

Ключевые слова и вопросы.

Соединения переменного состава.

Твёрдые растворы. Вода в
минералах.

В настоящее время различают следующие виды воды в минералах (Геологический словарь, 1978):

- конституционная;
- кристаллизационная;
- цеолитная;
- адсорбционная (коллоидная);
- гигроскопическая (капиллярная);
- плёночная.

Физические свойства минералов.

Главнейшие свойства минералов:

- Морфологические особенности – облик кристаллов, двойники, штриховатость граней были нами рассмотрены ранее.
- Оптические – прозрачность, цвет минералов, цвет черты, блеск;
- Механические – спайность, излом, твёрдость, хрупкость, ковкость, упругость;
- Электрофизические – электропроводность, термолюминесценция, термоток, тангенс угла диэлектрических потерь, термостимулированная электромагнитная эмиссия, магнитность.
- Магнитные свойства минералов.
- Радиоактивность минералов.

**Горный хрусталь, дымчатый кварц.
(Удивительное в мире камня, 1985. Фото Н.
Князева).**



**Топаз. (Удивительное в мире камня,
1985. Фото Н. Князева).**



Цвет минералов.

Приняты следующие названия цветов:

- Фиолетовый – аметист
- Синий – азурит.
- Зелёный – малахит
- Жёлтый – аурипигмент
- Оранжевый – крокоит
- Красный – киноварь
- Бурый – пористые разности лимонита
- Жёлто-бурый – охристые разности лимонита
- Оловянно-белый – арсенопирит
- Свинцово-серый – молибденит
- Стально-серый – блеклая руда
- Железо-чёрный – магнетит
- Индигово-синий – ковелин
- Медно-красный – самородная медь
- Латунно-жёлтый – халькопирит
- Металлически-золотистый – золото

Аметист. (Удивительное в мире
камня, 1985. Фото Н. Князева).



Пирит. (Удивительное в мире
камня, 1985. Фото Н. Князева).



Друза молочного кварца. Музей кафедры минералогии и петрографии ФГП, ИГНД, ТПУ. Фото В.Н. Сальникова.



Кварц морион. Музей кафедры
минералогии и петрографии ФГП, ИГНД,
ТПУ. Фото В.Н. Сальникова.



Слева – «Биссерная яшма». Справа – яшма «Горный поток». В центре яшма – метасоматически проработанный гранодиорит (Урал). В центре внизу – яшма брекчированная из месторождения Сибай.

Коллекция О.А. Смоленцева, фото. В.Н. Сальникова.

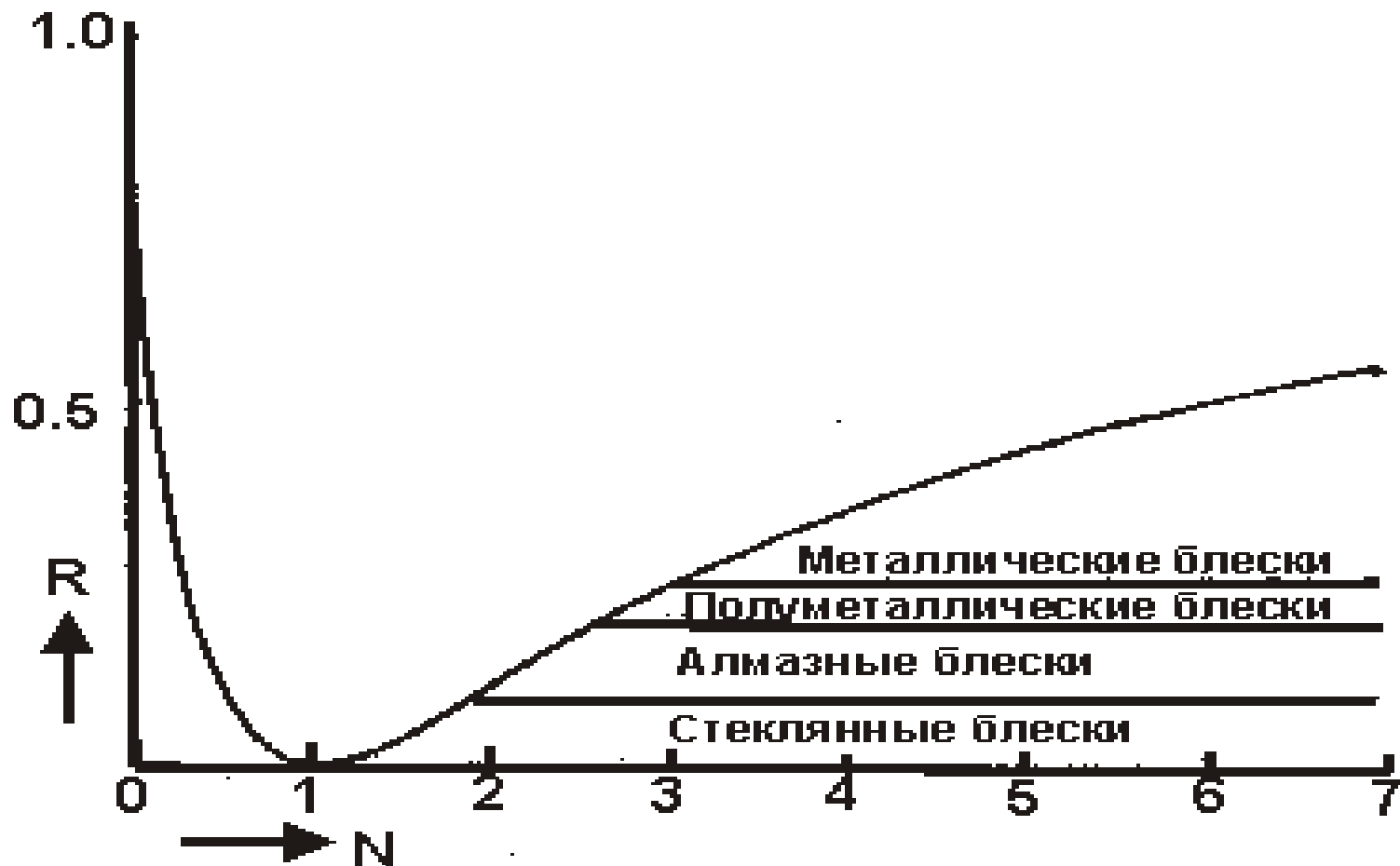


**Агаты с опалом, халцедоном и аметистом в центре.
Месторождение Чернушка. Колл. Смоленцева О.А.**

Фото. В.Н. Сальникова.



