

ОПЕРАТИВНАЯ
ДИАГНОСТИКА
ДРАГОЦЕННЫХ
КАМНЕЙ

Драгоценные камни
составляют золотовалютный запас государства;
уникальные самородки имеют историческое
и художественное значение



В РФ действует жесткая система контроля перемещения
драгоценных металлов и драгоценных камней
через государственную границу за счет взаимодействия
двух
органов исполнительной власти:
Федеральная таможенная служба РФ
и Министерство финансов РФ.

Понятие «драгоценные камни», а также их перечень
раскрываются в

**Федеральном законе от 26.03.1998 № 41-ФЗ «О
драгоценных металлах и драгоценных камнях».**

Драгоценные камни - природные: алмазы, изумруды, рубины, сапфиры и александриты, а также природный жемчуг в сыром (естественном) и обработанном виде. К драгоценным камням приравниваются уникальные янтарные образования в порядке, устанавливаемом Правительством РФ.

В РФ перечень драгоценных камней устанавливается и изменяется только в законодательном порядке. Они могут быть изменены только федеральным законом.

ДРАГОЦЕННЫЕ КАМНИ



алмазы



сапфир



рубин



изумруд



александрит



жемчуг

уникальные янтарные образования
(более 1 кг)





АЛМАЗ

Из всех драгоценных камней **алмаз** имеет наиболее простой химический состав и представляет собой кристаллический углерод.

Цвет: бесцветный камень с различными нацветами (желтый, янтарно-желтый, дымчато-коричневый, розово-сиреневый и др.).

Добывают алмазы в Индии, Бразилии, Индонезии, Китае, Венесуэле, США, Австралии. Лучшие ювелирные камни поставляет Южная Африка. В России основная добыча алмазов - в Якутии, а также на Кольском полуострове.

Бриллиант (в пер. с франц. «брилле» - блеснуть) – ограненный алмаз.



САПФИР



Сапфир – разновидность корунда.

Цвет: синий различных оттенков. К сапфирам также помимо синих относят прозрачные корунды любого цвета, кроме красного, т.е. зеленые, желтые, фиолетовые, оранжевые, розовые. Существуют также бесцветные сапфиры (лейкосапфиры).

Добывают сапфиры в Бирме, Шри-ланке, Таиланде, Лаосе, Вьетнаме, Камбодже, Северной Индии, Китае, Мозамбике, Камеруне, Танзании, на Урале, Кольском полуострове.





РУБИН

Рубин – разновидность корунда.

Цвет: красный от среднесветлого до темного (пурпурного).

Районами добычи рубинов являются Бирма, Таиланд, Камбоджа, Цейлон, Афганистан, Индия, Северная Каролина, Австралия, Мадагаскар, Танзания, Полярный Урал.





ИЗУМРУД

Изумруд (смарагд) – это разновидность берилла зеленого цвета.

Цвет: зеленый от среднесветлого до темного с желтоватым оттенком.

Добывают современные изумруды в Колумбии, Бразилии, Австрийских Альпах, Замбии, Ганы, Пакистана, Афганистана, Австралии, на Урале.



АЛЕКСАНДРИТ

Александрит является наиболее ценной разновидностью хризоберилла, который некогда пользовался огромной популярностью вследствие получаемого эффекта «кошачьего глаза».

Цвет: голубовато-зеленый, желтовато-зеленый, изумрудно-зеленый (при искусственном свете красный, малиновый, пурпурно-красный).

Добывался александрит долгое время только в России. Позже были открыты месторождения в Бразилии и на Мадагаскаре.



ЖЕМЧУГ

Жемчуг представляет собой органические отложения различных моллюсков в раковинах .

Он характеризуется небольшой твердостью, а следовательно, недолговечен и требует осторожного обращения.

Жемчужины, в отличие от камней, не подвергают огранке. Жемчуг бывает округлой, овальной и грушеобразной формы.

