

«Геология – основа рационального природопользования»

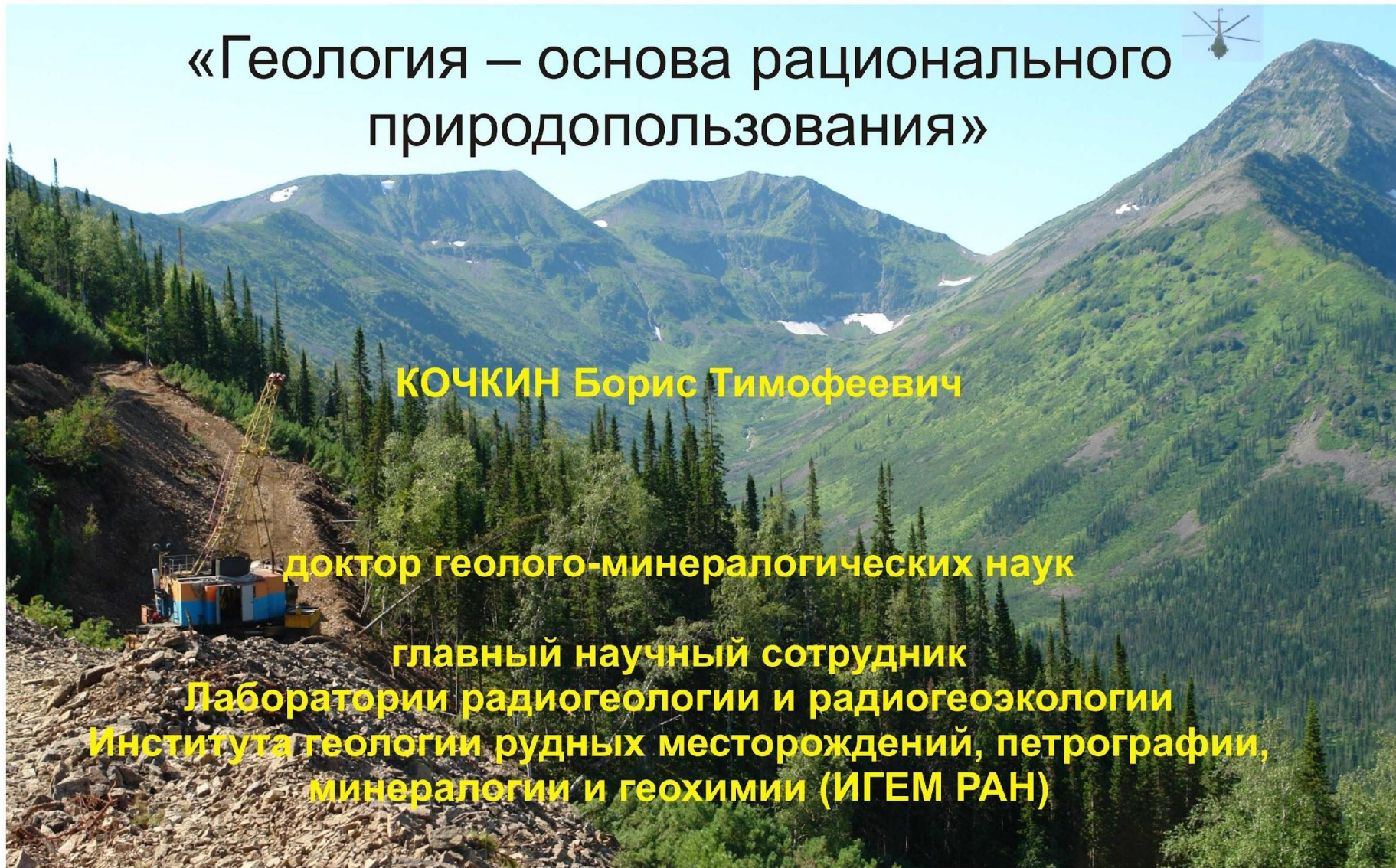


КОЧКИН Борис Тимофеевич

доктор геолого-минералогических наук

главный научный сотрудник

**Лаборатории радиогеологии и радиогеоэкологии
Института геологии рудных месторождений, петрографии,
минералогии и геохимии (ИГЕМ РАН)**



ЧАСТЬ 1 Введение к курсу

Геология -

«**Гео**» греч. Земля, «**логос**» – знание

– наука о строении Земли, о ее происхождении, возрасте, развитии и образовании полезных ископаемых
(самое общее определение).

