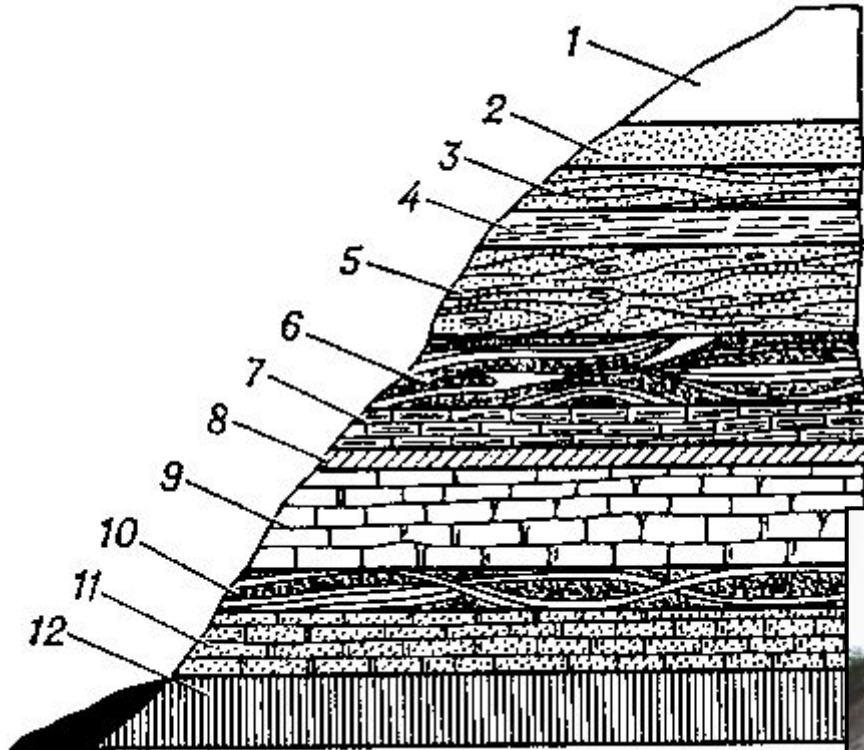


# ПОЛЕВЫЕ МЕТОДЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО И ГЕОФИЗИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД И ИХ ВЗАИМООТНОШЕНИЙ

1. Геологическая съемка и картирование территории; опробование горных пород
2. Документация карьеров и подземных выработок, геолого-разведочных скважин;  
горно-буровые работы;
3. Геофизические методы исследований - это сейсморазведка и различного вида каротажи (электро-, гамма-каротаж, нейтронный, акустический), кавернометрия, термометрия



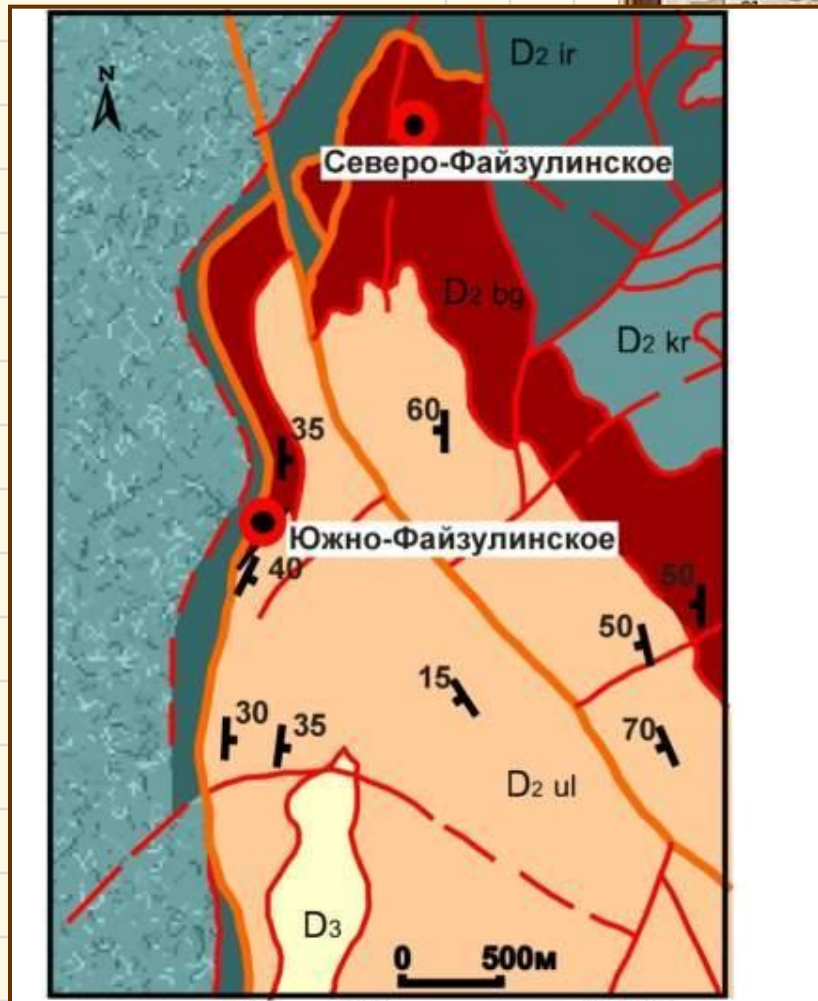
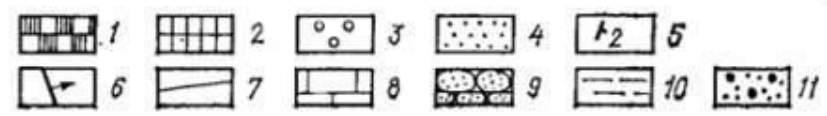
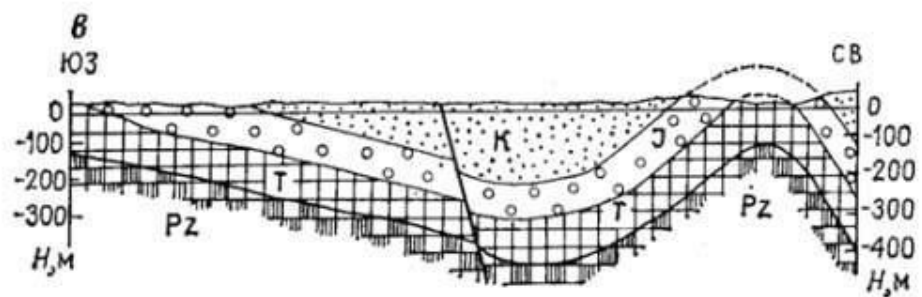
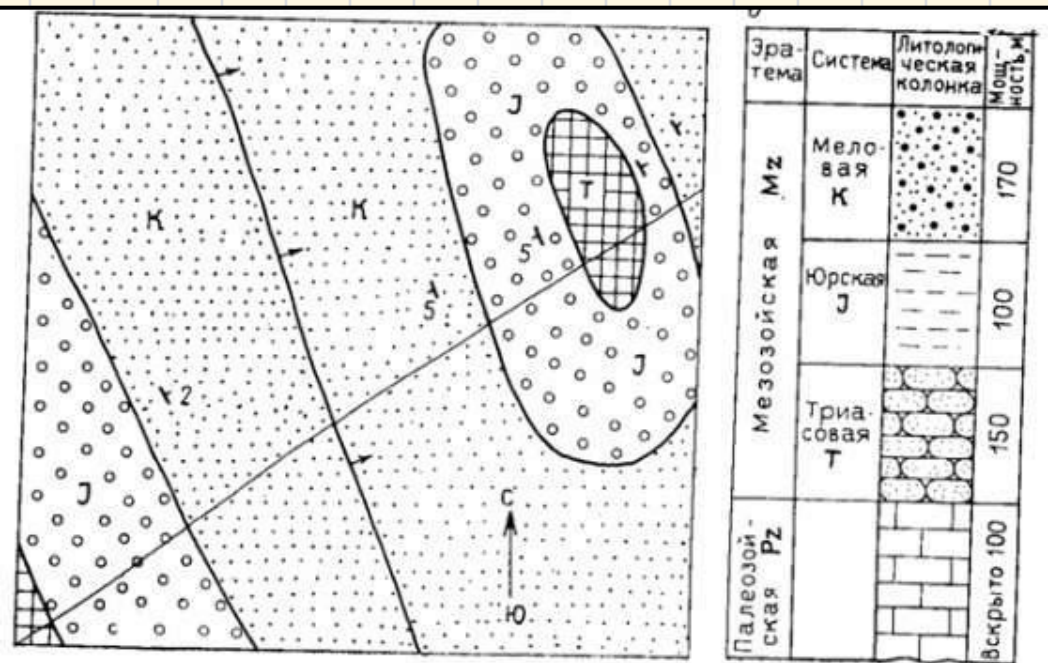
# Геологическая съемка и картирование территории; опробование горных пород



1 – растительный покров; 2 – почвенный слой; 3 – глинисто-песчаный слой; 4 – глины;  
5 – глинисто-песчаный слой; 6 – косослоистые пески с прослоями глины; 7 – мергель;  
8 – алевролит; 9 – известняк доломитизированный; 10 - косослоистые пески с прослоями глины; 11 –  
песчанистый доломит; 12 – кристаллический фундамент



# Геологическая съёмка и картирование территории

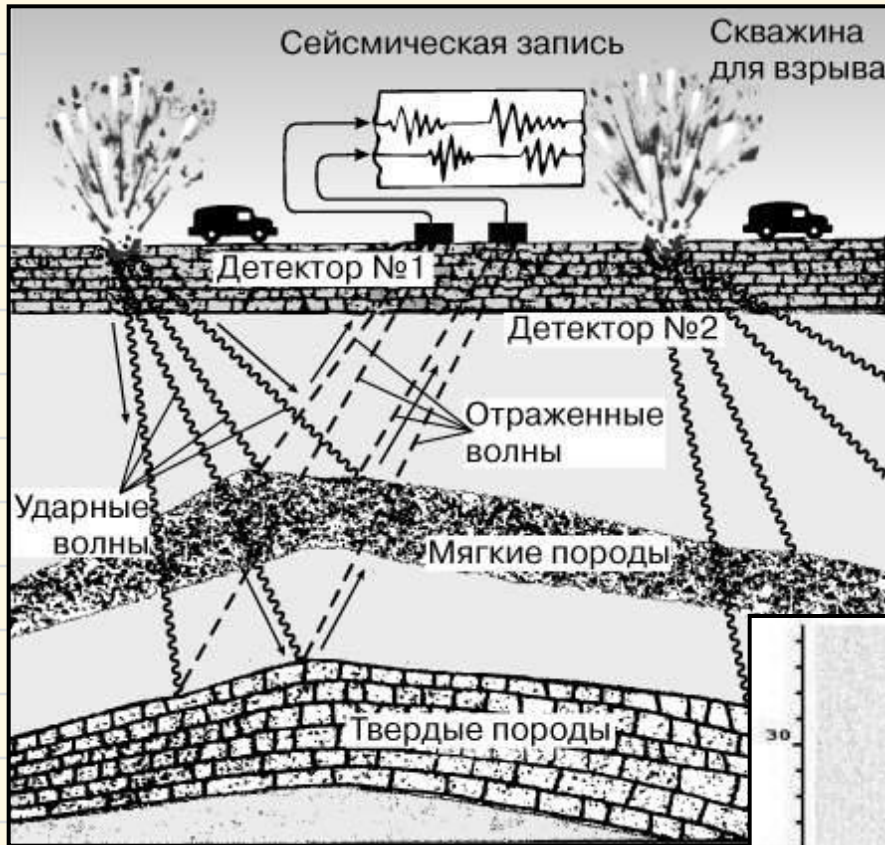


Цабадзе, 1982, с дополнениями И.Г. Жукова

## Условные обозначения



# Геофизические методы исследований - это сейсморазведка и различного вида каротажи (электро-, гамма- картаж, нейтронный, акустический), кавернометрия, термометрия



