менее постоянным. Например: берилл $Be_3Al_2[Si_6O_{18}]$.

В случае образования минерала из одного химического элемента они называются гомоатомные. К ним относятся минералы типа простых веществ и самородных элементов, например *золото, серебро, платина, алмаз*.

В результате соединения нескольких химических элементов образуются минералы различного состава, среди которых особенно развиты простые, комплексные и двойные соли.

Простые соли в большинстве представляют собой бинарные соединения, т. е. соединения, в состав которых входят только два элемента (катион и анион). Например, с фтором – фториды (флюорит CaF_2).

Комплексные соединения – наиболее распространены в природе минералов. Они характеризуются определенными радикалами, т.е. группами атомов с отрицательной валентностью, которые участвуют в химических реакциях как одно целое. Главными радикалами являются силикаты SiO_4 , фосфаты PO_4 , карбонаты CO_3 , сульфаты SO_4 , нитраты NO_3 .

Для геммологии наибольшее значение имеют минералы группы силикатов. Например, берилл $Be_3Al_2[Si_6O_{18}]$, оливин $(Fe, Mg)_2[SiO_4]$.

Двойные соли пользуются широким развитием в минеральном мире. Они представляют собой соединения, содержащие два или более типов катионов, занимающих в кристаллической решетке особые места. Например, доломит $CaMg[CO_3]_2$.

Состав минерала обозначается химической формулой, которая условно отражает качественную и количественную характеристику слагающих минерал элементов.

Структурные формулы не только дают представление о химическом составе, но и позволяют судить о типе химического соединения и о взаимных связях между отдельными элементами. Формулы минералов составляются по данным валового химического анализа и выражаются в %.

При сокращённом написании структурных формул близко связанные друг с другом атомы выделяют в группы посредством круглых скобок, а радикалы – квадратные скобки. Например, форстерит $Mg_2[SiO_4]$.

Понятие о структуре драгоценных камней (минералов)

Поскольку большинство драгоценных камней представляют собой различные виды и разновидности минералов, находящихся в кристаллическом состоянии, то для диагностики и оценки необходимо знать структуру (внутреннее строение) данных минералов на уровне их атомарного строения.

Под структурой кристаллов понимается закономерное расположение материальных частиц (атомов, молекул, ионов) внутри кристаллохимического вещества, т. е. минерала.

Пространственная решетка – это бесконечное трёхмерное периодическое образование, элементами которого являются узлы, ряды, плоские сетки, элементарные ячейки.

Все кристаллы минералов кристаллизуются с пространственной решёткой, обладающей определённым уровнем симметрии, который проявляется во внешнем облике кристаллов-минералов. Степень совершенства (уровень симметрии) описывается понятием *сингонии кристаллов-минералов*.

Сингонией (от греч. «син» – сходный, «гония» – угол; дословно: сингония – сходноугольность) называется группа видов симметрии, обладающих одноименной главной осью симметрии и одинаковым общим уровнем симметрии. Переход от одной сингонии к другой сопровождается повышением степени симметрии кристаллов.

Всего выделяют семь сингоний (по степени сложности пространственных решёток): триклинная, моноклинная, ромбическая, тригональная, тетрагональная, гексагональная, кубическая.

1.2. Классификации драгоценных камней и минералов

В геммологии существует множество различных классификаций драгоценных камней: промышленные, технологические, торговые, генетические и стоимостные. Каждая классификация является узконаправленной и используется в том или ином виде человеческой деятельности по отношению к драгоценным камням.

В 1860 г. немецкий учёный К. Клюге предложил первую научно обоснованную классификацию драгоценных и полудрагоценных камней, которые он разделил на две группы: истинно драгоценные минералы и стандартные драгоценные минералы.

В конце XIX в. М. Бауэром была предложена новая классификация драгоценных камней, которая долгое время пользовалась популярностью у минералогов и ювелиров. Классификация М. Бауэра была позднее дополнена и расширена А. Е. Ферсманом. Ювелирные и поделочные камни подразделены на три группы: I – драгоценные камни (самоцветы), II – поделочные (цветные камни), III – драгоценные камни органического происхождения. В зависимости от ценности камни делились на порядки.

За рубежом наиболее известны классификации Д. К. Дж. Синканкаса (Великобритания), Р. Вебстера (Великобритания), Судзуки (Япония). Каждая классификация характеризуется своими особенностями и различиями. Кроме главных принципов, положенных в основу классификации, имеется ряд внешних факторов: сложившиеся традиции, «мода» на камень, наличие драгоценных камней на рынке, открытие новых месторождений драгоценных камней и т. п.

В МГРИ разработана и применяется классификация по кристаллохимическому признаку (Н. И. Корнилова, Ю. П. Солодова).

Все драгоценные камни подразделяются на три группы:

I. Ювелирные камни неорганического происхождения:

- традиционные (алмаз, сапфир, изумруд и т. п.);
- нетрадиционные (хромдиопсид, чароит, «кошачий глаз», титанит – зелёный сфен, апатит, касситерит, сфалерит).

II. Ювелирные камни органического происхождения (жемчуг, янтарь, гагат).

III. Ювелирные камни синтетического происхождения:

- аналоги природных драгоценных камней (рубин, сапфир);
- не имеющие аналогов драгоценных камней (ИАГ, фабулит, фианит);
- аналоги не драгоценных камней (муассанит, касситерит).

Ведущая классификация ювелирных и поделочных камней отличается от общепринятых минералогических классификаций, прежде всего тем, что в основе градации лежит их стоимость, и в 1973 г. Е. Я. Киевленко предложил модернизированную классификацию цветных камней, в которой были учтены их рыночная стоимость и применение в ювелирных изделиях и предметах художественно-камнерезного промысла (табл. 1.1).

Таблица 1.1

Общая классификация цветных камней (по Е. Я. Киевленко, 1983)

Группа	Порядок	Основные камни
Ювелирные (драгоценные) камни	1	алмаз; рубин; синий сапфир; изумруд; александрит
	2	сапфир оранжевый; зелёный и фиолетовый; черный опал; жадеит-империал
	3	демантоид; шпинель; белый и огненный опал; аквамарин; топаз; турмалин; родолит
	4	хризолит; циркон; кунцит; адуляр; солнечный камень; берилл жёлтый, зелёный и розовый; пироп; альмандин; бирюза, аметист, хризопраз, цитрин
Ювелирно-поделочные камни	1	лазурит, жадеит, нефрит, малахит, янтарь, горный хрусталь, дымчатый кварц
	2	агат; амазонит; гематит-кровавик; родонит; иризирующие полевые шпаты; иризирующий обсидиан; жады
Поделочные камни	—	Яшма; мраморный оникс; обсидиан; гагат; окаменелое дерево; лиственит; рисунчатый кремь; графический пегматит; авантюрин; флюорит; селенит

В минералогии принята классификация, в основу которой положены химический состав, структура и тип химических соединений.

Тип I. Простые вещества или самородные соединения

Класс 1 – Металлов

Класс 2 – Металлоидов

Класс 3 – Неметаллов

Тип II. Сульфиды и близкие к ним минерал

Класс 1 – Собственно сульфиды

Класс 2 – Персульфиды

Класс 3 – Сульфосоли

Тип III Кислородные соединения

Класс 1 – Оксиды и гидроксиды

Класс 2 – Силикаты

Класс 3 – Карбонаты

Класс 4 – Сульфаты

Класс 5 – Фосфаты

Тип IV. Галоиды

Класс 1 – Фториды

Класс 2 – Хлориды

Тип V. Органические соединения

Поскольку очень большое количество драгоценных камней относятся к классу силикатов, то следует привести подробную классификацию минералов этого класса.

Классификация силикатов

Подкласс 1. Островные силикаты:

оливин (хризолит), группа гранатов (пироп, альмандин, уваровит,grossуляр, андрадит), группа циркона (гиацинт), группа кианита.

Подкласс 2. – Кольцевые силикаты:

группа бериллов (изумруд, аквамарин, гелиодор, биксбит), группа турмалина (рубеллит, шерл, дравит, полихромный).

Подкласс 3. – Цепочечные силикаты:

отдел А – собственно цепочечные (пироксены): диопсид (хромдиопсид);

отдел В – ленточные (амфиболы): актинолит, обыкновенная роговая обманка.

Подкласс 4 – Слоистые силикаты:

мушкет, биотит, лепидолит, датолит, серпентин, тальк, пирофиллит, астрониллит, группа хлоритов.

Подкласс 5 – Каркасные силикаты:

группа кварца (агат, халцедон, переливт, морион, аметист, цитрин, раухтопаз);

группа полевых шпатов: подгруппа калиевых полевых шпатов (микроклин-амазонит, ортоклаз); подгруппа плагиоклазов (натриево-кальциевые полевые шпаты: альбит, олигоклаз, андезин, лабрадор, битовнит, анортит);

группа фельдшпатоидов: нефелин, содалит, лазурит.

1.3. Диагностика драгоценных камней

Многие драгоценные камни характеризуются одинаковыми или сходными признаками, что затрудняет их диагностику, а в дальнейшем – оценку их стоимости. Так, среди прозрачных и непрозрачных камней можно выделить группы одинакового цвета – розового, красного, голубого, синего, фиолетового и др. или переходного цвета – желтовато-зелёного (хризоберилл, хризолит и др.) красновато-оранжевые (сердолик и др.). Методы их диагностики основаны на определении важнейших физических свойств и внутренних особенностей камней.

1.3.1. Принципы диагностики драгоценных камней

Изучению камня по всем возможным параметрам могут препятствовать следующие факторы:

- 1) камень закреплен в оправе;
- 2) камень слишком маленький или не имеет плоской грани достаточного размера;
- 3) отсутствие некоторых дорогостоящих приборов и оборудования у исследователя.

Сходность многих камней по внешнему виду и оптическим константам во избежание ошибки требует изучать их как можно более разностороннее (табл. 1.2).

В драгоценных камнях изучаются и измеряются следующие свойства или параметры:

- 1) показатель преломления;
- 2) двупреломление;
- 3) анизотропия;
- 4) наличие или отсутствие плеохроизма;
- 4) наличие или отсутствие александритового эффекта;
- 5) одноосность или двуосность;
- 6) оптически положительный или отрицательный;
- 7) величина дисперсии;
- 8) спектр поглощения;
- 9) характер включений в камне;
- 10) флюоресценция, фосфоресценция;
- 11) удельный вес;
- 12) теплопроводность;
- 13) магнитность;
- 14) смачиваемость водой, жиром;
- 15) качество огранки;
- 16) цвет и оттенки цвета;
- 17) прозрачность в рентгеновских лучах и др.

В геммологии такие понятия, как, например, твердость, растворимость в кислотах, щелочах, – больше теоретические, чем практические.

Рассмотрим, каким образом, в геммологии можно косвенным способом оценить твердость камня (хотя бы приблизительно), если прямым способом этого сделать нельзя.

Косвенные признаки твёрдости драгоценного камня:

1) при огранке мягких камней (твердостью меньше 7) грани получаются слегка выпуклыми, ребра между ними не четкие и острые, а слегка притупленные и закругленные, на гранях часто остаются полировочные риски, порой глубокие, поверхности граней не имеют зеркальной полировки, а слегка матовые, с выкрашиванием частиц камня, ямками и т. п.;

2) при огранке твердых камней: грани четкие, плоские, с зеркальной полировкой, хотя бывают и исключения.

Надо заметить, что это во многом зависит от мастерства огранщика (табл. 1.2).

Систематический путь диагностики ювелирных камней

Прибор, метод	Измеряемые характеристики
Предварительное описание камня	Вес, размеры, тип и форма огранки, цвет при дневном и искусственном освещении, прозрачность и другие характеристики
Полярископ	Изотропный, анизотропный, двупреломляющий
Коноскопия	Одноосный, двуосный
Рефрактометр	Показатели преломления, максимальное двупреломление, одноосный/двуосный, оптически положительный или отрицательный
Микроскоп	Включения, качество ограненной поверхности, степень износа, показатель преломления, смачиваемость жиром
Спектроскоп	Спектр поглощения
Дихроскоп	Плеохроизм
Методы: 1) тяжелых жидкостей; 2) гидростатического взвешивания	Удельный вес
Люминесцентная лампа	Флюоресценция
РЕЗУЛЬТАТ	

Также на камне могут остаться следы и в процессе носки: царапины, сколы, потертые ребра, которые тем заметнее, чем мягче камень и чем дольше он находился в эксплуатации.

Итак, качественная оценка твердости:

а) имеют качественную огранку и не несут следов износа – с твердостью 10–8,5 (алмаз, корунд, хризоберилл, муассанит);

б) имеют единичные микросколы, царапины, небольшие дефекты огранки – с твердостью 8,5 – 7,0 (топаз, берилл, гранаты, турмалин);

в) при носке видна истертость ребер, царапины, более выражено несовершенство огранки – с твердостью 7,0–6,0 (кварц, хризолит, циркон, демантоид);

г) быстрый износ до полной потери граней, полировка явно хуже зеркальной – с твердостью меньше 6,0 (не детализируем).

При определении твердости драгоценного камня, имеющего огранку, следует знать, что на полированных гранях (фасетах) определять твердость нельзя, однако существует зона в ограненном камне, где можно тонкой иглой определить твердость по шкале Мооса, и эта зона называется рундистом.

1.3.2. Приборы для диагностики драгоценных камней

Основные виды работ, выполняемых в геммологической лаборатории, – это диагностика, экспертиза и оценка драгоценных и других камней, ювелирных изделий с использованием камней, произведений ювелирного искусства, коллекционных материалов.

Геммологические стереомикроскопы позволяют геммологу досконально изучить предмет исследования: выявить брак у ювелирных изделий, описать включения и сколы у ювелирных вставок, подтвердить подлинность пробирного клейма и т. д. (рис. 1.1). Современная система видео- и фотосъемки позволяет сделать качественные снимки для дальнейшего размещения в экспертном заключении и вывести на монитор изображение для демонстрации непосредственно клиенту.

Геммологические весы – это лабораторные весы, обладающие рядом отличительных особенностей, связанных с предельно допустимой погрешностью, а также ценой деления. Используются для определения веса изделий, камней, вставок, а также для определения удельного веса камней, вставок, материалов, ювелирных изделий (рис. 1.2).



Рис. 1.1. Геммологический стереомикроскоп



Рис. 1.2. Геммологические весы

Полярископы применяются для исследований оптических свойств прозрачных камней: определение наличия или отсутствия двупреломления, определение направлений оптических осей (рис. 1.3).

Оптический **рефрактометры** позволяет определять показатели преломления драгоценных, полудрагоценных камней и их имитаций для последующей идентификации, в том числе, помогают отличить бриллианты от муассанитов (рис. 1.4).



Рис. 1.3. Полярископ



Рис. 1.4. Оптический рефрактометр

Тестер драгоценных камней помогает измерить теплопроводность камня, что позволяет довольно быстро и безошибочно идентифицировать бриллианты и наиболее распространенные цветные камни (рис. 1.5).

Лампа ультрафиолетового света (LW/SW) используется для определения настоящего бриллианта от подделки, для возбуждения флюоресценции, дающей полезную информацию при тестировании (рис. 1.6).



Рис. 1.5. Тестер драгоценных камней



Рис. 1.6. Лампа ультрафиолетового света (LW/SW)

Эталон цвета бриллиантов используется для определения и назначения группы цвета бриллианта методом сравнения исследуемого бриллианта с камнями-эталоном при специальном освещении (рис. 1.7).

Эталон цвета цветных камней, зарегистрированные в государственном реестре средств измерений России, позволяют определять и назначать группы цвета всех существующих цветных камней (рис. 1.8).



Рис. 1.7. Эталоны цвета бриллиантов



Рис. 1.8. Эталоны цвета цветных камней

Дихроскоп используется для наблюдения эффекта плеохроизма в драгоценных камнях и минералах, позволяет отличать рубины от гранатов и красной шпинели (рис. 1.9). **Спектроскоп** предназначен для выявления спектра поглощения камня. Используется для изучения линий спектра путем направления светового луча через драгоценный камень в спектрометр. Позволяет выявлять в составе камней железо и хром (рис. 1.10).



Рис. 1.9. Дихроскоп



Рис. 1.10. Спектроскоп

Эталоны твёрдости по шкале Мооса позволяют определить твердость исследуемого камня (рис. 1.11).

Фильтр Челси позволяет отличить природный изумруд от других зеленых камней (зеленый сапфир, зеленый турмалин и хризолит), а также идентифицировать большинство камней зеленого и синего цветов (рис. 1.12).



Рис. 1.11. Эталоны твёрдости



Рис. 1.12. Фильтр Челси

1.3.3. Главные диагностические свойства драгоценных камней

Поскольку драгоценные (ювелирные) камни в большинстве своём представляют собой минеральные образования (монокристаллы или агрегаты), то при их диагностике следует использовать свойства тех минералов, которыми они являются в природе или созданы человеком. Рассмотрим их:

1. Механические: твёрдость, спайность, излом, штриховатость, ковкость, хрупкость, упругость.
2. Оптические: светопреломление, светопоглощение (окраска), светоотражение (блеск), цвет черты, прозрачность, люминесценция.
3. Физические свойства: плотность, теплоёмкость, электропроводность, магнитность.

Механические свойства драгоценных камней

Твёрдость – способность драгоценного камня (минерала) сопротивляться внешнему механическому воздействию. На твёрдость влияют: межатомные расстояния (твёрдость увеличивается с уменьшением межатомных расстояний), строение кристаллической решетки (самая маленькая твердость у слоистых силикатов, самая большая – у каркасных силикатов и оксидов), валентность (твёрдость повышается с увеличением валентности катионов и анионов), координационное число (твердость повышается с увеличением координационного числа, например: координационное число углерода в алмазе – 4, в графите – 3) и тип химической связи (самая высокая твёрдость у минералов с ковалентным типом связи – алмаз, самая низкая твердость – у минералов с молекулярным и ионным типом связи – графит, галит).

Для определения твёрдости в минералогии используют шкалу относительной и абсолютной твердости:

- 1) **абсолютная** – определяется с помощью твердометра – алмазная квадратная пирамидка, при определенной нагрузке давит на грань минерала и в полученном отпечатке (реплике) замеряется одна из сторон фигуры. Абсолютная твёрдость измеряется в кг/мм^2 и рассчитывается по формуле:

$H = 1854 \times P/d^2$, где P – вес, давящий на алмазную пирамидку (кг), d – длина одной из сторон отпечатка (мм). Самая высокая твердость у алмаза – 10 060 кг/мм²;

2) **относительная** – определяется относительно предметов, путем царапания по грани или по плоскости спайности минерала. Относительная твердость минералов измеряется от 1 до 10:

- **шкала Мооса:** тальк – 1, гипс – 2, кальцит – 3, флюорит – 4, апатит – 5, ортоклаз – 6, кварц – 7, топаз – 8, корунд – 9, алмаз – 10;
- **металлические иголки:** Al – 2-2,5; Cu – 3-3,5; латунь – 4-4,5; Fe – 5-5,5; сталь – 6-6,5.

По М. М. Хрущёву, номер эталона шкалы Мооса приблизительно пропорционален кубическому корню, вычисленному из числа твердости, определенному методом алмазной пирамидки.

Твердость всегда определяется на гранях кристаллов. В агрегатах твердость будет ниже.

Различают **пассивную** и **активную** твердость минералов. **Пассивная** твердость проявляется в том, что осколок минерала не может поцарапать грань или плоскость спайности такого же минерала (например: тальк, апатит, топаз, корунд). **Активная** твердость проявляется в том, что осколок минерала может поцарапать грань или плоскость спайности такого же минерала (например: гипс, галит, флюорит, ортоклаз, кварц). Определять твердость драгоценного камня можно только в сырье, за исключением вышеупомянутого случая определения твердости драгоценного камня на рундисте.

Спайность – способность минерала раскалываться по определенным кристаллографическим направлениям. Французский кристаллограф Эгюст Браве сформулировал правило: «Спайность проходит параллельно плоским сеткам с тах ретикулярной плотностью».

Штриховка на грани кристалла-минерала может существенно помочь при диагностике драгоценных камней, но только в природных необработанных минералах. Например: косую штриховку имеют минералы группы корунда (рубин, сапфир).

Ковкость – это способность минерала раскатываться в тонкую пластинку (10 мк и менее) или в нить такой же толщины. Характерна для минералов типа самородных элементов: золото, платина, минералы платиновой группы, серебро.

Хрупкость – это способность минерала оставлять порошковатый след после механического воздействия на его поверхности спайности или грани кристалла (флюорит, апатит).

Оптические свойства драгоценных камней

Оптические свойства драгоценных камней определяют не только их эстетические, ценностные качества, но и являются важнейшим диагностическим признаком.

Как было сказано выше, к оптическим свойствам относятся:

- 1) светопоглощение (окраска);
- 2) светотражение (блеск);
- 3) светопреломление;
- 4) прозрачность;
- 5) цвет черты;
- 6) люминесценция.

Светопоглощение (окраска камня)

Окраска – это свойство камня вызывать зрительные ощущения в зависимости от состава пропускаемого или отраженного камнем электромагнитного излучения.

Если весь световой спектр без какого-либо поглощения, проходит сквозь камень, то камень выглядит совершенно прозрачным (алмаз, топаз, горный хрусталь).

Если свет полностью поглощается, то камень выглядит черным (гагат, графит).

Если камень частично и равномерно по всему спектру поглощает свет, то камень выглядит серым (олигоклаз).

Различная окраска у драгоценных камней бывает из-за неравномерного поглощения светового спектра химическими элементами. По определению Е. С. Ферсмана у минералов и драгоценных камней различают три типа окраски.

1) **Идиохроматическая окраска** (от греч. «своя») – собственная окраска, обусловленная особенностями кристаллической решетки, или наличием окрашивающих элементов, входящих в химический состав минерала. Они называются элементы-хромофоры. Например, Fe^{+2} , Fe^{+3} – аметист, Cr^{+3} – изумруд, рубин.

2) **Аллохроматическая окраска** (от греч. «чужая») – из-за присутствия в камне механических примесей обычно они представляют собой какие-либо минеральные фазы (минералы-узники), примесных ионов переходных металлов. Например, хризопраз – включения Ni серпентина, сердолик – включения гётита, авантюрин – включения пластинчатой разности гематита.

3) **Псевдохроматическая окраска** («ложная» – греч.) – не свойственная самому камню и обусловленная явлением интерференции, дифракции и рассеяния света в поверхностных или глубинных измененных зонах. Например, ирри-

зация у лабрадора, олигоклаза, опалесценция у опала, побежалость у халькопирита, астеризм у рубина, сапфира, эффект «глаза» у минералов семейства кварца.

Светоотражение (блеск) – способность минерала (камня) отражать то или иное количество светового потока, попадающего на камень. При диагностике огранённых драгоценных камней с помощью блеска необходимо учитывать качество обработки поверхности. У природных камней блеск определяется на гранях или плоскостях спайности.

Количественное значение отражательной способности камня определяется коэффициентом отражения $R = I_o/I_p * 100$, где I_o – интенсивность отражённого светового потока, I_p – интенсивность светового потока, попадающего на камень.

У прозрачных минералов отражательная способность зависит от показателя преломления n . Чем больше показатель преломления камня, тем больше света отражается от его поверхности, и тем сильнее его блеск. Например, при перпендикулярном падении света, кварц отражает обратно 4%, а алмаз – 17,2%.

Существует линейная зависимость между плотностью и коэффициентом отражения. Чем выше удельный вес камня, тем выше отражательная способность.

При визуальной оценке блеска различают: стеклянный ($n = 1,3–1,9$; $R = 2–10\%$), алмазный ($n = 1,9–2,5$; $R = 10–19\%$), полуметаллический ($n = 2,5–3,0$; $R = 19–25\%$) и металлический ($n > 3$; $R > 25\%$).

Светопреломление – одно из самых главных диагностических свойств драгоценных камней и минералов в целом. Определяется исключительно в прозрачных камнях (рис. 1.13).

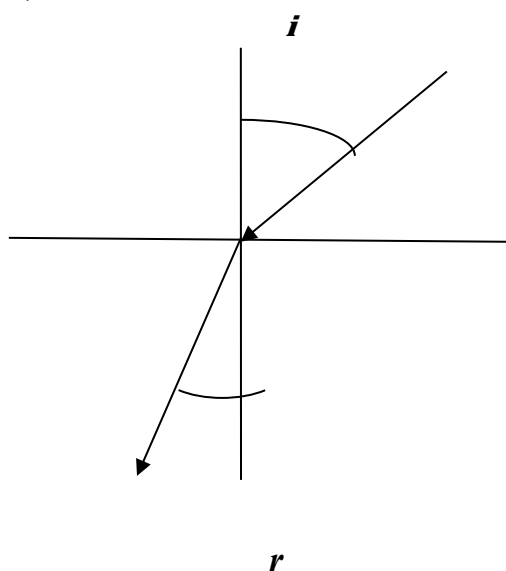


Рис. 1.13. Преломление светового луча при прохождении его через драгоценный камень

Луч света, переходя из воздуха в более плотную среду, теряет в скорости пропорционально плотности среды. При падении луча света на поверхность раздела «воздух / камень» под углом, отличным от перпендикуляра, это падение скорости будет выражаться в изменении направления луча (преломлении света). Например, эффект преломления ложки в стакане воды.

Так как каждый минерал обладает своей оптической плотностью, то измеренное преломление является одной из характеристик определения драгоценного камня, выраженной в значении показателя преломления – n . Величина n всегда постоянна для одного минерального вида.

$$n = \sin i / \sin r,$$

где $\sin i$ – синус угла падения, а $\sin r$ – синус угла преломления.

Показатель преломления всегда больше единицы.

Все минералы делятся на две группы: изотропные и анизотропные.

Изотропные – атомы в кристаллической решетке расположены равномерно по всем направлениям и, следовательно, все физические и оптические свойства у них по всем направлениям одинаковы. К ним относятся алмаз, шпинель, гранаты. Они кристаллизуются в кубической сингонии.

Изотропность свойств наблюдается также у стекол, благодаря тому, что они аморфны и не имеют кристаллической решетки.

В скрещенных николях поляризационного микроскопа эти минералы не пропускают свет и выглядят чёрными.

Анизотропные – физические и оптические свойства у них зависят от направления. Луч света в них разделяется на два луча, которые колеблются в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

У некоторых камней (исландский шпат) невооруженным глазом можно видеть раздвоение граней.

Сила двойного лучепреломления – разность между наибольшим и наименьшим показателем преломления: $n_g - n_p = \Delta$.

Такой минерал в разных направлениях может иметь разные цвета или разные оттенки, такое свойство называется плеохроизм (частный случай – дихроизм). Например, турмалин, кордиерит.

Анизотропные минералы делятся на одноосные (кристаллы средней категории сингоний: рубин, сапфир, изумруд, турмалин, циркон) и двуосные (кристаллы низшей категории сингоний: топаз, александрит).

Для наглядного изображения распространения световых волн в минерале используют понятие *оптической индикатрисы* – это модель, которая показыва-

ет направление движения световых волн в минералах различных сингоний и относительную величину этих оптических показателей.

Показатель преломления можно определить следующим образом:

- 1) в поляризационном микроскопе с помощью набора иммерсионной жидкости по полоске Бекке;
- 2) по рельефу;
- 3) с помощью геммологического рефрактора.

Дисперсия – это явление разложения белого света на спектральные цвета, так как показатели преломления любого минерала зависят (при том в разной степени) от длины волны падающего света (рис. 1.14).

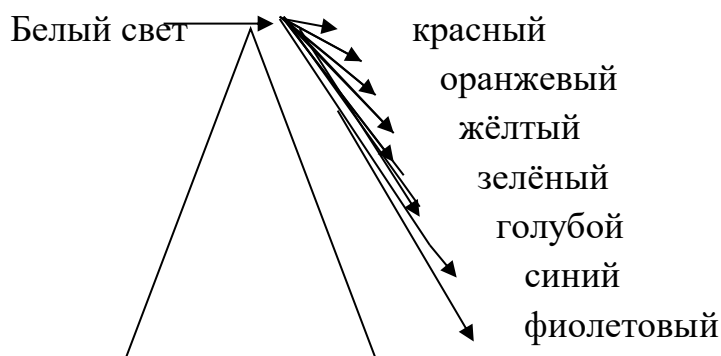


Рис. 1.14. Явление разложения белого света на спектральные цвета

А поскольку отдельным цветам спектра белого света соответствуют разные длины волн, то они преломляются неодинаково. Особенно велико значение цветовой дисперсии у алмаза, который именно ей обязан своей великолепной игрой цветов – знаменитым «огнём», составляющим главную прелесть этого камня. Например, у алмаза n для красных лучей (длина волны 687 нм – линия В) составляет 2,407, а для фиолетовых лучей (длина волны 397 нм – линия G) – 2,465. В качестве числовой меры дисперсии обычно принимается разность показателей преломления для волн красной (линия В) и фиолетовой (линия G) частей спектра.

Дисперсия бывает хорошо заметна только у бесцветных камней. Природные и синтетические камни с высокой дисперсией (рутил, сфалерит, титанит, фианит, фабулит) используются в ювелирном деле как заменители алмаза. Например, дисперсия некоторых минералов: рутил – 0,280, алмаз – 0,044, рубин – 0,018, аквамарин – 0,014, флюорит – 0,007.

Спектр поглощения – это свойство минерала, точнее химических элементов, поглощать определённую часть спектра, при прохождении через минерал белого света.

Благодаря этому минерал и приобретает ту или иную окраску. В результате этого процесса человеку легко обмануться, приняв за драгоценный рубин такие похожие на него по цвету камни, как рубеллит, красную шпинель, альмандин и даже красное стекло.

Для уверенной диагностики драгоценных камней и применяют характеристические спектры поглощения, которые для каждого минерала, минерального вида являются постоянными (рис. 1.15).

Черные полосы на спектре минерала являются следами поглощения химическими элементами той или иной части спектра разложения белого света.

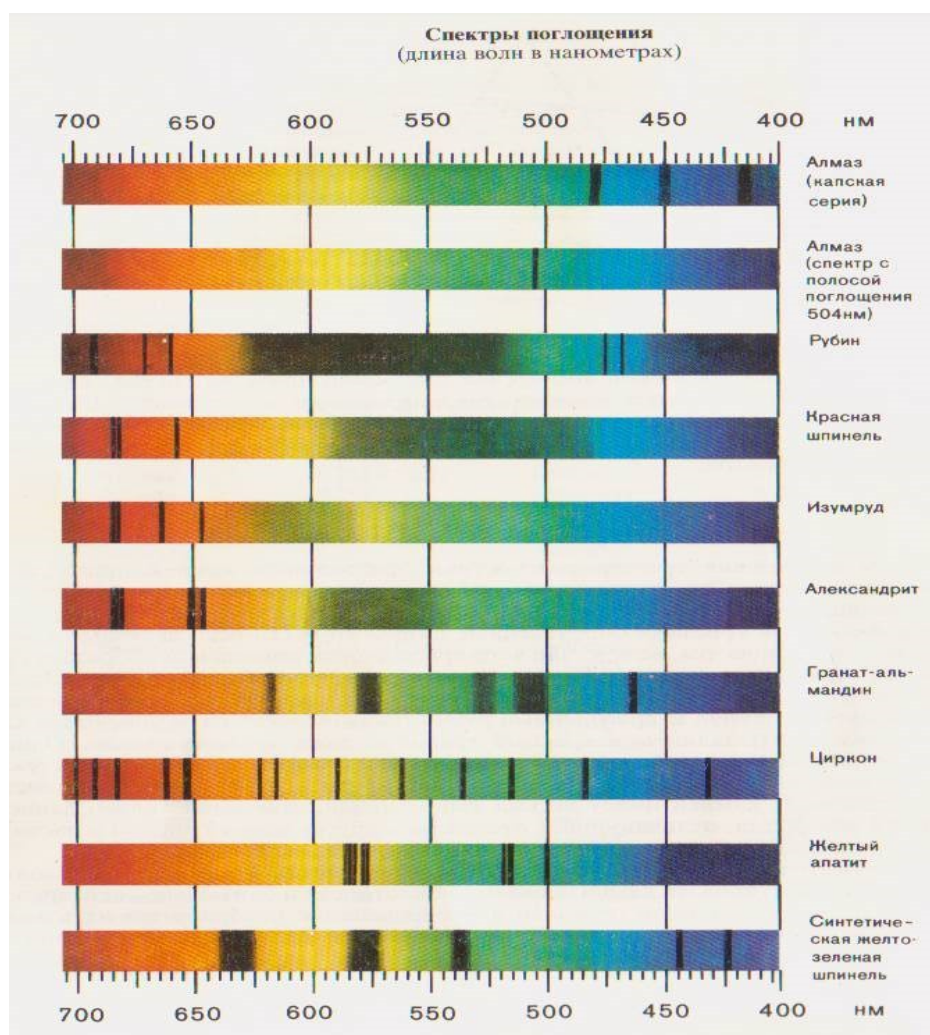


Рис. 1.15. Спектры поглощения драгоценных камней

Прибором для наблюдения спектров служит спектроскоп. Он позволяет установить длины волн поглощенного спектра. Единицей измерения волн служит нанометр ($1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м}$). Благодаря этому минерал приобретает ту или иную окраску.

Люминесценция – способность минерала светиться после воздействия на него различными видами излучений. Люминесценция – неравновесное излуче-

ние, избыточное над тепловым, возникающее в минерале вследствие перехода электронов атомов или молекул из возбуждённого состояния в основное, которое сопровождается выделением энергии в виде светового потока.

Различают следующие виды люминесценции, в зависимости от типа возбуждающего излучения:

- фотолюминесценция – воздействие ультрафиолетового излучения и видимого света (рубин, сапфир) – основной тип излучения, используемый при диагностике драгоценных камней;
- катодолюминесценция;
- рентгенолюминесценция используется для диагностики природных алмазов в процессе его добычи;
- радиолюминесценция – α и γ -излучение;
- термолюминесценция;
- триболюминесценция.

По продолжительности остаточного излучения различают:

- флюоресценцию (свечение минерала в момент облучения);
- фосфоресценцию (продолжительное свечение после снятия возбуждающего излучения).