Зависимость показателя отражения света (R) от показателя преломления (N) минералов (А.Г. Бетехтин, 1951).



Интенсивность блеска минералов практическим путём сведены в шкалу:

- **Стеклянный** (лёд, флюорит, кварц).
- **Алмазный** (циркон, касситерит, алмаз).
- **Полуметаллический** (киноварь, гематит).
- **Металлический** (молибденит, галенит, пирит, висмут, халькопирит).

Механические свойства минералов.

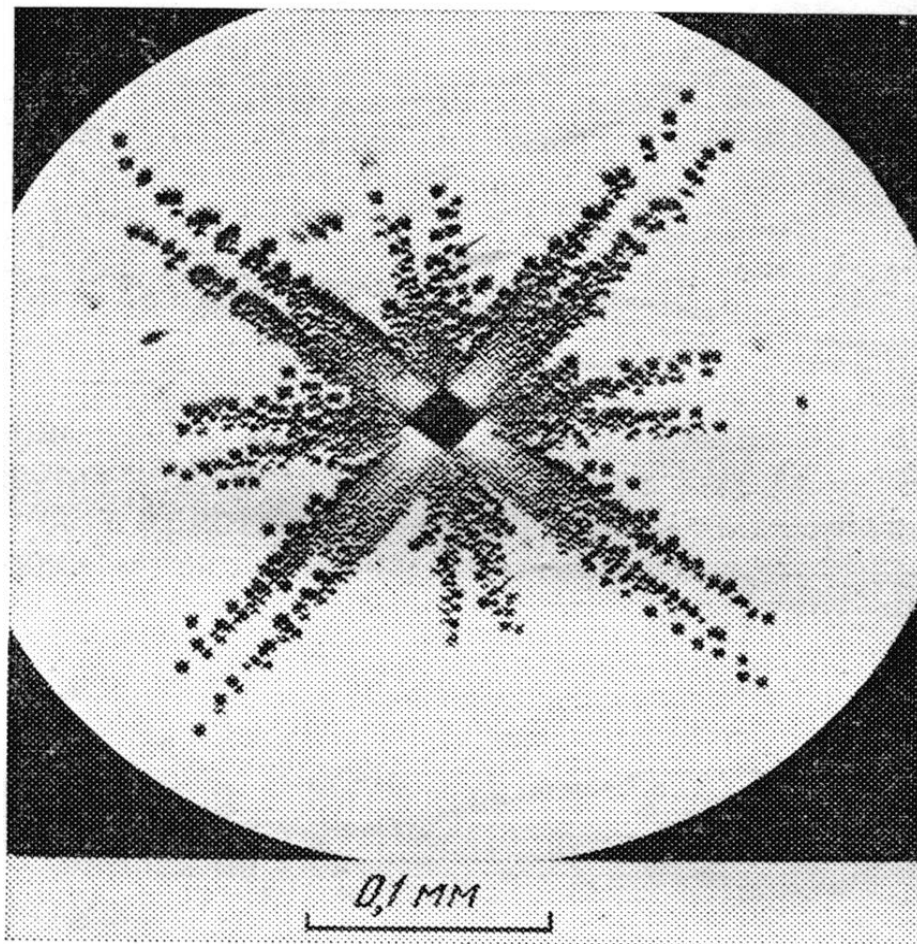
Спайность и излом

Различают степень совершенства спайности:

- **Весьма совершенная (слюды, хлориты).**
- **Совершенная (галенит, кальцит).**
- **Средняя (полевые шпаты, роговая обманка).**
- **Несовершенная (апатит, касситерит).**
- **Весьма несовершенная (магнетит, золото, платина).**

В центре – след от укола алмазным остриём в грань кристалла. После укола грань кристалла протравили; по фигурам травления видно, как от укола разошлись дислокации. (Из работы М.П.

Шаскольской, 1987).



Микротвёрдость с учётом и без учёта поверхности минерала (табл. 1).

Вещество	$H_{изм}$ кг/мм ²	H_0 (без учета поверхности), кг/мм ²
Сильвин KCl	11,7-16,4	11,3-11,5
Натрий хлористый NaCl	18,8-26,1	18,3-18,4
Пирит FeS ₂	1207-1708	819-1213