## Пример сейсмограммы четвертичных отложений. Финский залив

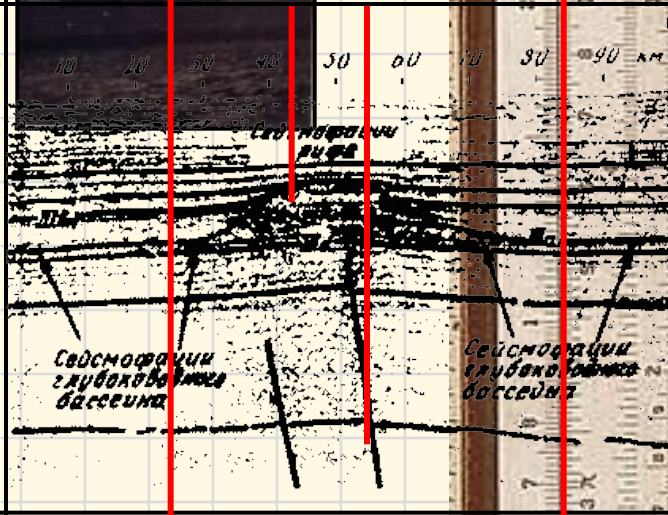
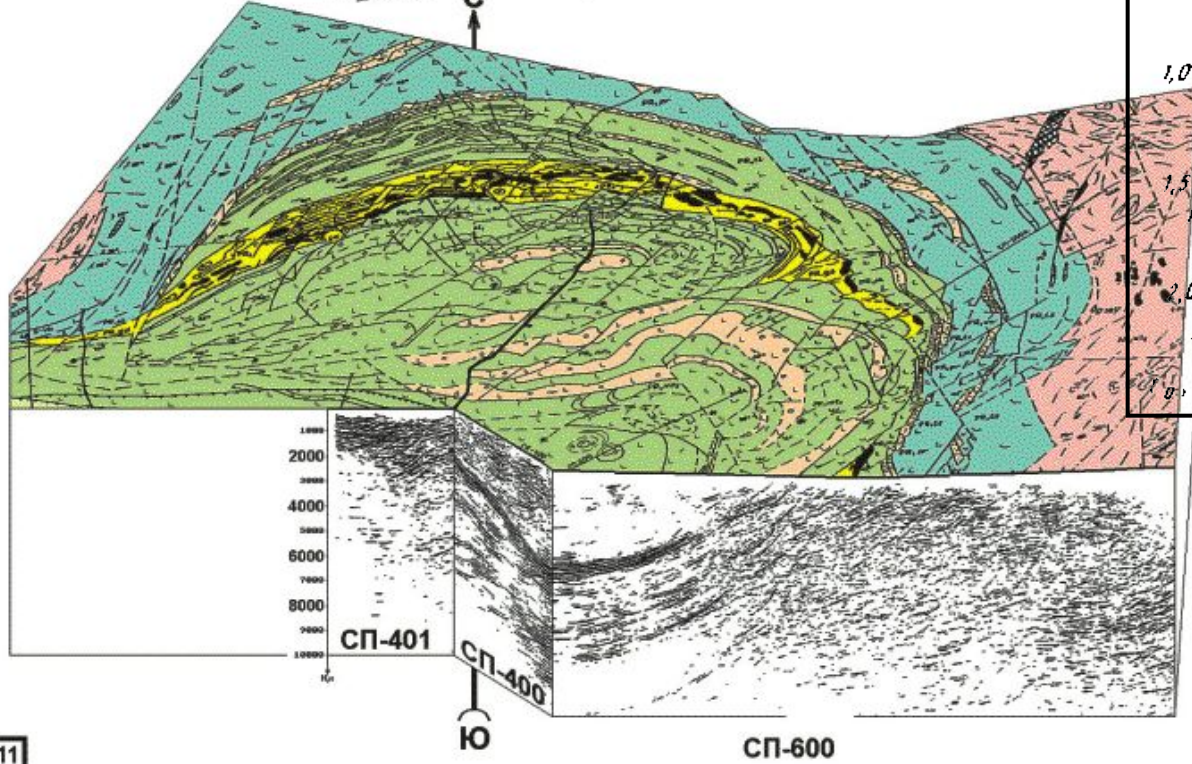
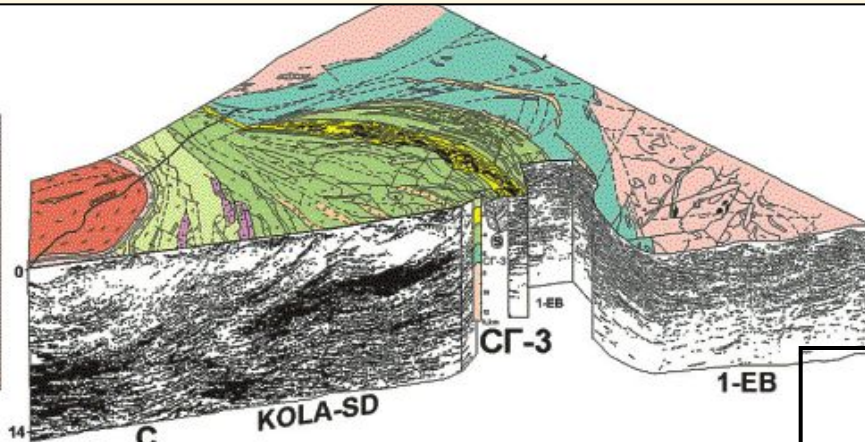
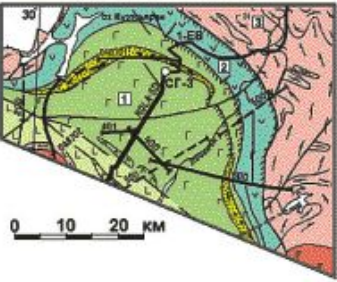
1. Морские голоценовые отложения
2. Ледниково-озерные верхнеплейстоценовые отложения
3. Ледниковые отложения (морена)





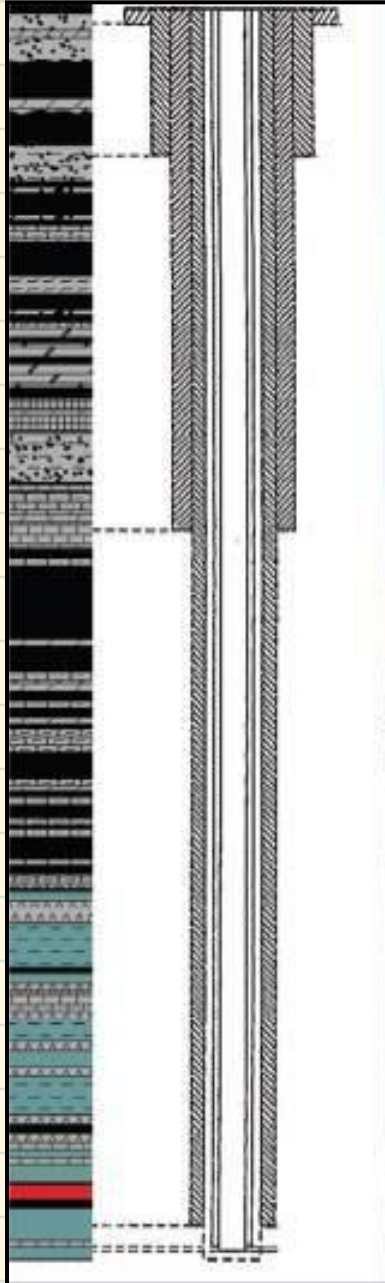
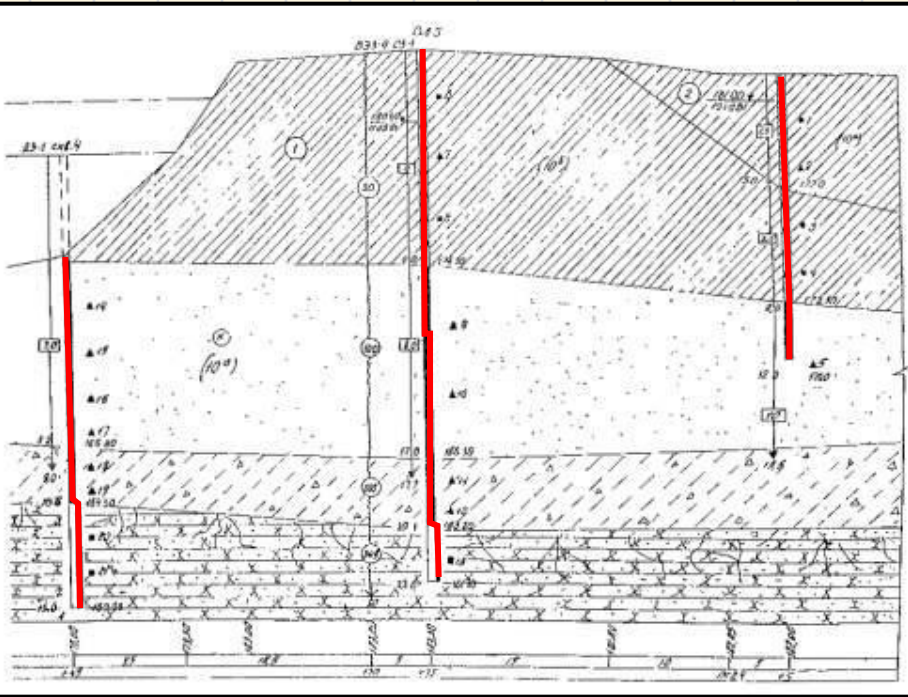
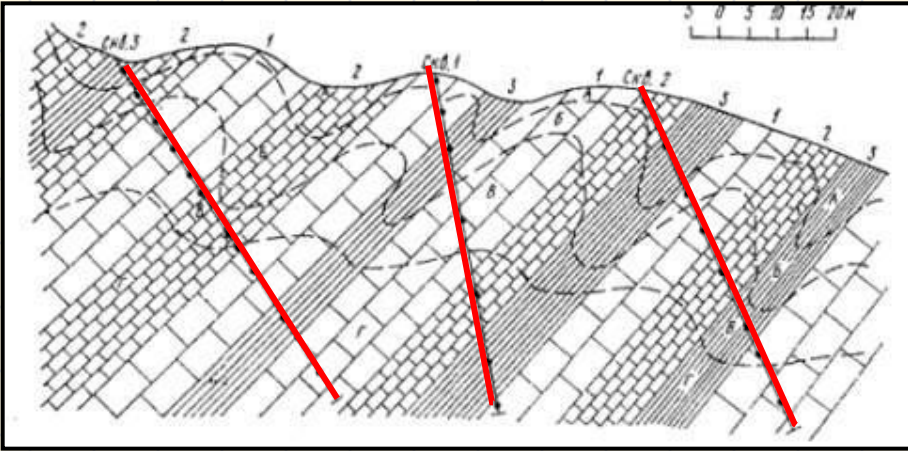
# Геосейсмическая модель Печенгской структуры (Кольский полуостров)