Центрами люминесценции являются примесные химические элементы, которые дают окраску минералам: Cr^{+3} – рубин, изумруд, александрит, топаз, Mn^{+2} – флюорит, родонит, кунцит, Zr^{+4} – циркон, редкие земли – кальцит, апатит.

Элементы-гасители люминесценции в минералах: Fe^{+2} , Cu^{+2} , Co^{+2} . При содержании данных катионов $>1\%$ люминесценции в минералах не происходит.

Люминесценция является одним из дополнительных, а иногда основным диагностическим свойством минерала (александрит).

Свечение: алмаз – голубое или жёлтое, рубин – красное, циркон – жёлтое, опал – белое, сапфир – оранжевое, апатит – зелёное, фенакит – фиолетовое.

Прибор: люминесцентная лампа двухдиапазонная с длинами волн возбуждения – 366 nm и 253,7 nm (производство России и Германии).

Определение свечения проводится в затемнённом месте на чёрной подложке (бумаге).

Физические свойства драгоценных камней

Плотность (удельный вес) – важнейшее диагностическое свойство драгоценных камней. Плотность равна массе единицы объёма вещества и рассчитывается по формуле: $\rho = m/V$, где m – масса минерала (граммы), V – объём минерала (cm^3).

Плотность минерала зависит от химического состава и типа кристаллической решётки. Например, оливин (островной силикат) имеет удельный вес 3,27–4,2 г/см³; олигоклаз (каркасный силикат) 2,57–2,77 г/см³.

Для драгоценных камней плотность изменяется в пределах от 2,5 до 4,0 г/см³.

Методы измерения плотности минералов:

1) уравнивания в тяжёлых жидкостях – тяжёлые жидкости: бромформ (трибромметан-CHBrO₃) $\rho = 2,89$ г/см³; Туле (HgI₂KI) $\rho = 3,17$ г/см³, Клеричи (CH₂COO) $\rho = 4,29$ г/см³;

2) метод гидростатического взвешивания (основан на принципе Архимеда). Плотность рассчитывается по формуле

$$\rho = w/w - w^l,$$

где w – вес камня на воздухе, w^l – вес камня в воде.

3) пикнометрический – взвешивание камня на воздухе и в воде в маленькой стеклянной колбочке – пикнометре.

$$\rho = w/(w + w^l - w^{ll}),$$

где w – вес камня, w^l – вес воды в пикнометре, w^{ll} – суммарный вес воды, пикнометра и камня.

4) оптический – по графику корреляции показателя преломления и плотности (рис. 1.16).

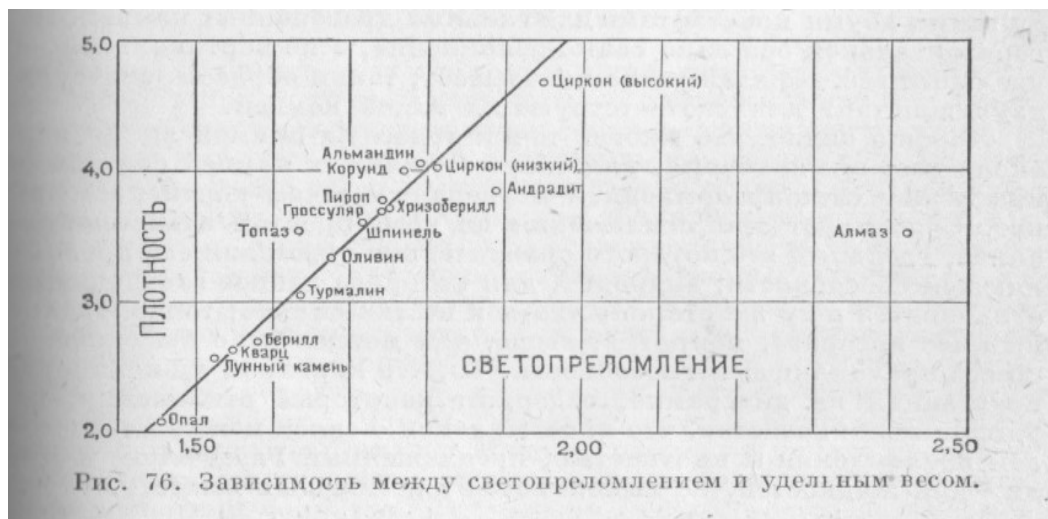


Рис. 76. Зависимость между светопреломлением и удельным весом.

Рис. 1.16. График корреляционной зависимости показателя преломления и удельного веса драгоценного камня

В геммологической практике России ювелирами и геммологами используется определённая форма для записи диагностических свойств и оценки, которая приведена на рис. 1.17.

Рабочий лист для оценки цветных ограненных ювелирных камней по системе GIA

Ф.И.О.

Образец

Серия

№

Разновидность/вид

Масса, ст

Размер, мм

Тип и форма огранки

Прозрачность

Оценка цвета

Доминирующий

Дополнит -1

Дополнит -2

Оттенок (Hue)

Тон (Tone)

Насыщенность (Saturation)

Причина

Сила

Описание

Оценка, балл

Примечание

Оценка чистоты

Тип

Описание

Группа

Оценка качества огранки

Пропорции

В профиль

Со стороны площадки

В профиль

Контур площ. балл

Блеск, балл

Профиль, балл

Баланс

Окно, %

Баланс

Длина/Ширина

Возврат света, %

Общая высота

Привлекательность формы

Погасание, %

Высота верха

Высота низа

Выпуклость

Размер площадки

Толщина рундства

Оценка пропорций (контур) - [блеск] - [профиль] (1 1 1 1 1) 3 1 1

Финишная обработка

Полировка

Количество и расположение граней

Симметрия

Оценка финишной обработки, балл

Общая оценка огранки (Оценка пропорций) 4 [оценка финишной обработки] 5 (1 1 4 1 1) 5 1 1

Рабочий лист для систематической идентификации ювелирных камней

Фамилия, имя, отчество

Дата

Результат

Образец

Серия

№

Масса, ст

Размер, мм

Тип и форма огранки

Цвет

Прозрачность

Дополнительные замечания по СИВО

Полярископ

Оптически изотропный

Оптически анизотропный

Двупреломляющий агрегат

Аномальное двупреломление

Коноскоп

Нет оптической фигуры

Оптически одноосный

Оптически двuosный

Оптическая активность

Рефрактометр

Площадка

Боковая грань

Основные показатели преломления

Максимальное двупреломление

Оптически одноосный

Оптически двuosный

Оптически отрицательный

Оптически положительный

Микроскоп

Диагностируется

Не диагностируется

Дихроизм

Отсутствует

Сильный

Цвета

Плеохроизм

Умеренный

Слабый

Нет

Спектроскоп

Плотность, г/см³

Метод

УФ - люминесценция

λ = 365 нм

Отсутствует

Сильная

Умеренная

Слабая

Цвет

λ = 264 нм

Отсутствует

Сильная

Умеренная

Слабая

Цвет

Замечания

Результат

Правильно

Результат исследования

Правильно

Неправильно

Рис. 1.17. Рабочий лист для диагностики и оценки драгоценных камней

1.4. Оценка драгоценных камней

1.4.1. Принципы оценки драгоценных камней

Для того, чтобы отнести «камень» к категории драгоценных, ювелирных или ювелирно-поделочных камней необходимо, чтобы он обладал следующими особыми **тезоврационанными свойствами**.

КРАСОТА – главная особенность драгоценного камня, являющаяся понятием субъективным, подвержена моде, которая зачастую формируется по «заказу» и тем не менее является определяющим фактором при оценке драгоценного камня и ювелирных изделий из них («золотое сечение», симметричность, чистота и т. п.).

ДОЛГОВЕЧНОСТЬ – специфическая особенность драгоценного камня, основанная на их способности быть износостойкими и обладать высокой твердостью (алмаз, рубин, изумруд).

РЕДКОСТЬ – важнейшее свойство драгоценных камней, т. к. люди чаще всего предпочитают редкое красивому (биксбит – розовый берилл).

СОХРАНЯТЬ СВОЙСТВА С ТЕЧЕНИЕМ ВРЕМЕНИ – драгоценные камни подчиняются общему историческому закону – «чем древнее, тем дороже».

Драгоценные камни далеко не равноценны по своей стоимости.

УНИКАЛЬНЫЕ образцы алмаза, изумруда, рубина баснословно дороги, а некоторые из них представляют собой общенациональное достояние. Они все имеют своё собственное имя, свою биографию и зачастую кровавую биогра-

фию. Это, так называемые, исторические камни: «ОРЛОВ» (199,6 ct), «ШАХ» (88 ct) (Алмазный фонд России); «КУЛИНАН-1» и «КУЛИНАН-2» (516, 5 ct и 309,3 ct), «КОХ-И-НОР» (106 ct) (сокровищница британской короны).

Цена **РЯДОВОГО** ювелирного камня колеблется в широком диапазоне и зависит от минерального вида камня, относительной редкости, традиционно сложившейся репутации, моды.

Не существует единой стандартной системы определения цены камня и, как правило, цена зависит от вкуса покупателя. Основной закон ценообразования на рынке драгоценных камней – конкретный драгоценный камень получает конкретную цену после договора между продавцом и покупателем.

В оценке драгоценных камней существует принцип 4С, который можно с успехом применять и для всех остальных камней:

- 1) color – красивый яркий цвет;
- 2) clarity – чистота, отсутствие включений;
- 3) carat weight – размер, или вес;
- 4) cut – качество огранки.

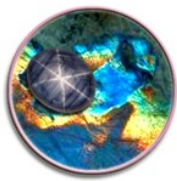
В последнее время предлагается еще один фактор, влияющий на цену:

- 5) confidence – редкость, происхождение.

Кроме того, драгоценными (ювелирными) камнями считаются те, твердость которых выше 7 по шкале Мооса.

1.4.2. Основные критерии оценки драгоценных камней

Только понимание «взаимоотношений» цвета, чистоты, качества огранки и веса в каратах позволит правильно и реально оценить тот или иной камень.



Цвет

Цвет – самый важный фактор в определении ценности цветных драгоценных камней, и большинство дилеров оценивает цветной компонент в стоимости камня между 50–70% от полного значения.

Глаз человека различает примерно пять миллионов цветовых оттенков. Для определения обыкновенных цветов мы используем обычные термины – жёлтый, зелёный, синий, но для описания драгоценных камней этого недостаточно, так как цвет – это важнейший параметр самоцветов.

Рубины или изумруды чисто красного или зеленого цвета, встречаются в природе чрезвычайно редко. Обычно они имеют разнообразные оттенки. Еще с давних времен специалисты сталкивались с проблемой описания цветов драго-

ценных камней и часто прибегали к методу сравнения. В древней Бирме, к примеру, чистый карминово-красный цвет сравнивался с цветом голубиной крови.

На сегодняшний день цвета камней определяются кодами по системам GIA GemSet, GIA ColorMaster и GemDialogue (рис. 1.18).



Рис. 1.18. Примеры систем цветности драгоценных камней

Каждая из этих систем делит цвет на три компонента:

- 1 – сам цвет;
- 2 – тон окраски (бледный, насыщенный и др.);
- 3 – чистота (показывает присутствие примесей коричневого или серого цветов).

Кроме знания этих эталонов, нужно еще уметь сравнивать цвета и оттенки камней. В каждой системе имеются эталоны того или иного цвета. Например, в GIA GemSet имеется 324 эталона. Еще больше впечатляет Munsell Book of Color (рис. 1.19), Glossy Collection, в которых имеется около 1600 эталонов.

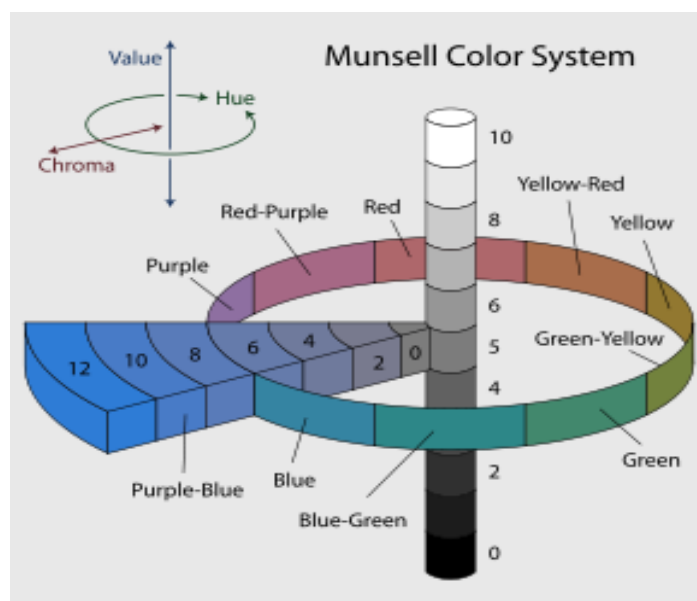


Рис. 1.19. Цветовая система Мансела

Цветовая система Мансела включает три координаты, цветовое тело можно представить как цилиндр в трехмерном пространстве. Цветовой тон измеряется в градусах по горизонтальной окружности, «хрома» (насыщенность) измеряется радиально от нейтральной оси цилиндра к более насыщенным краям, «значение» (светлота) измеряется вертикально по оси цилиндра от 0 (черный) внизу до 10 (белый) – вверху.

Расположения цветов определялось экспериментально изучением цветового ощущения испытуемых. Цвета Манселл старался расположить визуально одинаково, что привело к образованию цветового тела неправильной формы.

Каждый горизонтальный круг в системе Манселла разделен на пять основных тонов: красный (Red), желтый (Yellow), зеленый (Green), голубой (Blue) и фиолетовый (Purple). Между ними располагаются пять переходных тонов. Каждая из этих 10 ступеней разделена на 10 подступеней. Полученным 100 тонам присвоены целочисленные значения. Два цвета одинакового «значения» и «хромы» на противоположных сторонах круга смешиваются в нейтральный серый того же значения.

Вдоль по оси располагаются нейтральные цвета. Хрома (примерно соответствует насыщенности) измеряется радиально от центра каждого горизонтального «среза». Меньшее значение хромы соответствует менее чистому цвету (ненасыщенному, пастельному). Различные области цветового пространства имеют разный максимум хромы. Например, в светлом жёлтом хрома может принимать более высокие значения, чем в светлом фиолетовом. Это отражает особенности восприятия цвета человеком. В некоторых случаях значения хромы достигает 30 и более, однако объекты с таким цветом воспроизвести практически невозможно.

В полном виде цвет определяется тремя величинами: «тон», «значение» и «хрома». Например, довольно насыщенный фиолетовый средней светлоты определяется как 5P 5/10, где 5P означает тон, 5 – светлоту, а 10 – хром.

Есть камни, цвет которых определяется дисперсией или плеохроизмом. Важную роль в этом смысле играет освещение и окраска интерьера. Изменение цвета таких камней как александрит, турмалин, корунд и других при различном освещении, называется александритовым эффектом, его также нужно принимать во внимание.

Стоит отметить, что даже незначительные ошибки при определении цвета камня могут привести к большим убыткам, когда речь идет о дорогом камне.

Существует серия требований к изумрудам, которые классифицируют эти камни всего лишь по тону, не принимая во внимание цвет и чистоту цвета. Пятицветовое деление, конечно, проще, и для мелкого опта этого достаточно. Но

когда речь идет о розничной продаже, где обязательна проверка со стороны государственных служб, это деление неудовлетворительно.

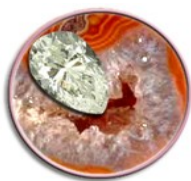
Заметим также, что драгоценные камни не должны быть слишком темными или слишком светлыми. В идеальном варианте они должны выглядеть достойно при любом освещении. Цветные значительную перемену цвета изменение при различном освещении.

Обязательно нужно принимать во внимание, что видимый цвет камня всегда зависит типа освещения. Даже при дневном свете один и тот же камень может выглядеть по-разному, потому что интенсивность дневного света изменяется в течение дня и зависит от географической широты. У утреннего, полуденного и вечернего света есть свои особенности, иногда очень сильно влияющие на внешний облик камня.

Так же, как и естественный дневной свет, искусственный свет тоже значительно влияет на видимую окраску камня. Например, лампы накаливания добавляют камням красных тонов, в то время как люминесцентная лампа делает камень «зеленее» или «голубее».

Для того чтобы грамотно описать цвет камня, специалисты используют различные источники освещения, позволяющие получить свет с различными температурами. Стандартные температуры света для различных минералов давно исследованы специалистами в области оптики и кристаллографии.

При классифицировании камней по цвету, лучшим является тот камень, цвет которого максимально приближен к цвету самого дорогого камня данной цветовой группы.



Чистота драгоценных камней

Рассмотрим чистоту драгоценных камней на примере бриллианта (огранённого алмаза).

Чистота – это качественная характеристика драгоценного камня, она зависит от его жизненного цикла и внешнего вида внутренних составляющих камня, называемых **включениями**, а также от изъянов поверхности, называемых **дефектами**. К включениям относятся вкрапления кристаллов другого материала или другого алмаза, это также могут быть некоторые структурные несовершенства, например микроскопические трещины, которые могут придавать белесоватый или мутный вид. Количество, размер, цвет, местоположение, направление и видимость включений может влиять на относительную чистоту

бриллианта. Степень чистоты определяется на основе всего внешнего вида камня при десятикратном увеличении.

Большая часть включений обнаруживается в бриллиантах ювелирного качества, что не влияет на их внешний вид и структурную целостность. Однако большие помутнения могут повлиять на способность бриллианта пропускать и рассеивать свет. Большие трещины, расположенные близко или доходящие до поверхности, могут уменьшить устойчивость камня к разрушению.

«Совершенные» бриллианты продаются по самым высоким ценам. При этом, незначительные включения или дефекты могут быть полезными и стать уникальным идентификационным знаком, что по сути аналогично отпечаткам пальцев. По мере того, как развивается технология создания искусственных бриллиантов, а различие искусственных и природных бриллиантов становится все более трудной задачей, включения и дефекты могут служить доказательством естественного происхождения камня.

Выделяют несколько видов включений и дефектов, которые в разной степени влияют на чистоту бриллианта. Особенности, появляющиеся в результате процедур повышения качества бриллиантов, например, лазерной линией, также относятся к включениям и/или дефектам.

Включения:

- потемнения;
- кромки;
- включенные кристаллы или минералы;
- узелки;
- пустоты;
- сколы;
- зазубрины;
- внутренняя зернистость.

В ювелирном деле, говоря о бриллиантах, принято использовать термин «внутренние особенности» вместо термина «включения». Для природных бриллиантов «внутренние особенности» камня – это новообразующиеся кристаллы, придающие бриллианту определенный статус и уникальный комплекс характерных признаков. При оценивании бриллианты рассматривают при десятикратном увеличении.

Дефекты:

- линии шлифовки;
- границы зерен;
- естественные изъяны;
- царапины;

- трещины;
- впадинки;
- щербинки.

Шкала чистоты

Наиболее распространённой системой оценки чистоты бриллиантов в мире считается система *Гемологического Института Америки (GIA)* в классификации которой выделяют шесть категорий и одиннадцать степеней (табл. 1.3).

Таблица 1.3

Современная система оценивания чистоты бриллиантов GIA

Категория	Безупречный	Внутренне безупречный	Имеет микроскопические включения	Имеет незначительные включения	Имеет небольшие включения	Имеет включения
Отметка	FL	IF	VVS1 VVS2	VS1 VS2	SI1 SI2	I1 I2 I3

Каждая из категорий чистоты бриллианта имеет свою характеристику чистоты:

– **категория безупречный (FL)**: бриллианты, которые не имеют видимых включений или дефектов при десятикратном увеличении;

– **категория внутренне безупречный (IF)**: бриллианты, которые не имеют видимых включений при десятикратном увеличении, а только небольшие дефекты на поверхности;

– **категория имеет микроскопические включения (VVS)**: бриллианты, которые имеют мельчайшие включения, которые трудно заметить профессионалу при десятикратном увеличении. Категория VVS имеет две степени; VVS1 дает более высокую степень чистоты, чем VVS2. Дефекты вроде следов от иголки или булавки будут отнесены к категории VVS;

– **категория имеет незначительные включения (VS)**: бриллианты, которые имеют мельчайшие включения, которые трудно заметить не специалисту, но которые заметны профессионалу при десятикратном увеличении. Категория VS имеет две степени; VS1 дает более высокую степень чистоты, чем VS2. Обычно включения в бриллиантах VS незаметны без увеличения, однако, нередко некоторые включения степени VS2 могут быть заметны глазу. Примером

может быть большой ограненный изумруд, имеющий небольшое включение под углом грани.

– **категория имеет небольшие включения (SI):** бриллианты, которые имеют заметные включения, которые нетрудно увидеть специалисту при десятикратном увеличении. Категория SI имеет две степени; SI1 дает более высокую степень чистоты, чем SI2. Дефекты могут быть заметны или незаметны невооруженным глазом.

– **категория имеет включения (I):** бриллианты, которые имеют явные включения, которые хорошо заметны специалисту при десятикратном увеличении. Бриллианты этой категории имеют включения, которые обычно видны без увеличения или те, которые могут отрицательно повлиять на долговечность камня. Категория I имеет три степени; I1 дает более высокую степень чистоты, чем I2, которая в свою очередь дает более высокую степень чистоты, чем I3. Включения I1 степени часто заметны невооруженным глазом. Включения I2 степени легко заметны, в то время как включения I3 степени большие по размеру, их крайне легко распознать, они обычно влияют на блеск бриллианта, кроме того, эти включения отрицательно влияют на структуру камня.

Процедура присвоения категории чистоты по системе GIA

Процедура присвоения категории по системе GIA осуществляется при десятикратном увеличении и при темнопольном освещении. Коммерческая лаборатория драгоценных камней GIA в качестве стандартного оборудования использует бинокулярный стереомикроскоп, который способен обеспечивать гораздо большее масштабирование. Такие микроскопы имеют темнопольное освещение, а также ультрафиолетовый свет, который фильтрует верхнее освещение. Когда процедура проходит с помощью десятикратно увеличивающей ручной лупы, довольно трудно создать условия «темнопольного» освещения. Специалисту придется установить источник освещения таким образом, чтобы основание камня было освещено сбоку, а вершина камня была бы закрыта от света.

После тщательной очистки бриллиант перемещают при помощи специальных щипчиков в кольцевом креплении. Сначала специалист осматривает камень сквозь грань, изучая площадку бриллианта на предмет наличия включений. Затем бриллиант опускают и вновь перемещают с помощью щипчиков в креплении «грань-площадка». В таком положении бриллиант можно изучать с выступающих сторон, с верхней стороны, проверяя камень с каждой грани на наличие включений. После того, как был тщательно изучен каждый участок бриллианта, специалист вращает бриллиант пинцетом, чтобы осмотреть соседние участки. Специалист использует темнопольное освещение, чтобы обнару-

жить скрытые особенности и изменения в процессе отражения; верхнее освещение используется для того, чтобы выяснить, принадлежит ли данная особенность внутренней структуре камня или находится на его поверхности, либо и то, и другое. Если специалист использует стереомикроскоп, он может использовать более высокую степень увеличения, чтобы ближе рассмотреть каждое включение, однако затем он возвращается к десятикратному увеличению, чтобы оценить степень чистоты камня.

При использовании бинокулярного стереомикроскопа до вынесения окончательного решения используется также и ручная лупа с десятикратным увеличением. Прежде всего, специалист определяет категорию чистоты бриллианта, оперируя ключевыми словами; отсутствуют (FL, или IF, если есть дефекты), мельчайшие (VVS), незначительные (VS), заметные (SI), явные (I). Затем принимается решение о том, к какой категории отнести данный бриллиант.

Европейская Геммологическая Лаборатория (EGL) ввела новую степень категории SI3 (табл. 1.4). Изначально эта степень была введена, чтобы разграничить камни в промежутке категорий SI2 / I1, теперь эта степень характеризует категорию камней I1, которые являются «визуально чистыми», то есть которые имеют включения, не заметные невооруженному глазу.

Таблица 1.4

**Сравнительная система оценивания чистоты бриллиантов
различных геммологических центров**

	Безупречный	Внутренне безупречный	Имеет микроскопические включения		Имеет незначительные включения		Имеет небольшие включения			Имеет включения		
GIA	FL	IF	VVS1	VVS2	VS1	VS2	SI1	SI2		I1	I2	I3
EGL		IF	VVS1	VVS2	VS1	VS2	SI1	SI2	SI3	I1	I2	I3
EGL India	FL	IF	VVS1	VVS2	VS1	VS2	SI1	SI2	SI3	P1	P2	P3

Что учитывается при определении категории

Все указанные категории отражают внешний вид камня, по которому сделал заключение опытный специалист при рассмотрении под десятикратным увеличением, иногда в процессе осмотра используется большее увеличение и бриллиант рассматривается под всеми возможными углами. Специалист изучает внутренние особенности бриллианта, и выносит по ним свое суждение на основе пяти главных показателей чистоты; размера, количества, расположения, происхождения и цвета, или контраста. Категория чистоты определяется с учетом самых заметных включений, их называют устанавливающие категорию включения. Менее значимые включения не принимаются во внимание, чтобы установить категорию, однако они могут быть отражены в карте бриллианта.

Точная категория, как и другие шаги при оценивании, должна быть определена, когда бриллиант находится в свободном состоянии, то есть, когда он не закреплен в какой-либо установке. Довольно трудно бывает заметить включения со стороны вершины бриллианта, если он находится в каком-либо креплении.

Размер

Первый показатель чистоты, учитываемый при оценивании, – это размер включений и дефектов камня. Большие по размеру включения обычно более заметны при увеличении, и потому сразу снижают категорию чистоты бриллианта.

Количество

Второй показатель чистоты, учитываемый при оценивании, – количество «особенностей». Общее правило таково, что чем их больше, тем ниже категория оценки. Решение также принимается с учетом того, насколько они заметны, а не с учетом того, сколь велико их количество.

Расположение

Третий показатель чистоты, учитываемый при оценивании, – расположение «особенностей». Когда включение расположено непосредственно под гранью бриллианта, оно наиболее заметно. Включение, находящееся под гранью и расположенное близко к грани венчика, отражается несколько раз во всем камне, этим объясняется название такого типа включений – «отражатели». Отражатели классифицируются так, как если бы каждое отражение представляло собой отдельное включение (хотя в карте камня упоминается только один раз). По этой причине отражатели оказывают сильнейшее влияние на определение категории чистоты камня. Включения менее заметны, если они расположены под гранью вершины или близко к поясу камня. Такие включения часто более заметны со стороны грани венчика бриллианта, чем со стороны вершины.

Помимо этого, большие кромки, узелки и включенные кристаллы расположены там, откуда они дальше распространяются по направлению к поясу или

вершине камня, что влияет на степень чистоты. Бриллианты, используемые в ювелирных украшениях, обычно не подвергаются разрушению, однако включения этого типа, расположенные в таких местах, могут создавать опасность дальнейшего их распространения и разрушения бриллианта. Включения, которые представляют хотя бы потенциальную опасность разрушения камня, влияют на категорию камня, такие камни обычно относят к категории «имеет включения».

Происхождение

Четвертый показатель чистоты, учитываемый при оценивании, – это происхождение данных особенностей. Природа появления особенностей определяет, имеют ли они внутренний или внешний характер и то, в каком направлении они будут распространяться, ограничены ли они поверхностью камня или нет. Внутренние особенности автоматически исключают камень из категорий «безупречный» и «внутренне безупречный». Внешние особенности автоматически исключают бриллиант из категории «безупречный».

К внутренним особенностям бриллианта относятся: ушибы, пустоты, щербинки, сколы, потемнения, кристаллики, кромки, зернистость центра, естественная зазубренность, внутренняя зернистость, узелки, отверстия от лазерного сверления, иголки, засечки, или соединенные жгутики.

К внешним особенностям бриллианта относятся: истирание, природного происхождения, трещины, впадинки, линии от полировки, следы от полировки, царапины, зернистость поверхности или дополнительные грани.

Происхождение особенностей также важно при определении того, насколько данное включение представляет потенциальную опасность для всего камня. Для включений, которые становятся или могут стать причиной разрушения кристаллической структуры камня (включенные кристаллики, бахромка, узелки, сколы), важно учитывать их расположение, чтобы более точно оценить потенциальную угрозу разрушения для всего бриллианта.

Цвет или контраст

Пятый показатель чистоты, учитываемый при оценивании, – цвет, или контраст обнаруженных особенностей. Особенности, явно контрастирующие с остальным цветом камня, называются «контрастными». Степень интенсивности этого цвета и контрастность являются определяющими при принятии решения о категории бриллианта. Цветные включения всегда более контрастны, а значит, более заметны. Исключением является черное включение – засечка, которое часто гораздо труднее заметить, чем белую засечку.

Редкость и ценность

Говорить о редкости бриллиантов приходится тогда, когда речь идёт о камнях высоких категорий чистоты. Всего лишь около 20 % от числа всех добываемых бриллиантов претендуют на столь высокую оценку их чистоты, чтобы быть причисленными к драгоценным камням; оставшиеся 80 % предназначены для промышленного использования. Значительная часть из тех же 20 процентов содержит одно или несколько включений, видимых невооруженным глазом при близком рассмотрении. Бриллианты, не имеющие явных включений, называются «визуально чистыми», им отдает предпочтение большинство покупателей, хотя некоторые включения могут быть спрятаны под ювелирной оправой изделия. Самые дорогие драгоценные бриллианты принадлежат к категориям VS, SI, FL, IF, и даже камни категории VVS имеют значительные преимущества, в то время как камни категории I приходится по вкусу большинству покупателей. Камни категорий FL и IF иногда называют камнями «музейного качества» или «инвестиционным классом», чтобы подчеркнуть их особую редкость. Хотя термин «инвестиционный класс» не совсем точен, так как исторически бриллианты были товаром неликвидным и представляли собой весьма сомнительную ценность.

Чистота цветных камней

Как и в случае с алмазами, под чистотой применительно к цветным драгоценным камням понимается отсутствие внутренних включений и внешних дефектов. Безупречные цветные камни встречаются, пожалуй, реже, чем безупречные алмазы. Чистота цветных драгоценных камней является лишь вторым по степени важности показателем при их оценке. Природные цветные камни практически никогда не бывают столь же чисты, как алмазы, и они не могут оцениваться по тем же, что и бриллианты, критериям.

Однако, хотя чистота и важна, и чем камень чище, тем лучше, все же безупречность цветных камней обычно не ведет к повышению цены, как это происходит с алмазами. Светлые, бледно-окрашенные камни нуждаются в более высокой степени чистоты, так как в них дефекты более заметны; в камнях более темных цветов дефекты, возможно, и не столь значимы, поскольку они скрыты из-за глубины цвета.

К дефектам камней относятся различные органические включения, деформации кристаллической структуры, цветовые полосы, пустоты, заполненные жидкостями и газами.

Вид и положение дефектов в цветных драгоценных камнях — более значимый фактор, нежели само присутствие дефектов. Например, большая трещина (перо), которая очень близка к поверхности камня, особенно сверху, может быть опасна, так как она отрицательно влияет на прочность камня. Такого рода

трещина также может нарушить непрерывность светового потока и, кроме того, может вызвать эффект радуги. Эффект радуги обычно означает, что трещина в каком-то месте прорывается сквозь поверхность камня. Такой недостаток портит камень и снижает его цену. Но если трещина небольшая и находится в незаметном месте, то ее влияние на прочность, красоту и стоимость камня минимально. Некоторые дефекты даже помогают геммологам и ювелирам идентифицировать тот или иной камень, так как некоторые виды дефектов характерны только для определенных камней и определенных источников их происхождения.

В отдельных случаях присутствие определенного дефекта может обеспечить положительную идентификацию конкретной разновидности камня и места его происхождения и, по сути, привести к увеличению стоимости за карат. Очень качественный цветной камень, который действительно безупречен, скорее всего, будет стоить во много раз дороже по причине своей редкости. А так как такого качества камни встречаются очень редко, то к «безупречным» рубинам, сапфирам, изумрудам и т. д. надо относиться всегда с подозрением: надо обязательно проверить их подлинность. Синтетические драгоценные камни, появившиеся в последние годы, обычно как раз безупречны, и их легко спутать с настоящими, природными драгоценными камнями.

Если недостатки отрицательно влияют на прочность камня и его цвет, если они очень заметны или их слишком много, то цена такого камня становится значительно ниже. С другой стороны, вышеперечисленные недостатки могут быть и полезны: благодаря им удастся точно идентифицировать камень и установить место его происхождения. Цена в этом случае может даже подскочить: пример тому – бирманские рубины и колумбийские изумруды. Лучшие звездчатые сапфиры и рубины, хризобериллы и скаполиты с эффектом «кошачьего глаза», как правило, почти непрозрачны. Эти камни имеют большое количество включений, но микроскопические по размерам включения отражают особым способом свет и производят характерные эффекты – «многолучевой звезды» или «кошачьего глаза». Оценка чистоты ювелирных камней по системе GemDialogue определяется визуально с помощью лупы десятикратного увеличения.

Такие популярные и дорогие драгоценные камни, как изумруды, рубины и александриты исключительно редко бывают чистыми. Чистота и прозрачность, конечно, всегда желательны, но цвет имеет первостепенное значение. Отметим, что драгоценные камни имеют различный химический состав, различную кристаллическую структуру, растут и вызревают в различных геологических условиях. Некоторые из них вообще никогда не бывают чистыми и полностью прозрачными. И если от аметистов, топазов, цитринов, кунцитов, танза-

нитов, желтых бериллов и хризобериллов еще можно ожидать отсутствия видимых невооруженным глазом включений, то трудно или даже очень трудно ожидать этого от александритов, сапфиров, рубинов, андалузитов, иолитов, гранатов, шпинелей, турмалинов.

1.4.3. Меры массы драгоценных камней

*«Не надейся дешево купить то,
что стоит цену золота в тройном
весе этого...» (Джон Барлетт).*

КАРАТ (ct) – единица массы драгоценного камня, существующая в торговле драгоценными камнями и ювелирном деле с античных времён.