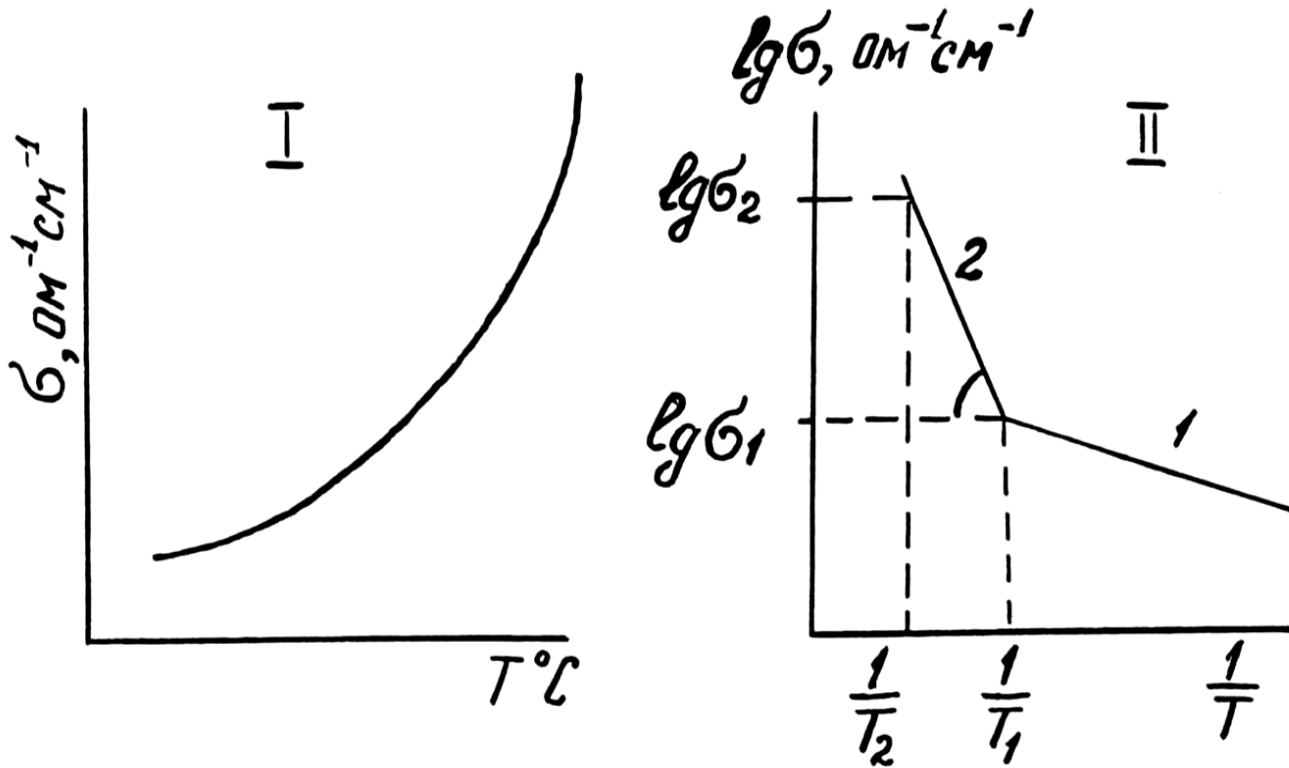
За эталоны шкалы Мооса приняты следующие минералы в порядке твёрдости от 1 до 10:

- Тальк – $\text{Mg}_3[\text{Si}_4\text{O}_{10}][\text{OH}]_2$
- Гипс – $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
- Кальцит – CaCO_3
- Флюорит – CaF_2
- Апатит – $\text{Ca}_5[\text{PO}_4]_3\text{F}$
- Полевой шпат (ортоклаз) – $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8] \cdot \text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$, плагиоклаз - $\text{Ca}[\text{AlSi}_3\text{O}_8] \cdot \text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$.
- Кварц – SiO_2
- Топаз – $\text{Al}_2[\text{SiO}_4][\text{F}, \text{OH}]_2$
- Корунд – Al_2O_3
- Алмаз – C.

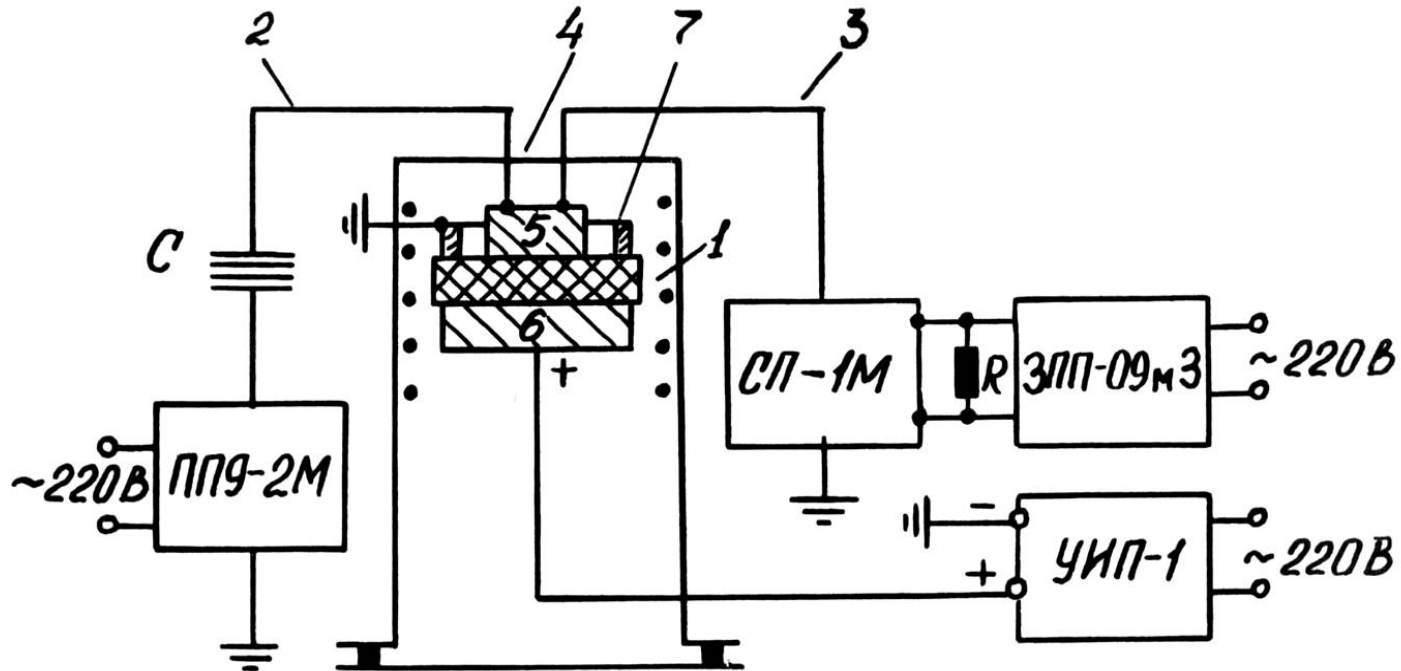
Электрофизические свойства минералов:

- а) Электропроводность.
- б) Термолюминесценция.
- в) Термоток.
- г) Тангенс угла диэлектрических потерь.
- д) Термостимулированная электромагнитная эмиссия.