ОБЗОРНАЯ КАРТА





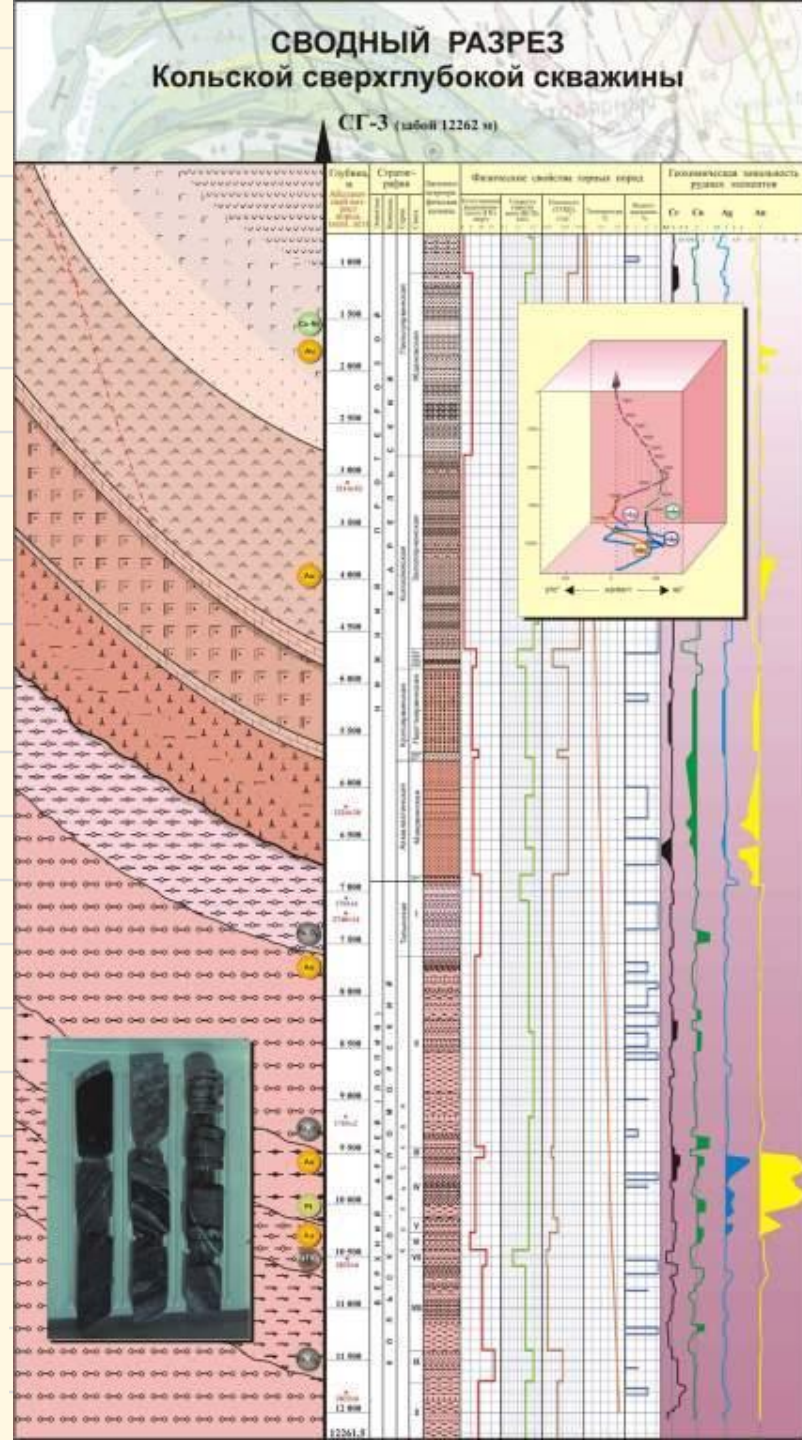
# Геологическая съемка и картирование территории; опробование горных пород бурением





**Мечта проникнуть к сердцу нашей планеты и познать скрытую жизнь ее недр по-прежнему остается недостижимой.**

**Ближе всех к этой цели подошли наши соотечественники, пробурившие Кольскую сверхглубокую скважину (проектная глубина - 15 километров). Начало работ в мае 1970 года.**



Использовалась техника: установка «Уралмаш 4Э» грузоподъемностью 200 тонн и легкосплавные трубы

Через 5 лет, когда глубина скважины СГ-3 превысила 7 километров, смонтировали новую буровую установку «Уралмаш 15 000» – одну из самых современных по тем временам



В июне 1990 года СГ-3 достигла глубины 12 262 м. В 1994 году бурение Кольской сверхглубокой прекратили. Через 3 года она попала в Книгу рекордов Гиннесса и до сих пор остается непревзойдённой. Сейчас скважина представляет собой лабораторию для изучения глубоких недр.



## Самые глубокие скважины мира:

1. Аралсорская СГ-1, Прикаспийская низменность, 1962-1971, глубина – 6,8 км. Поиск нефти и газа.
2. Биикжальская СГ-2, Прикаспийская низменность, 1962-1971, глубина – 6,2 км. Поиск нефти и газа.
3. Кольская СГ-3, 1970-1994, глубина – 12 262 м. Проектная глубина – 15 км.
4. Саатлинская, Азербайджан, 1977-1990, глубина – 8 324 м. Проектная глубина – 11 км.
5. Колвинская, Архангельская область, 1961, глубина – 7 057 м.
6. Мурунтауская СГ-10, Узбекистан, 1984, глубина – 3 км. Проектная глубина – 7 км. Поиск золота.
7. Тимано-Печорская СГ-5, Северо-Восток России, 1984-1993, глубина – 6 904 м, проектная глубина – 7 км.
8. Тюменская СГ-6, Западная Сибирь, 1987-1996, глубина -7 502 м. Проектная глубина – 8 км. Поиск нефти и газа.
9. Ново-Елховская, Татарстан, 1988, глубина – 5 881 м.
10. Воротиловская скважина, Поволжье, 1989-1992, глубина – 5 374 м. Поиск алмазов, изучение Пучеж-Катункской астроблемы.
11. Криворожская СГ-8, Украина, 1984-1993, глубина – 5 382 м. Проектная глубина – 12 км. Поиск железистых кварцитов.
12. Уральская СГ-4, Средний Урал. Заложена в 1985 году. Проектная глубина – 15 000 м. Текущая глубина – 6 100 м. Поиск медных руд, изучение строения Урала.
13. Ен-Яхтинская СГ-7, Западная Сибирь. Проектная глубина – 7 500 м. Текущая глубина – 6 900 м. Поиск нефти и газа.

### Скважины на нефть и газ:

Начала 70-х годов -

Юниверсити, США, глубина – 8 686 м.

Бейден-Юнит, США, глубина – 9 159 м.

Берта-Роджерс, США, глубина – 9 583 м.

80-х годов -

Цистердорф, Австрия, глубина 8 553 м.

Сильян Ринг, Швеция, глубина – 6,8 км.

Бигхорн, США, Вайоминг, глубина – 7 583 м.

КТВ Hauptbohrung, Германия, 1990-1994, глубина – 9 100 м. Проектная глубина – 10 км. Научное бурение.

## ПОЛУЧЕННЫЕ ПРИ БУРЕНИИ НАУЧНЫЕ ДАННЫЕ

Разрез Кольской скважины опроверг существовавшую до этого времени двухслойную модель земной коры и показал, что сейсмические разделы в недрах – это не границы между толщами пород разного состава, а скорее всего они указывают на изменение свойств камня с глубиной. Так, при высоком давлении и температуре граниты по своим физическим характеристикам становятся похожи на базальты, и наоборот.

Первые 7 километров были сложены вулканическими и осадочными породами: туфами, базальтами, брекчиями, песчаниками, доломитами. Глубже лежал так называемый раздел Конрада, после которого скорость сейсмических волн в породах резко увеличивалась, что интерпретировалось как граница между гранитами и базальтами. Однако базальты нижнего слоя земной коры так нигде и не появились: породы оказались представлены гранитами и гнейсами.

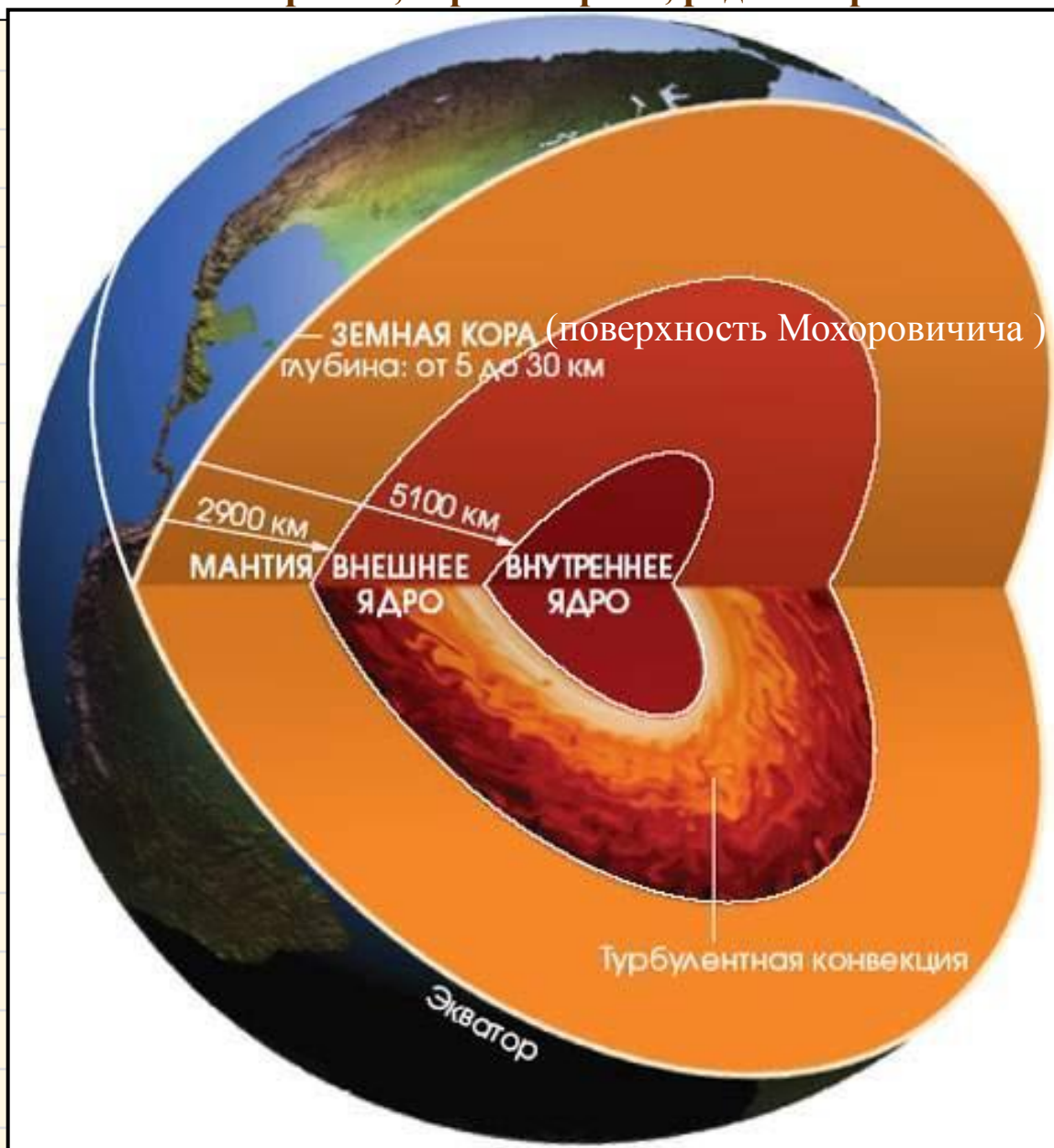
Кроме того, раньше считалось, что с удалением от поверхности земли, с ростом давления, породы становятся более монолитными, с малым количеством трещин и пор. СГ-3 убедила учёных в обратном. Начиная с 9 километров, толщи оказались очень пористыми и трещиноватыми, по ним циркулировали водные растворы. Позднее этот факт подтвердили другие сверхглубокие скважины на континентах. На глубине оказалось гораздо жарче, чем рассчитывали: на целых  $80^{\circ}$ ! На отметке 7 км температура в забое была  $120^{\circ}\text{C}$ , на 12 км – достигла уже  $230^{\circ}\text{C}$ .

**Одно из самых удивительных открытий, которое учёные сделали с помощью бурения, – это наличие жизни глубоко под землей. И, хотя жизнь эта представлена лишь бактериями, её пределы простираются до невероятных глубин**



Глубинное строение Земли недоступно для непосредственных исследований и может быть изучено только геофизическими методами: сейсмологией, глубинной сейсморазведкой, гравиметрией, магнитометрией, глубинной геоэлектрикой, термометрией, радиометрией.

Интерпретируя материалы глубинной геофизики, удалось расчленить Землю на сферические оболочки, определить скачки физических свойств на их границах и изменения свойств по латерали, построить физические модели недр Земли, а по ним судить о химическом составе.