Карат равен одной пятой грамма, т. е. в одном грамме – пять карат. Предполагают, что слово «карат» произошло от «куара» – местного названия африканского кораллового дерева, семена которого использовались как гири для взвешивания золотого песка, но более вероятно, что оно связано с греческим названием «кератион» – семян широко распространенного в Средиземноморье рожкового дерева, которые практически одинаковы по весу и в древности служили гирями при взвешивании драгоценных камней. Масса одной такой «гирьки» была в среднем около 200 мг, она и считалась равной карату.

В разных центрах ювелирного дела долго использовались свои меры массы. Так, лондонский карат равнялся 205,3 мг, а флорентийский – 197,2 мг. Отсюда, вероятно, и расхождения в массе исторических алмазов, встречающиеся в литературе.

В 1907 г. Международным комитетом мер и весов на конференции в Париже был введен метрический карат (1 кар), равный точно 200 мг, или 0,2 г.

Доли карата выражаются в виде простых или десятичных дробей (с точностью до второго знака после запятой). При взвешивании самых мелких алмазов используется также единица массы 0,01 кар, называемая «пункт» (пойнт).

Не следует путать карат как единицу массы камней и карат как меру чистоты (пробности) золота, используемую в ювелирном деле. Во втором случае карат служит не единицей массы, а характеризует качество золотого сплава. Чем больше число каратов, тем выше содержание чистого золота в ювелирном изделии, а масса его может быть при этом какой угодно.

Драгоценные камни чаще всего продаются на вес, а не по размерам. Менее ценные материалы, или же наоборот – наиболее ценные, могут быть огранены в калиброванные стандартные размеры, обычно используемые создателями драгоценностей.

Грамм – единица массы, используемая в торговле ювелирными камнями для менее дорогих и крупных камней, особенно для драгоценных необработанных камней.

Для взвешивания жемчуга используют гран (от латинского «зерно») равный одной четверти карата, т. е. 50 мг. Сейчас гран все больше вытесняется каратом.

В торговле драгоценными камнями обычно указывается цена одного карата. Чтобы вычислить полную цену камня, надо умножить цену карата на массу камня в каратах. Цена карата прогрессивно возрастает с увеличением размера камней. Если, скажем, бриллиант-каратник (массой 1 кар) стоит определенную цену, то двухкаратник (при том же качестве) оценивается не вдвое дороже, а значительно выше.

Стоимость одного карат крупных драгоценных камней всегда выше, чем одного карата мелких аналогичного качества. Соотношения цен за один карат, в зависимости от веса, различны для разных камней. Усредненно можем представить следующую шкалу:

$1/2 - 1\text{cts} = \text{цена } (\$x/\text{cts}).$

$(1 - 2\text{cts}) = \text{цена } (2\$ x/\text{cts}).$

$(2 - 3\text{cts}) = \text{цена } (4\$ x/\text{cts}).$

$(3\text{cts.} +) = \text{цена } (\$4-5x/\text{cts.} +)$

$(5\text{cts.} +) = \text{значительное многократное изменение цены.}$

Вес камня зависит от его размера, но для каждого вида камней такая зависимость сугубо индивидуальна. Все драгоценные камни имеют различную плотность, а от этого показателя зависит масса единицы их объема. Бывают очень легкие камни, такие как опал, и бывают особенно тяжелые камни, такие как сфалерит или циркон.

К примеру, круглый 1-каратный бриллиант с идеальными пропорциями будет иметь диаметр 6.25мм. Такой же точно по форме и размеру опал будет весить 0.70 карат, а циркон потянет на 1.40 карат.

Стоимость

Как и на любой другой товар, цены драгоценных камней определяются спросом и предложением. Прекрасные высококачественные драгоценные камни никогда не были доступны в достаточном количестве, и мировые цены очень часто подогреваются крупнейшими дилерами, скупающими все самое лучшее и ограничивающими на время поступление этого лучшего на рынок.

Действительность в мире добычи драгоценных камней многих может шокировать. Десятки (если не сотни) тысяч людей буквально руками перелопачи-

вают тысячи и тысячи тонн земли, породы. В надежде, очень часто – призрачной, найти драгоценный «кусочек Земли» и стать в одночасье богатым. Использование машин и современных горно-рудных технологий порой оказывается нерентабельным (например, когда несущие пласты залегают достаточно глубоко, а их «полезная нагрузка» невысока).

Довольно часто депозиты быстро исчерпываются, и их разработка прекращается. Так обычно случается, когда небольшие депозиты находят около поверхности земли. При этом более глубокие разработки не рентабельны и выгоднее такое производство закрыть.

Поступление драгоценных камней на мировой рынок абсолютно не предсказуемо. Оно зависит от самых неожиданных факторов. Например, от политики.

Существенное влияние на цены оказывает и телевидение. Еще лет 10–15 назад танзанит был практически неизвестен. Но после появления на шопинговых ТВ-каналах в Америке и Европе дешевых изделий с танзанитами их популярность очень быстро выросла, а вместе с популярностью и спросом многократно выросли и цены.

Группа DeBeers – другой пример. Бриллианты всегда были популярны. Но вряд ли они были бы настолько популярны, если бы DeBeers не тратил миллионы долларов в год, продвигая их.

1.5. Исторические драгоценные камни

В мире существует огромное количество драгоценных камней. Они составляют для многих людей предмет коллекционирования и настоящей страсти. Однако только некоторые из этих сокровищ имеют свои имена.

Прекрасный и завораживающий мир драгоценных камней всегда был притягателен и загадочен для человека. Предания о магических свойствах кристаллов возвращают нас мысленно в эпоху легендарной Атлантиды, возможно, отнюдь не мифической.

В Средние века каждому минералу приписывалось только ему одному присущее качество: алмазу – чистота и невинность, сапфиру – постоянство, красному рубину – нежная любовь, бирюзе – каприз, аметисту – преданность, опалу – непостоянство, сардониксу – супружеское счастье, агату – здоровье, хризопразу – успех, гиацинту – покровительство.

В ювелирных магазинах нам и сегодня предлагают шкалу, выверенную опытом тысячелетий и утвержденную Международной ассоциацией ювелиров в 60-х годах XX века.

В этой шкале римской цифрой обозначен и день рождения, и камень, благоприятный для ношения в данном месяце: I – гранат, александрит; II – аметист; III – аквамарин; IV – алмаз, цирконий; V – изумруд, нефрит; VI – жемчуг, агат; VII – рубин; VIII – лунный камень, хризолит; IX – сапфир; X – опал, кошачий глаз; XI – топаз; XII – бирюза, голубой циркон. Большинство исторических камней имеют долгую и иногда «кровавую» историю своей жизни.

Рассмотрим небольшой список исторических драгоценных камней, которые вошли в Мировую историю как очень значительные по величине, красоте, необычности и историческим событиям, связанными с их жизнью в современном человеческом обществе.

Бриллиант Нассак – один из немногих бриллиантов исторической значимости, по сей день находящихся в частных руках (рис. 1.20). Вес камня в настоящее время равен 43,8 каратам. Бриллиант был захвачен англичанами в качестве трофея в ходе англо-маратхских войн (вероятно, в 1817 году). Как и про многие другие алмазы, про него рассказывали, что он на протяжении столетий украшал статую Шивы в Нассаке, или Нашике. Впоследствии камень поступил во владение Роберта Гросвенора, первого маркиза Вестминстера, который велел вправить его в эфес своей шпаги. В 1927 г. камень попал в США, где получил изумрудную огранку. В настоящее время он находится в частной собственности Лидса в США.



Рис. 1.20. Бриллиант Нассак

Алмаз Регента или Питта – один из самых известных бриллиантов в мире, ныне хранящийся в Лувре (рис. 1.21). Вес – 140,64 карата. Легенда гласит, что 400-каратовый камень был найден в 1701 г. старателем-рабом на руднике, расположенном на берегу реки Кришны в районе приисков Голконды. Вывезен из Мадраса британским дельцом Томасом Питтом и продан регенту Филиппу II

Орлеанскому. От этого владельца получил своё название. До кражи французских королевских драгоценностей в 1792 г. оставался в распоряжении династии Бурбонов в качестве «гвоздя» их ювелирного собрания. Впоследствии Габсбурги вернули чудо-камень Наполеону III, который велел вправить его в диадему своей супруги Евгении. С тех пор камень остаётся в собрании Лувра.

Алмаз Хоупа – крупный бриллиант весом в 45,52 карата, находящийся в экспозиции Музея естественной истории при Смитсоновском институте в Вашингтоне (США) (рис. 1.22). Возможно, самый знаменитый из бриллиантов Нового Света. История камня овеяна легендами. Считается, что он был получен из 115-каратного Голубого алмаза Тавернье, который к версальскому двору из Индии привёз знаменитый охотник за драгоценностями Жан-Батист Тавернье. После того, как Тавернье продал свой алмаз королевскому ювелиру, тот изготовил из него несколько меньших по размеру камней. Один из них, некогда украшавший перстень императрицы Марии Фёдоровны, ныне хранится в Алмазном фонде.



Рис. 1.21. Алмаз Регента



Рис. 1.22. Алмаз Хоупа

Алмаз Хоупа назван по имени своего первого известного владельца – британского аристократа Генри Филиппа Хоупа, в чьем распоряжении он впервые замечен по документам 1839 г. Как редкость по чистоте, весу и огранке он экспонировался на всемирных выставках 1851 и 1855 г. в Париже и Лондоне. Уже тогда возникло подозрение, что камень из собрания Хоупа был получен при переогранке голубого алмаза французской короны (в 2008 г. эта версия получила научное подтверждение). Пройдя через руки нескольких дельцов, алмаз в 1910 г. был приобретен за астрономическую сумму в 550 тыс. франков ювелиром Пьером Картье, который начал распространять слухи о связанном с камнем проклятии. После Картье алмазом владела Эвелин Уолш-Маклин – дочь владельца газеты Washington Post. В счёт уплаты долгов после её смерти камень был реализован ювелиру Гарри Уинстону. Наконец, в

ноябре 1958 г. Уинстон переслал его почтовой посылкой в Смитсоновский институт в качестве дара.

Аквамарин Дон Педро – крупный ограненный аквамарин весом в 2 кг из Музея естественной истории при Смитсоновском институте в Вашингтоне (рис. 1.23). Впервые был представлен публике в начале декабря 2012 г. в составе экспозиции бериллов. Кристалл до обработки весил 27 кг, Его добыли в Бразилии в конце 1980 г. В 2011 г. его пожертвовали Смитсоновскому институту двое бизнесменов из Флориды – Джейн Митчел и Джеффри Бланд. Художник-ювелир Бернд Мунштайнер потратил четыре месяца на изучение кристалла, и еще шесть месяцев работал над огранкой и полировкой камня. Аквамарин был назван в честь первых двух бразильских императоров XIX в – Педру I и его сына Педру II.

Ныне аквамарин Дон Педро представляет собой прекрасный красивый «обелиск» высотой в 35,6 см и шириной в 10 см (в основании) с красивым рисунком из пересекающихся граней на обратной стороне и весит 10 363 карат или 4,6 фунтов (2 кг).



Рис. 1.23. Аквамарин Дон Педро

Бриллиант Виттельсбах – крупный (35,56 каратов) бриллиант голубого цвета, который в 1722 г. как приданое Марии-Амалии Австрийской перешёл к её супругу, баварскому курфюрсту Карлу Альбрехту из дома Виттельсбахов (рис. 1.24). В XIX в. был вправлен в баварскую корону и оставался в распоряжении Виттельсбахов до Первой мировой войны, когда камень был утерян. В разгар Великой депрессии аукционный дом «Кристис» пытался продать ис-

торический бриллиант, но на него не нашлось покупателей. С 1964 г. он находился в частной коллекции. Бриллиант «Виттельсбах» был продан на торгах «Кристис» 10 декабря 2008 г. за рекордную сумму 16 миллионов 393 тысячи 250 фунтов стерлингов (24 миллиона 311 тысяч 190 долларов). Покупателем выступил британский ювелир Лоренс Графф.

Дрезденский зелёный бриллиант – грушевидный алмаз естественного яблочно-зелёного цвета. Единственный крупный (41 карат, или 8,2 г) образец бриллианта данной разновидности (рис. 1.25). С XVIII в. хранится в дрезденской сокровищнице «Зелёные своды». Один из саксонских ювелиров поместил зелёный алмаз – вместе с двумя крупными белыми (6,3 и 19,3 карат) и 411 мелкими – в аграф для шляпного гарнитура курфюрста



Рис. 1.24. Бриллиант Виттельсбах

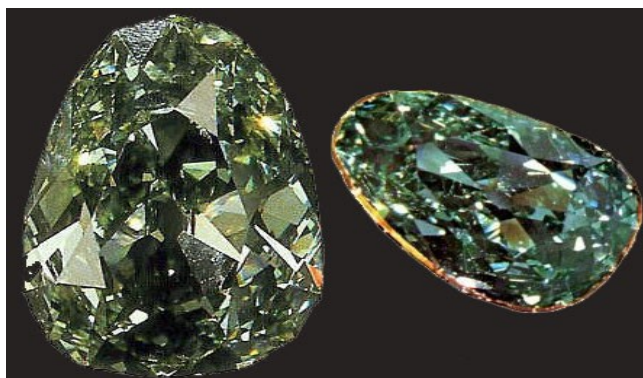


Рис. 1.25. Дрезденский зелёный бриллиант

В таком обрамлении камень и дошёл до наших дней. После Второй мировой войны он вместе с другими дрезденскими сокровищами находился в СССР. Вернулся в Дрезден в 1958 г. В 2000 г. экспонировался в США.

В 2006 г. экспонировался в Московском Кремле в рамках выставки «Кабинет драгоценностей Августа Сильного». Своим редким цветом алмаз обязан природной радиоактивности. Он использовался в экспериментах для сравнения с алмазами, зелёный цвет которым был придан искусственно, с целью разработать способ отличить их от природных алмазов.

Бриллиант Дерианур – один из самых известных бриллиантов в мире (рис. 1.26). Вес – 182 карата. По оценке Британской энциклопедии, это «самый крупный и прекрасный из алмазов» иранских шахов.



Рис. 1.26. Бриллиант Дерианур

Хотя персидские монархи верили в то, что алмаз некогда принадлежал Кирру Великому, на самом деле он был добыт в копиях Голконды и вместе с Павлинным тронном был вывезен Надир-шахом из столицы Великих Моголов в 1739 г. После падения династии Надир-шаха камнем владели Зенды, а Фетх Али-шах велел нанести на него свой вензель. Насреддин-шах Каджар предпочитал носить его на галуне, а Мозафереддин-шах Каджар прикрепил к парадному тюрбану, в котором в 1902 г. ездил по Европе. В XX веке бриллиант хранился в Голестанском дворце. Реза Пехлеви имел его при себе во время торжественной коронации в качестве шаха Ирана. Ныне камень хранится в Центральном банке Ирана в Тегеране.

Перегрина («Блуждающая жемчужина», или «Страница») – грушевидная жемчужина весом 55,95 карат, которая была выловлена чернокожим невольником на Жемчужных островах Панамского залива в 1576 г. и прослыла самой крупной жемчужиной в мире (рис. 1.27). За её обнаружение невольнику была дарована свобода.

Начиная с Марии Тюдор (супруги испанского короля Филиппа II) испанские королевы традиционно позировали для парадных портретов в уборе, включавшем в себя Перегрину. Когда испанский король Жозеф Бонапарт бежал из страны под натиском английских войск, он прихватил с собой ряд коронных драгоценностей, включая приглянувшуюся его жене жемчужину. Экс-король завещал её своему племяннику Людовику Наполеону, который позднее стал императором Франции. В годы английского изгнания Наполеон был вынужден продать испанскую реликвию герцогу Аберкорну из шотландского рода Гамильтонов. В 1969 г. его наследники продали Перегрину на аукционе «Сотби» за 37 тыс. долларов актёру Ричарду Бартону, который преподнёс её на Валентинов день своей жене, актрисе Элизабет Тейлор. Впоследствии она была вправлена в тяжёлое ожерелье с бриллиантами и рубинами от Cartier. С разрешения Элизабет Тейлор широкая публика могла увидеть легендарную жемчу-

жину на выставке, проходившей в 2005 г. в Смитсоновском институте. После смерти актрисы жемчужина ушла с молотка в декабре 2011 г. за рекордную для жемчуга цену в \$11,8 млн.



Рис. 1.27. Перегринна или Блуждающая жемчужина

Жемчужина Пелегринна – Пелегринна весом чуть более 33 карат была найдена возле Сан Доминго в середине 16 века. Испанский король Филипп IV подарил жемчужину своей дочери Марии Терезии на свадьбу с Людовиком XIV и была главным украшением испанской короны (рис. 1.28). Вплоть до 1707 г. доподлинно известно, что жемчужина оставалась во Франции. Затем ее след теряется.

В 1826 г. Пелегринна была куплена у торговца княгиней Татьяной Васильевной Юсуповой (рис. 1.29). Она была племянницей князя Потемкина и супругой богатейшего в России Николая Юсупова. Юсуповы имели невероятную страсть к коллекционированию исторических драгоценностей. Среди накопленных несколькими поколениями сокровищ были алмазные серьги казненной французской королевы Марии-Антуанетты, и бесчисленные тиары (например, жемчужная и алмазная диадемы Королевы Неаполитанской), и исторический бриллиант «Полярная Звезда».

Овальная жемчужина, из собрания князей Юсуповых, была продана князем Феликсом женевскому ювелиру Жану Ломбару в 1953 г. Название юсуповской реликвии отсылает к превышающей её в два раза своими размерами жемчужине «Перегрина», с которой её часто путали как историки, так и сами владельцы. Юсуповы изрядно преувеличивали размеры принадлежащей им жемчужины. В конце XIX в. нью-йоркский ювелир Генри Хиллер (1838–1926), наводивший в Петербурге справки об этой драгоценности, вышел на две равно прекрасные грушевидные жемчужины, которых называли «Пелегриннами».



Рис. 1.28. Овальная жемчужина
Пелегрин



Рис. 1.29. Княгиня Зинаида Николаевна
Юсупова и ее жемчужина Пелегрин

Сокровища Британской короны

Фамильные драгоценности королевского дома Великобритании могли бы занять несколько страниц нашего обзора! В коллекции английской Королевы Елизаветы II насчитывается более 300 ювелирных украшений. Все они хранятся в сейфах ее гардеробных комнат, а также в бывшем бомбоубежище, которое находится в подвале Букингемского Дворца. Бесспорно, это одна из самых дорогих и редких коллекций ювелирных украшений, существующих в мире.

Кохинур – алмаз и бриллиант 105 карат, который в настоящее время находится в короне королевы Елизаветы (Великобритания), один из наиболее знаменитых алмазов в истории. Один из самых больших бриллиантов, входящих в состав сокровищ британской короны (рис. 1.30).



Рис. 1.30. Алмаз Кохинур

Изначально обладал лёгким жёлтым оттенком, но после переогранки 1852 г. стал чисто белым. История Кохинура прослеживается достоверно с 1300 г. Легенды же рассказывают о значительно более ранних событиях, связанных с этим камнем. В течение нескольких веков Кохинур украшал тюрбан раджей из династии государства Малвы. До 1852 г. Кохинур ещё сохранял форму древней индийской огранки. Английские ювелиры решили, что новая отделка заставит камень заиграть заново. В 1852 г. бриллиант был переогранён в Амстердаме и приобрёл плоскую форму. Масса камня при переогранке уменьшилась со 191 до 108,9 карата. Целесообразность переогранки вызвала много сомнений и критики, так как многие из ювелиров того времени посчитали весьма сомнительной саму операцию над известнейшим в мире бриллиантом, со значительной исторической и культурной ценностью, потерявшим в итоге более 42% своей драгоценной массы. В 1853 г. Кохинур был инкрустирован в британскую королевскую корону в составе других 2000 более мелких бриллиантов. В 1911 г. бриллиант был перенесён в корону, которую изготовили к восхождению на трон королевы Марии. В 1937 г. алмаз снова был перенесён в новую корону для возведения на престол королевы Елизаветы, где и находится в настоящий момент.

Алмаз Куллинан (Звезда Африки) – самый большой алмаз в мире. Его масса составляла 3106,75 карата (621,35 грамма), размеры 100x100x100 мм (рис. 1.31). Алмаз был найден случайно 25 января 1905 г. в Южной Африке в шахте Premier Mine и, по-видимому, являлся осколком очень крупного кристалла, который так и не был найден. Был назван в честь владельца рудника Томаса Куллинана.

9 ноября 1907 г. правительство Трансвааля, с 1902 г. колонии Англии, преподнесло алмаз Куллинан» английскому королю Эдуарду VII в день его рождения. Король поручил его огранку знаменитой голландской фирме. На изучение огромного алмаза было потрачено несколько месяцев и в 1908 г. он был расколот на несколько крупных частей, из которых в итоге изготовили 9 крупных и 96 мелких чистейшей воды голубовато-белого цвета бриллиантов, одну часть в 69,5 карат оставили необработанной. Общая масса изготовленных бриллиантов составила 1063,65 карата. Над огранкой самого крупного алмаза работал лучший гранильщик Европы Йозеф Ашер, основатель «I.J. Asscher diamond company». В самом крупном алмазе «Куллинан» имелись трещины, поэтому из него нельзя было изготовить один гигантский бриллиант. Несколько месяцев Йозеф Ашер изучал уникальный алмаз, прежде чем сделал на нём еле заметную царапину. После этого в присутствии нескольких знаменитых ювелиров, среди торжественной тишины, Ашер приставил к царапине на алмазе стамеску, уда-

рил по ней молотком и потерял сознание. Но расчет оказался правильным. Придя в сознание, Ашер еще несколько раз повторил эту операцию на возникших от первого удара осколках алмаза Куллинан.

Куллинан-I или Большая звезда Африки – 530,2 карата (рис. 1.32). Прозрачный, бесцветный. Имеет 74 грани. Каплевидной формы (панделок). Украшает скипетр английского короля Эдуарда VII. Самый крупный ограненный алмаз в мире. Хранится в Тауэре, Лондон. Если Куллинан I вынуть из скипетра, то его можно было бы носить как брошь.

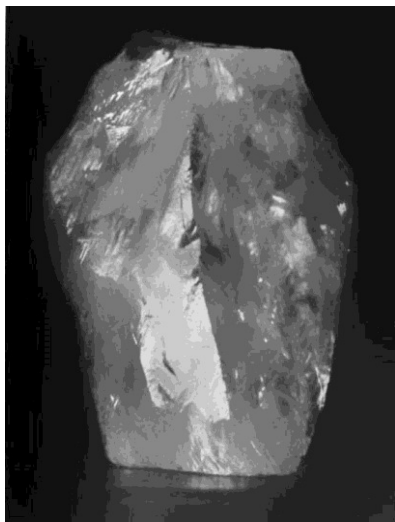


Рис. 1.31. Алмаз «Куллинан»



Рис. 1.32. Кулинан-I

Куллинан-II или Вторая звезда Африки (317,4 карат), располагается в короне Британской империи под рубином Черный принц (рис. 1.33). Хранится в Тауэре, Лондон. Он также может быть использован в качестве броши вместе с Куллинаном-I.

Малые Звезды Африки – Куллинан-III и Куллинан-IV (рис. 1.34). В 1910 г. королева Мария, супруга Георга V, носила брошь из грушевидного бриллианта в 94,4 карата (III), подвешенного к бриллианту квадратной формы 63,6 карата (IV). Королева Мария часто надевала Малые Звезды Африки как брошь на важные официальные мероприятия, включая свадьбу принцессы Елизаветы в 1947 г. «Куллинан-IV» – 63,6 карата, вставлялся в корону королевы Марии, супруги Георга V, в 1911 году. В 1959 г. на выставке «Вечный алмаз» в Лондоне был представлен вправленным в брошь. Хранится в Тауэре, Лондон.



Рис. 1.33. Кулинан-II



Рис. 1.34. Кулинан-III и Кулинан-IV

Куллинан-V или Брошь сердца брошь в виде сердца (рис. 1.35). Камень необычной формы, в виде сердца (18,8 карат), правительство Южной Африки подарило королеве Марии в 1910 г. С оправой из бриллиантов и платины он был сделан как брошь, а также использовался как съемный центр для изумрудно-алмазного украшения для корсажа, сделанного для Дели Дурбар (ассамблеи в честь коронации британских монархов как императоров Индии) в 1911 г



Рис. 1.35. Куллинан-V

Куллинан-VI – бриллиант огранки «маркиз» (8,8 карат). Подарок королеве Александре в 1907 году от Эдуарда VII; после смерти мужа она передала его новой королеве Марии. Королева Мария решила изменить Ожерелье Дели Дурбар в 1912 году, добавив Куллинан-VI как съемный алмазный кулон.

Куллинан-VII и Куллинан-VIII – брошь. Куллинан-VII (11,5 карат), подвеска с огранкой «маркиз», которую король Эдуард VII купил у Ашеров, была помещена королевой Александрой на ее царственный венец. В настоящее время он подвешен к Куллинану-VIII, камню огранки «изумруд» (6,8 карат), подаренному королеве Марии в 1910 г. правительством Южной Африки. Как и Кулли-

нан-V, Куллинан-VIII был также использован как брошь, украшающая корсаж, для Дели Дурбар.

Куллинан-IX – (4,4 карат), бриллиант грушевидной формы, вставлен в кольцо.

Рубин Тимура – название одного из знаменитых исторических камней, данное по имени его первого достоверно известного владельца Тамерлана (рис. 1.36). Название «рубин» является ошибочным, на самом деле камень является красной шпинелью, но это было установлено только в 1851 г.

Масса камня 361 карат, он входит в ожерелье из более мелких шпинелей, покрыт старинной индийской огранкой, а также многочисленными надписями, позволяющими проследить его историю.

По легенде, впервые камень огранен в V веке до н. э. Им владели: с 1398 г. – Тамерлан, несколько великих Моголов, с 1739 г. – персидский Надир-шах, Ост-Индская компания, с 1848 г. – королева Виктория, хранился в Индийской комнате Букингемского дворца. По данным на февраль 2009 г., рубин Улутбека, похожий на «Рубин Тимура» принадлежит шейху Кувейта Насеру ас-Сабаху.

Рубин Чёрного принца – на самом деле шпинель в форме бусины, весящая примерно 170 каратов (34 г.), размером с куриное яйцо (рис. 1.37). В настоящее время установлен в передний крест Короны Британской империи выше алмаза Куллинан-II.



Рис. 1.36. Рубин Тимура



Рис. 1.37. Рубин Чёрного принца

Рубин Чёрного принца – один из наиболее древних исторических камней Драгоценностей Короны, первые сведения о котором относятся к середине XIV в. когда он стал принадлежать британским королям. Выходит на «сцену истории» в середине XIV в., во владениях Абу Саида, мавританского принца Гранады. Во время военной компании английских войск во Франции Генрих V

носил шлем, украшенный драгоценными камнями, среди которых выделялся Рубин Чёрного принца. В середине XVI в. по распоряжению Якова I рубин Чёрного принца был вставлен в королевскую корону, где он оставался вплоть до времён Оливера Кромвеля. После Английской буржуазной революции XVII в. Оливер Кромвель приказал демонтировать все королевские регалии (кроме коронационного трона), драгоценные камни продать, а золото отдать на переплавку для чеканки монет. Рубин Чёрного принца был продан лондонскому ювелиру, который продал его назад королю Карлу II, когда в 1660 г. монархия в Британии была восстановлена.

Бриллиант Флорентиец (также Великий герцог Тосканы или Австрийский жёлтый бриллиант) – один из самых прославленных бриллиантов в европейской истории, ныне утраченный (рис. 1.38).

Представлял собой светло-жёлтый алмаз с лёгким зеленоватым отливом, весом в 137,45 каратов. Флорентиец представлен в виде украшения для шляпы. Эта фотография была сделана где-то между 1870 и 1900 годами. Первое описание бриллианта принадлежит Тавернье, который в 1657 г. видел его во флорентийской сокровищнице герцогов из дома Медичи. После угасания рода Медичи камень по наследству перешёл к Габсбургам и поступил на хранение в их хабсбургское собрание. В суматохе, последовавшей за свержением Габсбургов в 1918 г. камень был украден и, по слухам, переправлен в Новый Свет, где его раскололи на несколько бриллиантов. После Первой мировой войны и падения Австрийской империи камень был перевезен свергнутой императорской семьёй в изгнание в Швейцарию. Где-то после 1918 г. он был украден человеком, близким к семье, и увезен в Южную Америку с другими коронными драгоценностями. По слухам, после этого он был переправлен в США, переогранен в 1920-х годах и перепродан.

Бриллиант Санси – бледно-жёлтый бриллиант каплевидной формы весом 55,23 карата (11,046 г), судя по огранке – индийского происхождения (рис. 1.39). Один из легендарных драгоценных камней в истории Европы. Согласно историческим данным, к 1570-м гг., когда алмазы стали входить в моду среди европейской аристократии, Николя де Санси, французский поверенный в Константинополе, чьё имя камень получил впоследствии, приобрел его у одного турецкого ювелира. Блистательная карьера, которую Санси сделал впоследствии, многими приписывалась благотворному влиянию алмаза. Так, благосклонность короля Генриха III он приобрёл, одолжив последнему камень для украшения берета. А Генриху IV камень пригодился для финансирования военных действий.

Алмаз Санси оставался в Англии на протяжении полувека, пока изгнанные из страны Стюарты не продали его по сходной цене (как предполагают, за

25 000 фунтов) кардиналу Мазарини, который завещал его Людовику XIV. В распоряжении Бурбонов камень находился до Великой Французской революции. В это время королевская казна подверглась разграблению, и среди пропавших сокровищ числились Голубой француз, алмаз Регента и алмаз Санси.

Дальнейшая судьба камня окутана тайной вплоть до 1828 г., когда его приобрел за 80 000 фунтов Павел Демидов. В 1865 г. Демидовы перепродали алмаз за 100 000 фунтов стерлингов индийскому радже, который на следующий год реализовал его неизвестному покупателю. В 1867 г. алмаз Санси был впервые выставлен для всеобщего обозрения на Всемирной выставке в Париже. Согласно ценнику, его стоимость оценивалась владельцем в миллион франков. После этого о камне ничего не было слышно на протяжении сорока лет. В 1906 г. алмаз Санси появляется в собрании американского промышленника Вильяма Вальдорфа Астора.

Прославленное семейство Асторов оставалось обладателем реликвии в течение 72 лет, пока четвёртый лорд Астор не продал камень Лувру за один миллион долларов. Это случилось в 1978 г. и с тех пор знаменитый бриллиант можно видеть в галерее Аполлона в Лувре.

Сапфир святого Эдуарда – камень тёмно-голубого цвета массой 167 карат, огранённый в форме розы (рис. 1.40). Установлен в центре верхнего креста, венчающего Корону Британской империи. Его можно увидеть в экспозиции лондонского Тауэра.

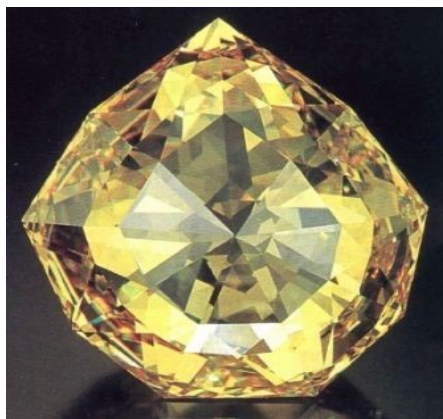


Рис. 1.38. Бриллиант
Флорентиец



Рис. 1.39. Бриллиант
Санси

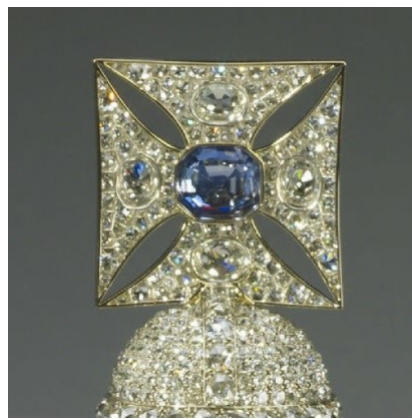


Рис. 1.40. Сапфир святого
Эдуарда

Согласно легенде, английский король Эдуард Исповедник носил этот сапфир в перстне. Однажды, по пути на мессу в часовню, к нему обратился нищий. Так как король уже раздал в виде милостыни все имеющиеся у него деньги, то он снял с пальца перстень и отдал его нищему. Много лет спустя два паломника из Святой земли возвратили перстень королю, рассказав такую историю: в Святой земле они встретили старика, который утверждал, что он святой Иоанн, что

он долгое время бродит по земле в облике нищего, и что однажды король вручил ему этот перстень. Он благословил короля за его великодушие и пообещал, что они скоро встретятся в раю. В 1066 г. король умер и был захоронен вместе с сапфировым перстнем. Когда, двести лет спустя, его гроб был открыт, то тело Эдуарда Исповедника было найдено прекрасно сохранившимся. Аббат Вестминстерского аббатства снял перстень с руки короля и передал в королевскую сокровищницу. С тех пор сапфир святого Эдуарда является частью Драгоценностей Короны.

В 1936 г. сапфир едва ли не пропал: во время похорон короля Георга V произошёл досадный инцидент – тяжелый мальтийский крест с сапфиром, венчавший государственную корону, отвалился и упал на мостовую. Это доставило королевским особам массу хлопот и заставило пережить немало неприятных минут. На следующий же день специалисты Garrard были вызваны в Тауэр для ремонта королевского венца. С тех пор придворным ювелирам предписано каждую зиму проводить тщательный осмотр королевских драгоценностей и регалий и при необходимости реставрировать их.

Алмазный фонд России – открытая в 1967 г. выставка в Оружейной палате Московского Кремля, структурное подразделение Гохрана России. В коллекцию фонда входят шедевры ювелирного искусства XVIII–XX веках, а также самородки и драгоценные камни исторического и художественного значения.

Коллекция Алмазного фонда была основана при Петре I, получила большую часть ценных экспонатов в периоды правления Елизаветы Петровны и Екатерины II и пополнялась в период царствования Романовых. Собрание носило различные названия: Царская рентерия, Бриллиантовая комната, Кладовая № 1 Камерального отделения Кабинета Его Императорского величества. Менялось также расположение – коллекцию коронных регалий и драгоценностей неоднократно переводили в разные помещения Зимнего Дворца.