Цвет: розовый, желтый, серый, красноватый, фиолетовый и черный.

К драгоценным камням относят только природные крупные жемчужины правильной шаровидной формы без оттенков.

Классификация драгоценных камней

Драгоценные камни
(по природе)

```
graph TD; A[Драгоценные камни (по природе)] --> B[минеральные]; A --> C[органические]
```

минеральные

органические

Драгоценные камни
(по происхождению)

природные

искусственные

естественные

облагороженные

Синтетические
аналоги
природных
камней

Технические
материалы

Драгоценные камни (по стоимости)

Истинно драгоценные камни
(стоимость более 1500 \$)

Драгоценные камни
(стоимость 500-1500 \$)

Полудрагоценные камни
(стоимость 100-500 \$)

Ценные камни
(стоимость 10-100 \$)

Умеренно ценные камни
(стоимость 1-10 \$)

Малоценные камни
(стоимость < 1 \$)

Полудрагоценные камни

Топаз



Турмалин



Циркон



Аквамарин



Аметист



Гранат



Цитрин



Ценные камни



Нефрит



Яшма



Малахит

Авантюрин



Диагностические признаки камней

- ❖ Цвет
- ❖ Прозрачность
- ❖ Блеск
- ❖ Твердость
- ❖ Плотность
- ❖ Светопреломление
- ❖ Плеохроизм
- ❖ Люминесценция



ЦВЕТ

Наиболее важный критерий оценки камней.

В зависимости от цвета камни бывают:

- ✓ **Бесцветные (ахроматические)** – алмаз, горный хрусталь;
- ✓ **Цветные (идиохроматические)** – имеют в составе хромофоры – малахит, родонит;
- ✓ **Окрашенные (аллохроматические)** – окраска появляется вследствие присутствия примесей – авантюрин, сердолик, хризопраз;
- ✓ **Кажущаяся окраска (псевдохроматизм)** – за счет различных оптических эффектов.

Камни одного вида могут иметь разные цвета, что затрудняет их определение!



Псевдохроматизм ювелирных камней

- Астеризм – «эффект звезды» (сапфир, рубин, розовый кварц).
- Иризация – радужные пятна и многоцветные переливы. Ее разновидности:
 - ✓ Кошачий глаз;
 - ✓ Опалесценция;
 - ✓ Авантюрисценция;
 - ✓ Шиллерисценция – цветовой «эффект лунных камней».

ПРОЗРАЧНОСТЬ

Прозрачность - способность твердого тела пропускать в той или иной степени сквозь себя лучи света.

Степень прозрачности может быть оценена **коэффициентом пропускания света:**

$$A=I/I_0$$

I -интенсивность света, вышедшего из данного вещества;

I_0 – интенсивность света, вошедшего в вещество

Камни подразделяют на:

- **прозрачные** (сквозь пластинки толщиной 3-5 мм ясно виден предмет);
- **полупрозрачные** (предмет виден неясно);
- **просвечивающие** (нельзя рассмотреть предмет);
- **непрозрачные.**



БЛЕСК

Блеск - зависит от способности преломлять и отражать лучи и характера отражающей поверхности.

По **интенсивности** блеск может быть сверкающим, сильным, слабым и тусклым.

По особенностям восприятия:

- алмазный (алмаз);
- стеклянный (сапфир);
- жирный (янтарь, опал);
- перламутровый (полевой шпат);
- шелковистый (тигровый глаз);
- матовый (кремень).



ТВЕРДОСТЬ

Твердость определяется по шкале Мооса:

Шкала твердости	Минерал	Твердость по Моосу	Твердость шлифования
1	Тальк	Скоблится ногтем	0,03
2	Гипс	Царапается ногтем	1,25
3	Кальцит	Царапается медной монетой	4,5
4	Флюорит	Легко царапается перочинным ножом	5,0
5	Апатит	С трудом царапается перочинным ножом	6,5
6	Ортоклаз	Царапается напильником	37
7	Кварц	Царапает оконное стекло	120
8	Топаз	Легко царапает кварц	175
9	Корунд	Легко царапает топаз	1000
10	Алмаз	Не царапается ничем	140000

Плотность

- **Определяется** путем измерения объема и веса камня.
- **Выражается** в г/см^3 .
- **Диагностика** минералов по их плотности предполагает **простое или гидростатическое взвешивание** материала.