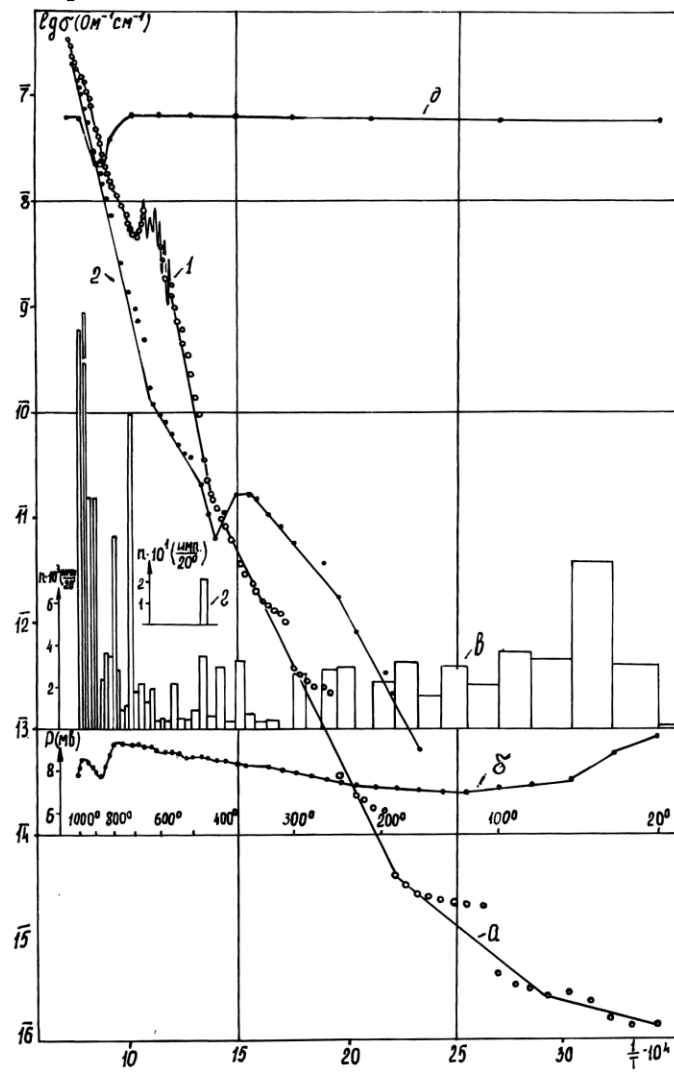
**Экспоненциальная зависимость
электропроводности от температуры (I). II –
области примесной (1) и собственной (2)
проводимости диэлектриков.**



**Схема измерения тока проводимости, термотока
синхронно с эмиссией электромагнитных импульсов
минералов в температурном интервале 20-10000С в
вакууме.**



Температурная зависимость электропроводности мусковита из Енского месторождения при нагревании (1) и охлаждении (2); б – изменение вакуума в системе; в – интенсивность электромагнитных импульсов в диапазоне длин волн 9-1333 м; г – то же при охлаждении; д – кривая дифференциального термического анализа. (По материалам В.Н. Сальникова, 1977).