После Октябрьской революции коллекция Бриллиантовой комнаты была передана в московское Государственное хранилище ценностей Наркомфина. Значительная часть ценных предметов собрания утрачена в период массовой распродажи драгоценностей династии Романовых советским правительством. С 1967 г. коллекция пополняется уникальными камнями из российских месторождений и работами современных ювелиров.

Алмаз Шах – бриллиант индийского происхождения весом в 88,7 карата, который хранится в Алмазном фонде в Москве (рис. 1.41).

Одна из величайших ценностей персидских шахов. Безукоризненно прозрачный, легкого желтовато-бурого оттенка камень. Глубокая бороздка на нём свидетельствует, что его носили как талисман. Считают, что камень был найден в копиях Голконды в XVI в., перед тем как их забросили. На алмазе хорошо видны три выгравированных имени его владельцев и соответствующие даты в мусульманском летосчислении, основанном на лунном годе (в скобках приведены

даты в привычном летоисчислении): Низам-шах, 1000 (1591); Шах-Джахан, 1051 (1641); Фетх-Али-шах, 1242 (1826). В 1829 г. после резни в русском посольстве в Тегеране, в которой был убит представитель России А. С. Грибоедов, возникла угроза конфликта между Персией и Россией. Во избежание дипломатических затруднений в Петербург был отправлен сын наследника персидского престола, который в знак примирения передал императору Николаю I богатые дары; в их числе был и знаменитый крупный алмаз с искусной гравировкой на трёх гранях.

Бриллиант Орлов – самый крупный и знаменитый из семи исторических драгоценных камней Алмазного фонда, с 1784 г. украшающий Императорский скипетр Екатерины Великой (рис. 1.42).



Рис. 1.41. Алмаз Шах



Рис. 1.42. Державный скипетр с бриллиантом «Орлов»

Алмаз был найден в Индии в конце XVII в. – начале XVIII в. По дошедшим сведениям, алмаз при огранке «похудел». Изначально вес этого белого алмаза со слабым зеленоватым отливом оценивался в 400 карат, но после огранки в форму бриллианта его вес сильно снизился и оценивается в 189,62 каратов.

Это один из немногих алмазов, сохраняющих первоначальную индийскую огранку. Подобно другим драгоценностям XVIII века, раннюю историю Орлова связывают с индийским храмом. Камень был приобретён в Амстердаме у персидского торговца за 400 тысяч флоринов придворным ювелиром Иваном Лазаревым (по некоторым сведениям, он был женат на племяннице продавца). Затем был выкуплен у Лазарева графом Г. Г. Орловым и в 1773 г. преподнесён им Екатерине II в день именин вместо букета цветов в тщетной надежде вернуть её утраченную милость. Весть об этом подарке облетела всю Европу, так как ни у одного из европейских монархов не было бриллианта такого размера. По менее романтической версии, лазаревский диамант фаворит не покупал, денег за него не платил и очень недолго держал его в своих руках. Камень через посредничество А. Г. Орлова купила сама Екатерина II, заплатив за него из государственной

казны. Но чтобы отвести от себя обвинения в мотовстве и неразумных тратах, она придумала целый спектакль, а камень получил имя Орлова.

Портретный» алмаз. В Алмазном Фонде также представлен удивительный абсолютно плоский алмаз весом в 25 карат и общей площадью в 7,5 см², вставленный в изысканный золотой браслет, выполненный в готическом стиле. Это «портретный» алмаз, под который вставлена цветная миниатюра портрета императора Александра I (рис. 1.43).



Рис. 1.43. Браслет с «портретным» алмазом

Этот прозрачной чистоты камень считается самым крупным из портретных алмазов, которые когда-либо использовались в мире. Алмаз вместе с браслетом, изготовлены по заказу во Франции, прибыл в Россию в XIX в. Теперь хранится в коллекции Алмазного фонда среди семи исторических знаменитых камней. Браслет сам по себе является редким шедевром ювелирного искусства, «портретный» алмаз в инкрустированной эмали и изумрудами изящной оправе из золота представляет великолепное дополнение к браслету.

Другим прекрасным драгоценным камнем Алмазного фонда является великолепная ярко-красная огромная шпинель массой 398,72 карата, украшающая символ Алмазного фонда – Большую императорскую корону (рис. 1.44). Она была изготовлена в 1762 г. для коронации императрицы Екатерины Великой придворными ювелирами Георгом Экартом и Иеремией Позье; руководил работой и создал эскиз и каркас короны Георг Экарт, а подбором камней занимался Позье.

Сама корона изготовлена из золота в виде традиционных ажурных полу-сфер, украшенных сплошной россыпью бриллиантовых декоративных цветков. В короне 4 936 бриллиантов общим весом в 2 858 карат, переливающихся разноцветными радужными искрами, и 75 жемчужин. Вес этой самой дорогой короны в мире почти 2 кг. А венчает её удивительная по редкости и красоте благородная красная шпинель. Камень был приобретён в 1676 г. у китайского императора Канси и доставлен в Россию ученым и писателем Николаем Спафарием, находившимся на дипломатической службе при царе Алексее Михайло-

вие в Пекине (Китай) с 1675 г. до 1678 г. Этот знаменитый камень, долгое время ошибочно считавшийся рубином, кочевал из одной короны в другую и первоначально украшал императорский головной убор Елизаветы Петровны. Такая крупная благородная шпинель ровной окраски и идеальной чистоты и прозрачности – величайшая редкость, и равной ей нет в мире.

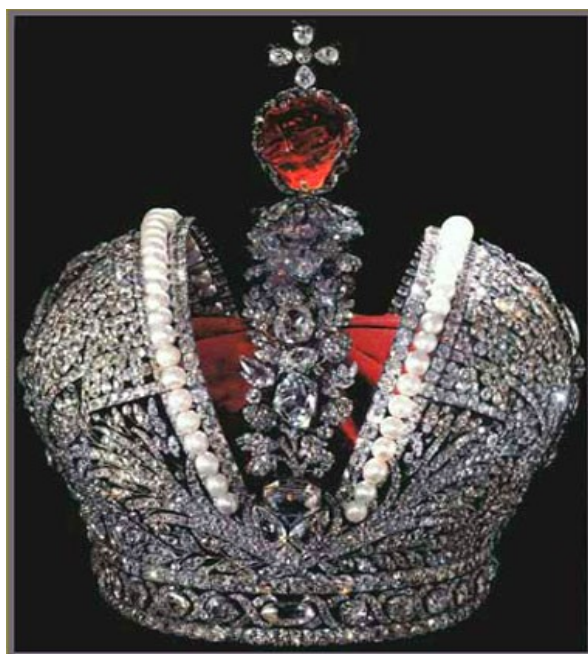


Рис. 1.44. Большая императорская корона со шпинелью

Прекрасный **Колумбийский изумруд**, вправленный в брошь (Россия, конец XIX в.), также входит в число семи исторических камней коллекции Алмазного фонда (рис. 1.45). Величина камня (масса 136,25 карата), равномерность распределения насыщенно зеленой окраски и чистота позволяют относить его к уникальным творениям природы.

Изумруд вставлен в изящную брошь из благородных металлов, усыпанную бриллиантами. Ступенчатая огранка камня идеально сочетается с декоративными вензелями и листьями из золота и серебра. Этот удивительный камень найден и привезен из Колумбии в XV–XVI веках, а в первой половине XIX в. он попал в Россию и был вправлен в брошь неизвестным ювелиром.

Еще одним из семи исторических камней Алмазного фонда России является красивый крупный старинный **сапфир с Цейлона**, сохранивший древнюю индийскую огранку (рис. 1.46). Он был приобретен русским царём Александром II в подарок жене на выставке в Лондоне. Камень вставлен в ажурную золотую оправу изысканной броши, инкрустированной множеством мелких и крупных бриллиантов.



Рис. 1.45. Колумбийский изумруд



Рис. 1.46. Сапфир с Цейлона

Этот сапфир считается самым большим и красивым сапфиром в мире. Его вес составляет почти 260 карат, уникальна оригинальная огранка, а изумительный сиренево-синий насыщенный цвет в сочетании с прозрачностью и чистотой камня поражают воображение. Кроме изумительного цвета, камень замечателен и своей обработкой. На нём нанесено более 100 граней, с чрезвычайным вкусом подобрана и оправа из бриллиантов.

Верхняя часть камня сплошь покрыта мелкими шестиугольными фасетами, и лучи света, разбиваясь об эту многогранную поверхность, искрящимися фонтанами льются в разные стороны, создавая приятную мягкую игру. Бриллианты усиливают яркость этого прекрасного камня. Брошь была изготовлена в середине XIX в., её ступенчатая форма удачно скрыла излишнюю толщину камня, заключённого в высокий лёгкий ажурный каст. К сожалению, почти ничего не известно о происхождении этого сапфира, и только согласно преданиям он тоже прошел долгий путь из Индии через Персию и Кавказ, прежде чем попасть в Россию.

Седьмым удивительным камнем в уникальной коллекции семи исторических камней Алмазного фонда представлен один из самых крупных в мире **хризолитов**, оливково-зеленый камень весом 192,75 карата (хризолит весом 310 каратов хранится в Смитсоновском институте в Вашингтоне и хризолит в 146 карат – в Геологическом музее в Лондоне) (рис. 1.47).



Рис. 1.47. Хризолит из Алмазного фонда России

Этот покрытый уникальной старой огранкой камень, был найден на вулканическом острове Зебергет в Красном море. Гигантскому хризолиту нет равных во всем мире по чистоте, прозрачности и красоте цвета.

Крупная, слегка выпуклая верхняя площадка окружена ступенчатыми гранями, а обратная сторона камня огранена более сложным способом и покрыта интересной комбинацией многочисленных неправильных четырёхугольных граней. Камень имеет удлиненно-овальную форму с размерами по периметру 5,2 x 3,5 см. и достигает 1,05 см. по толщине. В прошлом он был заключен в золотую оправу с тридцатью бриллиантами. Историки утверждают, что именно этот камень и есть тот самый, якобы, «изумруд», сквозь который римский император Нерон взирал на устроенный им самим пожар Рима. В многочисленных гранях этого драгоценного камня преломляются, исходя из его глубины, сверкающие лучи света всех зелёных оттенков. Этим чудом природы завершается коллекция семи исторических камней Алмазного фонда России.

1.6. Синтетические драгоценные камни и их облагораживание

Редкая встречаемость драгоценных камней в природе была одной из причин исследований, направленных на получение их искусственным путём. Драгоценные камни издавна являлись предметом воспроизведения. С древних времен человека сопровождают ювелирные украшения, которые изготавливали из драгоценных камней и благородных металлов. Так как и те и другие в природе встречаются довольно редко, их стоимость всегда была очень высокой. Поэтому продажа драгоценных камней приносила хорошую прибыль. Добыча природных драгоценных камней стоила много денег и больших затрат и это сподвигло людей, научиться подделывать драгоценные камни.

Чтобы уменьшить возрастающий спрос на драгоценные и полудрагоценные камни, ученые разработали способы их изготовления в искусственных

условиях. Древняя наука алхимия еще в IV веке до н. э. пыталась отыскать решение этой задачи, но только в 50-х годы XIX в. многократные попытки принесли положительные результаты.

В Древнем Египте (около 3 тыс. лет до н. э.) изготавливали цветные стекла, которые использовались как украшения и амулеты. Этим искусством владели и Древнем Риме. Позже стали применять дуплеты, состоящие из двух различных камней – сверху драгоценный, снизу менее дорогой.

В 1758 г. австрийский химик Йозеф Штрасс разработал способ изготовления синтетического состава жёлтого и бесцветного сплава с относительно высоким показателем преломления. Сплав состоял из кремния, окисла алюминия и соды, прекрасно обрабатывался и после огранки получил название «страз».

Синтетические аналоги природных драгоценных камней, пригодные для огранки, появились в конце XIX в. (1891 г.). Способом Вернейля были получены крупные рубины весом до 15–20 карат. Было положено начало промышленного выращивания синтетических материалов.

Появление первых синтетических камней привело ювелиров в замешательство и существенно повлияло на конъюнктуру и цены природных рубинов и сапфиров. Однако вскоре стало ясно, что синтетические камни довольно легко отличались от природных с помощью простейших оптических приборов

Как следствие этого – разработка диагностики для надёжного отличия природных камней от синтетических. В настоящее время годовой объём производства синтетических рубинов достигает миллиарда карат. Немного погодя научились идентифицировать настоящие сапфиры.

В начале 1920-х г. были получены искусственные шпинели и изумруды. Все синтетические камни производились во Франции, Германии и Швейцарии. Суточное производство камней достигало несколько тысяч карат. Большая часть их шла в ювелирную промышленность, остальная – в часовую и приборостроительную промышленность.

После Великой Отечественной войны бурно развивались радиотехника, электроника, оптика, металлообработка, возник спрос на синтетику – за счёт её физических свойств.

Разработка синтетических камней в разных странах:

Алмаз – (1953 г.) Швеция – Всеобщая Шведская электрическая компания;

(1955 г.) Дженерал Электрик, США;

Кварц – (1951 г.) СССР;

Аметист – (1970-е гг.) СССР (Александров);

Благородный опал – (1964 г.), Австрия, СССР;

Александрит – (1964 г.), США;

Коралл – (1976 г.), Жильсон (Франция).

В настоящее время в промышленных масштабах не выращивается только ювелирный *алмаз*. Разработаны методы получения кристаллов до 1 карата.

Выращивание монокристаллов для научных и технических целей привело к ряду важных для ювелирного дела последствий:

1) в искусственных условиях стали выращиваться такие аналоги, которые раньше не относились к драгоценным камням (сфалерит, рутил);

2) среди камней, не имеющих аналогов в природе, появилась достаточно большая группа монокристаллов, обладающая ярким блеском, разнообразной окраской, сильной дисперсией, довольно высокой твёрдостью (в 6–8,5 по шкале Мооса), т. е. свойствами характерными для драгоценных камней:

- титанат стронция – фабулит;
- итрий – алюминиевые гранаты – ИАГ;
- куб. двуокись циркония и гафния – фианит.

Все эти синтетические аналоги и соединения находят широкое применение в ювелирном деле. Между природными драгоценными камнями и их синтетическими аналогами нет практически никакой разницы. Постоянное усовершенствование методов кристаллизации позволило устранить даже те различия, которые улавливаются только с помощью физических приборов.

Но, тем не менее различия всё же существуют. И основное различие в том, что каждый природный камень уникален: в природе нет двух одинаковых камней.

Уникальность проявляется в морфологии, внутреннем строении, в условиях образования, местонахождения, истории добычи и т. д.

История синтетических камней значительно короче и составляет примерно 80 лет. Они производятся в массовом количестве, не имеют индивидуальных черт и в историческом аспекте не несут никакой ценности. Стоимость их в 10 и 100 раз ниже природных камней таких же размеров. Для природных камней характерно увеличение стоимости с течением времени, а для синтетических – падение цен.

В связи с этим разработана довольно корректная политика на рынке драгоценных камней.

К синтетическим ювелирным камням относятся искусственно полученные моно- или поликристаллические и аморфные химические соединения.

Все синтетические камни можно подразделить на 6 групп:

- 1) синтетические камни;
- 2) искусственные камни;
- 3) естественные имитации;
- 4) имитации;
- 5) реконструированные камни;
- 6) культивированный жемчуг.

1. Синтетические камни – искусственные самоцветы, полученные синтезом оксидов металлов, имеют тот же химический состав, что и природные. Различаются по включениям, особенностям кристаллизации, оптическим константам. Синтетические, искусственные самоцветы, обладая свойствами натуральных камней, с успехом заменяют их в ювелирных изделиях из драгоценных металлов, но они по сравнению с натуральными дешевы, а стеклянные имитации – это лишь дешевые подделки.

Синтетические корунды и шпинели имеют большое разнообразие цветов, а свое торговое название камни получают по имеющимся аналогам в природе – рубины, сапфиры, турмалины, александриты, аквамарины и др. Для получения синтетических корундов пользуются чистой окисью алюминия, а для получения шпинели – смесью окисей алюминия и магния. В зависимости от заданного цвета добавляют красители: для рубина – окись хрома; голубого сапфира – оксиды железа и титана, василькового сапфира – оксиды железа, титана, хрома; александрита – окись ванадия и т. д.

К синтетическим драгоценным камням можно отнести корунд, изумруд, синтетический алмаз и синтетическую шпинель.

Корунд. Сырьем для синтеза корунда служит тонкоизмельченный порошок Al_2O_3 . Для окрашивания добавляют различные оксиды в концентрации 0,1 – 2%: хрома → рубин, титана → сапфир.

Зарубежные фирмы («Линде», США; «Видерс карбиуверн», Германия) с 1947 г. начали промышленное изготовление *«звездчатых» сапфиров и рубинов*. Эффект астеризма получается при добавке в исходное сырье небольшого количества (около 0,3%) *окиси титана*. Путем синтеза полученные кристаллы находятся длительное время в окислительной среде при температуре от 1100 до 1500 °С, при этом происходит перемещение окиси титана и выделение тонких ориентированных игл рутила, которые обеспечивают эффект шестилучевой звезды.

Способ выращивания синтетических корундов по методу Вернейля (до 40 г) был распространен только в Европе, с 1940 г. этот метод распространился в США, когда фирма «Линде» начала промышленный выпуск синтетических корундов. Методом Чохральского можно получить синтетические корунды любой формы – трубчатые, ниточные и др. Такие профилированные изделия из корундов широко применялись в технике.

Синтезируя рубин по методу флюса или гидротермальным способом, возможно получить ювелирные камни весьма высокого качества. Этим методом фирма «Чармэн» (США) изготавливает ювелирные рубины до 60 мм.

В России методы выращивания синтетических корундов были освоены еще в 20-е гг. XX в.

В настоящее время в институте кристаллографии РАН им. А.В.Шубникова разработан и применяется новый метод синтеза корундов. Суть его заключается в том, что молибденовый контейнер, заполненный исходным материалом, помещается в вакуумную печь, где температура более 2000°C. Расплавляется Al_2O_3 , контейнер с расплавом медленно перемещается в зоны более низкой температуры и при снижении температуры до определенного значения расплав просматривается (кристаллическая масса 4 кг).

Физические свойства синтетического корунда близки к природному.

Рассмотрим свойства **синтетического корунда**:

- газовые пузыри различного размера и формы, одиночные и образующие скопления, тёмные в проходящем свете;
- твердые непрозрачные частички продуктов синтеза – пыль металлов, вводимых в корунд как имитирующие присадки или падающие со стенок контейнера частички;
- криволинейное распределение окраски;
- иногда свили – текстуры в виде потоков;
- в ультрафиолетовых лучах (254 нм) синтетический корунд – фиолетовый, природный – темный;
- при выращивании корунда гидротермальным методом в кристаллах появляются двухфазные включения.

Синтетические сапфиры выращиваются как рубины: для них характерна рыжая люминесценция.

Синтетический алмаз. Характерным отличием синтетических ювелирных алмазов от природных это способность флюоресцировать в УФ лучах (254 нм) с характерным последующим свечением.

Фосфоризируемая область образует характерный рисунок в виде квадрата с темным пересечением. В рентгеновских лучах у синтетических алмазов видна сильная желтая флюоресценция (у природных она голубая). Иногда внутри синтетического алмаза можно наблюдать включения металлов – катализаторов, позволяющих однозначно идентифицировать искусственное происхождение камней. Алмаз имеет показатель преломления $n=2,417$, изотропен, дисперсия 0,044, $\rho=3,52 \text{ г/см}^3$, полное внутреннее отражение.

Изумруд. Зеленая хромсодержащая разновидность благородного берилла $Be_3Al_2[Si_6O_{18}]$. Умение отличить природный изумруд от синтетического имеет принципиальное значение. Изумруд выращивают двумя способами: флюсовым и гидротермальным (табл. 1.3).

Свойства изумрудов, выращенных различными способами

Флюсовый метод	Гидротермальный метод
• $\rho = 2,64 - 2,67 \text{ г/см}^3$; • $n = 1,551 - 1,568$; • наблюдаются остатки самого флюса; • минеральные включения: хризоберилл, ильменит – выделяются при нарушении режима; • неравномерные структуры роста; • Русский флюсовый изумруд отличается наличием двухфазного включения – флюс + газ. • Четтен (США), Жильет (Фран.)	• $\rho = 2,07 - 2,09 \text{ г/см}^3$ (природная 2,69-2,75); • $n = 1,566 - 1,580$; • наблюдаются неравномерные структуры роста в виде ёлочки; • двухфазные включения; • наличие участков с затравками; • Лейхляхнер (Австрия) – наращивается на ограненный берилл; чередованием параллельных слоев. • Linde (США) – полностью синтетический – характерны пустоты с кристаллическими формами на конце; • Россия – лучшие синтетические изумруды. Конические пустоты, с гексагональными формами на конце

Синтетическая шпинель $\text{Mg}(28,2\%)\text{Al}(71,8\%)_2\text{O}_4$. Выращивается методом Вернейля. Форма кристаллов октаэдрическая, приблизительно как у алмаза. Основное применение синтетической шпинели – вставки в ювелирные изделия. В связи с этим в состав смеси, кроме оксидов магния и оксида алюминия, вводят различные окрашивающие примеси металлов, в том числе трехвалентный хром, который придает камням красный или сочный густой зеленый цвет.

$$\rho_{\text{синт.шпинели}} = 3,63 \text{ г/см}^3, n = 1,728$$

$$\rho_{\text{прир.шпинели}} = 3,60 \text{ г/см}^3, n = 1,715$$

Избыток глинозема в синтетической шпинели приводит к деформированию кристаллической решетки, что выражается в аномальном двупреломлении, в отличие от полностью изотропной природной шпинели.

На ювелирном рынке присутствует в основном синтетическая шпинель, выращенная методом Вернейля. В Новосибирске выращивают шпинель методом раствор-расплав.

Окраска любая.

2. Искусственные камни не имеют аналогов в природе. Имитируют природные камни лишь по некоторым показателям – цвету, блеску и т. п.

ИАГ – иттрий – алюминиевый гранат, $\text{Y}_3\text{Al}_2[\text{AlO}_4]_3$.

Иттрий-алюминиевые гранаты были созданы совсем не для ювелирных целей. Главная заслуга в разработке технологии их выращивания принадлежит

американской компании Лаборатории Белла (Bell Labs). Это исследовательский центр, занимающийся масштабными разработками в сфере электроники, телекоммуникаций и компьютерных систем.

В 1940-х г. ученые обнаружили, что в некоторых видах гранатов редкоземельный металл иттрий частично замещает марганец, а алюминий — кремний. Х. С. Йодер и М. Л. Кейт решили синтезировать кристалл, в котором это замещение было бы не частичным, а полным. Попытка оказалась удачной, и в 1951 году миру был представлен — иттрий-алюминиевый гранат.

Новый минерал стали синтезировать разными методами, но промышленным для кристаллизации ИАГ считается метод зонной плавки. Усовершенствованный способ Лихтмана-Масленникова позволил выращивать кристаллы гранатов сравнительно быстро, и с высокой степенью чистоты. Кроме того, способ подходил для производства кристаллов в промышленных масштабах.

В 1964 г. иттрий-алюминиевые гранаты были изучены специалистами Геммологического института Америки (GIA). Они подтвердили, что синтетические кристаллы представляют интерес не только для промышленности, но и для ювелирных целей и с 1969 года ИАГ стали использовать для создания украшений.

Диагностические признаки ИАГ:

- твердость — 8,5 по шкале Мооса (у природных — 6,5–7,5);
- показатель преломления — 1,833 (у природных — 1,675–1,890);
- плотность — 4,55 г/см³ (у природных — 3,12–4,30 г/см³).

Кубическая двуокись циркония (Zn,Hf)O₂. (фианит).

Своим названием искусственный камень обязан Физическому институту Академии наук им. П.Н. Лебедева (ФИАН), где и был создан. Изначально целью исследований было получение материала с определенными оптическими свойствами, необходимыми для лазерного оборудования. Но уже в начале 70-х годов прошлого века фианит вызвал панику на зарубежных ювелирных рынках: камень, практически идентичный бриллианту, стоил копейки. За один только 90-й год во всем мире было произведено кристаллов общим весом 50 000 000 карат. С тех пор темпы производства только растут. Термин «фианит» используется только в странах СНГ и Восточной Европе.

В мировом ювелирном сообществе в качестве описания вставки в изделии указываются другие наименования: джевеллит; цирконит; даймонсквай. Фианит неверно именовать цирконием. Цирконий — металл, и только его кубический диоксид имеет кристаллическую структуру.

Кроме того, существует минерал циркон — натуральный полудрагоценный камень. Минерал магматического происхождения по стоимости превышает

фианит в несколько раз. Фианит часто путают и с кристаллами Сваровски, которые представляют собой запатентованную разновидность хрусталя.

Внешний вид и варианты цветов Кубический диоксид циркония бесцветен, но технологии позволяют придать ему более 40 разнообразных оттенков. Самые популярные: желтый; розовый; зеленый; пурпурный; коричневый с золотистым отливом.

Кроме того, возможен эффект смены цвета, позволяющий имитировать редкий и очень дорогой александрит. При этом, ученые до сих пор не могут получить фианит изумрудно-зеленой окраски.

Диагностические свойства:

$n=2,176$, изотропный, дисперсия $0,05-0,08$, удельный вес $g=5,5-5,9$ г/см³. В УФ лучах может быть розовым, желтым.

Титанат стронция (фабулит) SrTiO_3 , $n=2,4$, изотропный, дисперсия $0,109$, удельный вес $g=5,13$ г/см³, наблюдается явление полного внутреннего отражения.

Синтетический рутил TiO_2 , бесцветный, слабо желтый материал, $n=2,616-2,903$, удельный вес $g=4,26$ г/см³, одноосный положительный, дисперсия $0,19$, наблюдается полное внутренне отражение.

ОАИ (ортоалюминат иттрия) $n=1,938-1,955$; $g=5,35$ г/см³, дисперсия $0,033$, двuosный положительный, отличается по спектру и коноскопической фигурой.

ГГГ (галлий-гадолиниевый гранат) (гамант) $\text{Gd}_3\text{Ga}_2[\text{GaO}_4]_3$, $n=2,03$, удельный вес $g=7,05$ г/см³, дисперсия $0,038$, изотропный.

Линобат (США) $n=2,2-2,3$, удельный вес $g=4,65$ г/см³, дисперсия – $0,075$, одноосный отрицательный, близко к ИАГ и циркону.

3. Естественные имитации – к ним относят совокупность драгоценных и полудрагоценных камней, полученные из отходов натуральных камней путем склеивания, прессования, сплавки, а также натуральные камни, окрашенные в другой цвет или ранее не относящиеся к категории драгоценных камней.

Один из видов имитации самоцветов – **дублеты** (дубли), склеенные камни. Отходы (тонкие пластинки) – натуральных самоцветов, которые не могут быть огранены самостоятельно, склеиваются с менее дорогими минералами, сходными по прозрачности и цвету, и совместно обрабатываются. Чаще других встречаются дублеты сапфиров и изумрудов. Подклейками могут служить горный хрусталь и цветные стекла. Дублеты, таким образом, состоят из верхней части – дорогостоящего минерала и нижней – дешевого. Если на камень смотреть сверху, клейка дублета незаметна, если же его просматривать, повернув боком, под определенным углом к источнику света, заметна красноватая полос-

ка по периметру подклейки или слабые красноватые отражения подклеенной грани. Дублеты обладают всеми оптическими свойствами самоцвета и, так как низ камня не изнашивается, долговечны в эксплуатации.

Природные стекла

Обсидиан – изотропный (как стекло). $n=1,45-1,55$, $g=2,2-2,5$ г/см³, тв 5,5, раковистый излом, цвет черный, серый, желтоватый, красный, рыжий, пестрый, голубой.

Является продуктом вулканического извержения, в частности кислой по составу магмы, с высоким содержанием кремнезёма, менее вязкой, чем базальтовые магмы.

Обсидиан образуется при быстром остывании кислой магмой. Расплавленное вещество остывает, не успев раскристаллизоваться.

В оптическом микроскопе можно наблюдать: вытянутые газовые пузыри, свили, силоподобные включения, наличие центров кристаллизации (частичная кристаллизации).

Используется как поделочный и облицовочный материал, цветные и пейзажные разновидности широко применяются в ювелирном деле.

Можно спутать с морионом.

Месторождения: Армения, Камчатка, Япония, Италия.

Молдавит (витавит, тектиты) – р. Витава, Чехословакия. Кварцевые блоки контактировали с горячей лавой и плавилась.

В оптическом микроскопе можно наблюдать: свили – в природных стеклах более выражены, чем в искусственных; газовые пузыри вытянутой формы.

Легко спутать с хромдиопсидом (ювелирная разновидность диопсида изумрудно-зелёного цвета).

Тенгезит – месторождение Тенгиз (нефтяное), Казахстан. Образовался от горения нефтяной скважины. С голубоватым отливом, похож на опал.

4. Имитации – более грубые и дешевые подделки. Выполняются из стекол, пластмасс, путем покрытия камня слоем окрашенного или отражающего свет вещества, дублеты и т. п.

Стекланные сплавы – это легкоплавкое прозрачное стекло, в состав которого для усиления блеска вводятся окислы свинца, калия и бора. Окрашивают стекланные сплавы окислами меди, селена, кобальта, урана, марганца и др. Камни получают штамповкой с последующей обработкой. Для создания эффекта игры камня на обратную сторону его наносят тонкий зеркальный слой серебра, закрепленный лаком.

Непрозрачные стекланные сплавы могут служить имитацией цветных камней: бирюзы, агата (черного), лазурита и др.

Стекла

1) искусственные (изготавливаются человеком). Если пишется «стекло», то подразумевается искусственное;

2) природные.

Удельный вес $g=2,2-4,5$ г/см³, $n=1,4-1,9$ (в основном $1,6-1,7$).

Включения:

1) газовые пузыри округлой формы;

2) свили (эффект сахарного сиропа);

3) как правило, у стекол характерный раковистый излом;

4) низкая твердость.

Чаще всего можно встретиться с двумя разновидностями стекол:

1. **Кронглас** – оконное или бутылочное стекло, $g=2,57$ г/см³, $n=1,52-1,54$.

2. **Флинтглас** – свинцовое стекло или то, что мы привыкли называть хрусталём. Свинец добавляют для увеличения блеска. $n=1,58-1,68$, удельный вес $g=3,15-4,5$ г/см³.

Из этих двух разновидностей стекол делают все остальные стёкла путем добавления различных элементов. Окраски стекол образуются за счет добавления хромофоров.

Окись: Fe – зеленый, красный, коричневый цвет;

Cu – голубой, красный;

Co – голубой;

Cr – светло-зеленый;

Ag – желто-зеленый.

Если добавить в стекло тонкоизмельченное – пылеватое золото, то оно принимает рубиново – красный цвет (звезды кремля).

Стеклоподобная паста: метакрилат, алюминиопласт – чистое и прозрачное вещество, удельный вес $g=1,2$ г/см³, твердость – 2,5.

Органические стекла получили широкое применение. Как очень дешевые и разнообразные по цвету имитации: оптические свойства в нашем понимании отсутствуют; низкая твердость; очень легкие.

Пластмассы служат имитацией камней органического происхождения и некоторых цветных камней. Цвет пластмассы и прозрачность задаются в зависимости от того, какой камень имитируется. Для имитации жемчуга применяются молочно-белая пластмасса с незначительной прозрачностью, с последующим покрытием жемчужной эмульсией для перламутрового блеска; янтаря – неровно окрашенная, местами прозрачная, желтых тонов; коралла – непрозрачная, кораллового цвета; для бирюзы – непрозрачная, голубовато-зеленоватая и т.д.; форму придают штамповкой.

5. Реконструированные камни получают из природных путем какой-либо обработки, улучшающей их внешний вид: отжига, радиоактивного облучения и т. п.

Для изменения окраски ряда камней применяют прокаливание для самоцветов и химическую окраску для цветных.

Для изменения цвета агата и яшмы их выдерживают длительное время (от нескольких дней до нескольких месяцев) в сахарном или медовом растворе, обрабатывая затем серной кислотой и другими реактивами. Очень часто окрашивают агаты, имитируя карнеол или сардер (красного и коричневого цвета), оникс (черного или коричневого), хризопраз (зеленого), халцедон (синий и голубой).

Красный цвет получают пропиткой в азотнокислом железе и последующим нагреве. Желтый цвет получают травлением пропитанного соединениями железа агата в соляной кислоте. Черная и коричневая окраска агата достигается проваркой в сахарном сиропе с дальнейшим травлением нагретой серной кислотой. Зеленая окраска достигается применением солей хрома или нитрата никеля с дальнейшим сильным нагревом. Синяя и голубая окраска получается при пропитке агата в растворе ферроцианида (желтая кровяная соль) и последующим кипячением в медном купоросе.

В результате халцедоны могут принимать цвет хризопраза и сердолика, агаты – коричневую и черную окраску, а яшмы – усиливать яркость окраски и изменять ее. Цвет бирюзы может быть усилен анилиновыми красителями, но еще в древности для улучшения цвета бирюзы ($\text{CuAl}_6(\text{OH})_2[\text{PO}_4]\times 4\text{H}_2\text{O}$) ее клали в бараний жир или масло. В настоящее время искусственную бирюзу получают, в том числе, и при прокрашивании минерала говлита, боросиликата кальция ($\text{Ca}_2[(\text{BOOH})_5\text{SiO}_4]$) или халцедона солями меди или анилиновыми красителями. Кроме того, синтетическую бирюзу («неолит», «необирюза», «резе бирюза») получают из крошек бирюзы, спеченной с клеящей массой, стеклом, фарфором, смолами.