Название камня	Плотность, г/см^3
Алмаз	3,51-3,52
Агат	2,50-2,70
Бирюза	2,60-2,90
Жемчуг	2,60-2,78
Изумруд	2,67-2,90
Кварц	2,65
Малахит	4,50
Рубин	3,97-4,05
Сапфир	3,99-4,10
Топаз	3,50-3,60
Фианит	5,50-5,90
Янтарь	1,05-2,91

Масса драгоценных камней

Масса драгоценных камней (кроме жемчуга) измеряется в **каратах**.

Один карат равен 200 миллиграммам или $\frac{1}{5}$ грамма. Карат, в свою очередь, делится на 100 частей.

Масса драгоценных камней измеряется на специальных **каратных весах**.

Масса жемчуга измеряется в **каратных гранах**, равных $\frac{1}{4}$ карата.

Масса полудрагоценных и поделочных камней измеряется в **граммах**.



СВЕТОПРЕЛОМЛЕНИЕ

- **Преломление света** - изменение направления луча света на границе с камнем.

Показатель преломления:

$$n = \sin\alpha / \sin\beta,$$

α – угол падения;

β – угол преломления.

Для минералов всегда $n > 1$

Высокое преломление определяет «игру» камней (алмаз, фианит).

- **Двупреломление** – преломление в различных направлениях.
- **Дисперсия показателей преломления** – изменение показателя преломления в зависимости от длины волны света. Она обуславливает разложение световых лучей на составные части спектра и искрящуюся игру цветов ограненного камня



Плеохроизм

Плеохроизм - поглощение света разной длины в разных направлениях (изменение интенсивности окраски при осмотре по разным направлениям при многоцветном эффекте).

Данное явление при двухцветном эффекте называется **дихроизмом**.

Присущ бериллам, турмалинам, гиацинтам.



Люминесценция

Люминесценция - свечение под воздействием облучения различными видами энергии.

Для возбуждения люминесценции ювелирных камней применяется излучение коротковолновой или длинноволновой области ультрафиолетового диапазона.

Связана с незначительными примесями специфических элементов в кристаллической структуре, а также с дефектностью кристаллической решетки.



Основные диагностические признаки драгоценных камней

Название, Формула	Характерные особенности (цвет, оптические эффекты), Включения и др.	Оптический характер	Показатель преломления	Характер люминесценции в УФ	Основные линии спектра поглощения, нм	Плотность, г/см ³	Твердость по Моосу
Алмаз C	Бесцветный, иногда с нацветом желтого, серого цвета, с включениями графита и др. минеральных образований, очень высокая теплопроводность (15,2)	Изотропный, иногда аномально анизотропный	2,417	Инертен или голубой, желтый, зеленый	390; 401,5; 415,5; 423; 435; 451; 465; 478	3,52	10
Рубин Al ₂ O ₃	Красный от среднесветлого до темного (пурпурного), прямолинейная зональность окраски, астеризм.	Анизотропный	1,76-1,77	Красный	465; 468,5; 476,5; 500-610; 659,2-658; 692,8-694,2	3,9-4,1	9
Сапфир Al ₂ O ₃	Синий различных оттенков, прямолинейная зональность окраски, астеризм, плеохроизм	Анизотропный	1,76-1,78	Инертный, иногда зеленоватый, оранжевый	379; 450; 455; 456; 471	3,99-4,10	9
Изумруд Be ₃ Al ₂ [Si ₆ O ₁₈]	Зеленый от средне-светлого до темного с желтоватым оттенком, зональность, параллельная штриховка, включения: ГЖВ, иголки, трубки, пирит	Анизотропный	1,57-1,60	Инертный или красный	470; 477; 635; 648; 662; 680; 683	2,67-2,78	7,5-8
Александрит Be Al ₂ O ₄	Голубовато-зеленый, желтовато-зеленый, при искусственном свете-красный, включения: ГЖВ, шелк, дактило-скопический узор	Анизотропный	1,74-1,76	Красный и бледно-желто-зеленый	555; 640; 645; 649; 655; 678,5; 680,5	3,60-3,84	8-8,5