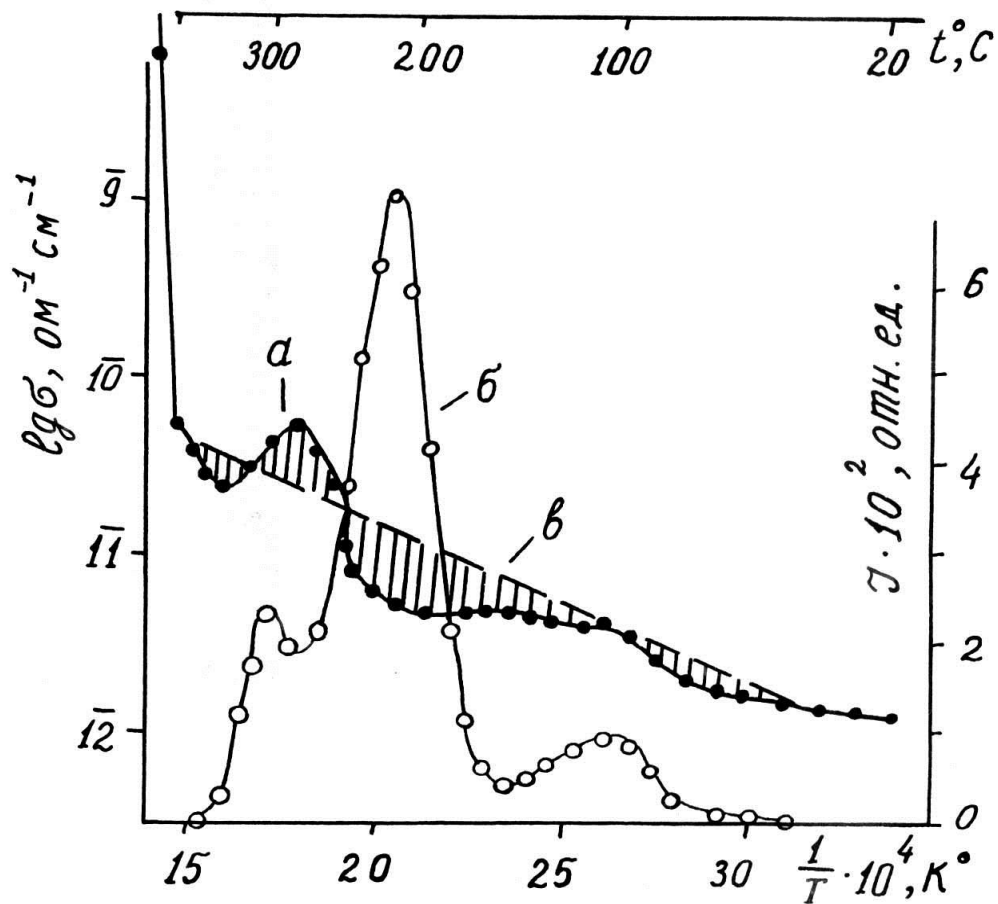
№	$f(x)n$	Физико-химические процессы	Конкретные примеры
1	$\frac{n \Lambda}{T const}$	Выделение запасенной энергии, фазовый переход II-го рода	Распад F – центров, a@b переход в кварце
2	$\frac{n \nabla}{T const}$	Рекомбинация носителей заряда; образование объемного заряда, фазовый переход II-го рода	Нагревание радиоэлектретов (облученных электронами диэлектриков, минералов и горных пород)
3		Окислительно-восстановительные реакции	Разложение сульфидов и других рудных компонентов в горных породах
4	$\frac{n \Lambda}{T \nabla}$	Разложение вещества - эндотермическая реакция	Дегитратация, декарбонитизация, декрипитация
5	$\frac{n \nabla}{T}$ $\frac{n const}{T \Lambda}$	Образование новой фазы и твердого раствора	Капли расплава в матрице горной породы или искусственной смеси компонентов (бетоне)
6		Кристаллизация	Затвердевание расплава, раскристаллизация стекол
7	$\frac{n const}{T \nabla}$	Плавление	Плавление аморфных и кристаллических соединений
8	$\frac{n \nabla}{T \Lambda}$	Экзотермическая реакция с рекомбинацией носителей заряда	Образование нейтральных соединений в промежуточных реакциях разложения горных пород сложного состава
9	$\frac{n const}{T const}$	Физико-химические процессы отсутствуют кроме полиморфного перехода из одной сингонии в другую (переход II-го рода)	переход кварца обезвоженного, отожженного, фазовый переход II-го рода в ортоклазе, сегнетоэлектриках

За счет изменения числа носителей (n) и температуры (T) экзотермических и эндотермических реакций, может быть вызвано

следующими причинами:

- Испарение слабосвязанной воды (сушка) при 0-4200 С;
- Дегидратация при более высоких температурах (отделение цеолитной и конституционной воды)
- $KAl_2[AlSi_3O_{10}]x[FOH]_2 \rightarrow AlSi_3O_5$
- мусковит муллит
- Разрушение газовой-жидких включений в минералах (декрепитация).
- Реакции окисления и восстановления, сопровождающиеся экзотермическими и эндотермическими эффектами $FeS_2 + O_2 \rightarrow Fe_2O_3 + SO_2 \uparrow$.
- Явления пьезоэффекта, обуславливающие поляризацию диэлектрика.
- Полиморфные превращения α - β - кварц, α - β - переход.
- Природное облучение, ведущее к накоплению энергии на дефектах минералов и выделение запасенной энергии при нагревании в виде света (ТЛ), тепла, импульсного электромагнитного излучения в радиодиапазоне частот. Дефекты по Шотки и Френнелю.
- Искусственное облучение заряженными частицами, гамма, рентгеном и др. лучами, ведущее к образованию электретного состояния.
- Образование новой фазы в матрице гетерогенной системы диэлектрика, образование и распад твердых растворов, плавление.
 $NaCl + KCl + t = \text{твердый раствор}$

**Аномальные изменения температурной зависимости
электропроводности (а) и гамма-термолюминесценция (б) доломита
с сетью прожилок перекристаллизации и бедной сульфидной
минерализацией (1013).**



Частотный спектр электромагнитного излучения в температурном интервале взаимного растворения при нагревании образца, содержащего 40% NaCl в KCl. По материалам С.Д. Заверткина.