6. Культивированный жемчуг выращен человеком искусственным путём на подводных плантациях моллюсков. Культивированный жемчуг, подобно природному, выращивается в теле моллюска в естественных условиях. Зародышем служит перламутровый шарик. Его заключают в кусочек оболочки мантии трехлетнего моллюска, вырабатывающего перламутр, получая таким образом «жемчужный мешок». Этот мешок вкладывают в другую раковину, которую помещают в специальный водоем. Обволакивание зародыша может длиться

ся от 2 до 7 лет. В процессе роста жемчужин раковины проверяют несколько раз в год. Выращенные жемчужины внешне неотличимы от натуральных, имеют правильную заданную форму. Оболочка искусственного жемчуга соответствует по химическому составу натуральному и обладает теми же физическими свойствами. Искусственный жемчуг может выращиваться в больших количествах, принимать заданные размеры и формы и быть не менее красивым, чем настоящий.

Облагораживание драгоценных камней

Природные минералы довольно редко используются в ювелирной сфере в чистом, необработанном виде. Чаще всего ювелирные компании прибегают к различным методам облагораживания и обработки минералов, посредством которого их внешний вид становится действительно безукоризненным и неповторимым.

В процессе обработки самоцвет раскрывается новыми гранями своей красоты, приобретает богатый внешний вид, его расцветка становится более красочной, яркой и насыщенной. Механическая или термическая процедура обработки природных минералов имеет свою выгоду – натуральные камни, обработанные искусственным путем, можно продать намного дороже, чем их необработанных «собратьев». Конечно же, в природе встречаются и эксклюзивные минералы, не требующие дополнительной обработки – они отличаются великолепным внешним видом и шикарным блеском. Но стоимость ювелирных изделий с таким минералом очень высока, поэтому многие покупатели предпочитают приобретать именно украшения с облагороженными природными минералами, стоимость которых сравнительно ниже.

На сегодняшний день для облагораживания природных минералов в искусственных условиях используются новейшие технологии ювелирных украшений, принцип которых строится на использовании инновационного оборудования и передовых химических составов.

В настоящее время применяют следующие популярные технологии обработки минералов.

Температурная обработка

Сегодня применяется множество техник и методик обработки природных минералов, среди которых можно выделить термическую обработку самоцвета.

Этот метод активно используется многими ювелирами – его суть заключается в воздействии на природный самоцвет высокой температуры. При этом температурное воздействие может быть абсолютно разным – минерал могут

длительное время держать над открытым пламенем или обрабатывать в специальных электропечах, которые дают возможность контролировать напряжение магнитного поля.

Термическая обработка позволяет в корне изменить цвет исходного минерала, сделать его намного чище и глубже. Особенно часто термический метод используют для облагораживания корундов, в результате чего они приобретают более светлый, сияющий оттенок.

Многие драгоценные камни очень восприимчивы к действию высоких температур: их цвет становится насыщеннее, а природные включения не так заметны. Некоторые самоцветы даже меняют свой оттенок после такого обжига, например золотистые топазы, фиолетовые танзаниты и т. п.

Лабораторное облучение

Воздействие облучением способно выявить более глубокий и интенсивный цвет драгоценного камня. Такой метод облагораживания часто применяют в случае с синими топазами, зелеными кварцами и т. д. Разумеется, нужно обладать соответствующим оборудованием, чтобы проводить такие воздействия, ведь неверно проведенное облучение оставляет в самоцветах остатки радиации, которая отрицательно сказывается на здоровье человека. Много лет назад было замечено, что под воздействием природного радиоактивного излучения минералы быстро меняют свой натуральный окрас. Эта технология получила свое развитие и в наши дни – в результате воздействия искусственным радиоактивным облучением можно получить дорогостоящие бриллианты и топазы.

Обработка минералов маслом или клеящим составом

Одна из наиболее распространенных технологий облагораживания минералов – обработка маслом. Давно известно, что многие природные камни, например изумруды, имеют незначительные недостатки поверхности – трещины и сколы. Обработка маслом позволяет заполнить щели на поверхности минерала, сделать его более ярким и сияющим.

Для данной технологии используются природные (например кедровое) или искусственные масла. Эффективность их примерно одинакова. Для того чтобы получить более красочную и насыщенную окраску минерала, в масло добавляют специальный красящий состав, в результате которого цвет камня становится более ярким и чистым.

Часто для обработки природных минералов и усовершенствования их внешнего вида используются специальные клеи. Клеящий состав просто необходим для драгоценных камней, поверхность которых имеет множество повреждений в виде мелких трещин или сколов. Заполнение этих щелей клеящим со-

ставом позволяет избавиться от хрупкости и ломкости камня. Иногда в состав клеящего вещества добавляется определенная доля стекломассы, благодаря которой трещинки на камне заполняются более плотно, при этом абсолютно не теряется вся красота природного цвета минерала.

Иногда для обработки природных минералов применяется технология заполнения естественным веществом. Суть ее заключается в том, что для максимального заполнения трещин и сколов камня используется натуральное вещество, из которого он состоит. Это означает, что для обработки топаза используется смесь из измельченного топаза, а для обработки турмалина – состав, который содержит частички этого минерала.

Механическая обработка

Дефекты на поверхности драгоценного камня можно замаскировать специальными восковыми или масляными составами, точно повторяющими цвет камня. Такая обработка делает камень более прозрачным и привлекательным, однако уход за такими минералами требует особой осторожности, так как можно очень легко повредить тонкую масляную пленку на поверхности. Также практикуется заполнение трещин и дефектов камня специальным свинцовым стеклом, которое визуально скрывает недостатки камня.

На сегодняшний день ювелирное мастерство достигло небывалых высот, что способствует безукоризненной обработке природных минералов без потери их качества и естественного, благородного окраса. Для определенных групп природных минералов рекомендуется использовать свои безвредные и щадящие технологии.

Обычное окрашивание отлично помогает слегка изменить естественный цвет агата, жемчуга, черного оникса. При этом камень самоцвет абсолютно не теряет своих природных драгоценных свойств.

Отличительные особенности синтетических (искусственных) драгоценных камней

Методы определения имитаций и стёкол

1. *Тепло при соприкосновении*: стекло проводит тепло значительно хуже, чем большинство минералов и поэтому кажется на ощупь более тёплым при определении теплоты (используют чувствительность языка).

2. *Раковистый излом*: для стёкол характерным является раковистый излом.

3. *Пузыри*: обычное явление в стеклянных имитациях присутствие одного или нескольких сравнительно крупных пузырей. Форма пузырей: сферическая или эллипсоидная (не объединяются в группы) (рис. 1.48, 1.49, 1.50).

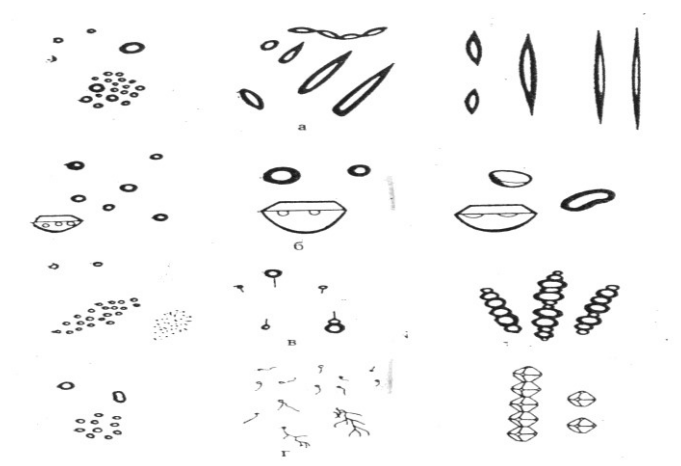


Рис. 1.48. Формы пузырей в имитациях

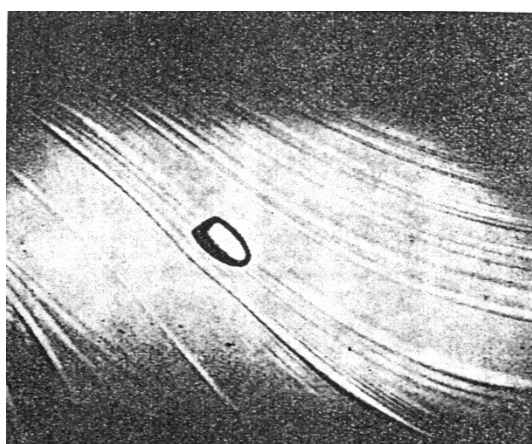


Рис. 1.49. Пузырёк и свилли
в искусственном камне

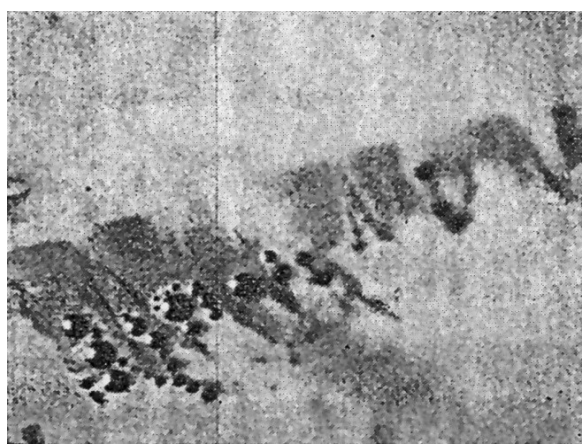


Рис. 1.50. Группа пузырьков в стекле,
имитирующая изумруд

4. *Свилли* или эффект «сахарного сиропа». Искусственные камни и стёкла часто содержат свилли, образовавшиеся в результате недостаточно хорошего перемешивания компонентов. По виду они напоминают плавные изогнутые линии (рис. 1.49).

5. *Изотропность*: стёкла, как аморфный материал, всегда изотропно.

6. *Показатели преломления*: эти константы у стёкол редко соответствуют константам имитируемых камней.

7. *Интерференционная фигура*: многие стёкла в скрещенных поляроидах, в сходящемся в пучке света, дают некое подобие интерференционной фигуры, напоминающей букву Х, с изогнутыми и отстоящими друг от друга левой и правой частями.

1.7. Методы выращивания драгоценных камней

В настоящее время применяются различные методы синтеза драгоценных камней и выращивания ювелирных кристаллов, основными из которых являются группы расплавных (методы Вернейля, Чохральского, зонной и гарнисажной плавки) и раствор-расплавных методов (методы флюса, гидротермального синтеза и синтеза ювелирных алмазов при высоких давлениях), а также некоторые другие.

Метод Вернейля. В 1896 г. французский ученый Огюст Вернейль сконструировал специальную печь с водородно-кислородной горелкой для синтеза рубинов, и началась эра промышленного производства синтетических ювелирных камней (рис. 1.51).

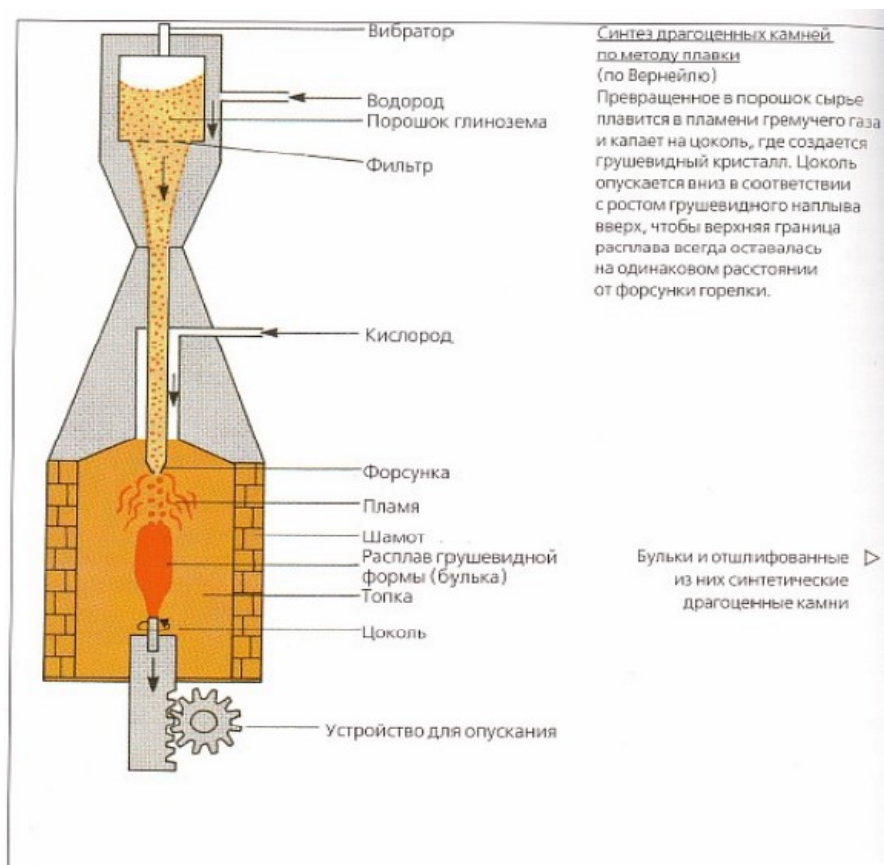


Рис. 1.51. Метод капельной плавки, разработанный Вернейлем

Синтез драгоценных камней методом Вернейля осуществляется из расплава, получаемого при плавлении шихты (в случае синтеза рубина шихта представляет собой смесь окислов алюминия и хрома). Печь сконструирована таким образом, что шихта осыпается вниз небольшими порциями в потоке кислорода, попадая в камеру горения, куда подается водород, и где расположена горелка. Здесь шихта плавится, а получившаяся капля попадает на керамическую подложку, на которой вначале образуется конус, переходящий потом в цилиндр —

монокристалл. Полученный кристалл называется «булей», размер которой обычно составляет в длину 5–10 см при диаметре около 2 см (современные технологии позволяют получать були до 60–70 см в длину). Для получения «були» среднего размера требуется около 4 часов. Полученные кристаллы обладают сильным внутренним напряжением и часто раскалываются на несколько частей.

Методом Вернейля к настоящему времени удалось вырастить более ста различных видов кристаллов. Однако наибольшее промышленное значение он имеет, как правило, при выращивании рубина, сапфира и других окрашенных разновидностей корунда, включая и звездчатые камни, а также шпинели.

Метод Чохральского. Данный метод позволяет получать кристаллы очень высокого качества (рис. 1.52). Исходное вещество (смесь окислов соответствующего состава) плавится в тигле из тугоплавкого металла (например, платины или иридия), который нагревается спиральным нагревателем, намотанным непосредственно на тигель. Кристаллизация начинается на затравке, касающейся поверхности расплава, которую постепенно вращают и поднимают (вытягивают) из расплава (со скоростью 5–30 мм/час).

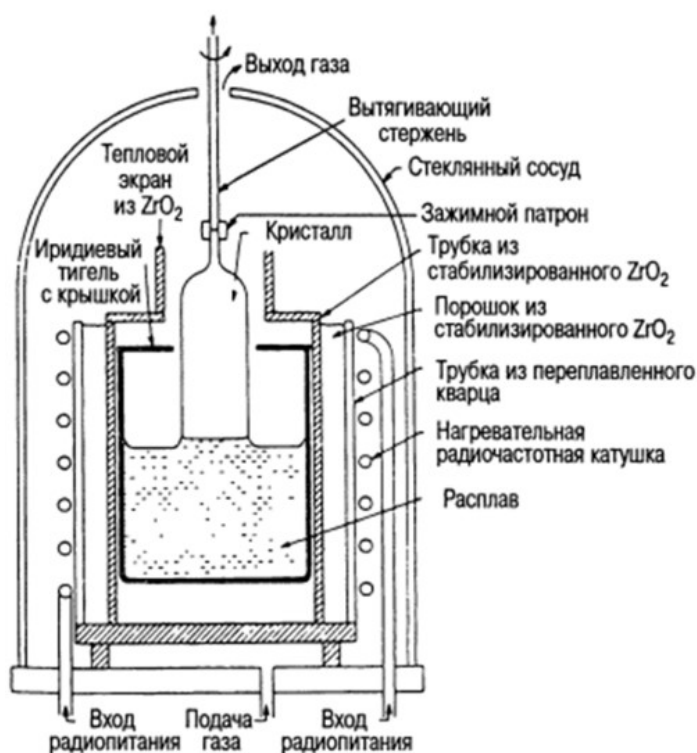


Рис. 1.52. Схема аппарата Чохральского для синтеза методом «вытягивания кристалла»

Полученные кристаллы представляют собой стержни диаметром 2,5–6 см и длиной 20–25 см. К кристаллам, выращиваемым этим методом, относятся рубины, сапфиры, ИАГ, ГГГ и другие синтетические гранаты, а также alexandrit.

Метод Чохральского позволяет получать кристаллы, которые являются прекрасным ювелирным материалом, поскольку они значительно более однородные, чем кристаллы, выращенные методом Вернейля.

Метод зонной плавки. Суть метода заключается в следующем: исходная шихта, представляющая собой смесь предварительно прокаленных окислов основных исходных компонентов с примесями, и затравка помещаются в молибденовую лодочку, которая затем медленно протягивается вдоль нагревателя (рис. 1.53). По мере движения лодочки в шихте возникает довольно узкая расплавленная зона, которая при дальнейшем перемещении лодочки затвердевает с образованием монокристалла. Ширина получаемого кристалла – 8 см, высота – 2 см, длина – 18 см, время роста – 4 дня. Среди внутренних дефектов у выращенных кристаллов наблюдается блочность и трещиноватость.

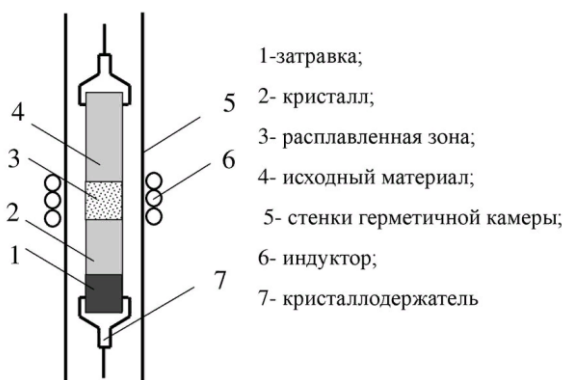


Схема установки для вертикальной бестигельной зонной плавки

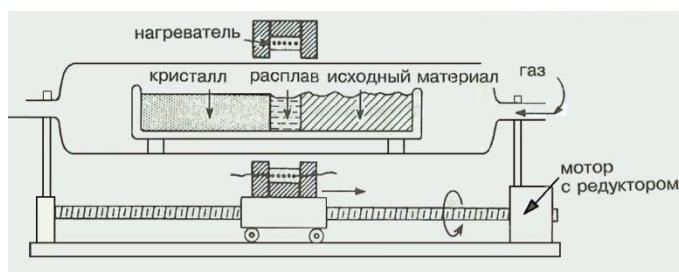


Схема установки для горизонтальной бестигельной зонной плавки (метод плавающей зоны)

Рис. 1.53. Процесс зонной плавки

Данный метод синтеза драгоценных камней технически прост, позволяет выращивать монокристаллы в форме пластин и успешно применяется для получения крупных монокристаллов корунда различных окрасок, ИАГ и других синтетических гранатов.

Метод гарнисажной плавки. Метод заключается в плавлении и кристаллизации вещества в его же собственной холодной «рубашке» и применяется для выращивания тугоплавких кристаллов (фианита, корундов, ИАГ и некоторых других). Для плавления вещества применяется высокочастотный нагрев. После нагрева расплав выдерживается несколько часов (для обеспечения отгонки примесей и установления однородности среды), затем медленно охлаждается, в результате чего кристаллизуются столбчатые кристаллы.

Метод синтеза из раствора в расплаве и гидротермальный синтез. При выращивании синтетических ювелирных камней широкое применение получили методы кристаллизации из раствора в расплаве (метод флюса) и из гидротермальных растворов (рис. 1.54).

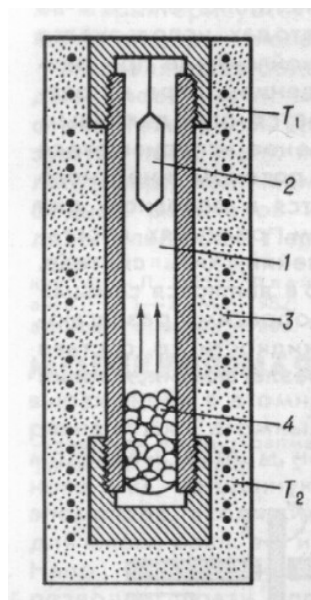


Рис. 1.54. Схема автоклава для гидротермального синтеза

Выращивание кристаллов методом флюса в основном применяется для получения тугоплавких веществ, кристаллизация которых из расплава при быстром охлаждении невозможна. В качестве растворителей (флюса) служат расплавы легкоплавких окислов (свинца, молибдена, бора и др.) или солей (KF , PbF_2 , CaCl_2 и др.). Процесс синтеза проходит в платиновых, иридиевых или графитовых тиглях, помещенных в специальные печи. Кристаллизация происходит либо в результате постепенного охлаждения расплава, либо в условиях испарения расплава, либо методом температурного перепада. Данный метод позволяет получать кристаллы изумруда, корунда, alexandrita размером в несколько сантиметров.

Для выращивания ювелирных кристаллов особенно перспективным является метод гидротермального синтеза. Рост кристаллов осуществляется в герметичных сосудах высокого давления (автоклавах), позволяющих проводить процесс синтеза при температурах $250\text{--}600^\circ\text{C}$ и давлениях в десятки и первые сотни мегапаскалей. В качестве растворителя в данном методе применяется вода, растворяющая способность которой резко возрастает при высоких температурах и давлениях, обеспечиваемых в автоклаве. Рост кристаллов осуществляется на затравках в результате температурного перепада.

Метод гидротермального синтеза широко применяется для выращивания кварца различных окрасок и изумрудов. Гидротермальные кристаллы кварца достигают веса несколько килограмм, а размер изумрудов до 10 см. В последнее время данный метод начали применять для синтеза рубинов.

Метод синтеза ювелирных алмазов при высоких давлениях. В феврале 1955 г. появилось сообщение о первой успешной попытке синтеза алмаза, осуществленного в исследовательской лаборатории американской фирмы

GeneralElectric. А в начале 1970 г. в этой же лаборатории были получены кристаллы алмаза ювелирного качества различной окраски весом до 1 карата. В настоящее время синтетические алмазы производятся не только в США, а также в Швеции, ЮАР, Японии и в России (рис. 1.55).

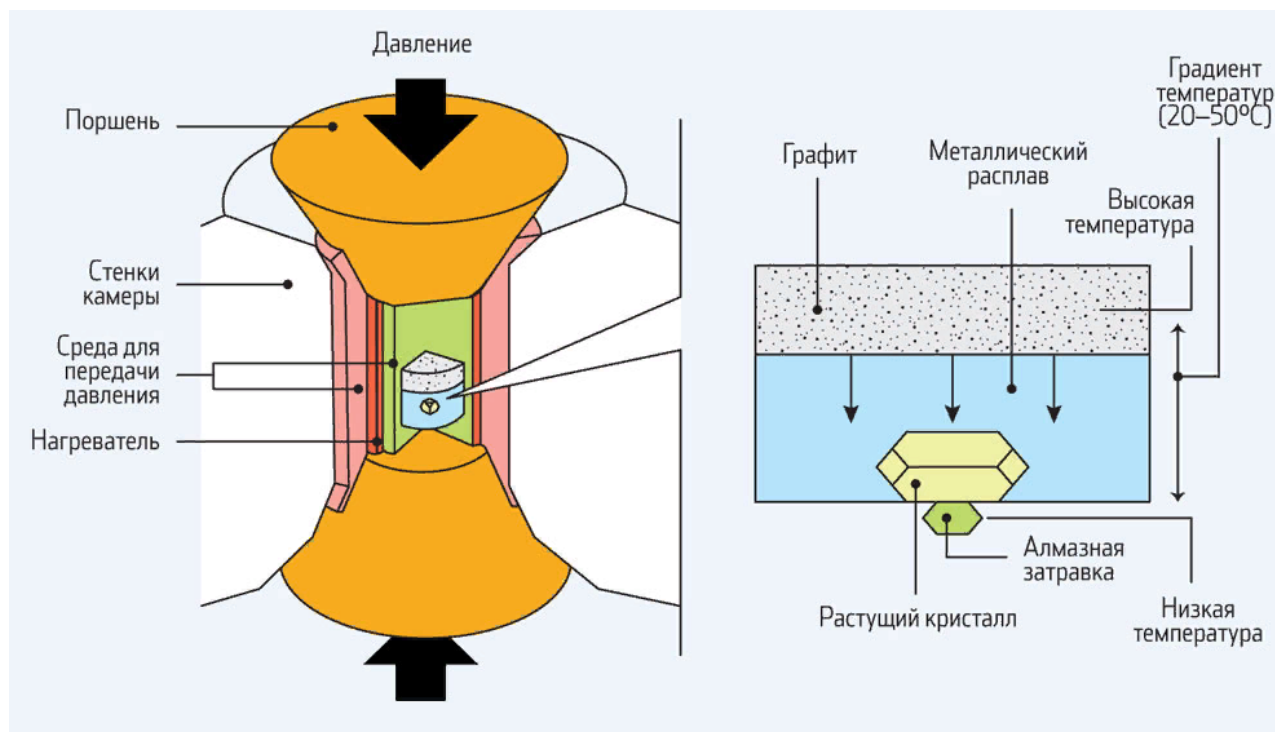


Рис. 1.55. Выращивание кристаллов способом сверхвысоких давлений и температур

Основным промышленным методом синтеза алмазов является раствор-расплавный металл-углеродный синтез при высоких давлениях (температура 1400–1600°C, давление 5000–6000 МПа). В качестве исходной шихты обычно используют графит (хотя возможны и другие углеродсодержащие вещества) и металлы или сплавы железа, никеля, кобальта, платины и палладия. Для создания необходимых термобарических параметров используют мощные гидравлические прессы, снабженные камерами высокого давления.

В настоящее время достигнуты большие успехи в области синтеза алмаза. Размер выращенных кристаллов ювелирного качества достигает 9–10 карат, они обладают различной окраской и высокими качественными характеристиками.

Помимо описанных методов синтеза получения монокристаллов ювелирных камней существуют методы выращивания поликристаллических агрегатов – бирюзы, малахита и также методы выращивания благородного опала. В большинстве случаев методика синтеза драгоценных камней этих и некоторых других ювелирных материалов является коммерческой тайной их производителя.

Таким образом, в настоящее время на рынке часто можно встретить ювелирные изделия, в которых в качестве вставок применяются синтетические

камни. Поскольку технологии получения синтетических материалов постоянно совершенствуется, то можно ожидать, что в будущем их количество возрастет, а также улучшится их качество и сходство с природными камнями.

1.8. Конъюнктура рынка драгоценных камней

Ресурсы драгоценных камней рассредоточены по многим странам мира, а общее количество известных месторождений и групп месторождений насчитывает несколько тысяч. Так как большинство месторождений драгоценных камней распределены на земном шаре неравномерно, то ни одна страна мира не располагает относительно полным набором месторождений драгоценных и поделочных камней, хотя наибольшим разнообразием залежей самоцветов характеризуются Австралия, Бразилия, Россия, Китай, Таиланд, США, Шри-Ланка, Индия, ряд стран Юго-Западной Азии и Восточной Африки. Заметную роль играют лишь около 100 месторождений мира, при этом по каждому из видов камней основную часть мировой добычи обеспечивают лишь несколько, зачастую давно известных месторождений (рис. 1.56).

Основная мировая добыча драгоценных камней ведется в «странах третьего мира». Камни скупаются практически за бесценок, после чего поступают на ювелирные рынки мира по многократно увеличенным ценам. Как следствие получается неравномерность в распределении прибылей от конечной реализации драгоценных камней в ряде богатых стран. Также отсюда вытекает искусственное поддерживание очень высокой цены на камни. Исключение составляют алмазы, добыча которых требует современных технологий, методик и высоких затрат. В отличие от алмазов, поиски месторождений других драгоценных камней ведутся без применения современной техники и при отсутствии соответствующей научной базы. Тем не менее, местные поисковики в ряде случаев с успехом выявляют все новые и новые месторождения.

Следует отметить, что целенаправленного поиска и геологической разведки месторождений драгоценных камней фактически не существует: многие месторождения либо известны с древних времен, либо открываются случайно, например при поиске других полезных ископаемых, во время научных экспедиций и т.д. или добываются попутно. В связи с этим количественные характеристики их запасов, как правило, отсутствуют, что является одной из причин нестабильности рынка, особенно драгоценных камней высокого качества.



Рис. 1.56. Карта основных месторождений драгоценных камней мира

Мировой рынок цветных камней является весьма сложным и неустойчивым, зависящим, в первую очередь, от моды. На предложения и спрос самоцветов непосредственно влияет и политическая обстановка в таких важных районах их добычи, как Ближний Восток, Шри-Ланка, Колумбия, ряд стран Африки (ЮАР, Намибия, Ангола и т. д.).

Истощение запасов сырья на месторождении может на некоторое время сократить или вовсе прервать поставки определенных видов камней на мировой рынок, что значительно увеличивает стихийность ценообразования на рынке. Также особенностью мирового рынка драгоценных камней является практически постоянная нехватка высококачественного сырья, особенно камней большого размера и массы.

В России (бывшем СССР) поиск и разведку самоцветов в свое время осуществляла организация «Союзкварцсамоцветы», но в настоящее время в России и странах СНГ существуют многие сотни, как правило, небольших фирм, да и частных лиц – «черных старателей», занимающихся легальной, полуполюгальной и просто нелегальной разработкой как действующих, так и заброшенных месторождений и рудопроявлений, карьеров, отвалов и старых шахт вплоть до шахт и копей XVII–XVIII вв., а в республиках Средней Азии – и более древних.

В мире в настоящее время добычей драгоценных камней занимается огромное число предприятий: от гигантских ГОКов, перерабатывающих миллионы тонн руды в год, где работают тысячи человек, до крохотных артелей в несколько человек.

В странах с низким уровнем доходов населения (Мозамбик, Мадагаскар, Афганистан, Мьянма и т. д.) в разработку, которая ведется преимущественно кустарными методами, обычно вовлекается как можно большее число залежей драгоценных и поделочных камней, вплоть до весьма небольших по величине, так как работа на рудниках и россыпях является источником сравнительно высоких доходов, что позволяет широко использовать ручной труд и, соответственно, избегать значительных затрат. Для этих государств экспорт драгоценных камней зачастую является важным источником валютных поступлений, что стимулирует активное развитие промыслов. Тем не менее, в развивающихся странах практикуется быстрая отработка наиболее богатых залежей, после чего масштабная добыча прекращается.

В то же время более развитые страны, такие как Австралия, Бразилия, Таиланд, обычно концентрируют свое внимание на нескольких видах камней, промышленная разработка месторождений которых позволяет стабильно занимать ведущие позиции на мировом рынке. Так, Бразилия обеспечивает подавляющую часть мировой добычи горного хрусталя, топазов и аметистов; Австралия – благородного опала и сапфиров, ЮАР – тигрового глаза и алмазов и т. д.

Изумруды

Основные месторождения изумрудов сосредоточены в Колумбии, Бразилии, ЮАР, Индии, Замбии и Зимбабве. Кроме того, на рынок успешно выходят и Пакистан (с 90-х годов XX в.), Нигерия, Мозамбик, Россия, Таджикистан и Афганистан. Иногда лучшие образцы изумруда ценятся выше алмазов.

По оценке, в мире ежегодно добывается около 20 млн карат изумрудов. Но главным поставщиком изумрудов хорошего качества на мировой рынок является Колумбия, где уже более четырех веков разрабатываются богатейшие изумрудные залежи, в которых встречается значительное число высококачественных камней. В среднем качество колумбийских изумрудов существенно выше, чем в других странах, по этой причине несмотря на гораздо меньшие физические объемы, чем в других странах (например, Бразилию), Колумбия занимает первое место в мире и обеспечивает треть мировой добычи изумрудов. В целом добыча изумрудов в мире соответствует уровню спроса на них, но на мировом рынке практически постоянно имеется дефицит крупных камней высокого качества (рис. 1.57).

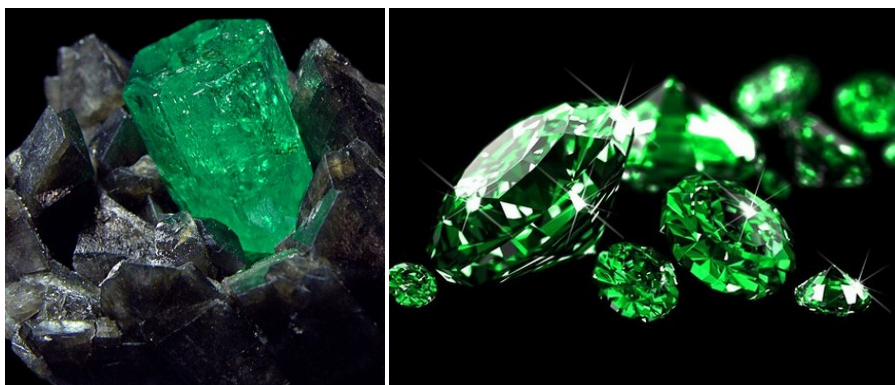


Рис. 1.57. Изумруды (природный камень и изделие)

Рубины

Рубины большой массы, но низкой чистоты добываются в Танзании и Индии. Мелкие камни хорошего качества добываются на недавно введенных в строй рудниках в Мьянме, хотя в настоящее время их добыча находится на значительно более низком уровне, чем 30–40 лет назад. Важными поставщиками рубинов на мировой рынок являются Афганистан и Пакистан, однако, из-за неблагоприятной политической обстановки в этих странах, добыча нестабильна. В небольших количествах рубины (невысокого качества) добываются в Казахстане, Узбекистане, Таиланде, Кении, Мадагаскаре.

Крупные рубины, массой свыше 3 карат и качественной окраски, уже несколько лет являются весьма дефицитным товаром на мировом рынке, из-за крайне низкого уровня их добычи, и, несмотря на обнаружение ряда новых месторождений, камни большой массы, хорошей чистоты и цвета встречаются редко. А вот рубины искусственные с улучшенными свойствами в больших количествах экспортирует Таиланд, куда природные камни завозятся из азиатских и африканских стран (рис. 1.58).