ГЕММОЛОГИЯ

Геммология – наука о драгоценных материалах (драгоценных металлах, драгоценных камнях).

В России геммология исследуется давно, по меньшей мере со времен разработки Уральских месторождений (17-18 век), а ныне представлена в **Минералогическом обществе РАН.**



ГЕММОЛОГИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА

Геммологическая экспертиза – специальный вид научно-практического исследования, проводимого экспертами-геммологами с целью установления фактических данных и получения достоверного, квалифицированного, объективного и независимого заключения, необходимого для принятия должностным



лицом правоохранительных и правоприменительных органов обоснованного решения по делу (гражданскому, уголовному, административному) или спорным вопросам, связанным с драгоценными материалами в какой-либо области человеческой деятельности.

Задачи геммологической экспертизы

1. Установление связей (субстанциональная, генетическая, функционально-временная, объемная, состояние преобразования);
2. Диагностика – определение формы обращения, вида и состояния геммологического объекта;
3. Классификация – установление типа геммологического объекта;
4. Определение стоимости геммологических объектов, исходя из их качеств и т.д.

Базовая технологическая схема геммологической экспертизы

I. Подготовительный этап (предварительный)

1. Стадия опробования ценностей

Отбор проб и образцов сырья

Опробование сырья драгоценных материалов

2. Стадия приемки ценностей

Первичный осмотр

Очистка

Определение массы и размеров

Оформление документов

II. Исследовательский этап

3. Стадия аттестации ценностей

Диагностика

Классификация

Сертификация

4. Стадия оценки ценностей

Технологическая

Искусствоведческая

Стоимостная

5. Стадия идентификации ценностей

Сертификация

Атрибутирование

Паспортизация

III. Заключительный этап

6. Стадия оформления результатов

Оценка выводов

Оформление заключения

Геммологические
лаборатории в РФ: в
Москве, Санкт-Петербурге,
Екатеринбурге,
Новосибирске, Иркутске.
Есть геммологи,
работающие
индивидуально.



Квалификацию эксперта-геммолога должен
подтверждать специальный диплом,
выдаваемый Высшей квалификационной
комиссией при МВД, Минюсте, ФТС, ФСБ.

**МЕТОДЫ И
ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА
ОПЕРАТИВНОЙ
ДИАГНОСТИКИ
ДРАГОЦЕННЫХ КАМНЕЙ**

В силу высокой стоимости драгоценные камни - стабильный объект контрабанды. Определить, тем более быстро, вид и происхождение камня очень сложно.



Проблема таможенного контроля усугубляется тем, что с целью получения красиво окрашенных камней прибегают к искусственному окрашиванию путем облучения, термической или химической обработки. До сих пор определение вида камня, и особенно его ценности, это, в некоторой степени, искусство!

Методы диагностирования драгоценных камней



□ **Диагностика драгоценных камней по их основным свойствам** (по плотности, по твердости, по теплопроводности и т.д.).

□ **Органолептический способ.**

При таможенном контроле пассажиров первичный анализ камней и геологических минералов обычно проводится органолептическим способом с привлечением простейших технических средств (луп и микроскопов).