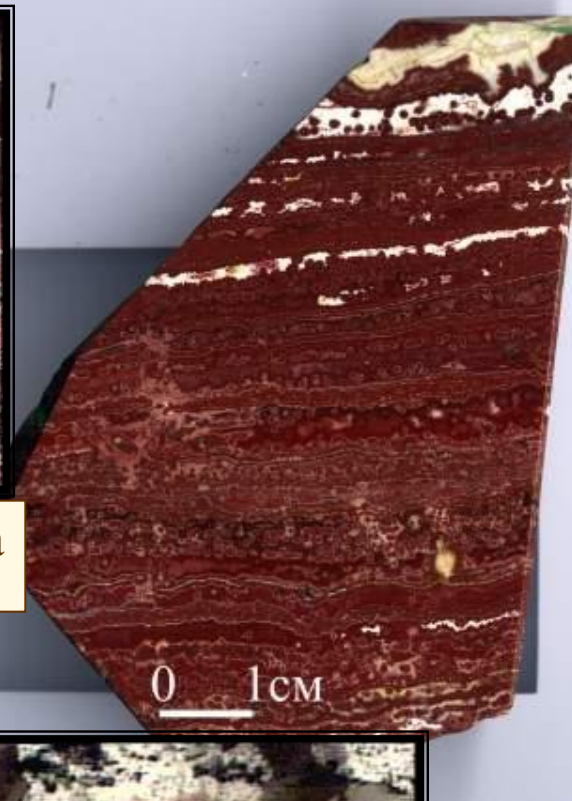
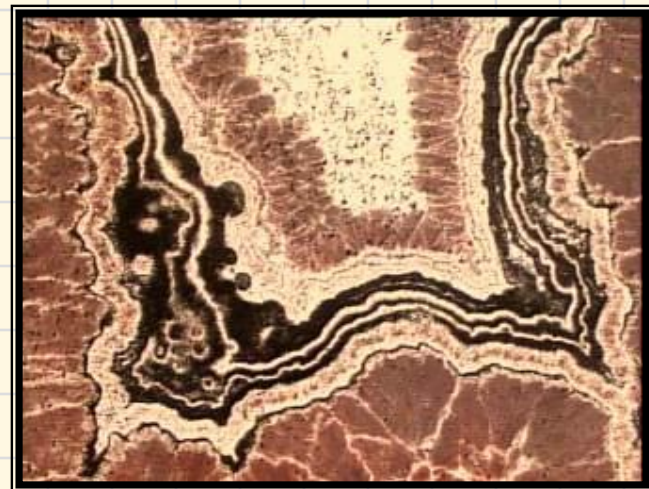


# ЛАБОРАТОРНЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ МИНЕРАЛОВ



Оптический микроскоп

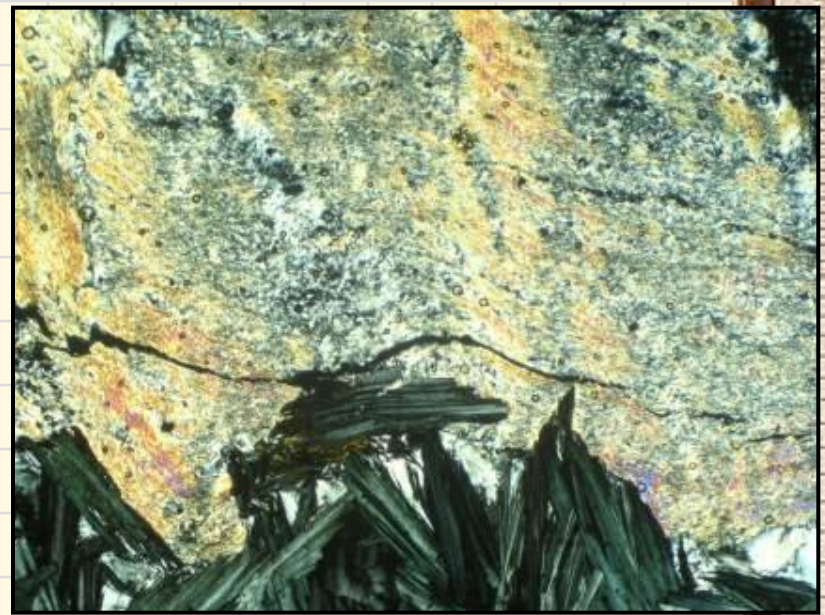




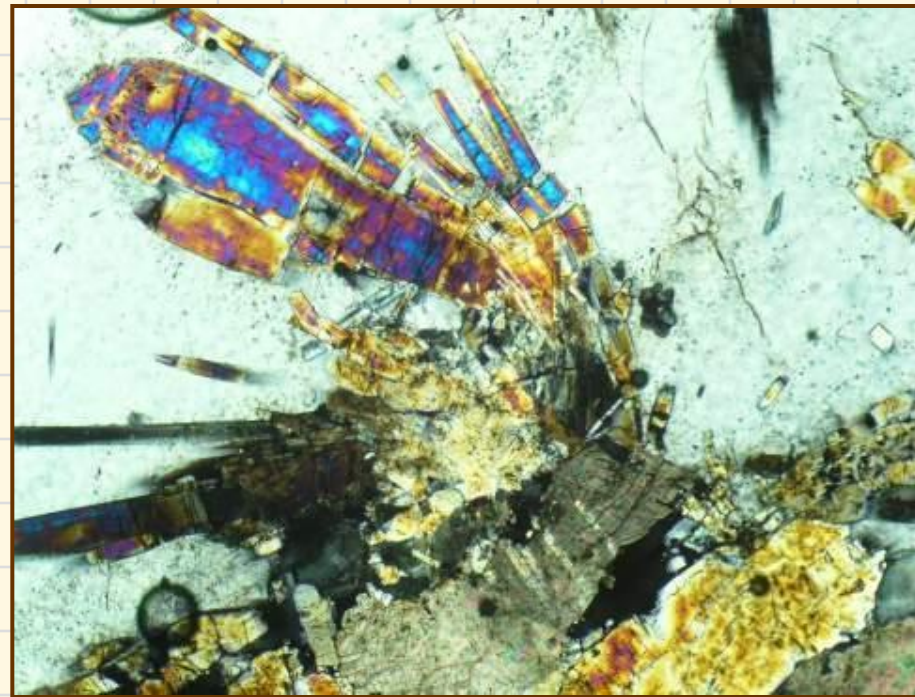
Цифровое фото шлифов образца  
(тонкие спилы, приклеенные на стекло)







Цифровое фото шлифов





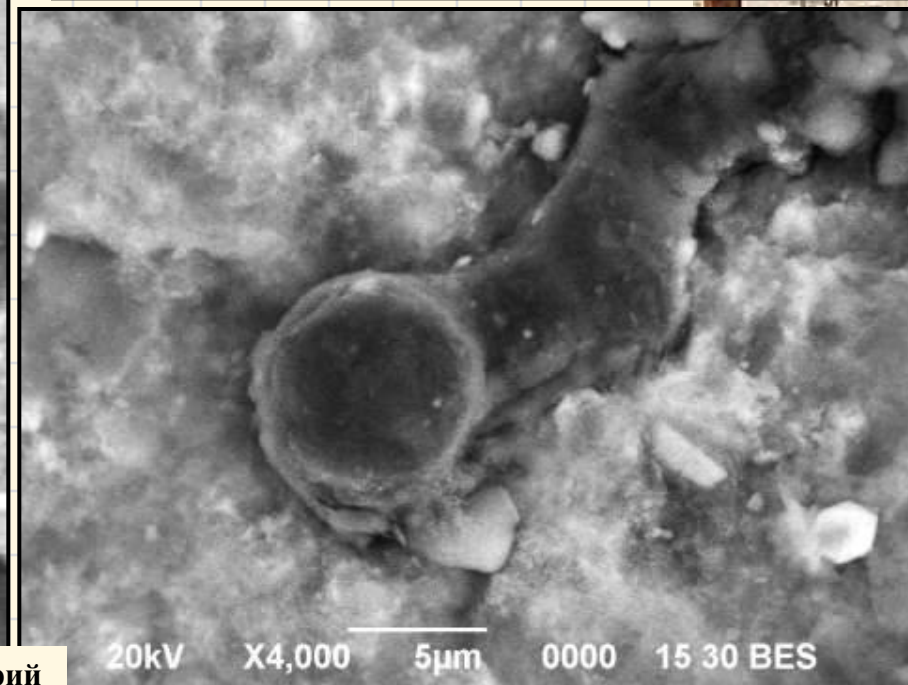
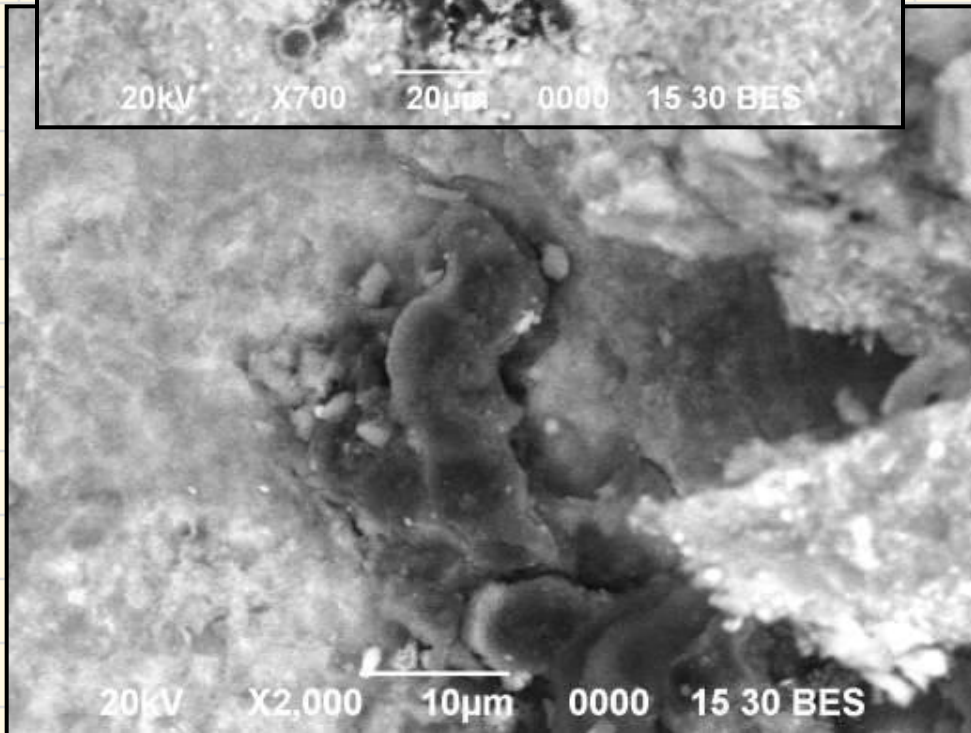
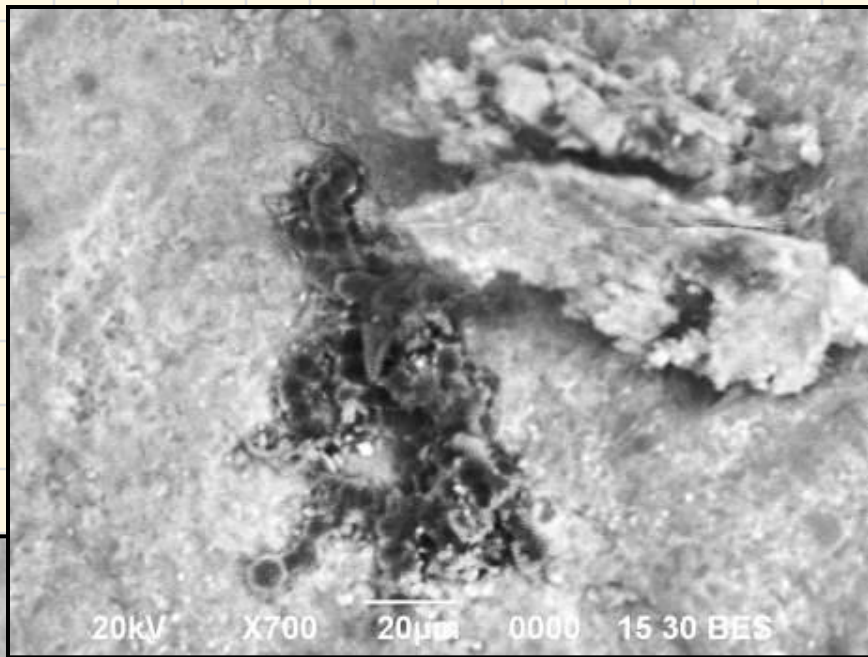
# Сканирующий электронный микроскоп