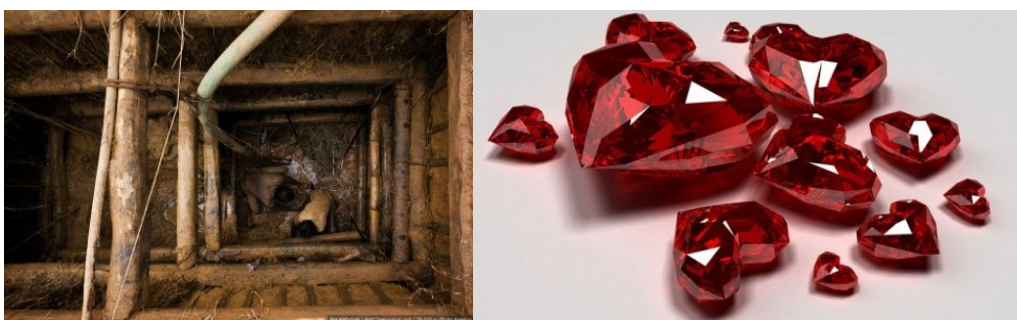


Рис. 1.58. Рубины (шахта в Шри Ланке и огранённые камни)

Сапфиры

Наиболее важные месторождения сапфиров находятся в Австралии, Индии, Шри-Ланке, Китае, странах Юго-Восточной Азии, причем добываемые камни сильно различаются по окраске и другим качественным параметрам, а, значит, и по стоимости. Самая ценная разновидность – именно синие сапфиры.

По оценке специалистов-геммологов, примерно половину мировой добычи сапфиров обеспечивает Австралия. Месторождения этой страны стали интенсивно разрабатываться в конце 60-х начале 70-х годов XX в. под воздействие резкого увеличения спроса на сапфиры в мире, но позднее добыча сократилась в результате начавшегося производства синтетических сапфиров для промышленных и ювелирных целей, однако Австралия сохранила лидерство по поставкам природных камней. Необработанное сырье вывозится преимущественно в Таиланд, откуда «товарные» сапфиры экспортируются во многие страны мира, в значительно меньших количествах – в Гонконг (для внутреннего рынка) и в страны Европы.

Одним из крупных поставщиков сапфиров на мировой рынок выступает и Шри-Ланка, хотя собственная добыча невелика из-за внутривластной нестабильности, и сапфиры ввозятся преимущественно из африканских стран, подвергаются огранке и обработке, после чего продаются дилерам как шриланкийские камни.

Значительно увеличил в последние годы добычу сапфиров (в основном низкокачественных) Китай, однако экспорт очень низок, ввиду высокого внутреннего спроса. Сапфиры также поставляются из Нигерии, Танзании, Мадагаскара и стран Юго-Восточной Азии, но это все камни низкого и среднего качества, почти весь материал требует термической обработки для достижения приемлемой для ювелиров окраски. Сапфиры, не нуждающиеся в термической обработке, попадают на рынок редко и в очень небольшом количестве (рис. 1.59).



Рис. 1.59. Сапфир (природные и огранённые камни)

Аквамарины

Аквамарины добываются в основном в Бразилии и на Мадагаскаре, в меньшей степени в Китае, Пакистане, Непале, Индии, Мозамбике, Нигерии. Ювелирные небесно-голубые аквамарины получают преимущественно путем обработки более распространенного желто-зеленого берилла (рис. 1.60).



Рис. 1.60. Аквамарин (природный и огранённый камни)

Благородный опал

Уникальные месторождения благородного опала находятся на юго-востоке Австралии в штатах Новый Южный Уэльс, Южная Австралия и Квинсленд. Наиболее крупное месторождение – Кубер-Педи, а знаменитые черные опалы добывают на месторождении Лайтнинг-Ридж. На Австралию приходится до 90% поставок этого благородного опала на мировой рынок, но вывозится преимущественно необработанное сырье в США, Европу и страны Юго-Восточной Азии (рис. 1.61).

Большие запасы благородного опала есть и в Бразилии, Мексике и США, однако масштабы добычи пока невысоки.



Рис. 1.61. Благородный опал: огненный и чёрный (природные камни)

Топазы

Важнейшие месторождения ювелирных топазов находятся в Бразилии, Пакистане, России, на Украине и Мадагаскаре.

Крупнейший поставщик топазов на мировой рынок (и мировой лидер по объему запасов) – Бразилия, причем добываемые самоцветы отличаются очень высоким качеством и разнообразием оттенков. Самое известное месторождение – Ору-Прету, где добываются топазы оранжево-красных тонов. В последние годы отмечаются трудности с поставками бразильских камней наиболее ценной голубой окраски.

Также добыча топазов ведется в Мозамбике, Мексике, Шри-Ланке, Пакистане, России (Приполярный и Полярный Урал). Но Россия поставляет в основном искусственно облагороженные, облученные желтые и коричневые камни, имеющие, как правило, нестабильную окраску (рис. 1.62).

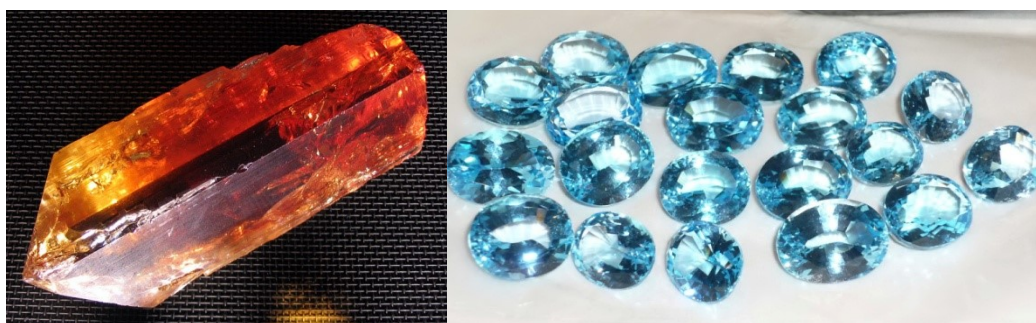


Рис. 1.62. Топазы (природный и огранённые камни)

Турмалин

Главные месторождения турмалина известны в Бразилии, США, Мозамбике, Афганистане, Мадагаскаре и в России. В конце 90-х годов XX в. розовый и красный турмалины были обнаружены в Нигерии, которая поставляет камни преимущественно в США, Бразилия же является главным экспортером зеленых турмалинов с крупными запасами.

Также добыча ведется в Шри-Ланке, Мьянме, Мозамбике, Афганистане и Пакистане.

Одной из наиболее ценных разновидностей турмалина (вишнево-красного цвета), является рубеллит, добываемый только в России (рис. 1.63).



Рис. 1.63. Турмалины: природный (полихромный) и огранённые камни

Благородная шпинель

Имеет диапазон окраски от рубиново-красной до сиренево-розовой. С коммерческой точки зрения наиболее ценится рубиново-красная окраска, камни такого цвета добываются в золотиносном песке и на месторождениях известняка в Мьянме, на Мадагаскаре и Шри-Ланке, в небольших количествах – в Лаосе.

Аметист

Главный поставщик – Бразилия, крупные месторождения известны в Замбии, Зимбабве, России и Индии. В России аметистовые россыпи известны на Кольском полуострове, на побережье Белого моря, однако встречаются преимущественно друзы аметиста – щетки, крупные кристаллы редки (рис. 1.64).



Рис. 1.64. Аметист (природный и огранённый камни)

Бирюза

Важнейшие месторождения расположены в Иране (лучшая в мире голубая бирюза добывается в районе г. Нишапур), Таджикистане, Китае, США (Аризона, Арканзас, Колорадо) (рис. 1.65).

В настоящее время из-за истощения запасов добыча в Иране снизилась (в 1970-е годы – 300 т, сейчас не превышает 30 т), однако он остается в числе важнейших производителей.



Рис. 1.65. Бирюза (природный камень и изделия)

Гранаты

Гранаты довольно широко распространены и добываются во многих странах для промышленных нужд (абразив). Отдельные разновидности, характеризующиеся прозрачностью, привлекательной окраской и сравнительно крупными размерами, являются ювелирными камнями:

- *малиновый альмандин;*
- *розовый родолит;*
- *красный пироп;*
- *гроссуляр (тсаворит – зеленый, гессонит – оранжевый);*
- *демантоид и др.*

Комплексные месторождения известны в Шри-Ланке, Таиланде, Мозамбике, на Мадагаскаре, россыпные месторождения альмандин известны в Шри-Ланке, Индии, Бразилии и США.

Демантоид (самый дорогой из гранатов) добывают в России, Италии, Афганистане и Пакистане. Но основной поставщик – Россия (Каркодинское месторождение), причем в основном все добытое идет на экспорт. Почти весь поступающий демантоид является облагороженным – прошедшим термическую обработку, что, несомненно, отличает его от демантоида в старинных ювелирных украшениях (рис. 1.66).

Ценится также гессонит из Шри-Ланки, тсаворит из Танзании и Кении, травяно-зеленый гроссуляр из Пакистана.



Рис. 1.66. Демантоид (природный и огранённый камни)

Пироп (наиболее распространенный гранат) – считается спутником алмаза и наиболее крупные его месторождения приурочены к кимберлитовым трубкам (Россия, ЮАР, Канада).

Спессартин добывается в Шри-Ланке, Бразилии и Австралии, в меньших количествах – в Нигерии, Намибии и США.

Уваровит – известен в первую очередь в России, ЮАР, США, Канаде, Польше, Финляндии, с недавних пор – в Китае, где встречаются исключительные по величине камни (рис. 1.67).



Рис. 1.67. Уваровит (природный камень и изделие)

Диопсиды

Ярко-зеленые диопсиды – хромдиопсиды, прозрачные и интенсивно окрашенные, хорошего ювелирного качества известны в России, на Алдане (Инаглинское месторождение), причем общий объем добычи не превышает 50 кг в год. Потребитель еще мало знаком с этим ювелирным камнем, хотя в последние годы отмечен рост его популярности на американском и европейском рынках. Незначительными запасами хромдиопсида обладают Финляндия и ЮАР (рис. 1.68).



Рис. 1.68. Диопсид (природный и огранённый камни)

Цитрин

Месторождения цитрина редки, он встречается в Бразилии, России, Франции и на Мадагаскаре. Чаще всего на рынок поступает искусственный ювелирный цитрин, получаемый обжигом аметиста или дымчатого кварца (рис. 1.69).



Рис. 1.69. Цитрин (огранённый камень)

Горный хрусталь

Наибольшие запасы горного сосредоточены в Бразилии, обеспечивающей подавляющую часть мировой добычи. Известны месторождения в Китае, США и на Мадагаскаре, однако их роль малозначительна (рис. 1.70).



Рис. 1.70 Горный хрусталь (природный и огранённый камни)

Жадеит

Месторождения жадеита сосредоточены в России и Казахстане, Мьянме, Китае (где он наиболее и ценится), США и Гватемале. Важный производитель жадеита – Мьянма, которая с 80-х годов ведет его добычу в сравнительно небольших количествах из-за истощения месторождений. Здесь добывают его уникальную полупрозрачную изумрудно-зеленую разновидность – империял, добываемый также в Казахстане и в России (объемы добычи в последние годы составляют 200–250 т в год) (рис. 1.71).



Рис. 1.71. Жадеит (природный и огранённые камни)

Лазурит

Промышленные запасы лазурита обнаружены всего в нескольких странах – в России (на Байкале), Таджикистане и Чили, крупнейшим является расположенное на северо-востоке Афганистана месторождение Сари-Санг (рис. 1.72).



Рис. 1.72. Лазурит (природный и огранённый камни)

Малахит

Ювелирно-поделочный малахит с нужным набором определенных характеристик встречается редко. Наиболее известны месторождения малахита в России, на Урале (почти полностью выработаны), в Конго, Мозамбике, Замбии (медный пояс), США, Казахстане (рис. 1.72).



Рис. 1.73. Малахит (природный камень и изделие)

Нефрит

Наиболее значительные запасы есть в Австралии (мировой лидер с 70-х годов XX в.), Китае, России, Канаде, США. Наибольший спрос имеет в азиатских странах, особенно в Китае (рис. 1.74).



Рис. 1.74. Нефрит: природный камень и изделие (фигурка черепахи)

Тигровый глаз

Единственной страной в мире, где встречается высококачественный тигровый глаз, является ЮАР. Добычи в начале 1990-х годов составляли порядка 600 т, однако на данный момент не превышают 100 т. Наибольшим спросом этот камень пользуется в странах Восточной Азии, США и Европе (рис. 1.75).



Рис. 1.75. Тигровый глаз (природный камень)

Янтарь

Уникальные ресурсы янтаря выявлены в основном в России, в Калининградской области, на месторождении Приморское. В конце 1990-х – начале 2000-х годов добыча составляла 300–400 т в год, хотя ранее превышала тысячу тонн в год.

Суммарные объемы добычи в Литве, Латвии и Польше не превышают 10–20 т в год. В небольших количествах буро-красный янтарь (бирмит) добывают в Мьянме.

Масштабные залежи янтаря с запасами в десятки и сотни тысяч тонн известны также на Украине, в Белоруссии, США, Канаде, Мексике, Италии, однако сложные горно-геологические условия делают себестоимость сырья в этих странах чрезвычайно высокой (рис. 1.76).



Рис. 1.76. Янтарь (природный камень)

Чароит

Единственное в мире месторождение чароита различных оттенков сиреневого цвета расположено в России, на территории Читинской области и Республики Саха (Якутия). Добыча составляет 70–80 т в год (рис. 1.77).



Рис. 1.77. Чароит (изделия из природного камня)

Агат

Выделяют несколько разновидностей агата: сердолик, оникс, гелиотроп и т. д. Основные ресурсы агата сосредоточены в странах Латинской Америки (Бразилия, Уругвай, Аргентина, Мексика), в Индии, Грузии, Германии, Алжире. Мраморный оникс добывается в Афганистане, Пакистане, Армении, Турции, а также в Таджикистане (рис. 1.78).



Рис. 1.78. Агат – сердолик (природный камень)

Несмотря на чрезвычайную широту географии добычи драгоценных и поделочных камней, обработка и производство разнообразной продукции сосредоточены в основном в Нью-Йорке, Джайпуре, Бангкоке, Париже, Антверпене, Идар-Оберштайне, Амстердаме и Тель-Авиве.

Цены на драгоценные камни формируются под действием рыночных факторов (в первую очередь это соотношение спроса и предложения) и качественных характеристик материала:

- привлекательный внешний вид;
- чистота;
- редкость;
- наличие дефектов.

За последние тридцать лет цены на драгоценные камни постоянно росли. Исключение произошло лишь 11 сентября 2001 г. в США, но тогда пертурбации затронули вообще весь мировой рынок, однако уже через год ситуация на рынке драгоценных камней начала меняться, а объем продаж изделий, например с бриллиантами, вырос почти на четверть.

По прогнозам некоторых специалистов цены на алмазы вырастут в ближайшие 5 лет до 30%. Стабильный рост цен на алмазы обусловлен спросом на них, и в последние годы этот спрос растет быстрее, чем их добыча. Спрос в основном растет за счет рекламы и моды. Например, в Японии в последние годы появилась тенденция предлагать руку и сердце только с кольцом, выполненным в бриллианте, причем чем больший размер имеет бриллиант, тем престижнее.

В числе стран, которые больше всего скупают алмазы, самые богатые страны мира: США, Саудовская Аравия и Арабские Эмираты.

В целом на рынке до 2008 г. преобладали позитивные тенденции, что было обусловлено наличием экономического роста в странах–потребителях ювелирных украшений с бриллиантами.

Главным фактором, определяющим состояние алмазного рынка, является мировой финансовый кризис, отголоски которого наблюдаются на фондовых рынках до сих пор. Во время самого кризиса Всемирная федерация алмазных бирж призвала добывающие компании ограничить объем поставок алмазов, а крупнейшие в мире производители алмазного сырья (De Beers, АЛРОСА) заявили о сокращении поставок алмазов на рынок с целью поддержания цен.

В нашей стране цены на бриллианты, а также на алмазное сырье, устанавливаются МинФинансов, причем прейскурант МинФинансов обновляется довольно редко. Если сравнивать «Расчетные цены на бриллианты» под редакцией А. Л. Кудрина и еженедельный прейскурант Rapaport Diamond Report, то разница в ценах доходит до 80%. В отличие от международной торговли, где очень важно, какой дисконт продавец готов предоставить от прейскуранта Rapaport, в России торг идет на проценты наценки к прейскуранту МинФинансов.

В 2010 г. компания АЛРОСА заключила долгосрочные контракты с несколькими крупными международными компаниями на поставку алмазного сырья по ценам прейскуранта МинФинансов плюс 17%. Внутри России оптовых покупателей бриллиантов ожидает наценка, которая уравнивает цены с листом Rapaport. А розничные покупатели встречаются с наценкой порядка 200–300%. Например, стоимость бриллианта в 1 карат в российском прейскуранте на бриллианты 3000\$, в интернет-магазине ОАО «ПО Кристалл» – 10750\$.

Данная проблема заключается не в грабительской наценке отечественных производителей и продавцов бриллиантов, а в крайней удаленности от реаль-

ных рыночных цен самого прејскуранта МинФина. Плюс сюда включается колоссальная коррупционная и административная нагрузка.

Экспорт российских изделий ориентирован преимущественно на страны СНГ и ближнего зарубежья и составляет около 10\$ млн в год, а доля импорта в общем объеме продаж – около 25\$. Лидирующие позиции по объемам производства среди отечественных компаний занимают фирмы, появившиеся на рынке в начале 1990-х годов и удержавшиеся на плаву: «Адамас», Ювелирный дом «Яшма» (несмотря на скандалы с контрабандным золотом), Московский Ювелирный завод.

Сегодня особым спросом пользуются изделия с бриллиантами и изумрудами, в особенности золотые кольца с мелкими камнями весом около 0,03 карата. Гораздо в меньшей степени это просто золотые обручальные кольца, изделия с искусственными рубинами, цепочки из золота, массовые виды серебряных украшений.

Падение спроса на искусственные камни наблюдается во всем мире из-за «тяги» ко всему натуральному. Увеличение интереса к бриллиантам специалисты связывают, в первую очередь, с рекламой их звездами гламура и Голливуда.

Таким образом, рынок изделий из драгоценных и полудрагоценных камней характеризуется широким ассортиментом товаров вследствие колоссального разнообразия существующих в природе минералов, а также большого числа их синтетических аналогов, заменителей и природных имитаций. Эти изделия изготавливаются во многих странах мира, в том числе и тех, где не ведется добыча самоцветов.

1.9. Огранка драгоценных камней

Драгоценные (ювелирные) камни в природе часто встречаются в виде прекрасных кристаллов и изумительных по красоте образцов, отличающихся сильным блеском, природной игрой света. Однако человек уже в глубокой древности научился усиливать красоту, блеск и сияние камней путём их дополнительной обработки. Все достоинства и красота драгоценного камня проявляются особенно ярко после их обработки, «...после слияния камня с мастерством...» – по образному выражению А.Е. Ферсмана.

1.9.1. Общие положения

Цветные камни обрабатывались уже в IV тысячелетии до н. э. в Древнем Вавилоне. Украшения из лазурита, яшмы, бирюзы и других камней в виде отшлифованных и округлых пластин найдены при раскопках древних захоронений. Там же обнаружены цилиндрические печати и амулеты из гематита с раз-

ными рисунками и знаками. В III тысячелетии до н. э. такими печатями пользовались и в Древнем Египте.

Техника обработки цветных камней того времени была весьма простой: нужную форму придавали, обрабатывая камни кварцевым мелким песком на каменной неподвижной плите, а затем более твёрдыми минералами выцарапывали рисунки и надписи. В Древнем Египте вырезали сложные печати в форме жуков-скарабеев или фигурки животных. Особого развития искусство резьбы по камню достигло в Древнем Риме. Первоначально античные мастера для изготовления гемм использовали камни преимущественно группы кварца: оникс, карнеол, празем, яшму, агат и пр., а в более древние времена применяли более твёрдые камни (бериллы, топаз, гранат и др.) и более мягкие (обсидиан, нефрит, лазурит, бирюзу и др.).

Развитие камнерезного искусства и искусства обработки камня постепенно усложнялось и впоследствии стали использоваться другие материалы, которые улучшали качество обработки драгоценных камней.

В 1456 г. для шлифования алмаза стали применять алмазный порошок, что послужило толчком к дальнейшему быстрому развитию обработки драгоценных камней. Крупными центрами огранки алмазов в X–XVI вв. были Париж и Антверпен, которые являлись в то время основными поставщиками бриллиантов. В Париже около 1600 г. была разработана полная бриллиантовая огранка алмаза, которая с некоторыми изменениями сохранилась до наших дней. Бриллиантовая огранка алмаза обеспечивала наибольшую «игру» камня, при которой свет отражается от нижней части огранённого камня и выходит из его верхней части, распадаясь на все цвета спектра.



Рис. 1.79. Современная огранка по форме «бриллианта Толковского»

Огранка любого ювелирного камня состоит из ряда последовательных операций: предварительного осмотра и разметки, распиливания или раскалывания, придания формы (обдирка), огранки, шлифования и полирования.

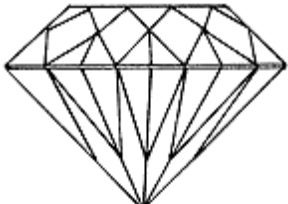
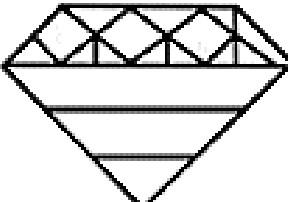
Виды огранок

Рассмотрим две классификации видов огранок.

1. По форме граней (табл. 1.4)

Таблица 1.4

Виды огранок по форме граней

Название	Схема	Описание
Клиньевая		Грани в виде 3, 4, 5-угольных клиньев, вытянутых от рундиста к площадке и шипу. Пример: бриллиантовая огранка
Ступенчатая		Грани располагаются узкими ступенями, параллельными рундисту. Пример: изумрудная огранка
Смешанная		Либо коронка камня выполнена одним, а павильон другим видом огранки, либо на одной стороне камня могут быть и ступени, и клинья

2. По форме рундиста

1) *Стандартная* – рундисты имеют правильные геометрические формы: круг, квадрат, прямоугольник, треугольник и т. п. Грани в одном ряду располагаются под одним и тем же углом.

2) *Фантазийная* – рундисты имеют вытянутые и прихотливые формы: овал, капля, лодочка и т.п. Грани в одном ряду располагаются под разными углами.

Наиболее распространённые виды огранок драгоценных камней показаны на рисунке 1.80.



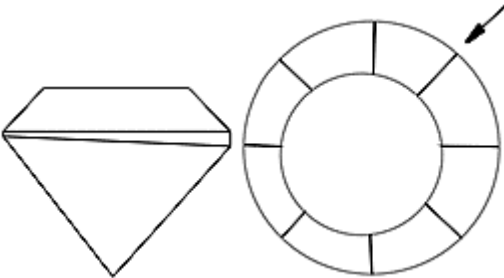
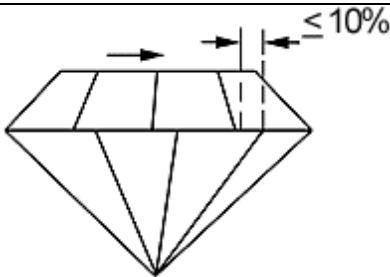
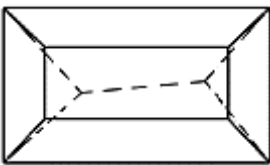
Рис. 1.80. Виды огранок драгоценных камней

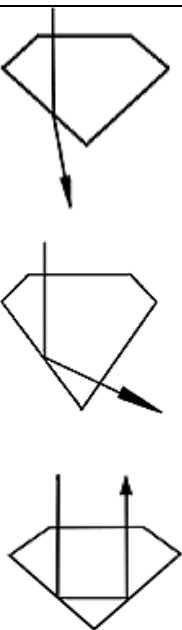
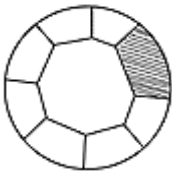
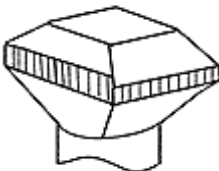
1.9.2. Оценка качества огранённого камня

В зависимости от уровня подготовки специалиста-огранщика в процессе огранки могут возникать дефекты, которые снижают стоимость огранённого камня. В связи с этим разработана некая схема по снижению стоимости огранённого камня в зависимости от вида дефекта (табл. 1.5).

Таблица 1.5

Виды дефектов, влияющих на снижение стоимости ограненного камня

№ п/п	Вид дефекта	Описание	% снижения стоимости
1.	Нарушение общих пропорций камня	- площадка меньше 50 или больше 70% ширины камня; - рундист слишком толстый или отсутствует; - камень по рундисту нечеткой геометрической формы	до 5%
2.	Нарушение симметрии площадки и шипа	площадка или шип расположены не в центре камня	до 5%
3.	Рундист неодинаков по ширине		до 5%
4.	Несопряжение граней коронки с гранями павильона		до 2,5%
5.	Непараллельность граней коронки граням павильона		до 5%

№ п/п	Вид дефекта	Описание		% снижения стоимости
6.	Неправильный угол наклона граней павильона (камень не отражает)		камень прозрачен, не отражает, угол $> 46^\circ$ камень темный, не отражает, угол $< 41^\circ$ правильные пропорции, угол $= 41^\circ - 46^\circ$	до 10%
7.	Пропущенные или лишние грани			до 10%
8.	Грани большего (меньшего) размера по сравнению с остальными			до 5%
9.	Ступенька, несостыковка граней, а также расширяющаяся грань			до 5%
10.	Низкое качество полировки	• неплоская грань; • непрополированные участки на грани; • царапины, риски, ямки; • прижоги		до 20%

Камень со сколами, видимыми невооруженным глазом – брак!

II. ШЛИФОВАЛЬНОЕ ДЕЛО

Изучение горных пород и руд состоит из макро- и микроисследований. В полевых условиях можно выполнять только макроисследования. Более точные микроисследования пород выполняются в лабораторных условиях, т. к. требуется предварительная подготовка образцов и специализированные оптические приборы. Для изучения минералов пород в проходящем свете изготавливаются прозрачные петрографические шлифы (далее – шлифы). Исследование прозрачных шлифов является основным методом петрографии. Для изучения непрозрачных и рудных минералов в отраженном свете изготавливаются аншлифы. Курс «Шлифовальное дело» направлен на ознакомление студентов с методиками изготовления шлифов и аншлифов с учетом особенностей оборудования, материалов и свойств горных пород, а также получения практических навыков работы в шлифовальной мастерской. Приводятся требования, предъявляемые к качеству готовых шлифов и аншлифов.

2.1. Методика изготовления петрографических шлифов

Шлиф (нем. Schliff, от schleifen – точить, шлифовать) петрографический – пластинка горной породы или минерала, предназначенная для микроскопических исследований в проходящем свете. Наиболее широко применяются прозрачные шлифы, представляющие собой пластинку стандартной толщиной 0,02–0,03 мм (20–30 мкм). При этой толщине среза большинство минералов прозрачны, что позволяет изучать их с помощью поляризационного микроскопа (оптические свойства минералов, их формы, текстуры и др.). Также при стандартной толщине шлифа в скрещенных николях кварц имеет серые цвета интерференции. В более толстых шлифах многие важные породообразующие минералы могут быть непрозрачны (в частности, магматические амфиболы и пироксены) либо иметь высокие нехарактерные цвета интерференции, что значительно затруднит их определение.

Шлифы, которые необходимо изготовить с меньшей или большей толщиной, относятся к нестандартным. Более тонкие шлифы (0,01 мм) чаще делают из глинистых пород или углей. Толстые шлифы делают из солей или насыщенных окрашенной эпоксидной смолой осадочных пород (0,05–0,3 мм). Еще к нестандартным можно отнести шлифы, имеющие большую площадь шлифа (более 5 см²), они изготавливаются для петрофизических, палеонтологических исследований и др.

Нестандартные шлифы сложнее изготовить, поэтому трудоемкость их оценивается выше, что сказывается на стоимости изготовления.

Изготовление шлифов делится на следующие этапы.

1. Определение плоскости, в которой необходимо изготовить шлиф. Изучение требований технического задания (ТЗ) заказчика на изготовление шлифа.
2. Распиловка образца. Выпиливание заготовки. Выписка этикетки, которая дублирует основную информацию образца либо только порядковый лабораторный номер.
3. Грубое шлифование рабочей поверхности заготовки шлифа на шлифовальном станке.
4. Тонкое шлифование рабочей поверхности заготовки шлифа на стекле с использованием абразивных микропорошков разной зернистости (от 14 до 5 мкм).
5. Подготовка предметного стекла для шлифа по размерам ТЗ. Нанесение на стекло информации образца для шлифа.
6. Наклейка (приклеивание предметного стекла к заготовке шлифа). В качестве клея используется канадский бальзам (Россия) или эпоксидная смола (к примеру, Struers, Дания). Клей выбирается, исходя из ТЗ, физических свойств образца (крепость породы, размерность образца), специфики планируемых исследований и т. д.
7. Грубое шлифование заготовки шлифа для истирания толщины образца, приклеенного к стеклу с помощью алмазной планшайбы на шлифовальном станке.
8. Тонкая доводка шлифа на стекле с использованием абразивных порошков разной зернистости (от 14 до 5 мкм). Готовность шлифа контролируется в поляризационном петрографическом микроскопе по цветам интерференции минералов-индикаторов, при отсутствии которых толщина устанавливается по четким границам зерен минералов или микроорганизмов. Если в ТЗ требуется изготовить толщину шлифа более 30 мкм, то для контроля используется микрометр. Когда толщина шлифа имеет размер более 100 мкм, то он может быть отполирован. Полированные шлифы изготавливаются только с использованием эпоксидной смолы.
9. Покрытие шлифа покрывным стеклом. В качестве клея используется канадский бальзам или эпоксидная смола. Необходимость покрытия шлифа, размер покрывного стекла и вид клея прописывается в ТЗ.

2.1.1. Распиловка

Перед тем, как приступить к распиловке образца, необходимо определиться с плоскостью, в которой требуется сделать шлиф. Плоскость может выбираться из разных задач. В случае, если в качестве образца выступает керн (рис. 2.1), то для литологических исследований рекомендуется выбирать плос-

кость вдоль оси керна (она будет перпендикулярна напластованию). В случае если в образце отмечается переслаивание пород, то более информативна будет плоскость, которая захватит это изменение пород. Особенно эта информация важна для определения перерывов в осадконакоплении. Для стратиграфических исследований рекомендуется отдавать предпочтение плоскостям, перпендикулярным оси керна (параллельно напластованию). Именно в этой плоскости можно будет в шлифе увидеть срез коралла, раковины фораминиферы и т. д. При комплексном исследовании геологического разреза из керна обычно изготавливают три шлифа из каждого образца: два перпендикулярно напластованию и один параллельно.

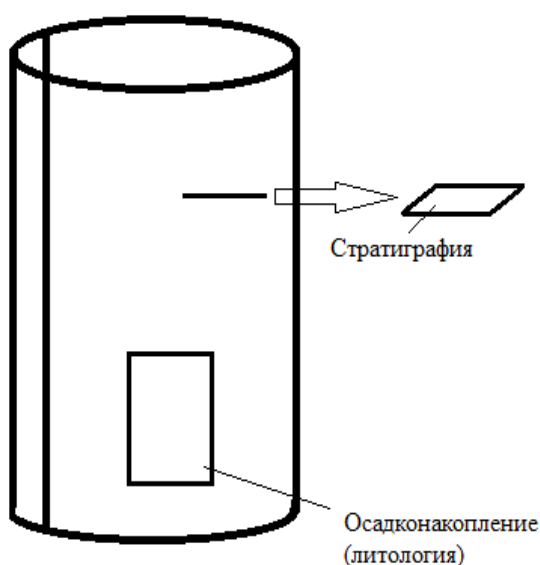


Рис. 2.1. Ориентировка плоскости шлифа относительно оси керна

В случае, когда образец имеет рудные минералы, то рекомендуется делать в одной плоскости шлиф и аншлиф. Тогда изучение минералов будет проведено более представительно. Если порода имеет однородное строение и отсутствует ориентировка ее отбора, то шлиф можно изготавливать в любой удобной плоскости, если она не была размечена предварительно заказчиком.

Станки для распиловки горных пород могут быть следующих видов.

1. Распиловочный диск зафиксирован, подача образца ручная.
2. Распиловочный диск движется по направляющей (либо с помощью маятника), подача ручная. Образец фиксируется специальными приспособлениями или руками.
3. Распиловочный диск движется автоматически, образец фиксируется специальными приспособлениями.

В зависимости от характера и твердости режущего материала, распиловочные диски подразделяются на:

- алмазные (бакелит-металлосвязанные);
- Al_2O_3 (оксид алюминия);
- SiC (карбид кремния);
- BN (нитрид бора).

В качестве распиловочного диска для горных пород рекомендуется использовать сплошные металлические круги с алмазным напылением (рис. 2.2). Секторные алмазные диски для резки горных пород для изготовления шлифов/аншлифов не подходят, так как оставляют множественные сколы и трещины на разрезаемой поверхности.



Рис. 2.2. Алмазные диски
(слева – сплошной, справа – секторный)

Преимуществом алмазных дисков является долговечность при хорошем охлаждении во время работы, недостатком – высокая стоимость и хрупкость алмазного напыления. При фиксации руками образца при резке бывают случаи, когда любое резкое отклоняющее движение в сторону приводит к сколу режущей алмазной кромки. Такой диск далее использоваться уже не может.

Размерность зерна алмазного абразива выбирается исходя из твердости горных пород. Чем выше твердость и размер образца, тем крупнее должно быть зерно алмаза. Примеры зернистости алмазного покрытия: мелкозернистые – 100/80 мкм, среднезернистые – 125/100 мкм, крупнозернистые – 160/125 мкм, более крупные – от 160 мкм.

При распиловке в качестве охлаждающей жидкости преимущественно используется вода. Вода – универсальный и дешевый охладитель диска, но при-

менять ее можно тогда, когда образец горной породы не разрушается при контакте с водой. К примеру, при распиловке глинистых пород можно совсем исключить охлаждающую жидкость, так как диски не будут существенно перегреваться при контакте с мягкой породой. Недостатком распиловки «на сухую» является большое количество пыли, что требует применения дополнительных средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения.