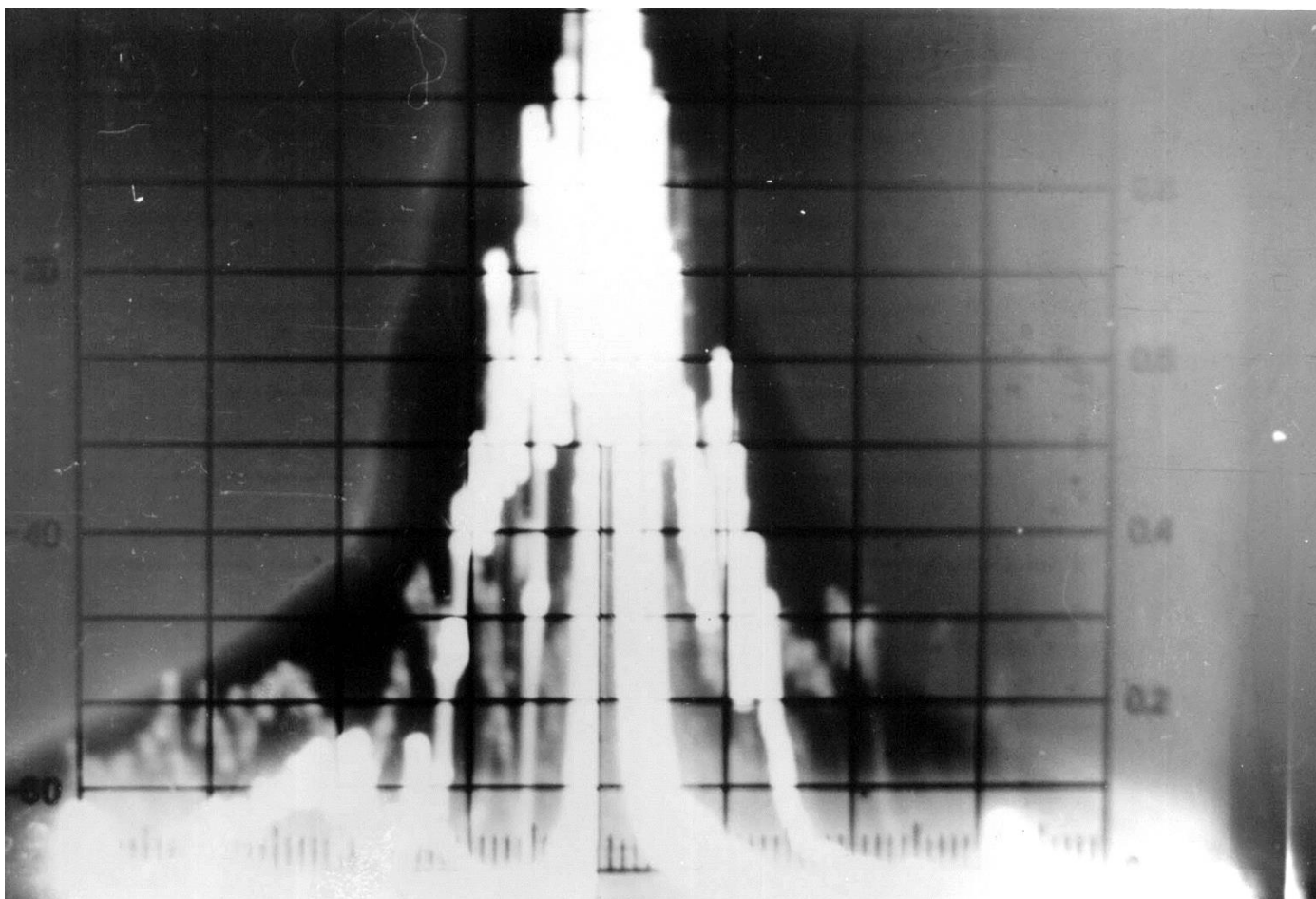
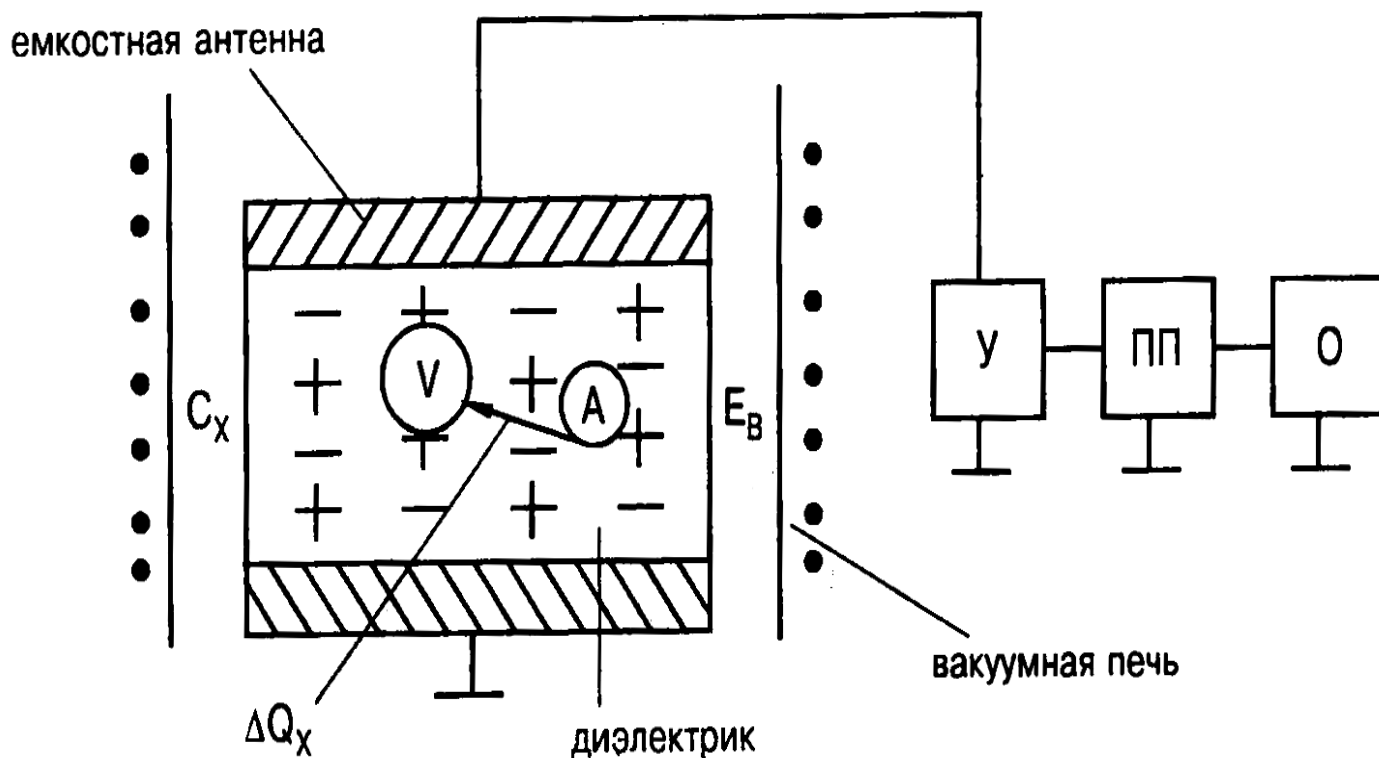


Схема регистрации импульсного электромагнитного излучения образцов минералов и горных пород. Примечание: У – усилитель; ПП – пересчетный прибор; О - осциллограф; V – вакансия; А – внедрённый атом; Сх – ёмкость двух электродов; ΔQ_x – заряд между двумя дефектами; E_B – напряженность внутреннего поля. (По материалам В.Н. Сальникова).