□ **Оптические методы.**

Эти методы включают в себя наблюдение минералов в обычных и поляризационных оптических микроскопах различного назначения, исследования в инфракрасных и ультрафиолетовых лучах, спектрометрический и рефрактометрический анализы оптических свойств кристаллов.

□ **Методы, основанные на использовании рентгеновских лучей** (рентгеноструктурный метод, рентгенография, рентгеноспектральный анализ).

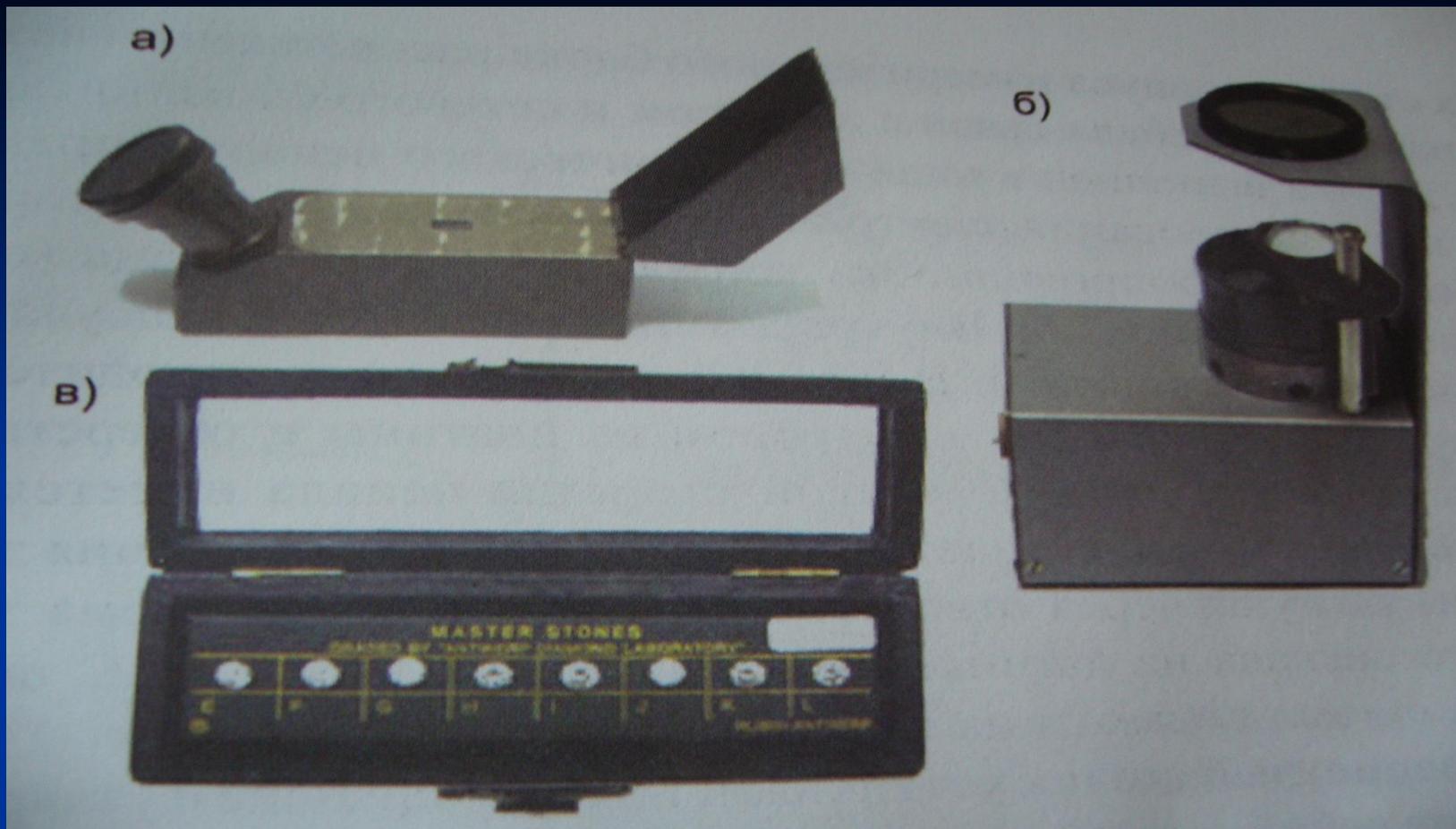
Приборы для исследования оптических характеристик



Изучение оптических характеристик камней — **обязательный этап их диагностики!**

Для исследования ряда оптических параметров камней используются относительно простые по конструкции и небольшие по размеру приборы.