В качестве охлаждающей жидкости могут применяться рассолы, вода + ПАВ или ингибиторы глин, минеральные или синтетические масла и т. д. Каждая вышеперечисленная охлаждающая жидкость имеет свои недостатки, такие как высокая коррозия металла распиловочного станка, необходимость использования дополнительных средств индивидуальной защиты от агрессивных химических компонентов, пожароопасность, высокая стоимость и т. д.

Станки для распиловки горных пород

Распиловочный (отрезной) станок состоит из станины, силового агрегата и трансмиссии. Камнерезное оборудование оснащают цепными, ременными или шестерёнчатыми типами трансмиссий. При выборе станков необходимо учитывать следующие основные критерии (табл. 2.1).

Таблица 2.1

Критерии распиловочных станков

№	Критерий	Значение
1	Максимальная глубина перпендикулярного пропила, мм	Определяет допустимую толщину обрабатываемого с одной стороны материала. Если предусмотрена возможность изменения положения рабочего узла по высоте, то глубина пропила для переворачиваемой заготовки ограничена только расстоянием между кареткой и диском
2	Максимальная длина пропила, мм	Влияет на длину заготовки, обусловлена конструкцией станка
3	Диаметр пильного диска (внешний/посадочный), мм	Возможность использования дисков меньшего диаметра. Посадочный диаметр диска меньшего размера ограничивает возможность применения дисков со стандартным посадочным диаметром
4	Скорость вращения диска, об./мин.	При всех прочих одинаковых характеристиках двух станков качество среза будет выше там, где больше скорость вращения диска

№	Критерий	Значение
5	Угол положения диска, град.	Возможен только перпендикулярный рез, обрабатываемой поверхности
		Ступенчатое или двухпозиционное фиксированное положение рабочего узла с диском
6	Вес, кг	С увеличением массы оборудования возрастает допустимый вес обрабатываемой заготовки, повышается устойчивость станка, снижается мобильность

Распиловочные станки можно разделить условно на 3 вида:

- 1) с фиксированным положением диска (рис. 2.3);
- 2) диск с механическим управлением (приводится в движение с помощью руки по направляющей прямой рельсе или маятником) (рис. 2.4);
- 3) диск с автоматическим управлением (рис. 2.5).



Рис. 2.3. Распиловочный станок с фиксированным положением диска



Рис. 2.4. Распиловочный станок с механическим управлением



Рис. 2.5. Распиловочный станок с автоматическим управлением

В зависимости от наличия защитного корпуса и движущихся элементов станки бывают: 1) с защитным корпусом; 2) без защитного корпуса (табл. 2.2).

Таблица 2.2

Сравнительные характеристики станков

Виды станков	Преимущества	Недостатки
Станки с защитным корпусом	1. Исключается контакт рук работника с движущимися частями станка, с охлаждающей жидкостью, с продуктами разрушения породы. 2. Пил (разрез) образца получается более ровный. 3. Образец зафиксирован. 4. Снижаются риски слома режущей части диска. 5. Уменьшается загрязнение шлифовальной мастерской. 6. Станки зачастую имеют воздухоотводящий канал для подключения к механической вентиляции.	1. Снижение производительности работ. 2. Каждый образец требует дополнительного времени для фиксации его в специальных зажимных устройствах.
Станки без защитного корпуса	1. Более высокая скорость распиловки. 2. Стоимость станков более низкая.	1. Загрязнение шлифовальной мастерской. 2. Контакт рук с охлаждающей жидкостью. 3. Риск травмирования рук работника. 4. Риски слома режущей части диска при случайном движении руки в сторону при распиловке. 5. Обязательное использование защитных средств органов дыхания и зрения.

Распиловочные станки с автоматическим управлением позволяют выполнить наиболее точный спил породы. Особенно это важно, когда порода имеет высокую твердость, так как это позволит кратно сократить время дальнейшей шлифовки и расход абразивного материала. С автоматическим управлением станки оснащаются закрытым корпусом. Преимущества и недостатки станков с закрытым корпусом описаны выше (табл. 2.2). Дополнительным недостатком автоматических распиловочных станков является их высокая стоимость.

Качественное охлаждение диска позволяет значительно продлить его срок службы и выполнить более ровных спил. По способу охлаждения распиловочного диска станки делятся на два типа: с автоматической подачей охлаждающей жидкости и естественным контактом (рис. 2.6).

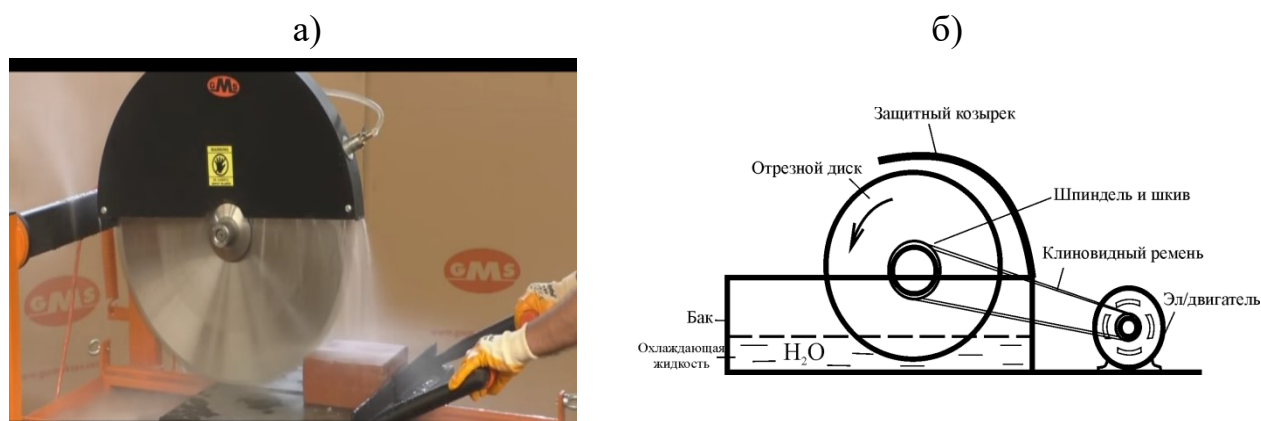


Рис. 2.6. Способ охлаждения распиловочного диска:
а) с автоматической подачей; б) с естественным контактом

В настоящее время основная часть распиловочных станков имеет автоматическое охлаждение.

В таблице 2.3 приведены различные типы современных распиловочных станков и их характеристики (Struers, Дания).

В шлифовальной мастерской кафедры минералогии и петрографии ПГНИУ используются распиловочные станки Discoplan-TS и Unitom-2.

Для работы на распиловочном станке необходимо залить необходимый объем охлаждающей жидкости. Включить станок нажатием зеленой кнопки, убедиться в работоспособности станка на холостом ходу. Выключить станок нажатием красной кнопки. Крепко закрепить образец в специальных держателях либо в руках (в зависимости от технических характеристик станка). Включить станок, выполнить распиловку. Выключить станок, очистить рабочую поверхность от шлама. Слить охлаждающую жидкость. При работе на распиловочном станке могут возникнуть следующие проблемы (табл. 2.4).

Современные распиловочные станки и их характеристика

Фото прибора	Название и описание прибора
	Magnutom-5000 Автоматический высокопроизводительный отрезной станок, позволяет работать 24 часа в сутки. Автоматическая резка. Быстрая резка образцов со сложной геометрией. Автоматический контроль износа отрезного диска обеспечивает на 30% больше резов. Автоматический поворотный стол диаметром 533 мм – нет необходимости в перестановке образца. Функция симулятора резки для имитации всех запланированных резов из последовательности. Эффективная система охлаждения с баком 200 л. Система автоматической очистки отрезной камеры AxioWash. Режим ExciCut для резки твердых материалов. Функция автоматического контроля нагрузки OptiFeed предотвращает перегрузку двигателя. Лазерная линейка для отображения места резки
	Unitom-2 Ручной настольный отрезной станок. Рабочее пространство (ВхШхД): 150х415х630 мм. Фиксация в быстро-зажимных устройствах больших и неправильной формы образцов. Рециркуляционное охлаждение (65 л). Подсветка отрезной камеры Отрезной диск: макс. 350 х 2.5 мм. Скорость вращения: 2775 об/мин. Диаметр образца: макс. 120 мм. Макс. площадь среза: 200 х 90 мм. Мотор: 4,7 кВт, 3 фазы. Габариты (ВхШхГ): 660х700х750 мм. Вес: 160 кг

Фото прибора	Название и описание прибора
	Discotom-10 Комбинированный отрезной станок предназначен как для автоматической, так и для ручной резки. Автоматическая и ручная резка. Режим ExciCut для резки твердых материалов. Режим плоскопараллельной резки MultiCut для повышения производительности. Функция автоматического контроля нагрузки OptiFeed предотвращает перегрузку двигателя. Система автоматической очистки отрезной камеры AxioWash. Широкий выбор зажимных приспособлений для быстрой и надежной фиксации образцов почти любых размеров и форм. Эффективная система охлаждения с баком 100 л. Просторная рабочая камера для удобного размещения образцов. Светодиодная подсветка отрезной камеры.
	Discotom-6 Комбинированный станок как для автоматической, так и для ручной резки. Предназначен для разрезания относительно больших образцов и образцов, не имеющих правильных геометрических размеров и форм. Настольная модель. Регулируемая автоматическая подача отрезного столика с образцом позволяет резать твердые материалы без прижогов. Рециркуляционное охлаждение (50 л или 100 л). Подсветка отрезной камеры. Отрезной диск: макс. 250 x 1.5 мм. Скорость вращения: 2850 об/мин. Диаметр образца: макс. 80 мм. Макс. площадь среза: 140 x 65 мм. Мотор: 3,7 кВт, 3 фазы. Габариты (ВхШхГ): 458x794x640 мм. Вес: 110 кг

Фото прибора	Название и описание прибора
	Labotom-3 Ручной отрезной станок для разрезания металлографических образцов. Быстрозажимное устройство для легкой фиксации образцов неправильной формы. Легкая очистка отрезной камеры. Настольная модель. Рециркуляционное охлаждение (50 л или 100 л). Разрезание без деформации. Отрезной диск: макс. 250 x 1,5 мм. Скорость вращения: 2845 об/мин. Диаметр образца: макс. 90 мм. Макс. площадь среза: 130 x 40 мм. Мотор: 3,2 кВт, 3 фазы. Габариты (ВхШхГ): 410x651x645 мм. Вес: 80 кг
	Secotom-10 Уникальный высокоточный станок, имеющий возможность резать не только маленькие образцы, но и образцы диаметром до 60 мм. Функция OptiFeed для автоматического поддержания заданного усилия. Точное и быстрое позиционирование образца с помощью джойстика. Возможность установки столика для ручной резки плоских образцов и печатных плат. База данных на 20 программ резки. Рециркуляционное охлаждение 3,8 л. Разрезание без деформации. Отрезной диск: макс. 203 мм. Скорость вращения: 300-5000 об/мин с шагом 100 об/мин. Макс. площадь реза: 160 x 50 мм. Диаметр образца: макс. 60 мм. Мотор: 800 Вт. Габариты (ВхШхГ): 356x610x740 мм. Вес: 54 кг

Фото прибора	Название и описание прибора
	Accutom-10 Автоматический высокоточный отрезной станок. Режим резки с вращением или осцилляцией образца сокращает время резки и позволяет избежать перегрева твердых материалов. Режим плоскопараллельной резки MultiCut для повышения производительности. Функция автоматического контроля нагрузки OptiFeed предотвращает перегрузку двигателя Режим шлифовки для получения превосходной плоскостности. Встроенная система охлаждения
	Minitom Маленький низкоскоростной высокоточный отрезной станок для резки твердых материалов. Настольная модель. Разрезание без деформации. Позиционирование объекта с точностью 0.01 мм. Охлаждающий блок 250 мл. Отрезной диск: макс. 127 мм. Скорость вращения: 100–420 об/мин. Диаметр образца: макс. 40 мм. Макс. площадь среза: 35 x 40 мм. Мотор: 38 Вт. Габариты (ВхШхГ): 400x280x400 мм. Вес: 8 кг
	Discoplan-TS Высокоточная отрезная машина для обработки тонких срезов минералогических, петрографических и керамических образцов. Левая сторона оборудована алмазным отрезным кругом и держателем до 75x75 мм. Правая сторона – алмазным чашевым кругом и вакуумным держателем для шлифования 1-3 срезов с точностью 2 мкм. Отрезные диски: диам. 150-230 мм. Чашевый круг: макс. диам. 180 мм. Скорость вращения: 1400 об/мин. Рециркуляционный блок: 30 л. Габариты (ВхШхГ): 320x700x400 мм. Вес: 65 кг

Возможные проблемы при распиловке и пути их решения

Проблема	Причина	Действие
Отрезной диск не режет или перестал резать через некоторое время	Неправильно выбран отрезной диск, притупление режущих кромок абразива, «засаливание» диска	Необходимо выполнить очистку режущей кромки корундовым бруском
	Слишком большая длина дуги контакта	Если возможно, увеличить нагрузку на диск. Переустановить образец так, чтобы уменьшить длину дуги контакта
Отрезной диск вибрирует	Диск неровный	Заменить диск
	Диск неправильно закреплён	Закрепить диск. Снизить скорость подачи
	Износ подшипников	Заменить подшипники
Отрезной диск разрушается или уводит в сторону	Очень высокая скорость подачи	Снизить скорость подачи
	Слабо закреплён образец	Прочно закрепить образец
	Диск изгибается при отрезании	Если поверхность образца наклонная или сферическая (не перпендикулярная плоскости диска), то при врезании диска в образец на большой подаче диск может скользить по этой поверхности и изогнуться, поэтому врезаться необходимо на малой подаче или предварительно делать насечку
	Диск зажимается образцом	Необходимо закрепить крепко не только образец, но и сам диск
Следы прижога на образце	Диск слишком твердый или слишком толстый	Использовать более мягкий или тонкий диск
	Слишком высокая/низкая скорость подачи	Изменить скорость подачи
	Диск «засаливается»	Очистить диск корундовым бруском
	Слишком большая длина дуги контакта	Переустановить образец

После распиловки рабочую плоскость заготовки необходимо обработать на шлифовальном станке.

2.1.2. Горячая запрессовка, холодная заливка

В некоторых случаях, когда образец имеет малый размер либо слабую цементацию, тогда необходимо применить дополнительную подготовку образца после распиловки. В практике применяется два вида подготовки (в зависимости от специфики дальнейших исследований): горячая запрессовка или холодная за-

ливка. Также пробоподготовка обязательна для фиксации образцов, в случае использования автоматических или полуавтоматических шлифовальных станков.

Горячая запрессовка

Горячая запрессовка является идеальным решением, когда требуется достижение высокого качества подготовки, стандартного размера и формы в короткие сроки. Этот вид подготовки проводится с использованием специального оборудования (прессов), в которых образец помещается в запрессовочный цилиндр вместе со специальной смолой для запрессовки. Получение образца происходит при температуре до 200°C и прилагаемом усилии до 50 кН с последующим охлаждением. Производитель Struers производит следующие виды оборудования для горячей запрессовки (табл. 2.5).

Таблица 2.5

Виды оборудования для горячей запрессовки

Фото прибора	Название и описание прибора
	CitoPress-1 Автоматический электрогидравлический пресс для горячей запрессовки образцов. Один прессовочный блок. Автоматически регулируемые параметры программы: усилие, температурный режим, время нагрева и охлаждения, старт/стоп. Подходит для лабораторий с небольшим объемом работ
	CitoPress-10/-20 Автоматический пресс для горячей запрессовки образцов в различные смолы с одним (CitoPress-10) или двумя (CitoPress-20) запрессовочными блоками. Комплектуется программируемым регулятором процесса и встроенной базой данных. Два прессовочных блока с раздельной и синхронной работой, что экономит пользователю до 40% рабочего времени. Автоматическая регулировка и установка параметров: усилие, температура, нагрев, охлаждение, старт/стоп. CitoPress обеспечивает минимальное время запрессовки и максимально простое управление. Скорость заметно увеличивается при использовании системы дозирования CitoDoser. Уникальная автоматическая система дозирования позволяет заранее устанавливать дозировку и расход смолы

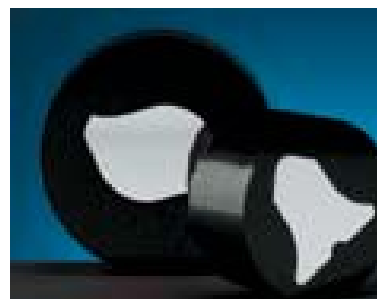
Виды смол для горячей запрессовки представлены широкой линейкой, выбор которых обусловлен целями исследований. Запрессованные образцы выглядят следующим образом (рис. 2.7). Главным преимуществом горячей запрессовки является скорость выполнения операции (в среднем до 5 мин).



Акриловая смола с металлическим наполнителем



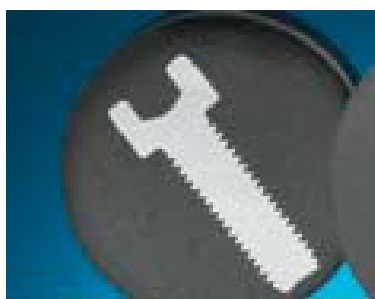
Диафталат со стеклянным наполнителем



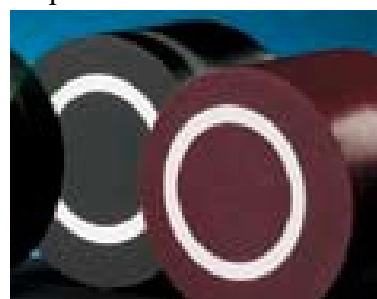
Эпоксидная смола с высоким содержанием минерального наполнителя



Меламин с минеральным и стеклянным наполнителями



Фенольная смола с углеродным наполнителем



Фенольная смола с древесным наполнителем

Рис. 2.7. Смолы для горячей запрессовки

Холодная заливка

Холодная заливка применяется для образцов, чувствительных к нагреву и давлению. Более того, для холодной заливки не требуется запрессовочный пресс, и поэтому этот метод оптимален для выполнения единичных задач.

Заливка пористых пород может осуществляться в вакууме (вакуумная импрегнация). После такой заливки все поры в образце будут заполнены смолой, что обеспечит укрепление хрупких материалов перед обработкой. При этом вероятность появления таких дефектов подготовки, как выбоины, трещины или ложная пористость, будет минимальной. На рисунке 2.8а представлен шлиф, порода которого была предварительно пропитана окрашенной эпоксидной смолой синего цвета.

Для вакуумной импрегнации могут использоваться только эпоксидные смолы, так как они имеют низкую вязкость и практически не испаряются. Для диагностирования пор во флуоресцентном свете в эпоксидную смолу можно добавлять специальный флуоресцентный краситель Epodye (рис. 2.8б).

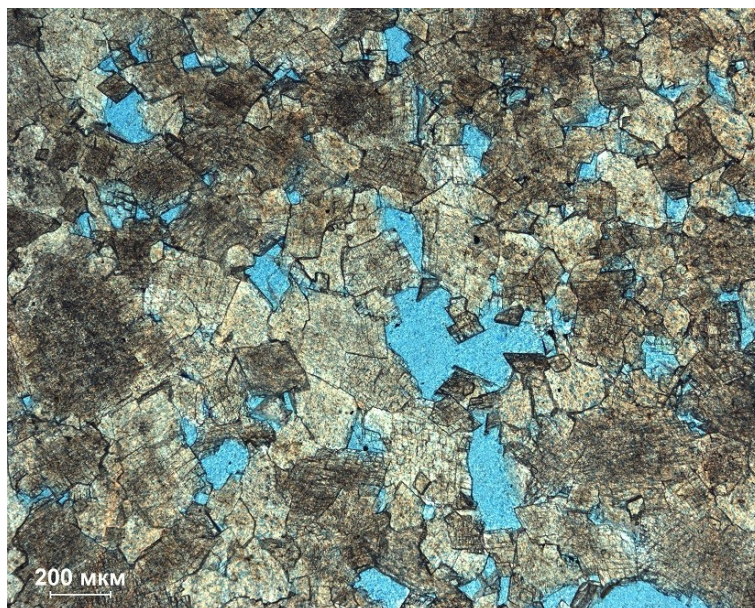


Рис. 2.8 (а). Шлиф пропитанный эпоксидной смолой



Для импрегнации используется система вакуумной импрегнации CitoVac. Прибор прост в использовании и имеет большую вакуумную камеру, что позволяет заливать в смолу крупногабаритные образцы или большое количество образцов.

Рис. 2.8 (б). Вакуумный импрегнатор

Для проведения вакуумной импрегнации:

- расположите образец в центре заливочной формочки и поместите в вакуумную камеру;
- в течение 5–10 мин создайте рабочее давление в рабочей камере;
- откройте клапан для подачи смолы и наполните заливочную формочку;
- в течение 2–3 мин дайте смоле пропитать образец;
- медленно откройте клапан для создания атмосферного давления в рабочей камере;
- выньте заполненные смолой формочки из рабочей камеры для дальнейшего затвердевания.

Сила вакуума и время нахождения образца в камере импрегнатора может регулироваться. Также подбирается цвет красителя для удобства дальнейшей диагностики. Чаще используются красители синего, красного и желтого цветов.

Эпоксидные смолы имеют самую низкую усадку из всех смол для холодной заливки. Время затвердевания относительно велико, но удержание образцов в смоле более высокое. Эпоксидные смолы полимеризуются в результате химической реакции, возникающей при смешивании компонентов (рис. 2.9).



VersoCit – повседневная заливка образцов низкой и средней твердости. Время затвердевания 10–20 мин.



ViaFix – прозрачная смола. Идеально подходит для заполнения микропор и закрытых пор. Растворяется в спирте. Время затвердевания 10–20 мин.



EpoFix – эпоксидная смола с очень низкой вязкостью и временем затвердевания 12 часов. Идеально подходит для вакуумной импрегнации пористых образцов. Очень высокое заполнение пор и трещин. Очень высокая адгезия.

Рис. 2.9. Смолы для холодной заливки

В шлифовальной мастерской ПГНИУ используется вакуумный импрегнатор CitoVac, эпоксидная смола для холодной заливки EpoFix и флуоресцентный краситель Erodye.

2.1.3. Шлифовка

После того, как заготовка шлифа получила заданную форму, ее необходимо пришлифовать с одной плоскости, которая в дальнейшем будет являться рабочей поверхностью.

Шлифовка (шлифование) представляет собой постепенное истирание образца горной породы (минерала) по плоскости, причем каждая последующая стадия имеет целью уменьшение шероховатости, достигнутой в предыдущей стадии (рис. 2.10). Конечной целью шлифовки является подготовка необходимой толщины пластинки горной породы в случае шлифа или получение более ровной поверхности для дальнейшей полировки при изготовлении аншлифа.

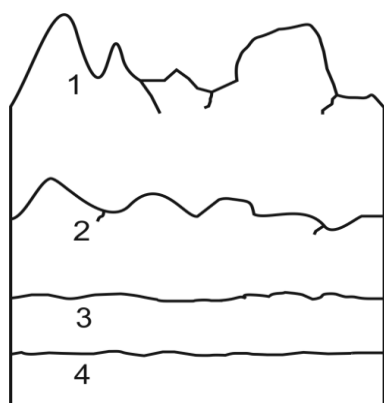


Рис. 2.10. Схема постепенного сглаживания плоскости после разных стадий шлифовки (зернистости абразива)

Шлифование может быть следующих видов:

- ручное (без использования станков);
- механическое (фиксация образца и нагрузка выполняются с помощью рук, вращение планшайбы происходит от двигателя);
- полуавтоматическое (фиксация образца с помощью специальных приспособлений, нагрузка изменяется механически, вращение планшайбы происходит от двигателя);
- автоматическое (фиксация образца с помощью специальных приспособлений, нагрузка и вращение планшайбы происходит автоматически).

Каждый вид шлифовки имеет преимущества и недостатки (табл. 2.6).

Таблица 2.6

Сравнительная характеристика различных видов шлифовки

Вид шлифования	Преимущества	Недостатки
Ручной	Не требуется специального оборудования	Низкая скорость шлифования. Шлифование происходит за счет вращения заготовки рукой по поверхности с абразивом
Механический	Высокая скорость шлифования	Периодический контакт рук с планшайбой и шламом горных пород
Полуавтоматический	Отсутствует контакт рук с планшайбой. Возможность шлифовки одновременно нескольких образцов (до 6 шт.)	Необходима подготовка образцов для фиксирования в держателях. Не рекомендуется одновременно шлифовать разные по физическим свойствам горные породы
Автоматический	Отсутствует контакт рук с планшайбой. Возможность шлифовки одновременно нескольких образцов (до 6 шт. в одном держателе). Отсутствует необходимость постоянного контроля процесса шлифования. Могут выполняться все стадии от шлифования до полирования	Высокая стоимость оборудования. Необходима подготовка образцов для фиксирования в держателях. Не рекомендуется одновременно шлифовать разные по физическим свойствам горные породы

Шлифование горных пород происходит за счет контакта с абразивным материалом. По виду исполнения абразивного материалы планшайбы бывают со связанным (алмазное напыление на латунной поверхности) и свободным (чугунная планшайба + шлифовальные порошки) абразивом (табл. 2.7). Зернистость алмаза планшайбы указывается в микронах: 250/200, 200/160, 160/125, 125/100, 80/63, 60/40, 40/28. Для шлифования рекомендуется иметь набор алмазных планшайб от мелкого до крупного зерна.

Таблица 2.7

**Сравнительная характеристика планшайб
со связанным и свободным абразивом**

Связанный абразив	Свободный абразив
	
Преимущества	
1. Более чистое шлифование. 2. Долговечность. 3. Отсутствует необходимость постоянного нанесения абразива, экономия времени.	1. Возможность последовательного использования различных типов свободного абразива на одной планшайбе. 2. Возможность протачивания планшайбы для выравнивания рабочей поверхности. 3. Высокая скорость истирания породы при использовании крупнозернистых шлифпорошков.
Недостатки	
1. Высокая стоимость. 2. Необходимость приобретения нескольких планшайб с алмазом разной зернистости. 3. Отсутствует возможность протачивания для выравнивания рабочей плоскости.	1. Постоянная потребность в приобретении абразивного материала. 2. Дополнительное загрязнение (заполнение пористого пространства пород) за счет постоянного истирания чугуна при шлифовании. 3. Необходимость регулярного протачивания поверхности планшайбы, т. к. чугун относительно быстро вырабатывается.

Шлифовальный станок представляет собой неподвижную чашку, внутри которой (на вертикальной оси, проходящей в дне чашки) вращается плоский металлический диск, приводимый в движение электромотором. Ниже приведены различные типы шлифовальных станков (табл. 2.8).

Виды шлифовальных станков

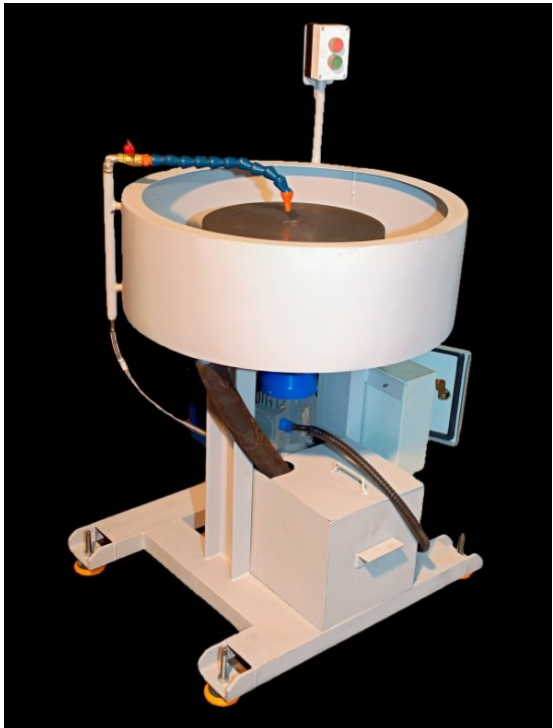
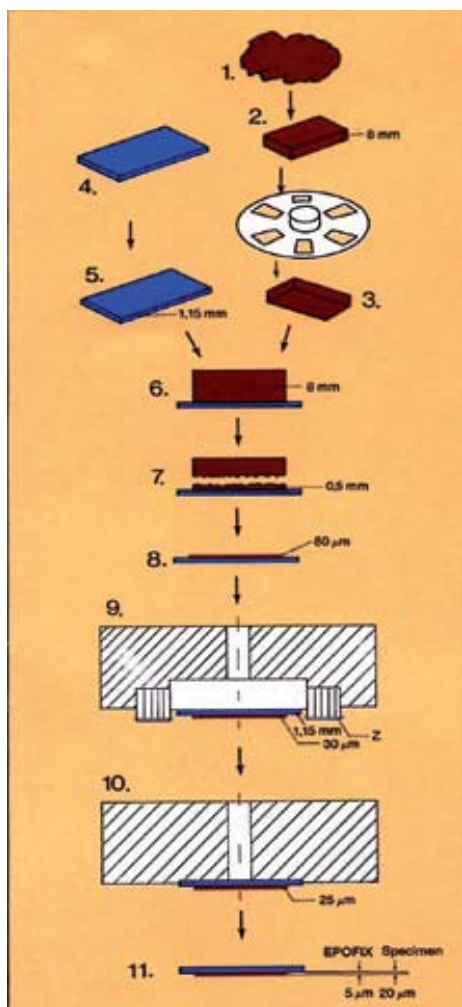
Фото шлифовального станка	Технические характеристики
	<i>Шлифовальный станок СШ-350</i> • чугунная планшайба 350 мм; • скорость вращения планшайбы 400 об/мин
	<i>Двойной напольный станок для шлифования и полирования BROT-LAB</i> • скорость вращения от 100 до 600 об/мин; • применяемые круги диаметром 250 мм; • для каждого диска имеется отдельный мотор

Фото шлифовального станка	Технические характеристики
	<i>RotoPol-35/PdM-Force-20</i> шлифовально-полировальная машина с регулируемой скоростью вращения в диапазоне 40–600 об/мин • Диск диаметром 300 мм. • Приспособление для полуавтоматической подготовки PdM-Force-20 обеспечивает однородное шлифование, полирование и утонение минералогических образцов и их тонких срезов. • Образцовые держатели: от 1–4 образцов диаметром 70 мм. • до 9 петрографических стандартных образцов 20x30 мм
	<i>Шлифовально-полировальный станок Abrapol-30</i> • высокая производительность (300 образцов в смену); • диаметр шлифовально-полировального диска 350 мм; • контроль уровня снятия материала; • система нагружения – пневматическая автоматическая; • скорость вращения шлифовально-полировального диска 40–600 об/мин

В камнерезной мастерской ПГНИУ используются самодельные шлифовальные станки с алмазными планшайбами и шлифовально-полировальная машина RotoPol-35/PdM-Force-20 (Struers, Дания).

Методика изготовления шлифа с помощью станка RotoPol-35/PdM-Force-20 приведена ниже (рис. 2.11, 2.12, 2.13).



1. Пробоотбор.
2. Отрезание образца на Discoplan-TS.
3. Выравнивание образца на RotoPol-35/PdM-Force-20.
4. Выбор предметного стекла.
5. Шлифование предметного стекла на Discoplan-TS до заданной толщины.
6. Приклеивание образца на предметное стекло с помощью смолы EPOfix.
7. Discoplan-TS: отрезание излишков образца до толщины 0,5–2 мм.
8. Discoplan-TS: шлифовка тонкого среза до толщины 80 мкм (срез + смола EPOfix).
9. Доводка тонкого среза в BORTY держателе тонких срезов на RotoPol-35/PdM-Force-20.
- Окончательная толщина среза + смола, например 30 мкм.
10. Полировка тонкого среза в TYNDS держателе тонких срезов на RotoPol-35/PdMForce-20. Снятие материала при полировке обычно около 5 мкм.
11. Тонкий срез готов толщина (20 мкм)

Рис. 2.11. Методика изготовления шлифа с помощью станка RotoPol-35/PdM-Force-20



Рис. 2.12. Держатели для тонких срезов



Рис. 2.13. Процесс шлифования на станке RotoPol-35/PdM-Force-20

В случае, когда образцы имеют различные физические свойства, шлифование производится на механическом шлифовальном станке, где каждый образец шлифуется отдельно. Схематически процесс шлифования можно представить в следующем виде (рис. 2.14):

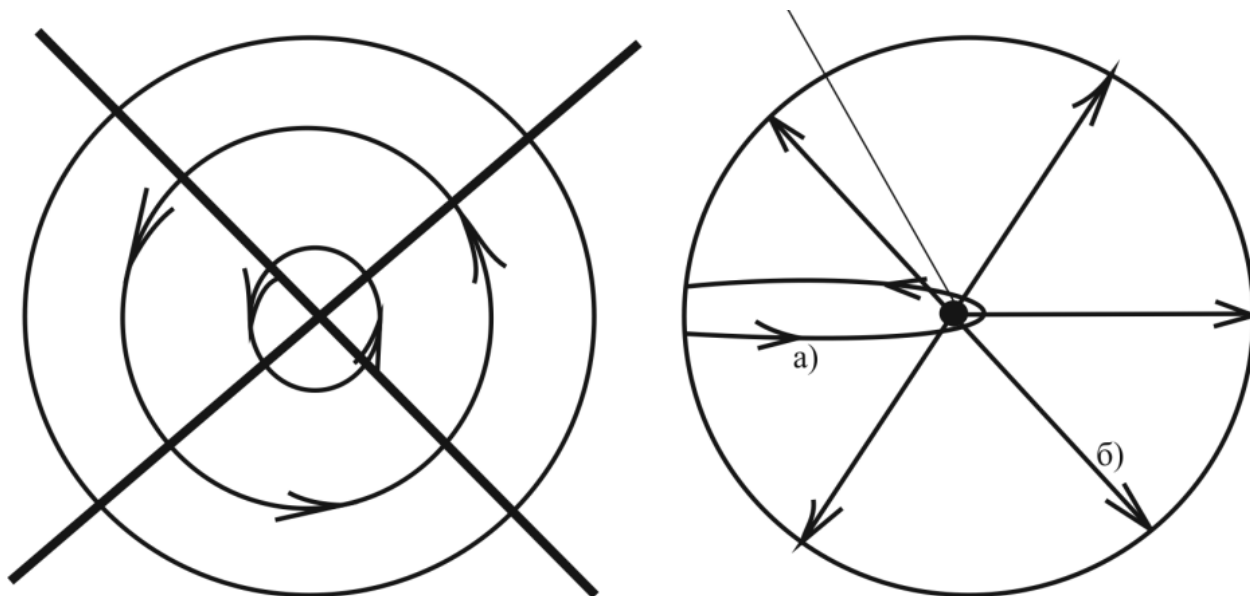


Рис. 2.14. Направление движения заготовки при шлифовании на рабочей поверхности планшайбы (слева на рисунке – движение заготовки недопустимо, т.к. выработка плоскости будет неравномерной; справа – рекомендуемые варианты движения заготовки)

При шлифовании на свободном абразиве требуются шлифовальные порошки, которые подразделяются на две группы: естественные (природные) и искусственные абразивные материалы. Естественные абразивные материалы изготавливаются из горных пород и минералов: алмаз, корунд, кремний, гранат и т. д. Искусственные абразивные материалы обладают большей стабильностью физико-механических свойств. Среди них можно отметить основные (по убыванию твердости):

- а) синтезированный алмазный порошок;
- б) кубический нитрид бора;
- в) карбид бора;
- г) электрокорунд;
- д) карбид кремния.