Температурная зависимость интенсивности электромагнитных импульсов (ЭМИ) слюды мусковита месторождения Согдиозон: а - интенсивность ЭМИ; б - изменение вакуума в системе при измерении ЭМИ, (по работам Сальникова В.Н.); в - вспучивание слюды по данным работы Е.К. Лашева, 1948.

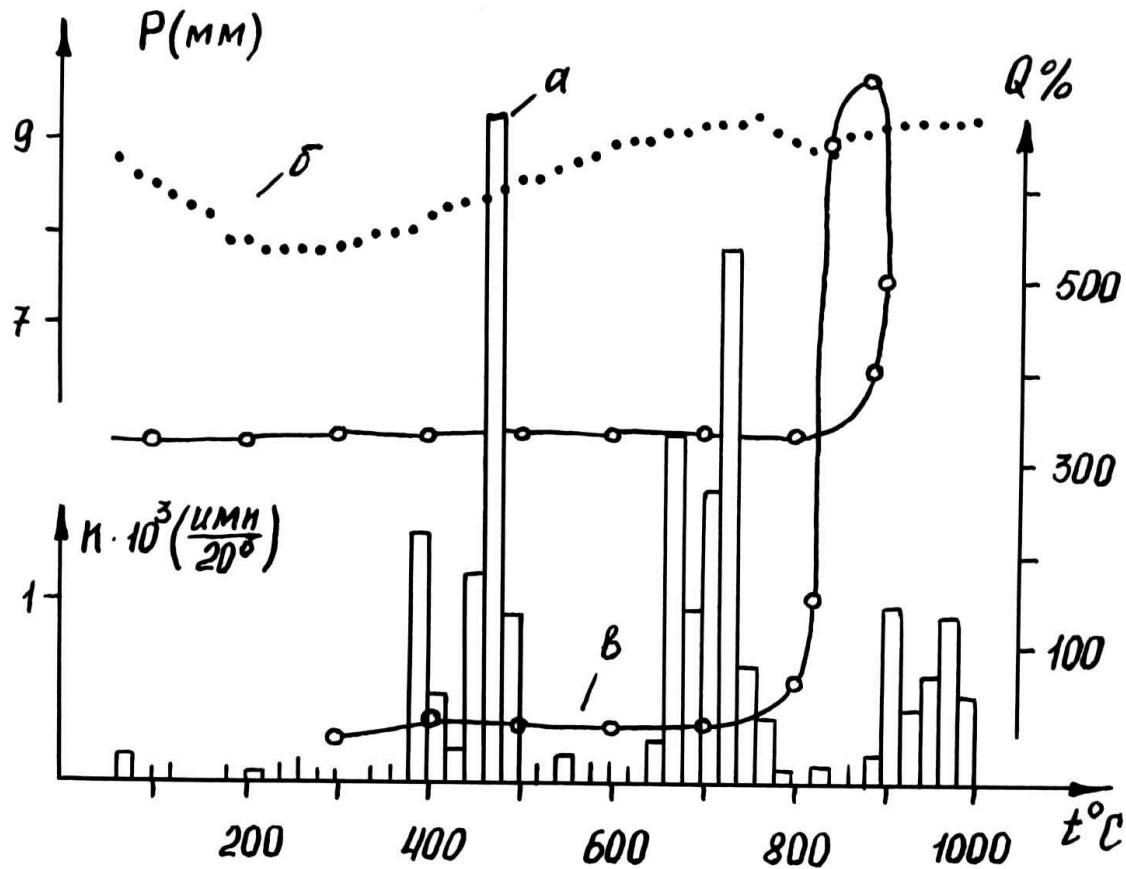
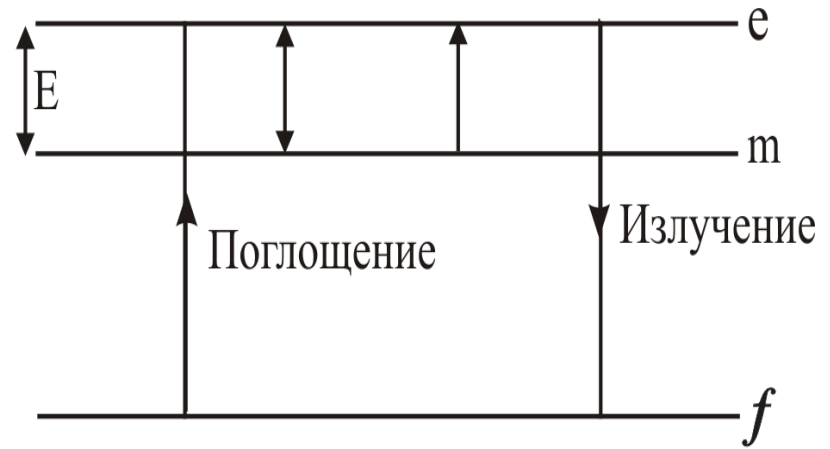


Схема энергетических уровней, используемая в люминесценции: а) флюоресценция; б) фосфоресценция .