JSM – 6390LF



Исследуемый образец

# Микрофотографии сколов марганцево-рудных обособлений



Оруденелые агрегаты ископаемых марганцевых бактерий

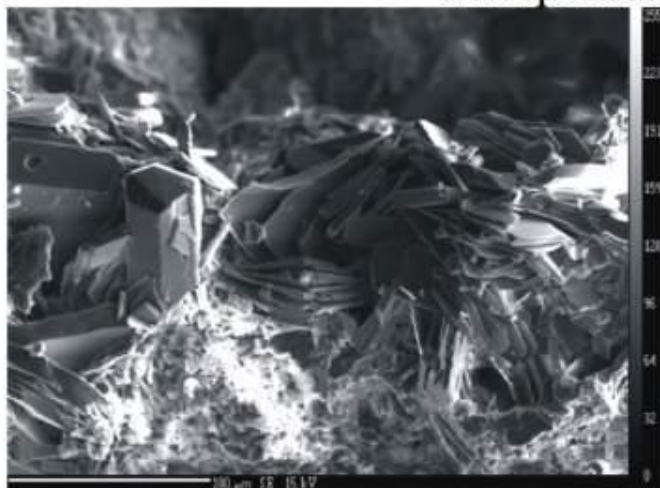


**Электронно-зондовый микроанализ химического состава**  
**Высокоточный количественный, полукачественный и оперативный качественный анализ**  
**элементов от Na до U**

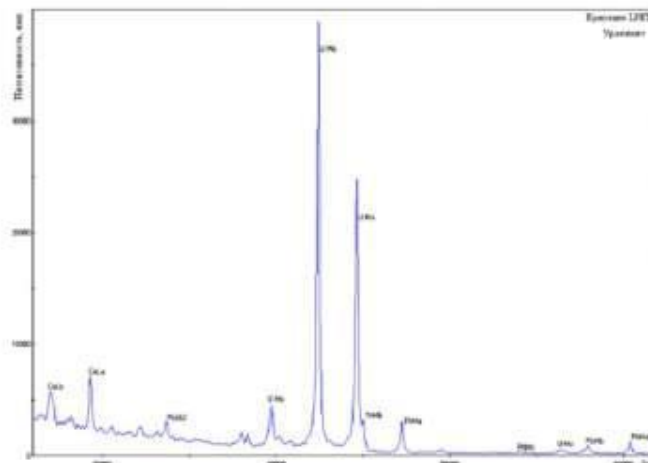


**Микроанализатор Cameca SX100**

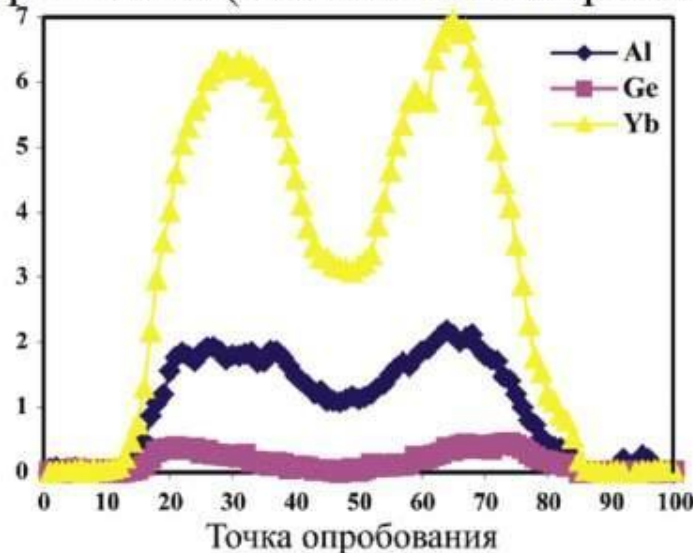
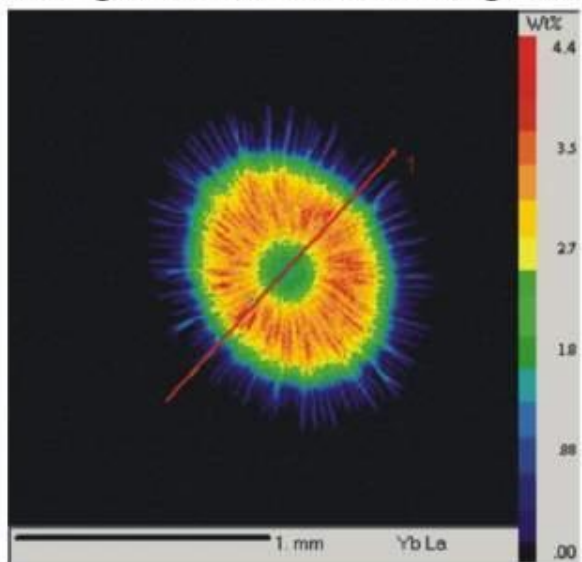




Сульфатные минералы (режим обратно-рассеянных электронов).



Рентгеновский спектр минерала уранинита (волновой спектрометр).



Карта распределения иттербия (а), содержание алюминия, германия, иттербия по профилю опробования (б) в заготовке оптически активного оптоволокна.



# Рентгенофлуоресцентный анализ элементного состава



Спектрометр VRA-30



Спектрометр CPM-18



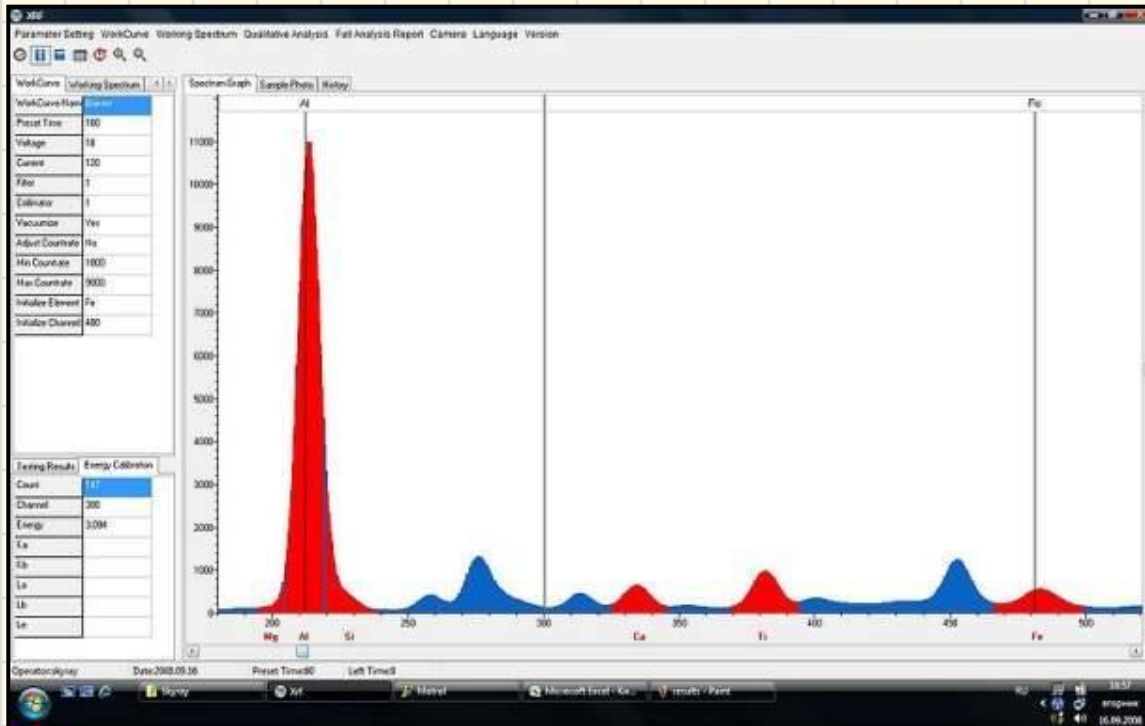
Спектрометр CPM-25



Камера спектрометра  
EDX-900HS с образцом

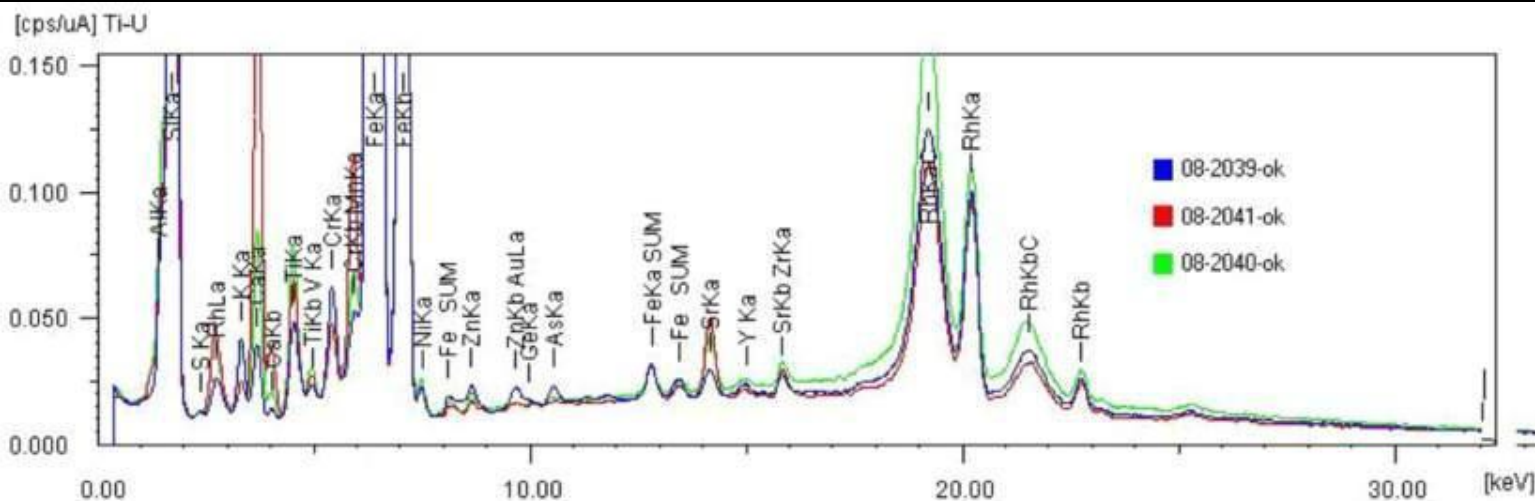


# Характерное свечение различных элементов





Энергодисперсионный спектрометр EDX-900HS, многоканальные волновые спектрометры СРМ-18, СРМ-25 и спектрометры VRA-30 (количественный анализ порообразующих и примесных элементов от Na до U с содержанием до 0,0п % с локальностью до 1 мм; высокая производительность; низкая стоимость анализа).