Шлифпорошки производят по российскому стандарту ГОСТ 3647-80 с обозначением номеров зернистостей от 160 мкм до 50 мкм и международному стандарту ISO 8486 с обозначением зернистостей F100-F220 (табл. 2.9).

Размерность шлифовальных порошков

Стандарт ГОСТ 3647–80		Стандарт FEPA 42Д	
Зернистость	Размер зерен основной фракции, мкм	Зернистость	Размер зерен основной фракции, мкм
Шлифпорошки			
№12	160–125	F100	150–125
№10	125–100	F120	125–106
№8	100–80	F150	106–75
№6	80–63	F180	90–75
№5	63–50	F220	75–63
Микрошлифпорошки			
M63	63–50	F230	63–53
M50	50–40	F240	53–44,5
–	–	F280	44,5–36,5
M40	40–28	F320	36,5–29,2
–	–	F360	29,2–22,8
M28	28–20	F400	22,8–17,3
M20	20–14	F500	17,3–12,8
M14	14–10	F600	12,8–9,3
M10	10–7	F800	9,3–6,5
M7	7–5	F1000	6,5–4,5
M5	5–3	F1200	4,5–3
M3	3–2	–	–
M2	2–1	–	–
M1	1–0	–	–

Шлифпорошки используются для грубой обдирки на механических станках. Обычно применяются для выравнивания больших плоскостей горных пород. Микрошлифпорошки используются для шлифования плоскостей на механических, полуавтоматических, автоматических шлифовальных станках. Микрошлифпорошки зернистостью менее 20 мкм используются и при ручном шлифовании (тонкая доводка).

При шлифовании поверхности крупность абразивного порошка убывает с переходом от каждого этапа обработки шлифа к последующему. Абразивные порошки употребляются не в сухом виде, а совместно с какой-либо жидкостью (чаще всего с водой), играющей роль смазки.

После того, как плоскость пришлифована на станке, приступают к тонкой доводке. В качестве рабочей поверхности используется пластина из стекла. Тонкая доводка представляет собой шлифование на стеклянной пластине с использованием микрошлифпорошков. Рекомендуется использовать M14 и M7.

При переходе на более мелкую зернистость абразива необходимо тщательно промыть образец, рабочие поверхности и руки для исключения царапин более крупными зернами порошка. Достаточность шлифовки на стекле устанавливается путем визуального осмотра шлифованной поверхности под косым освещением, под небольшим углом просматривается вскользь по поверхности. Если поверхность даёт равномерное отражение блеска по всей поверхности, то плоскость горной породы считается готовой.

2.1.4 Наклейка

Когда плоскость отшлифована и готова к наклейке, то необходимо подготовить предметное стекло. Толщина и размерность стекла задается согласно ТЗ. Рекомендуется стекло пришлифовать с одной стороны для увеличения адгезии. Далее необходимо на стекло нанести маркировку. Подпись стекла можно делать с помощью бормашины, нацарапать разметочным карандашом или нанести полосу белой краски, на которой водостойким маркером нанести информацию, поверхность надписи можно покрыть лаком. Пример подписи указан на рис. 2.15.

В верхней части указывается название скважины, ее номер/номер образца и ориентировка полосы относительно напластованию (параллель или перпендикуляр). Внизу – интервал отбора керна.

Для склеивания поверхности пластинки горной породы и предметного стекла используют канадский бальзам или специальную эпоксидную смолу (табл. 2.10). Выбор клея обусловлен коэффициентом преломления 1,537.

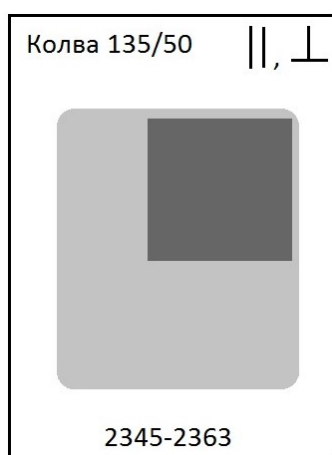


Рис. 2.15. Подпись предметного стекла
(светло серым цветом окрашена площадь породы,
темно-серым – часть покрывного стекла)

Преимущества и недостатки клеящих материалов

Клеящий материал	Преимущества	Недостатки
Канадский бальзам	• постоянные оптические свойства, коэффициент преломления; • быстрота склейки; • мягкость (можно извлечь зерно для иммерсионных исследований); • невысокая стоимость.	• хрупкость; • недолговечность; • среднее качество сцепления; • низкая температура плавления; • не используется при микрозондовом анализе.
Эпоксидная смола	• высокое качество сцепления; • не требуется предварительной подготовки клея; • термоустойчивый (электронная микроскопия); • крепость; • долговечность.	• длительное время затвердевания; • коэффициент преломления близок к канадскому бальзаму; • отсутствует возможность извлечения зерен; • высокая стоимость.

Для склеивания поверхностей канадским бальзамом необходимо нагреть на плитке стекло и пластинку горной породы, смазать клеем обе поверхности и крепко прижать их для выдавливания пузырьков воздуха. После остывания заготовки можно продолжить шлифование.

Если в качестве клея используется эпоксидная смола, то необходимо смешать смолу и отвердитель в нужной пропорции, смазать поверхности и крепко прижать их друг к другу. После затвердевания смолы можно продолжить работу.

На следующем этапе пластинку горной породы сошлифовывают до момента, когда порода начнет просвечивать на свету (толщина примерно 80–100 мкм, в зависимости от крепости породы). Далее следует тонкая доводка на микрошлифпорошках 14–7 мкм. Толщина контролируется по минералам-индикаторам в поляризационном микроскопе: кварц, плагиоклаз. Данные минералы при толщине 0,02–0,03 мм имеют серые цвета интерференции. При большей толщине эти минералы имеют зеленый, синий и красный цвета. При дальнейшем утончении становятся желтыми и далее – серыми. Особенно удобно ориентироваться на «клавиши» плагиоклаза, их можно диагностировать в любых цветах (рис. 2.16). Если минералы-индикаторы отсутствуют, то ориентироваться надо на четкость границ зерен или границ микроорганизмов, при их присутствии.

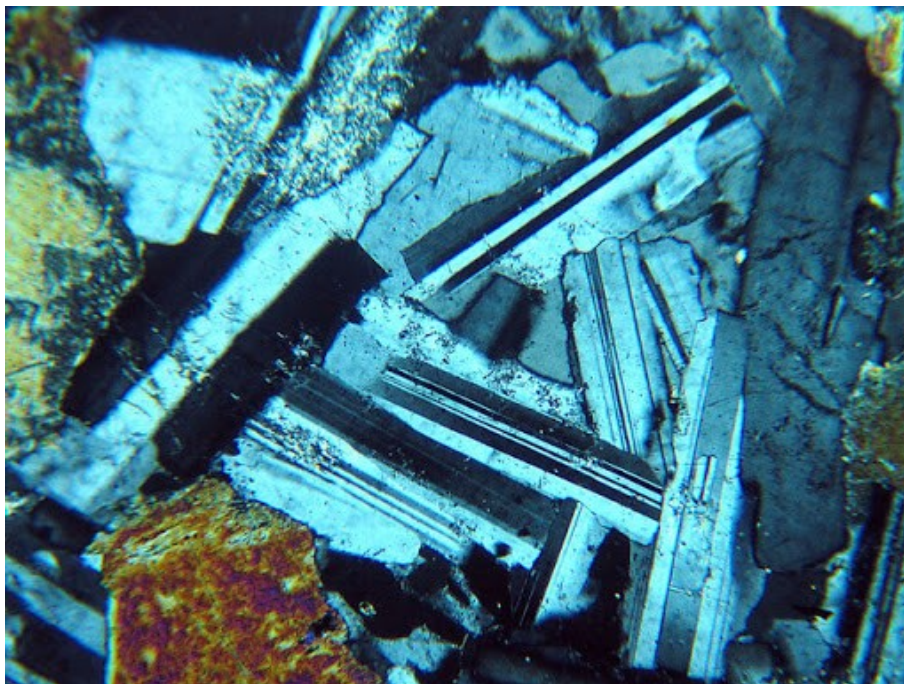


Рис. 2.16. Плагиноклаз (никили скрещены)

Когда пластинка горной породы дошлифована до необходимой толщины, тщательно промывают шлиф, рабочие поверхности и руки. При необходимости шлиф можно покрыть тонким покрывным стеклом (рис. 2.17). Покрывное стекло позволяет выровнять остаточную шагрень на поверхности горной породы, тем самым повысить качество оптических свойств шлифа. Если в качестве клея шлифа используется канадский бальзам, то покрывное стекло (рис. 2.17) позволяет увеличить срок его хранения, также при необходимости шлиф можно в дальнейшем нагреть и снять стекло.

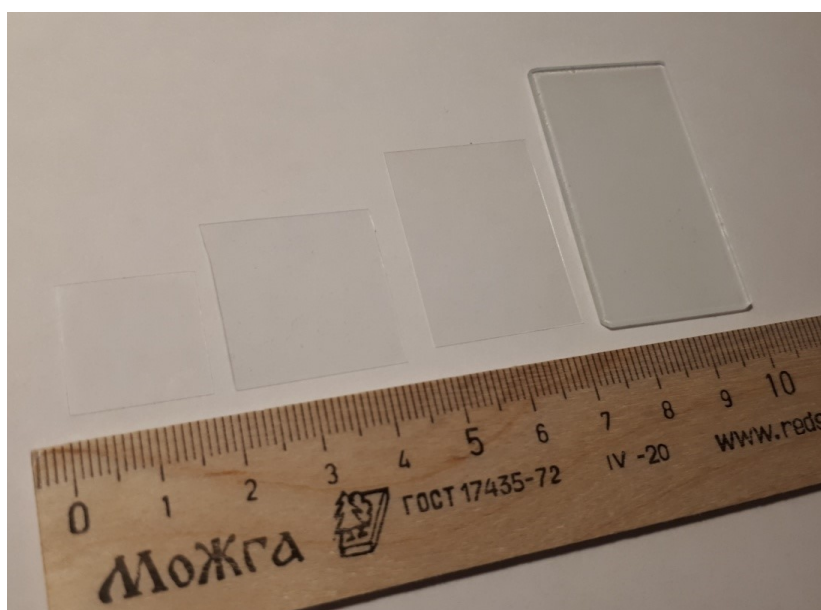


Рис. 2.17. Покрывные стекла – слева (3 шт.); предметное стекло – справа

Недостатком покрывного стекла является то, что исключается возможность микрозондовых анализов, извлечение зерен для иммерсионных исследований, химических и других анализов.

Процесс наклеивания покрывного стекла не отличается от приклеивания породы к предметному стеклу. В случае с канадским бальзамом единственной особенностью является то, что температура плавления покрывного бальзама должна быть ниже наклеечного. Это обусловлено тем, что при предварительном нагревании шлифа пластинка породы не должна деформироваться (растрескаться/расходиться).

Одной из разновидностей шлифов является плоско полированные шлифы (рис. 2.18). Толщина пластинки горной породы таких шлифов может составлять 100–120 мкм. Шлиф такой толщины уже становится прозрачным, можно просматривать границу зерен и проводить микрозондовые анализы. Толщина плоско полированных шлифов может варьироваться в связи с проведением дальнейших исследований. Толщина пластинки горной породы обусловлена требованиями микрозондовых исследований. При меньшей толщине анализ может быть неинформативным.



Рис. 2.18. Шлифы (слева – покрытый, справа – плоско полированный)

2.1.4. Требования к качеству петрографических шлифов

Требования к качеству шлифов могут быть уточнены в ТЗ на изготовление. Основные требования перечислены ниже.

1. Площадь породы шлифа должна быть максимальной к площади предметного стекла.
2. Рельеф поверхности шлифа должен быть равномерным.
3. Толщина шлифа должна быть равномерной, однородные минералы должны иметь одинаковые цвета интерференции.
4. Поверхность шлифа должна иметь минимальные пустоты выкрашивания.
5. Посторонние включения (пыль, абразивный материал, волокна ткани, следы разметки маркера, пузырьки воздуха и т. д.) между предметным стеклом и породой, породой и покрывным стеклом должны отсутствовать.
6. Техногенные трещины (межзерен и в зернах), которые могут образовываться из-за излишней нагрузки на образец при механической шлифовке, должны отсутствовать.
7. Поверхность шлифа должна быть очищена от абразивного материала и излишков клея.

2.2. Методика изготовления аншлифов

Аншлиф – штучный горной породы или руды, поверхность которой пришлифована и отполирована для изучения в отраженном свете под микроскопом. В аншлифах различают цвет минералов, твердость, электропроводность, магнитность, по характеру отражения света определяется анизотропность, минералы и последовательность их выделения, изучается структура руд. На поверхности аншлифов могут быть проведены простейшие химические реакции. Аншлиф (рис. 2.19) готовится из непрозрачных в проходящем свете горных пород и минералов.

Изготовление аншлифа включает следующие стадии.

1. Распиловка (придание образцу необходимой формы, уточняется в ТЗ). Для исследований в лабораториях геологического факультета ПГНИУ используются преимущественно следующие размеры аншлифа: 20×20×10 мм (длина; ширина; толщина).
2. Горячая запрессовка или холодная заливка (при необходимости). Выполняется, когда образец хрупкий, плохо сцементирован или имеет малый размер.
3. Шлифовка (всех поверхностей, качественная шлифовка рабочей поверхности, которая в дальнейшем будет полироваться).
4. Тонкая шлифовка (на микрошлифпорошках).
5. Полировка рабочей поверхности.



Рис. 2.19. Аншлифы

Технические приемы и процесс первых четырех стадий изготовления аншлифов аналогичен стадиям изготовления шлифов (см. раздел 2.2). Единственное отличие при выполнении тонкой шлифовки – расширяется линейка применяемых микрошлифпорошков, так как поверхность для полирования должна быть подготовлена более качественно. Применяется следующая очередность размерности порошков: М14, М10 или М7, М5, М3 или М2. В методике изготовления аншлифов особое внимание стоит уделить полировке.

2.2.1. Полировка

Полировка – это заключительный этап изготовления аншлифа. Как и любой завершающий этап, он требует соблюдения определенных правил и последовательности выполнения работы, является основополагающим в методике изготовления аншлифов. Полировка чаще производится механически (на вращающемся диске), автоматически и реже – вручную. Станки для полировки аналогичны станкам для шлифования. Возможно применять на одном станке диски для шлифования и полирования. При использовании одного станка для шлифования и полирования существует риск контакта с более крупными зернами абразива при полировке, что может приводить к царапинам поверхности аншлифа.

Для полирования аншлифа необходимо подобрать полировальный материал и полировальную пасту, суспензию или спрей, согласно физическим свойствам горной породы.

Особенность выбора полировального материала зависит от физических свойств минералов на поверхности горной породы. При наличии мягких минералов необходимо использовать только твердые полировальные материалы, так как они не провоцируют выкрашивание и появление шагреня. Шагрень на по-

верхности аншлифа является браком. Если все минералы породы достаточно твердые, то мягкие полировальные материалы позволяют быстрее достичь качественной полировки.

Основные виды полировальных материалов приведены в таблице 2.11.

Таблица 2.11

Основные виды полировальных материалов

№	Горные породы с включением мягких минералов	Горные породы без мягких минералов
1	Дерево	Войлок
2	Бумага	Бильярдное сукно
3	Шелк	Фетр
4	Ацетат	Шерсть

Современная промышленность выпускает различные материалы, которые могут быть использованы для полирования. Полировальный материал может также состоять из синтетических материалов (рис. 2.20).

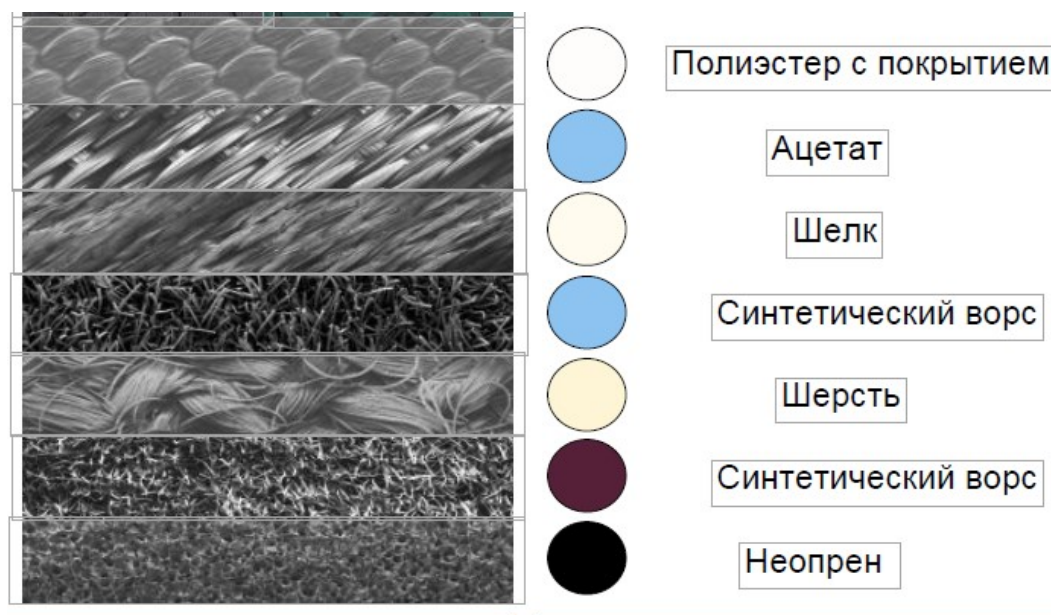


Рис. 2.20. Синтетические полировальные материалы

Для того чтобы начался процесс полирования, необходимо на полировальный материал нанести микродисперсный абразив. Распространены следующие абразивы для полирования горных пород:

- 1) окись хрома;
- 2) оксид церия;
- 3) алмаз.

Окись хрома хорошо полирует твердые рудные минералы и минералы разновидностей кварца. Недостатком является ярко-зеленый цвет пасты, которая проникает глубоко в поры породы и плохо вымывается.

Оксид церия хорошо полирует минералы твердостью более 5 единиц по шкале Мооса. Паста имеет светло-коричневый цвет и может также загрязнять поры, но в меньшей степени.

Алмаз достаточно универсален, при правильном сочетании с полировальным материалом хорошо полирует все минералы, не загрязняет породу.

Алмаз может быть представлен в следующих видах (рис. 2.21):



Паста



Суспензия

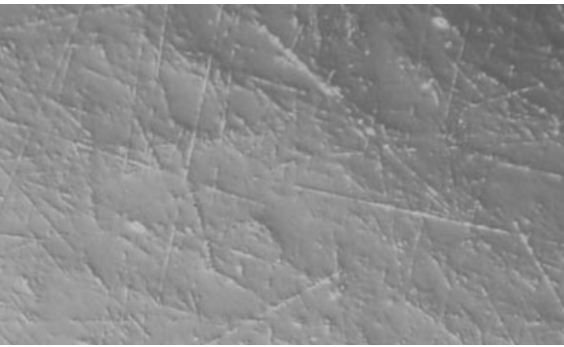
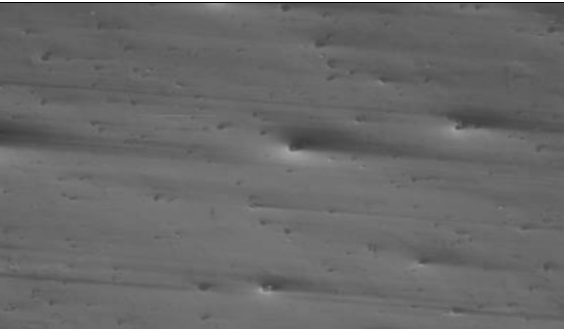


Спрей

Рис. 2.21. Виды алмазных абразивных материалов для полирования

В процессе полирования поверхность может приобрести дефекты, обусловленные неправильным применением полировального материала или загрязнения более крупнозернистым абразивом (табл. 2.12).

Дефекты полировки

№	Фото		Описание
1			Царапины
2			Высокий рельеф твердых и мягких минералов
3			Царапины и высокий рельеф твердых и мягких минералов
4			Пустоты выкрашива- ния мягких минералов
5			Высокий рельеф твердых и мягких минералов «хвосты кометы»

2.2.2. Требования к качеству аншлифов

Требования к качеству аншлифов могут быть уточнены в ТЗ на изготовление. Основные требования перечислены ниже.

1. Поверхность шлифа должна быть совершенно плоской, без завалов к краям шлифа.
2. Высокое качество полировки.
3. Полировка должна быть равномерной по всей плоскости шлифа.
4. Минимальные пустоты выкрашивания.
5. Не должно быть слишком большой разницы в рельефе между мягкими и твердыми минералами.
6. Размерность аншлифа должна соответствовать требованиям ТЗ.
7. Параллельность верхней и нижней плоскостей (если необходимо).
8. Отсутствие царапин и шагренеи.
9. Отсутствие техногенных загрязнений.

2.3. Техническое задание

ТЗ – документ или несколько документов, определяющих цель, структуру, свойства и методы какого-либо проекта, и исключаящие двусмысленное толкование различными исполнителями. Составление ТЗ – это то, с чего начинается качественный функциональный продукт. Если документ будет составлен непрофессионально и без должного внимания, результат окажется соответствующим. Фактически, ТЗ – это инструкция для мастера шлифовальной мастерской, которая определяет требования к каждой особенности изготовления шлифов. Тщательно составленное ТЗ – это первый шаг к качественному результату.

При разработке ТЗ заказчик должен знать особенности всех лабораторных исследований, которые планируется провести в дальнейшем с помощью шлифов. В связи с тем, что современное лабораторное оборудование активно развивается, изменяются и требования к пробоподготовке.

Основные особенности, которые необходимо учесть в ТЗ для изготовления шлифов:

- 1) плоскость изготовления шлифа;
- 2) площадь и толщина шлифа (стандартная/нестандартная);
- 3) размер и толщина предметного стекла;
- 4) тип клея с учетом коэффициента преломления (канадский бальзам, разновидность эпоксидной смолы и др.);
- 5) необходимость пропитки образца окрашенной смолой под вакуумом (цвет смолы);

- 6) толщина готового шлифа (в случае изготовления нестандартных шлифов или необходимости проведения дальнейших микрозондовых анализов);
- 7) необходимость и материал для цементации рыхлых пород;
- 8) необходимость покрытия шлифа покрывным стеклом (всей площади или только ее части;
- 9) информация, которая будет указана на предметном стекле;
- 10) число шлифов и сроки изготовления;
- 11) прочее: выпилить кусочки породы для дополнительных исследований, сохранить остатки материала и т.д.

Основные особенности, которые необходимо учесть в ТЗ для изготовления аншлифов:

- 1) плоскость изготовления аншлифа;
- 2) размеры аншлифа (максимальные и минимальные размеры ширины, длины, высоты, необходимость параллельности плоскостей);
- 3) необходимость и материал для цементации рыхлых пород;
- 4) тип полировального вещества (при необходимости);
- 5) число шлифов и сроки изготовления;
- 6) прочее: выпилить кусочки породы для дополнительных исследований, сохранить остатки материала и т.д.

Каждый вышеописанный пункт сформирован накопленным опытом работы в шлифовальной мастерской. Отмечены только наиболее актуальные моменты ТЗ, которые могут с течением времени быть дополнены. Не точно составленное ТЗ, либо его отсутствие, приводит к тому, что требуется выполнить заново изготовление шлифов/аншлифов. В дальнейшем это может привести к дополнительным финансовым и временным затратам. Также бывают случаи, когда для повторного изготовления может не хватить материала. В связи с этим рекомендуется уделять особое внимание составлению ТЗ.

2.4. Техника безопасности работы в шлифовальной мастерской

Работа в шлифовальной мастерской представляет определенные риски для здоровья человека. В связи с этим необходимо соблюдать следующие основные требования техники безопасности при работе в шлифовальной мастерской.

1. К работе в шлифовальной мастерской допускаются только студенты, ознакомленные со спецификой использования станков и правилами техники безопасности.

2. Работать в шлифовальной мастерской следует только в отведенное время под контролем преподавателя.

3. Запрещается приходить в шлифовальную мастерскую в состоянии алкогольного или наркотического опьянения.

4. Шлифовальные и распиловочные станки разрешается эксплуатировать только в устойчивом положении на ровной горизонтальной поверхности.

5. Необходимо соблюдать чистоту и порядок. Поспешность и неряшливость в работе может привести к неприятным последствиям.

6. Нельзя отвлекаться от работы и отвлекать своих товарищей.

7. Каждый должен знать, где находятся аптечка и средства индивидуальной защиты, уметь ими пользоваться.

8. Перед началом работы необходимо проверить работоспособность оборудования на холостом ходу.

9. В лаборатории необходимо находиться в застегнутом хлопчатобумажном халате для обеспечения защиты открытых частей тела и избегания загрязнения одежды. Использовать средства индивидуальной защиты органов дыхания, зрения и слуха (очки, щиток, респиратор, наушники и т. д.) в зависимости от особенностей выполняемых работ. При работе с едкими веществами и в процессе распиловки необходимо надевать защитные очки или щиток. Респираторы используются при пыльных работах, наушники – при распиловке больших образцов.

10. Отрегулировать светильники местного освещения таким образом, чтобы освещенность рабочей зоны была достаточной для качественного и безопасного выполнения работ.

11. Запрещается оставлять без присмотра нагревательные приборы.

12. В процессе работы необходимо следить за уровнем охлаждающей жидкости алмазных режущих покрытий. Не допускать чрезмерного нагревания рабочих режущих частей.

13. Станки содержат элементы и узлы, находящиеся под напряжением. Запрещено работать на оборудовании при снятых защитных кожухах, неисправной изоляции или отсутствии заземления.

14. Если вылетел образец на шлифовальном или полировальном станке, то необходимо выключить станок, дождаться полной остановки вращающихся элементов и только потом рукой извлечь образец.

15. Если необходимо определить запах жидкостей, нужно легким движением ладони направить воздух от горла сосуда к себе и осторожно вдохнуть.

16. При работе на станках, запитанных от 380 Вт, под ногами должен быть изолятор из дерева или резины.

17. Все емкости, в которых хранятся вещества, должны иметь соответствующие маркировки.

18. Техническое обслуживание станков проводится только на отключенном от электросети оборудовании. Во время работы необходимо как можно чаще менять охлаждающую жидкость. Грязная вода может привести к поломке оборудования. После работы необходимо очистить станок, тщательно промыть ванну. При чистке не допускайте попадания воды на электротехнические детали. Запрещено хранить оборудование, если вода не слита из ванны.

19. После завершения работы необходимо вымыть станки, прибрать рабочее место, обесточить электроприборы и оборудование.

Список использованной литературы

1. *Андерсон Б.* Определение драгоценных камней. М.: Мир, 1983.
2. *Балицкий В. С., Лисицына Е. Е.* Синтетические аналоги и имитации природных драгоценных камней М.: Недра, 1981.
3. *Баранов П. Н.* Геммология. Днепропетровск, 2002.
4. *Инструмент* из природных, синтетических алмазов и сверхтвердых материалов // Каталог изделий ОАО МПО по выпуску алмазного инструмента. 2000. 80 с.
5. *Каздым А. А.* Применение синтетических полиэфирных смол при изготовлении прозрачных шлифов из рыхлых отложений и почв // Изв. вузов, Геология и разведка. 1999. № 2. С. 148–150.
6. *Киевленко Е. Я. и др.* Геология месторождений драгоценных камней. М.: Недра, 1982.
7. *Корнилов Н. И., Солодова Ю. П.* Ювелирные камни. М.: Недра, 1983.
8. *Лобова В. П., Шутова З. Ф.* Практическое руководство по изготовлению прозрачных и полированных шлифов. М.: Изд. РУДН, 1969. 35 с.
9. *Методические указания* и теория подготовки материалаграфических образцов URL: <https://www.melytec.ru/> (дата обращения 19.03.2021).
10. *Михайленко Ю. В.* Изготовление прозрачных и полированных шлифов: метод. указания. Ухта: УГТУ, 2012. 43 с
11. *Рид П.* Геммология. М.: Мир, 2003.
12. *Синкенс Дж.* Руководство по обработке драгоценных и поделочных камней. М.: Мир. 1989. 422 с.
13. *Смит Г.* Драгоценные камни. М.: Мир, 1984.
14. *Шуман В.* Мир камня. М.: Мир, 1986. Т. 2.

Словарь основных терминов и понятий курса «Геммология и шлифовальное дело»

Геммология – наука о драгоценных камнях, используемых в ювелирном и камнерезном производствах.

Драгоценные камни – к ним относят все минералы, минералоиды, горные породы и органические вещества природного и искусственного происхождения, которые могут быть использованы в ювелирном деле, в коллекциях (в виде естественных, природных форм и в обработанном виде), а также применяются для изготовления мозаик и предметов декоративно-прикладного искусства.

Минерал – продукт природных физико-химических процессов в земной коре, физически и химически обособленный от окружающей среды, имеющий определённый химический состав и кристаллическую решётку.

Диагностические свойства драгоценных камней – совокупность свойств драгоценных камней, позволяющих определить название минералов и горных пород, которые были использованы для изготовления и огранке драгоценного камня.

Тезоврационные свойства драгоценных камней – особые свойства «камня», позволяющие отнести его к категории драгоценных камней (красота, долговечность, редкость, способность сохранять свои свойства с течением времени, уникальность).

Принцип 4C – используется для оценки драгоценных камней и состоит из следующих понятий: color – красивый яркий цвет; clarity – чистота, отсутствие включений; carat weight – размер, или вес; cut – качество огранки.

В последнее время предлагается еще один фактор, влияющий на цену – confidence – редкость, происхождение.

Исторические драгоценные камни – драгоценные камни, обработанные человеческой рукой, имеющие своё имя и обладающие определённой историей своей жизни.

Синтетические драгоценные камни – искусственные самоцветы, полученные синтезом оксидов металлов, имеют тот же химический состав, что и природные.

Искусственные драгоценные камни – самоцветы, не имеющие аналогов в природе.

Естественные имитации – к ним относят группу драгоценных и полудрагоценных камней, полученных из отходов натуральных камней путем склеивания, прессования, сплавки, а также натуральные камни, окрашенные в другой цвет или ранее не относящиеся к категории драгоценных камней.

Реконструированные камни – получают из природных камней путем какой-либо обработки, улучшающей их внешний вид: отжига, радиоактивного облучения и т. п.

Культивированный жемчуг – это жемчуг, выращенный человеком искусственным путём на подводных плантациях моллюсков.

Облагораживание драгоценных камней – различные методы облагораживания и обработки минералов, посредством которого их внешний вид становится действительно безукоризненным и неповторимым.

Выращивание драгоценных камней – методы синтеза и выращивания драгоценных камней и ювелирных кристаллов.

Огранка драгоценных камней – обработка драгоценных камней для усиления красоты, блеска и сияния драгоценных камней.

Шлиф (нем. Schliff, от schleifen – точить, шлифовать) петрографический – пластинка горной породы или минерала, предназначенная для микроскопических исследований в проходящем свете.

Распиловка камня – выпиливание заготовки для изготовления шлифа.

Горячая запрессовка и холодная заливка – дополнительная подготовка образца после распиловки.

Шлифовка (шлифование) – постепенное истирание образца горной породы (минерала) по плоскости, причем каждая последующая стадия имеет целью уменьшение шероховатости, достигнутой в предыдущей стадии.

Наклейка – склеивание поверхности пластинки горной породы и предметного стекла на канадский бальзам или на специальную эпоксидную смолу.

Аншлиф – штуф горной породы или руды, поверхность которой пришлифована и отполирована для изучения в отраженном свете под микроскопом.

Техническое задание – документ или несколько документов, определяющих цель, структуру, свойства и методы какого-либо проекта, и исключаящие двусмысленное толкование различными исполнителями.

Техника безопасности – совокупность основных требований для безопасной работы в шлифовальной мастерской.

Учебное издание

Казымов Константин Павлович
Мещеряков Константин Андреевич

Основы геммологии и шлифовального дела
Теория и практика

Учебное пособие

Редактор *Е. В. Шумилова*
Корректор *В. Е. Пирожкова*
Компьютерная верстка: *Е. А. Шкураток*

Объем данных 10,35 Мб
Подписано к использованию 05.07.2022

Размещено в открытом доступе
на сайте www.psu.ru
в разделе НАУКА / Электронные публикации
и в электронной мультимедийной библиотеке ELiS

Издательский центр
Пермского государственного
национального исследовательского университета
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15