– наука о строении, составе и истории развития Земли
(определение для экологов).

– наука, главной задачей которой является всестороннее изучение **литосферы** — внешней оболочки Земли, включающей земную кору и часть верхней **мантии** до **астеносферного** слоя
(определение для геологов).

Наш курс знакомство с понятийным аппаратом или иначе с **геологической терминологией**, которая может встретиться Вам в будущей природоохранной деятельности.

Об истории геологических знаний

Человечество стало использовать геологические дары Земли очень давно, например для изготовления орудий труда

ОРУДИЯ ТРУДА

Начало первобытной эпохи в истории человечества связывают с появлением каменных орудий труда. Именно поэтому этот период называют **каменным веком**.



По особенностям каменных изделий каменный век делят на:

- **палеолит** – древний каменный век,
- **мезолит** – средний каменный век,
- **неолит** – новый каменный век.

λιθος -
камень

πετρα –
скала,
камень

Палеолит начался ок. 2,5 млн лет назад. Возраст планеты Земля ок. 3,4 млрд. лет.

Об истории геологических знаний

июнь 2017

В центре Москвы найдены каменные орудия времен мезолита и неолита

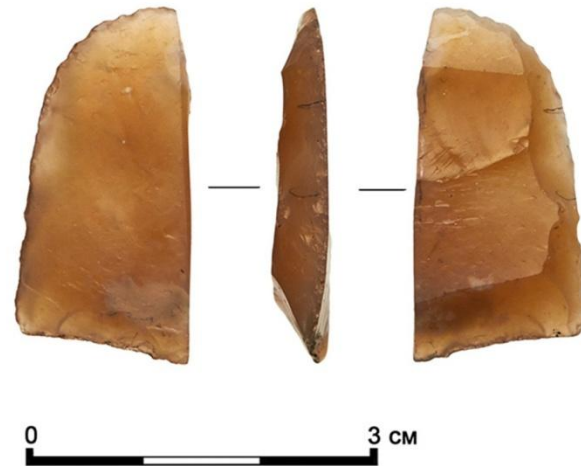
Эпоха неолита (V-III тысячелетие до нашей эры) .



Кремниевый резец

ул. Сретенка

Кремниевый скребок. Мезолит
(VII тысячелетие до нашей эры)



ул. Покровка

Об истории геологических знаний

Медный век

- **Медный век, меднокаменный век, халколит** - эпоха в развитии человечества, переходный период от неолита (каменного века) к бронзовому веку. Термин предложил в 1876 г. на международном археологическом конгрессе венгерский археолог .
- Медный век приблизительно охватывает период IV—III тысячелетия до н. э., но на некоторых территориях существует и дольше, а на некоторых отсутствует вовсе. Чаще всего энеолит относят к бронзовому веку, но иногда считают и отдельным периодом. Во времена энеолита были распространены медные орудия, но преобладали по-прежнему каменные.



Затем наступила эпоха металлов - ок. 4000 лет назад

Бронзовый век

Бронзовый век — период в истории первобытного общества, характеризующийся ведущей ролью изделий из бронзы, что было связано с улучшением обработки таких металлов как медь и олово, получаемых из рудных месторождений, и последующим получением из них бронзы. Бронзовый век является второй, поздней фазой эпохи раннего металла, сменившей медный век и предшествовавшей железному веку. В целом, хронологические рамки бронзового века: 35/33 — 13/11 вв. до н. э., но у различных культур они отличаются.

Железный век

Железный век — период в истории первобытного общества, характеризующийся распространением металлургии железа и изготовлением железных орудий. Уже выходит за рамки истории собственно первобытного общества, так как в конце неолита уже возникли первые цивилизации.