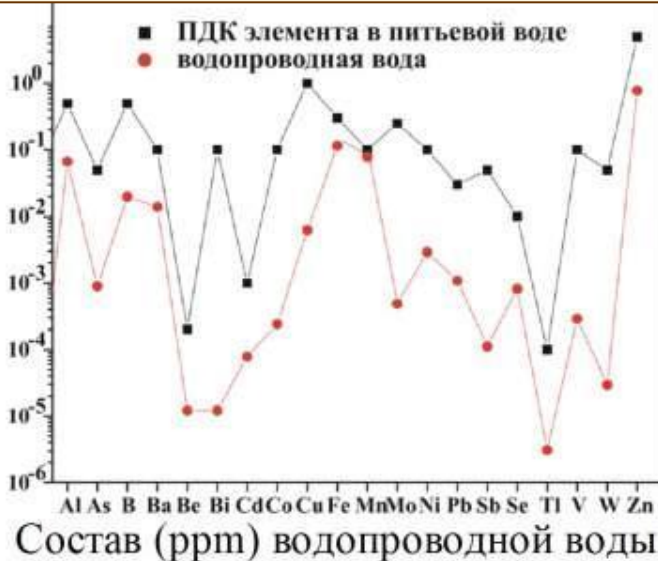
Типичные рентгенофлуоресцентные спектры горных пород различного состава

# Масс-спектрометрический анализ элементов и их изотопного состава

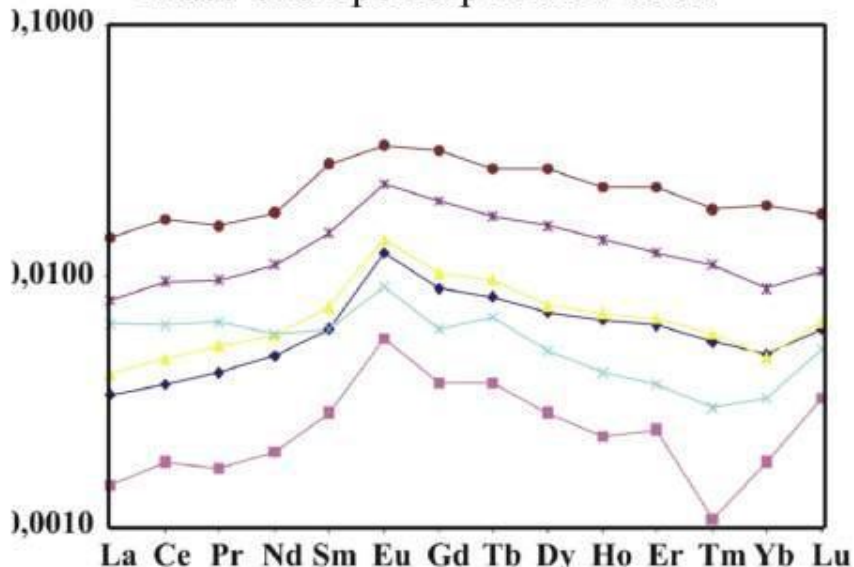
Высокоточное определение следовых содержаний элементов в жидких и твердофазных пробах



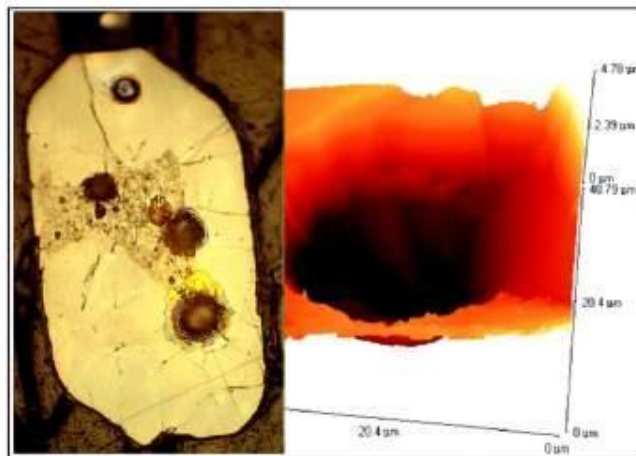
Масс-спектрометр ELAN-9000



Состав (ppm) водопроводной воды



Содержание редкоземельных элементов в костных остатках



Микрозерно циркона после лазерной абляции (данные ACM)



## Методики пробоподготовки к масс-спектрометрическим исследованиям



**Система микроволнового вскрытия MVS-3**



**Растворение  
(микроволновая печь,  
автоклав)**

**Подготовка поверхности**



**Модуль автоклавной пробоподготовки МКП-05**



**СВЧ-печь «Гефест»**



**Лазерная абляция проб**

**Горелка масс-спектрометра**



## Подготовка проб



### Изотопная геохимия и геология.

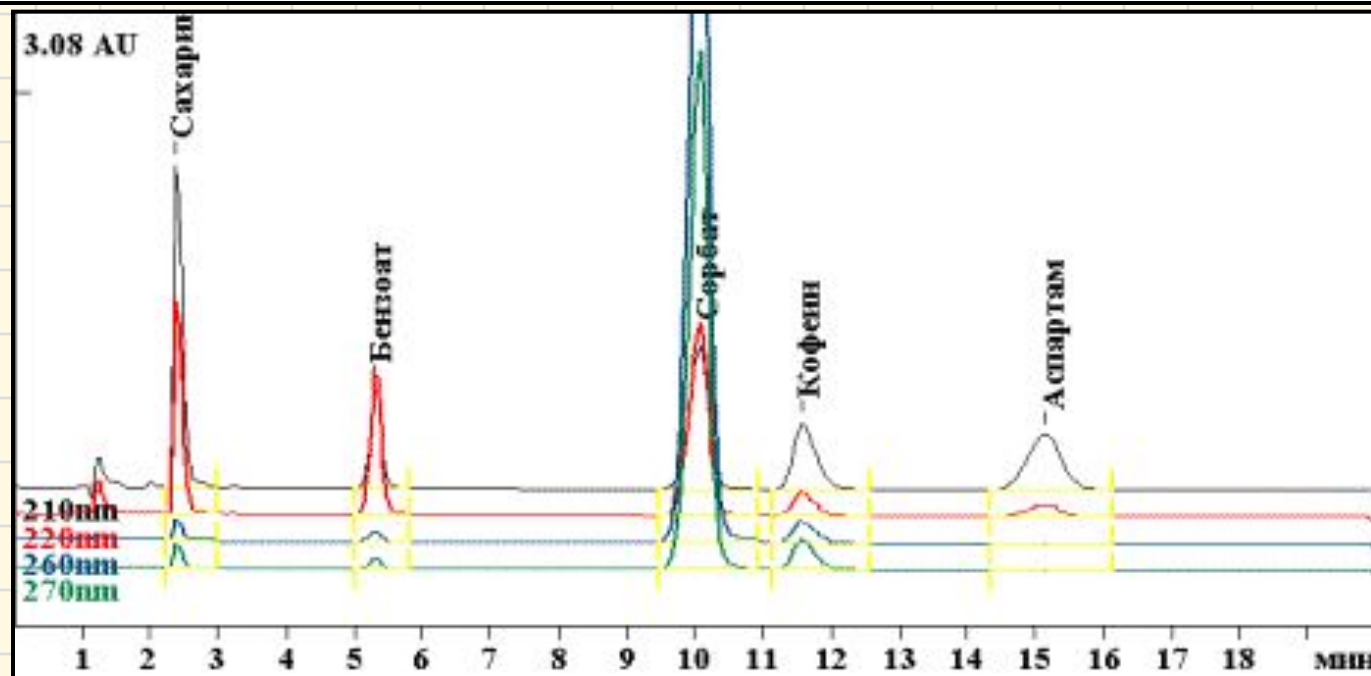
Рубидий-стронциевый, самарий-неодимовый и калий-аргоновый методы датирования геологических образований; изучение закономерностей распределения элементов платиновой группы в геологических объектах. Определение изотопных отношений  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ ,  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ,  $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ ,  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  и концентраций элементов платиновой группы с помощью масс-спектрометрических методов (TIMS, GSMS, ICPMS) изотопного разбавления (ID).



# Метод газовой хроматографии



Газовый и жидкостный хроматографы GC-2010 и LC-2010



## Спектральный и химический анализ



Спектрометр ContrAA 700



Эмиссионный спектрограф ДФС-13



Оптический спектрометр UV1240



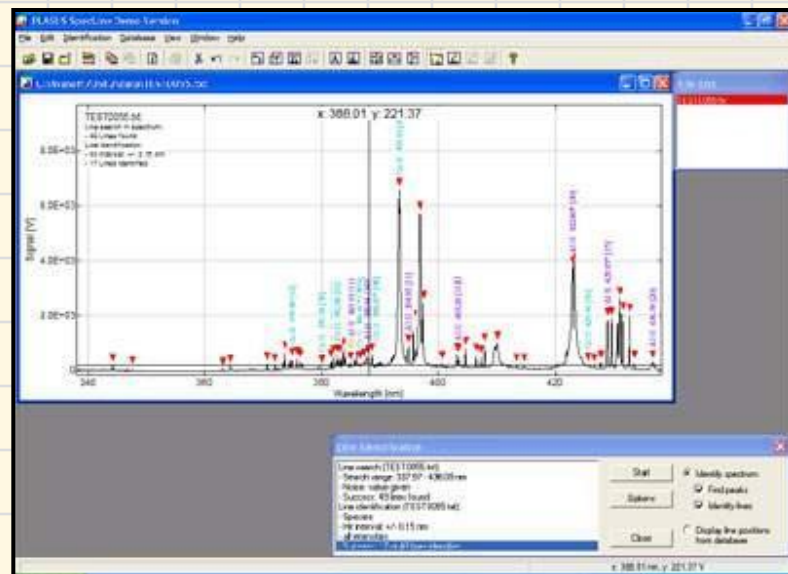
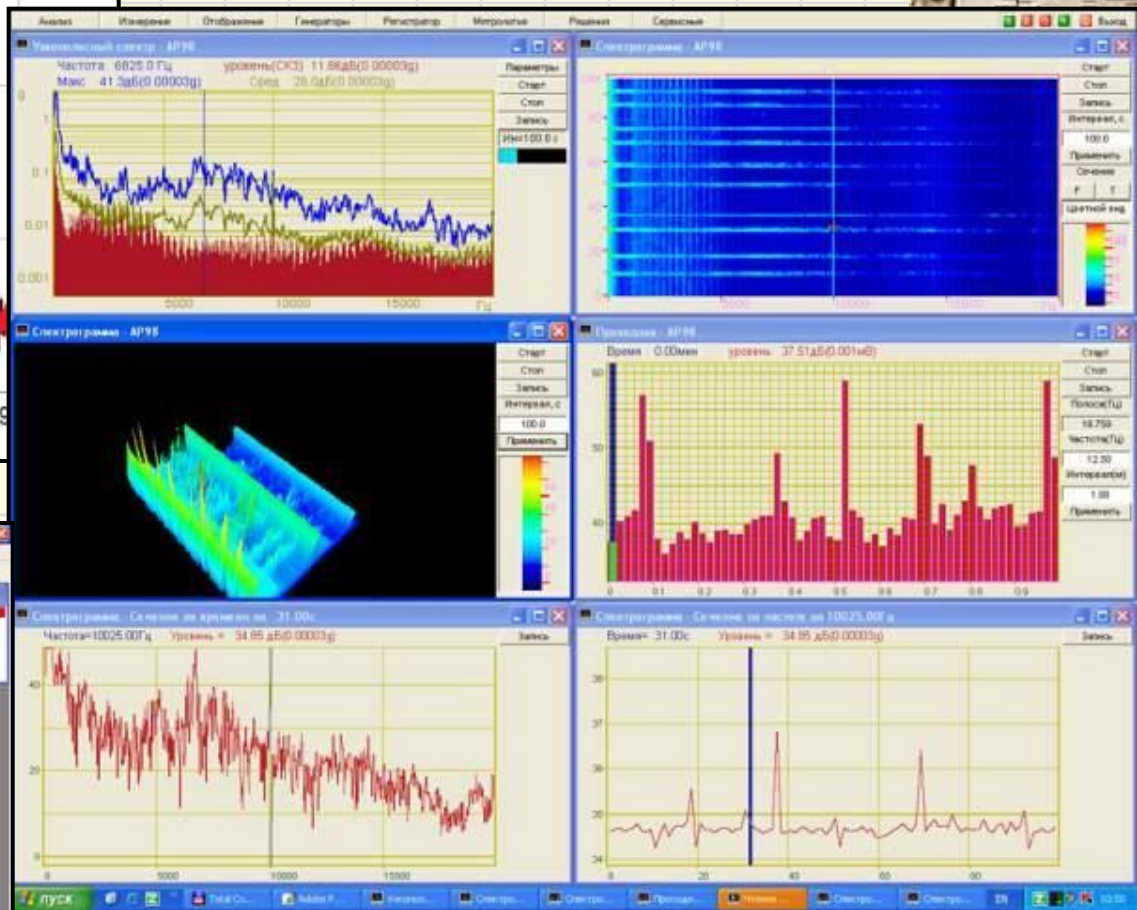
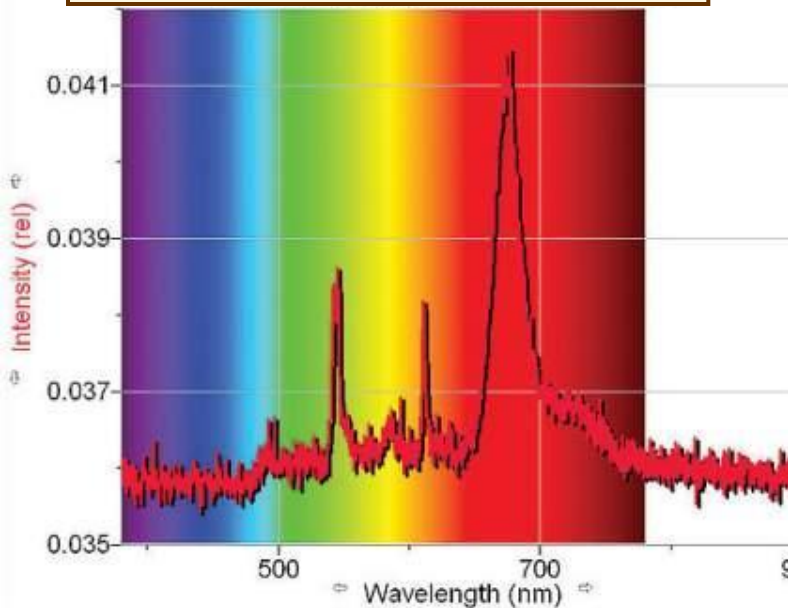
Спектрометр AA-6300





# Различные спектры объектов изучения

## спектральный анализ хлорофилла



## Спектральный и химический анализ.

Атомно-абсорбционный спектрометр высокого разрешения ContrAA 700 (первый в России) с источником непрерывного спектра фирмы Analytik Jena (высокоточное определение следовых содержаний 67 элементов; пламенная и электротермическая ионизация проб; высокая производительность); спектрометр атомной абсорбции AA-6300 фирмы Shimadzu. Атомно-эмиссионные спектрографы ДФС-13, PGS-2 с фотоэлектронной регистрацией и источником возбуждения дуги PRIMA (определение «тугоплавких» элементов, элементов платиновой группы, золота и др.). Классические химические методы анализа на содержание щелочных, породообразующих элементов, хлора, фтора и др..