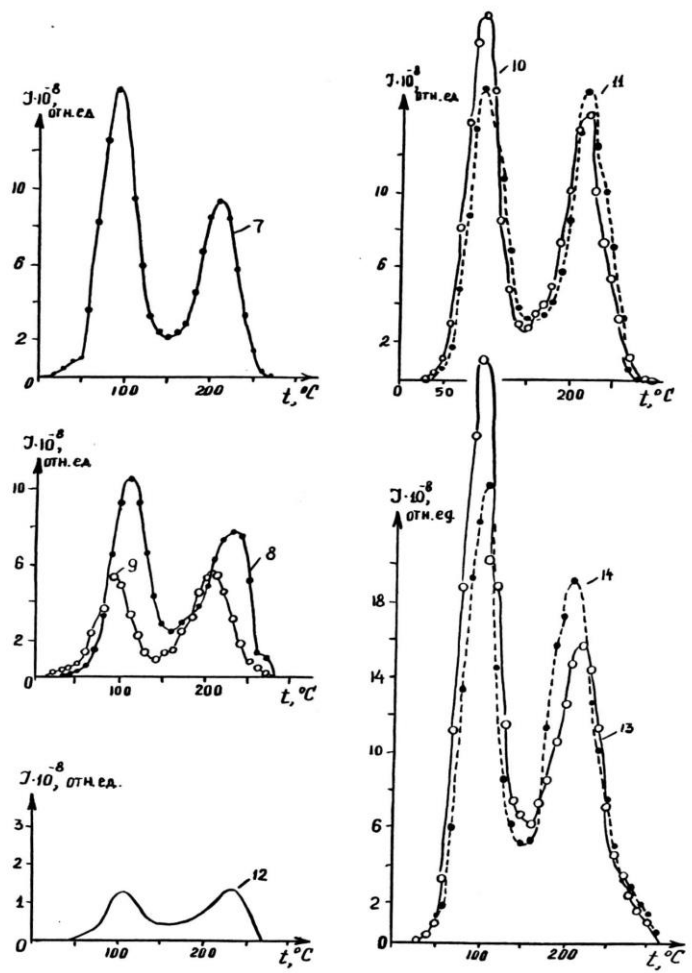


а)

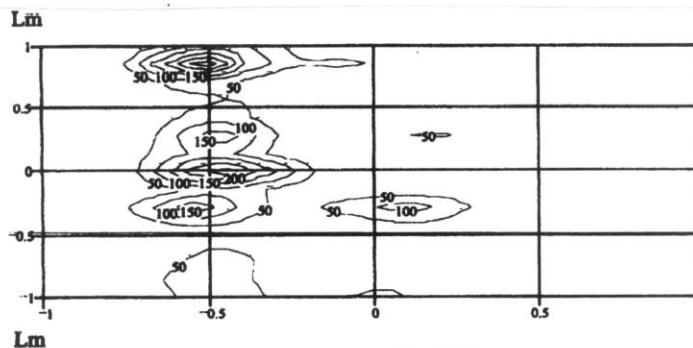
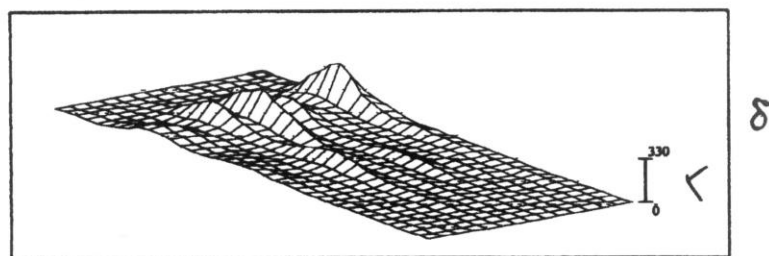
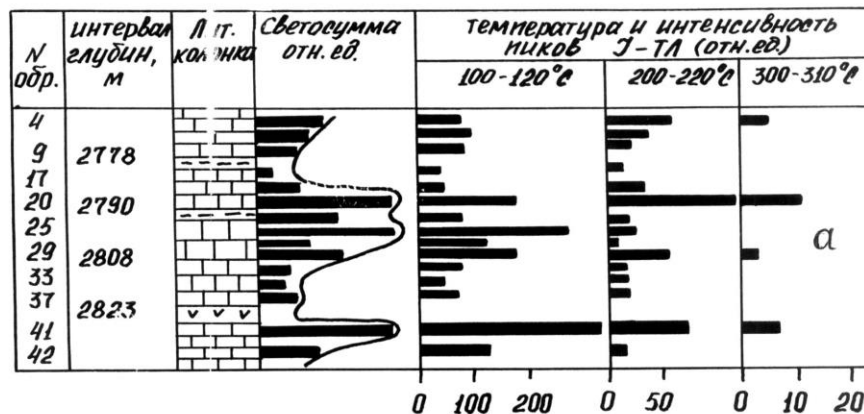


б)

Температурная зависимость гамма-термолюминесценция образцов горных пород из скв. № 13 Калинового месторождения. (По экспериментальным данным М.В. Коровкина).



Изменения запасенной светосуммы и интенсивности пиков гамма-ТЛ; б - объемное представление интенсивности гамма-ТЛ; в - послойный срез пиков ТЛ (изогамма - термолюминесценциды) по участку разреза скв.№ 2 Северо-Останинской площади. (В.Н. Сальников, М.А. Шустов, М.С. Паровинчак, 1999).



Содержание урана в минералах лейкократовых гранитов приводит В.К. Черепнин (1966) по данным

Л.Л. Леоновой и Л.В. Таусону (табл. 3).

Минерал	Содержание минерала в породе, вес %	Содержание урана в минерале %
Кварц	33,7	$1 \cdot 10^{-4}$
Калишпат и плагиоклаз	63,8	$5 \cdot 10^{-5}$
Биотит	0,3	$1 \cdot 20^{-3}$
Циркон	0,028	$2,5 \cdot 10^{-1}$
Сфен	0,14	$2 \cdot 10^{-2}$
Ортит	0,033	$4,1 \cdot 10^{-1}$
Апатит	0,005	$2,4 \cdot 10^{-6}$
Ураноторит	не подсчитан	6