Железный век в Европе начался ок. 900 лет до н.э. (2900 лет назад)

Об истории геологических знаний

Большинство месторождений металлов в глубокой древности было открыто случайно. Не надо было обладать знаниями для того, чтобы поднять с поверхности земли золотой самородок. Случайно можно было извлечь из кострища остывший слиток свинца или меди.

Отсутствие знаний о природе металлов и происхождении месторождений породило расцвет алхимии в Средние века.

Металлы древности на службе у человека

Семь металлов создал свет
по числу семи планет ...

Алхимики

| | | | |
|---------|------|---|---------------|
| Золото | (Au) | – | солнце |
| Серебро | (Ag) | – | луна |
| Ртуть | (Hg) | – | меркурий |
| Медь | (Cu) | – | венера |
| Железо | (Fe) | – | марс |
| Олово | (Sn) | – | юпитер |
| Свинец | (Pb) | – | сатурн |



Об истории геологических знаний

Знаменитый ученый древнего мира Плиний Старший. В его трудах содержатся зачатки геологических знаний.

Горные промыслы в Европе - средние века.

В окрестностях Великого Новгорода добывали железо из болотных руд, на Белом море – слюду, которая в прошлом веке была названа мусковитом (от слова «моска» - Москва).

Геология оформилась как наука только в XVIII - XIX веках.

Были выявлены закономерности и гипотезы.

Сейчас кажутся наивными.

У нас принято отмечать вклад в геологию М.В. Ломоносова, написавшего труд, озаглавленный им «О рождении металлов от трясения земли».

● Редкоземельные элементы и редкие металлы , используемые в современной технике

- металлургия,
- электроника,
- атомная энергетика,
- машиностроение,
- авиа- и автостроение,
- волоконная оптика,
- биопрепараты,
- люминофоры,
- катализаторы,
- постоянные магниты,
- кислородные сенсоры,
- лазеры,
- химические источники тока,
- ядерные топливные композиции,
- нефте- и газодобывающая промышленность,
- и другие



Сегодня в мобильном телефоне используются сплавы и материалы из более, чем 50 химических элементов.

Сегодня человек использует не только металлы:

Типизация минеральных ресурсов:

рудные полезные ископаемые - *руды металлов*

горючие полезные ископаемые - *нефть, уголь, газ и горючие сланцы*

горно-химическое сырье - *апатиты, фосфориты, минеральные соли...*

строительные материалы - *щебень, песок, глина, известняк, мрамор, гранит и др.*

ювелирное сырье - *драгоценные и поделочные камни (алмазы, яшма и др.)*

еще есть **техническое сырье** (*наждачный камень, технические алмазы ...*) и **вода** (*пресная, минеральная, термальная ...*)

рудные полезные ископаемые

Руда металлов - понятие экономическое. Природное скопление металла в минеральных образованиях, становится рудой в том случае, если содержит полезный компонент в таких соединениях и концентрациях, при которых их промышленное использование технически возможно (есть технология извлечения) и экономически целесообразно (затраты окупаются).