Рентгеноструктурный анализ пород и минералов



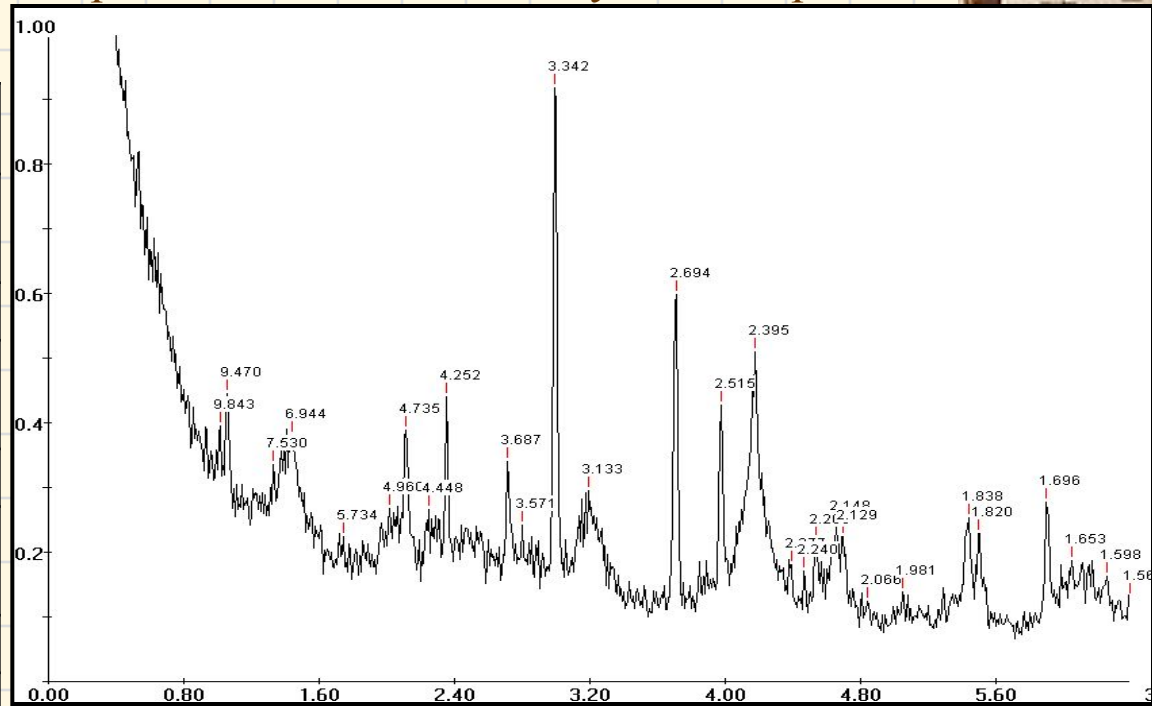
Дифрактометр XRD-7000



Дифрактометр ДРОН-3

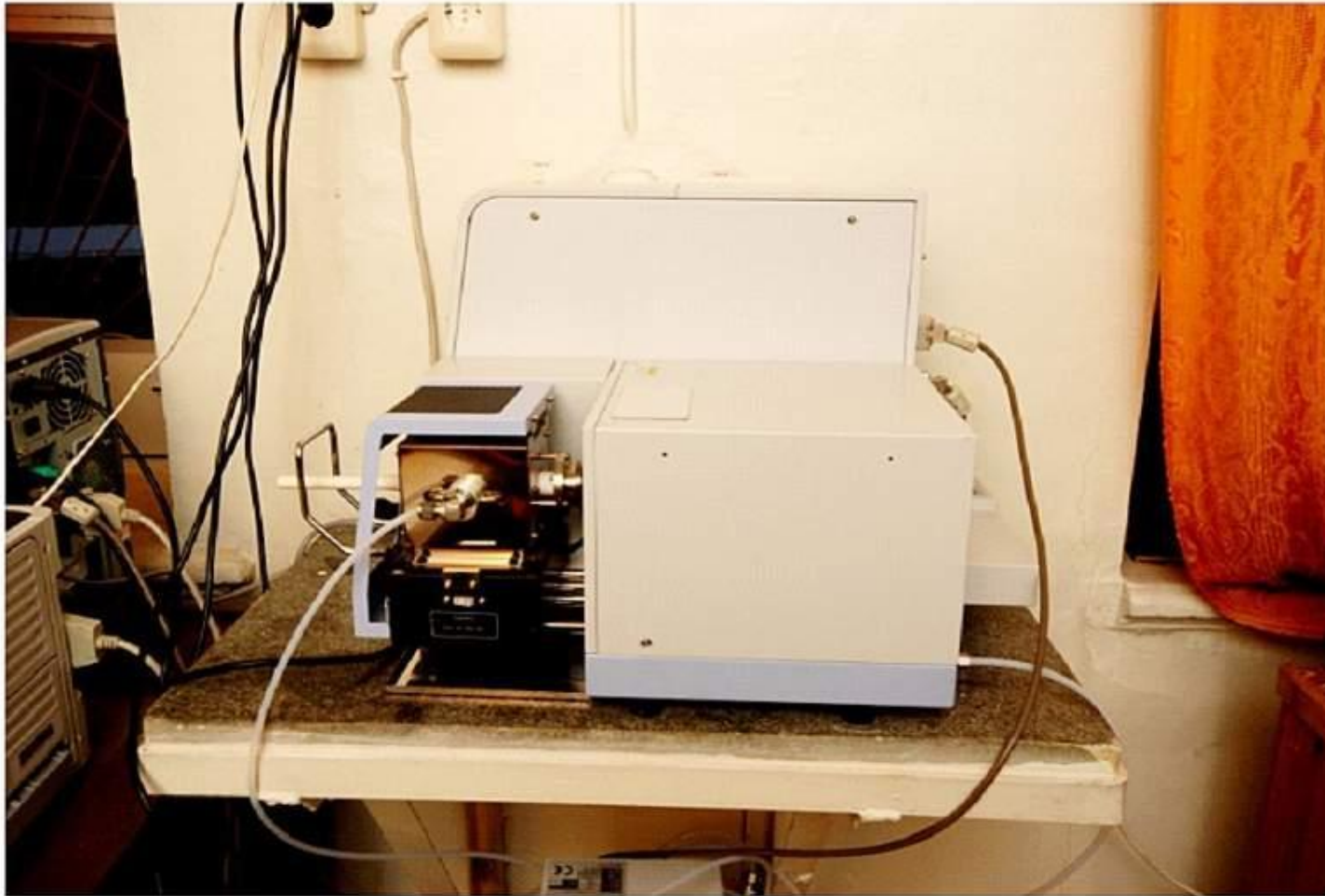
# Рентгенограмма и расшифровка минерального состава исследуемого образца

d, Å	Минерал	d, Å	Минерал
9,843		2,515	Гематит
9,470	Литиофорит	2,395	Вернандит
7,530		2,277	Кварц
6,944	Вернандит	2,240	Кварц
5,734		2,205	Гематит
4,96	Вернандит	2,148	Вернандит
4,735	Литиофорит	2,129	Кварц
4,448		2,068	
4,252	Кварц	1,981	Кварц
3,687	Гематит	1,838	Гематит
3,571		1,820	Вернандит
3,342	Кварц	1,696	Гематит
3,133	Вернандит	1,653	Вернандит
2,694	Гематит	1,598	Гематит





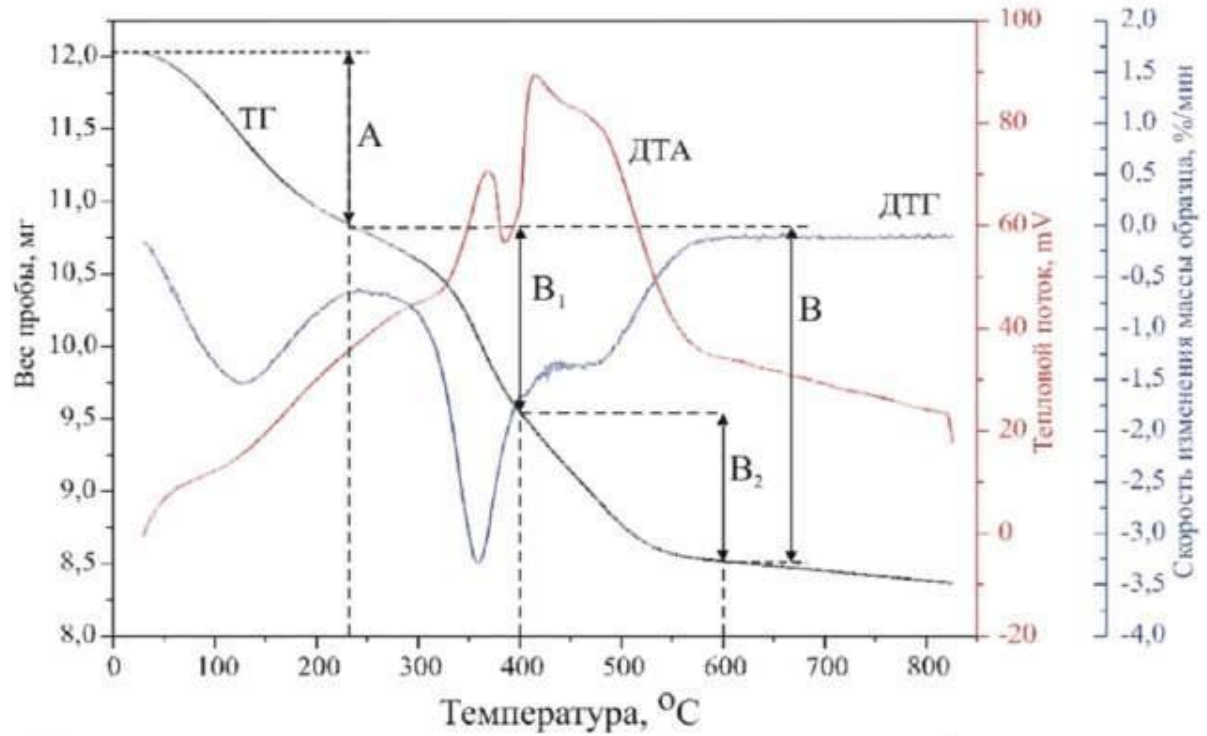
## Термический анализ пород, руд и минералов