С их помощью можно оценить показатели преломления, прозрачность, цвет, оптические характеристики в поляризованном свете и др.



- а) **рефрактометр** для определения показателя преломления ограненных камней;
- б) **полярископ**, включающий 2 поляризационных фильтра ПФ – 40,5, подсветку, вращающуюся стеклянную поверхность и коноскопическую линзу;
- в) **набор эталонов цвета для бриллиантов** (8 камней по 1,0 ст., материал – фианит).

Диагностика драгоценных камней по температуропроводности

- Основные приборы, используемые в таможнях для оперативной диагностики камней – приборы, основанные на использовании такого свойства драгоценных камней, как их более высокий по сравнению с другими видами камней коэффициент теплопроводности, то есть способности физических тел (жидкостей, газов и твердых тел) передавать тепло.
- В этих приборах с помощью специального щупа осуществляется локальный нагрев грани камня



Осуществляется измерение скорости остывания нагретого участка за фиксированный промежуток времени.

Скорость изменения температуры является критерием отнесения камня к тому или иному виду.

В разные годы для оперативной диагностики драгоценных камней таможенные органы приобрели приборы «КРИСТАЛЛ-1», «КРИСТАЛЛ-1М», «ДИАТЕСТ-2000», «ДАЙМОНДПРОБ» (США), «КАРАТ», «ДЕЛЬТА-1М», «PRESIDIUM DUOTESTER».

В приборах данного типа фактически измеряется температуропроводность, которая пропорциональна коэффициенту теплопроводности.



Температуропроводность — коэффициент температуропроводности, физический параметр вещества, характеризующий скорость изменения его температуры в нестационарных тепловых процессах; мера теплоинерционных свойств вещества.

Температуропроводность = коэффициент теплопроводности вещества / (удельная теплоемкость вещества (при постоянном давлении) * плотность)

Теплопроводность — один из видов переноса теплоты (энергии теплового движения микрочастиц) от более нагретых частей тела к менее нагретым, приводящий к выравниванию температуры.



Детекторы «КРИСТАЛЛ-1» и «КРИСТАЛЛ-1М»

- Первые отечественные приборы, осуществляющие диагностику драгоценных камней по температуропроводности.
- С помощью прибора можно отличать алмазы от других камней, стекол и хрусталя.
- Время измерения единичного объекта около 4 сек.



Детектор «КРИСТАЛЛ-1М»

Прибор состоит из трех конструктивных узлов:

1. измерительного блока;
2. датчика;
3. сетевого блока питания.

Детектор «КАРАТ»

- **Предназначен** для проведения экспресс-анализа на содержание драгоценных металлов в ювелирных изделиях, а также для диагностики минералов.
- **Диагностируемые минералы** (ювелирные камни на их основе): алмаз, корунд, берилл, циркон–стекло. Минимальный размер идентифицируемых алмазов (бриллиантов) – 0,01 карата.
- **Диагностика минералов выполняется** по результатам измерения их теплопроводности.
- **Обеспечивает возможность работы в трех режимах:** диагностирование драгоценных металлов, диагностирование ювелирных камней и заряд аккумуляторов.
- **Длительность цикла измерения** не больше 8 сек.
- Прибор кроме визуальной индикации, снабжен и **звуковой индикацией.**



Детектор «КАРАТ»

В комплект приборов входят:

1. микропроцессорный измерительный блок;
2. датчик для исследования металлов;
3. датчик для исследования минералов;
4. универсальный зарядно-питающий адаптер.