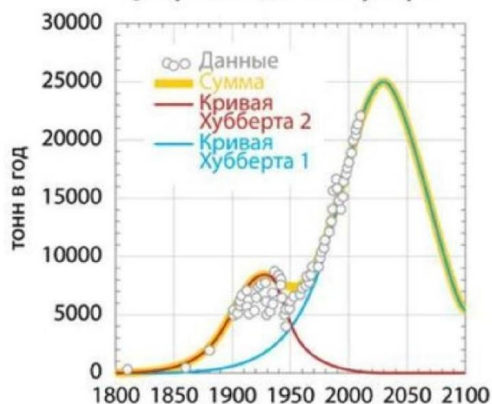
медная руда



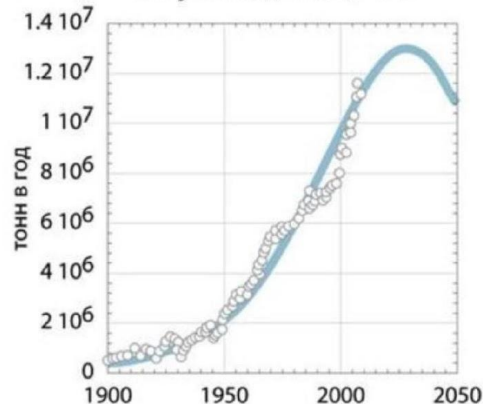
никелевая руда

Пик добычи рудных полезных ископаемых

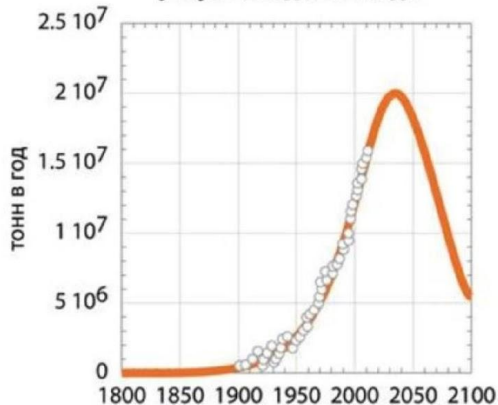
5. Производство серебра



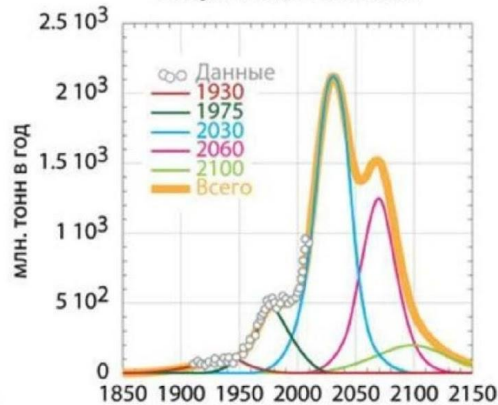
6. Производство цинка



7. Производство меди



8. Производство железа



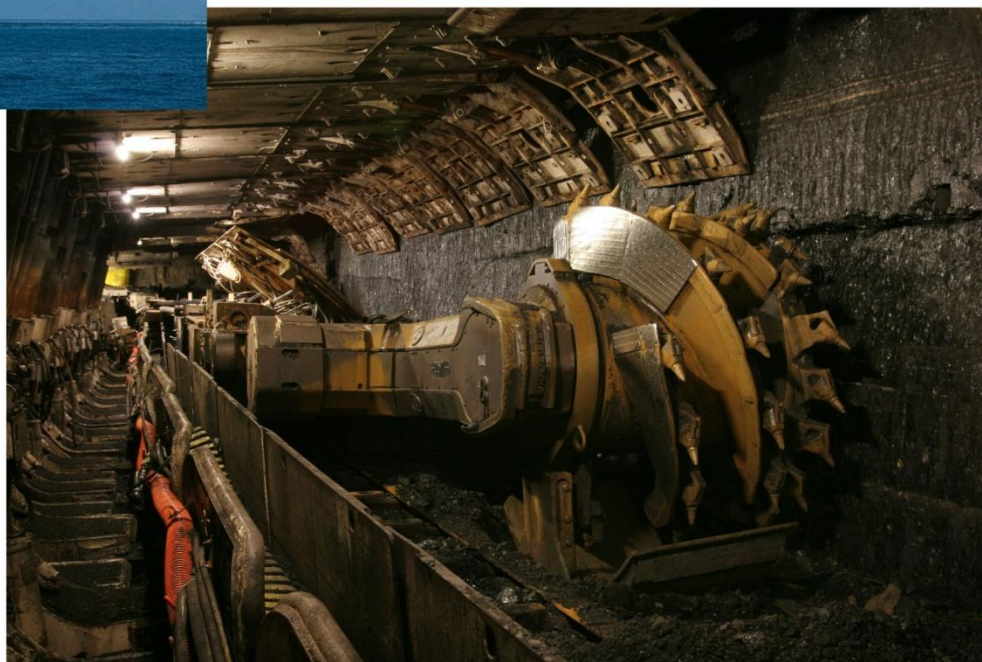
Имеющиеся запасы могут закончиться. Нужны новые месторождения, новые технологии, переработка и вторичное использование отходов.