Дериватограф Diamond TG-DTA



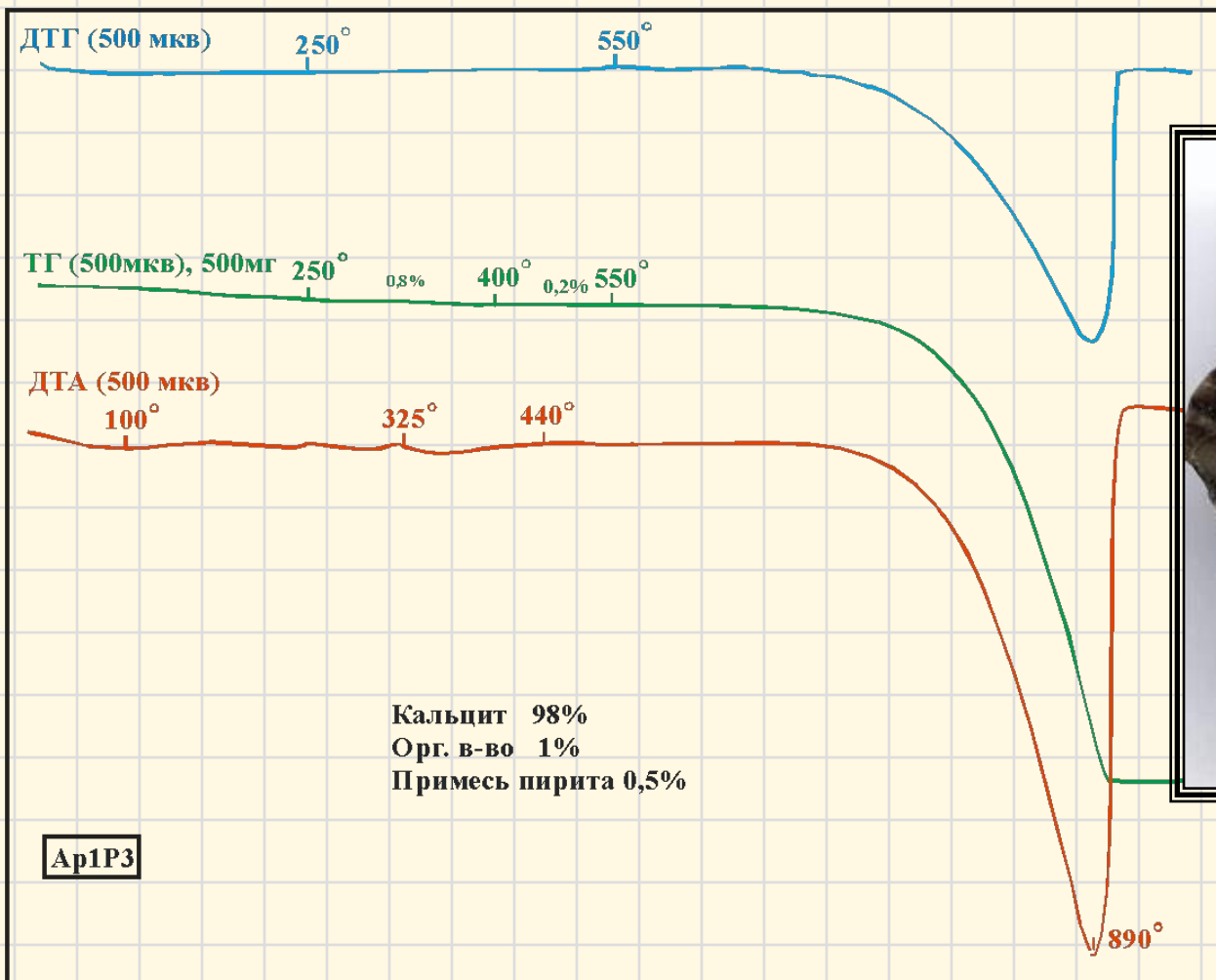
Дериватограф Q-1500



Дериватограмма ископаемого микрофрагмента челюсти водяной полевки (*Arvicola terrestris*) из Четвертичных отложений Урала



# Дериватограмма исследуемого образца (колония ископаемого коралла)



# Анализ физических свойств и точечных дефектов структур минералов

## Инфракрасная спектроскопия



ИК-Фурье спектрометр IR Prestige 21



ИК-Фурье спектрометр Spectrum

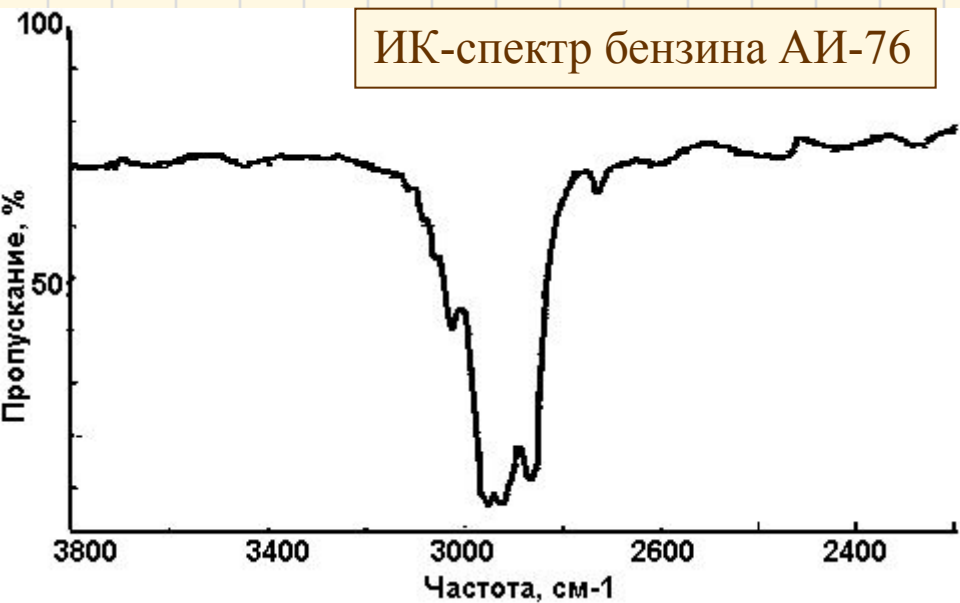
## Радиоспектроскопия



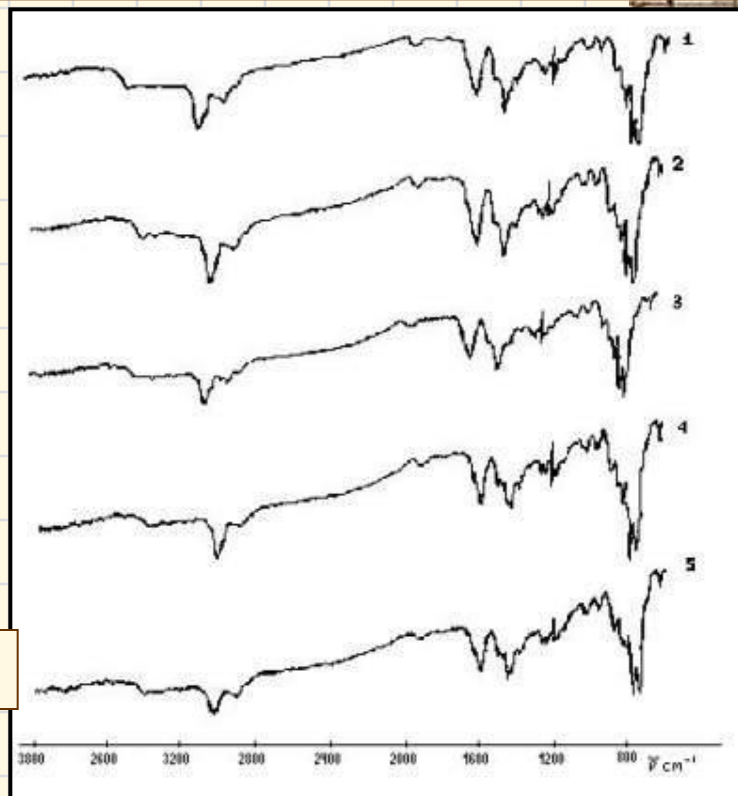
Радиоспектрометр ESR-70-03 DX/2



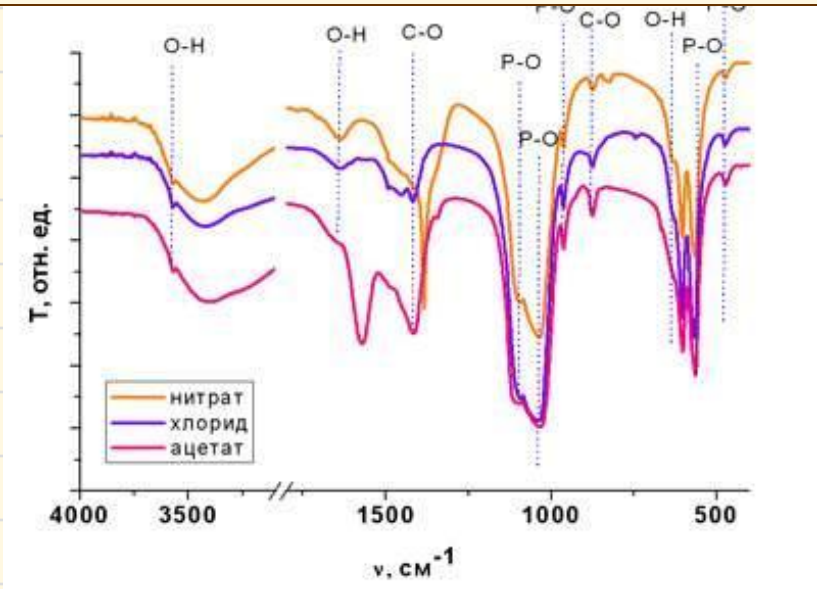
ИК-спектр бензина АИ-76



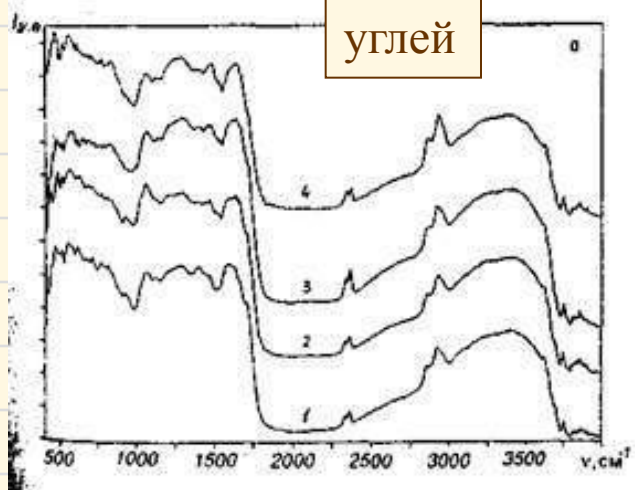
ИК-спектры каменноугольной смолы



ИК-спектры образцов гидроксилпатита кальция



углей



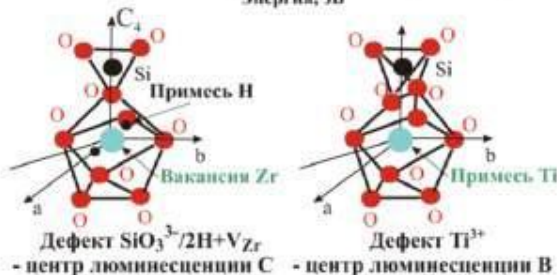
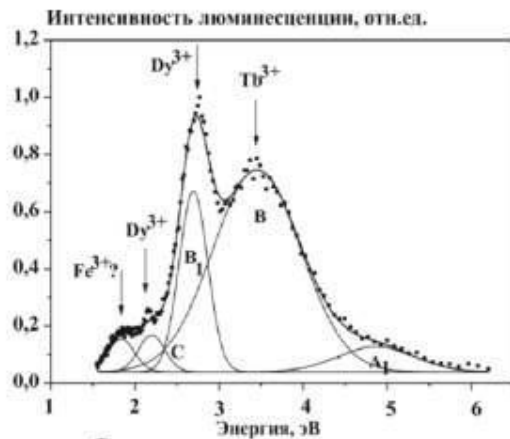
## Катодно-люминесцентный анализ



Прибор для анализа люминесценции



Низкие пределы обнаружения примесных ионов, редкоземельных элементов и дефектов структур



Спектр люминесценции минерала циркона и структурные модели центров