Детектор (анализатор) «ДЕЛЬТА-1М»



- Является модификацией прибора «КАРАТ».
- **Основное его отличие** – возможность взаимодействия с ЭВМ, что позволяет в режиме диагностирования кристаллов создавать компьютерные базы данных, автоматизировать процессы измерения и обработки.

Основное внешнее отличие приборов «КАРАТ» и «ДЕЛЬТА-1М» от прибора «КРИСТАЛЛ-1М» в том, что при включении питания автоматически запускается тест проверки работоспособности и используется буквенно-цифровой индикатор, на который выводится непосредственно наименование минерала. На этот же индикатор выдаются результаты прохождения теста.



Прибор «ДЕЛЬТА-1М»

Прибор состоит из:

1. измерительного блока;
2. специального датчика, который имеет нагреваемый до заданной температуры наконечник.

«PRESIDIUM DUOTESTER»

Предназначен для диагностики драгоценных камней

Прибор состоит из трех конструктивных узлов:

1. измерительного блока;
2. датчика;
3. сетевого блока питания.



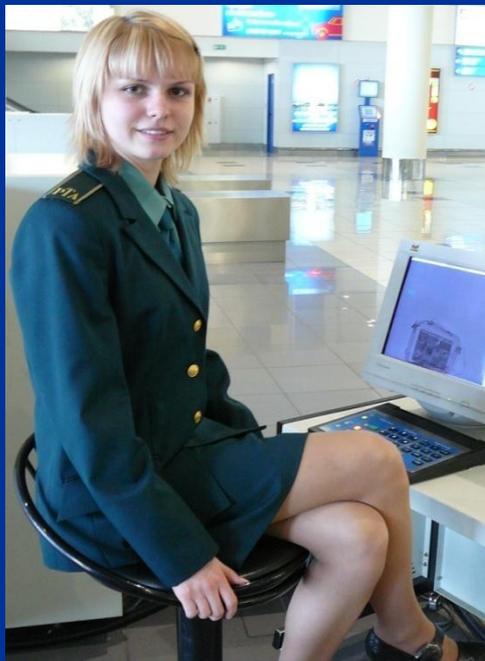
Современные методы исследования драгоценных камней

- **Рентгеноспектральный микроанализ (микроронд)** позволяет проводить точный химический анализ в локальной области (точке) без разрушения вещества. Метод применяется для диагностики драгоценных камней, имитаций, определения составов сплавов металлов и особенностей химического состава веществ;
- **Рамановская спектроскопия (спектры комбинационного рассеяния)** используется для определения вещества, а также определения состава включений, не выходящих на поверхность камня, без его повреждения.
- **Электронный Парамагнитный Резонанс (ЭПР-спектроскопия)** позволят определять природные камни с точностью до месторождения, а синтетические - с точностью до метода синтеза. Особенно успешно метод применяется для изумрудов. Данный метод также используется для изучения природы окраски минералов.
- **Оптическая спектроскопия** (инфракрасная, видимая и ультрафиолетовая области) применяется для изучения состава драгоценных камней и их окраски.
- **Люминесцентная спектрофотометрия** (с различными способами возбуждения люминесценции) служит для изучения природы окраски и позволяет отличать природную окраску драгоценных камней от искусственно наведенной.
- **Рентгеноструктурный анализ (монокристалльный)** позволяет определять структуру кристаллического вещества и распределение в структуре различных примесей.
- **Электронная микроскопия высокого разрешения** служит для изучения структуры вещества на микроуровне. В настоящее время достигнуто разрешение около 1 ангстрема (10^{-8} см).

Презентацию подготовили:

Студенты ФТД - 1406

Вычик Л.А.



Винокурова Н.А.



Люберцы
2008 г.