Кроме металлов, которые добываются из руд, человечество добывает и использует строительный камень, песок, глину и прочие горные породы.



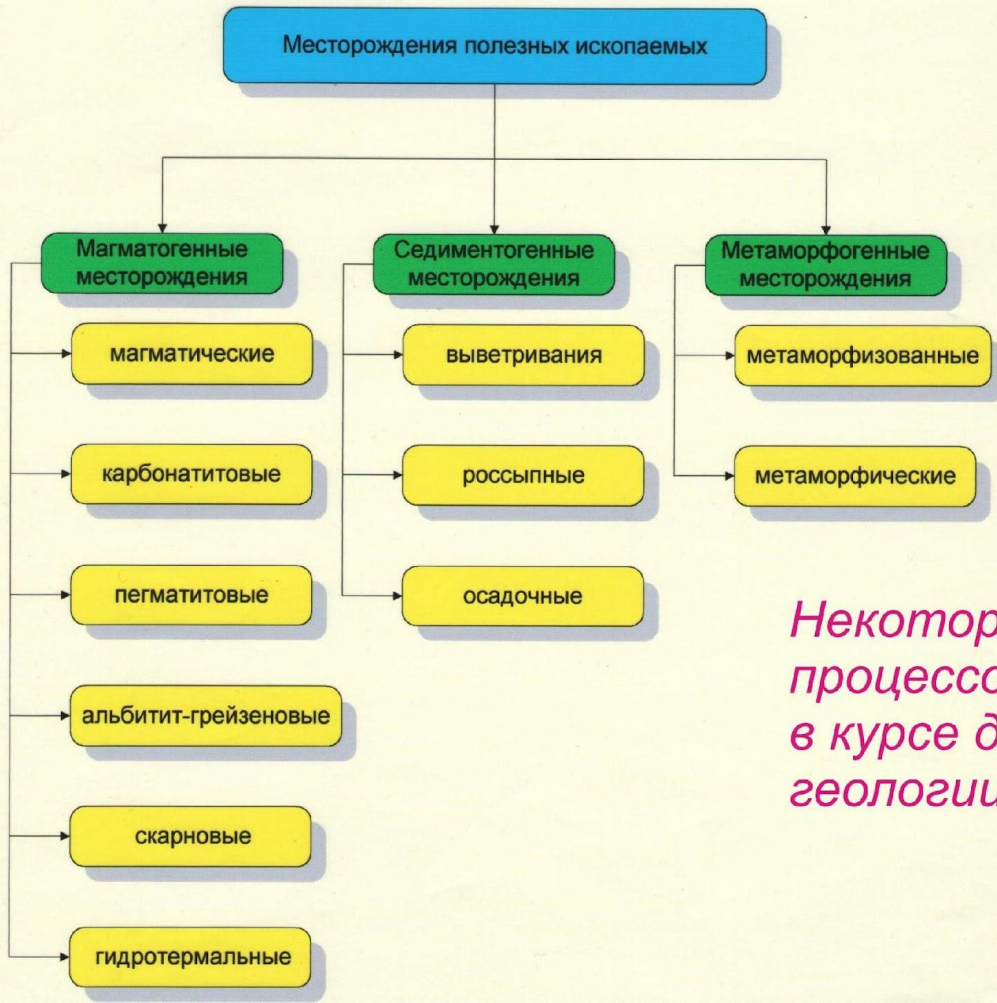
Человечество добывает
энергоресурсы:
нефть, газ и уголь ...





Вода тоже может быть полезным ископаемым.

Генетическая классификация месторождений полезных ископаемых



Учение о месторождениях полезных ископаемых изучает процессы формирующие руды разных типов

Некоторые из этих процессов мы рассмотрим в курсе динамической геологии

Геология - это может быть просто красиво!



Красочные горы Quebrada de Humahuaca в Аргентине

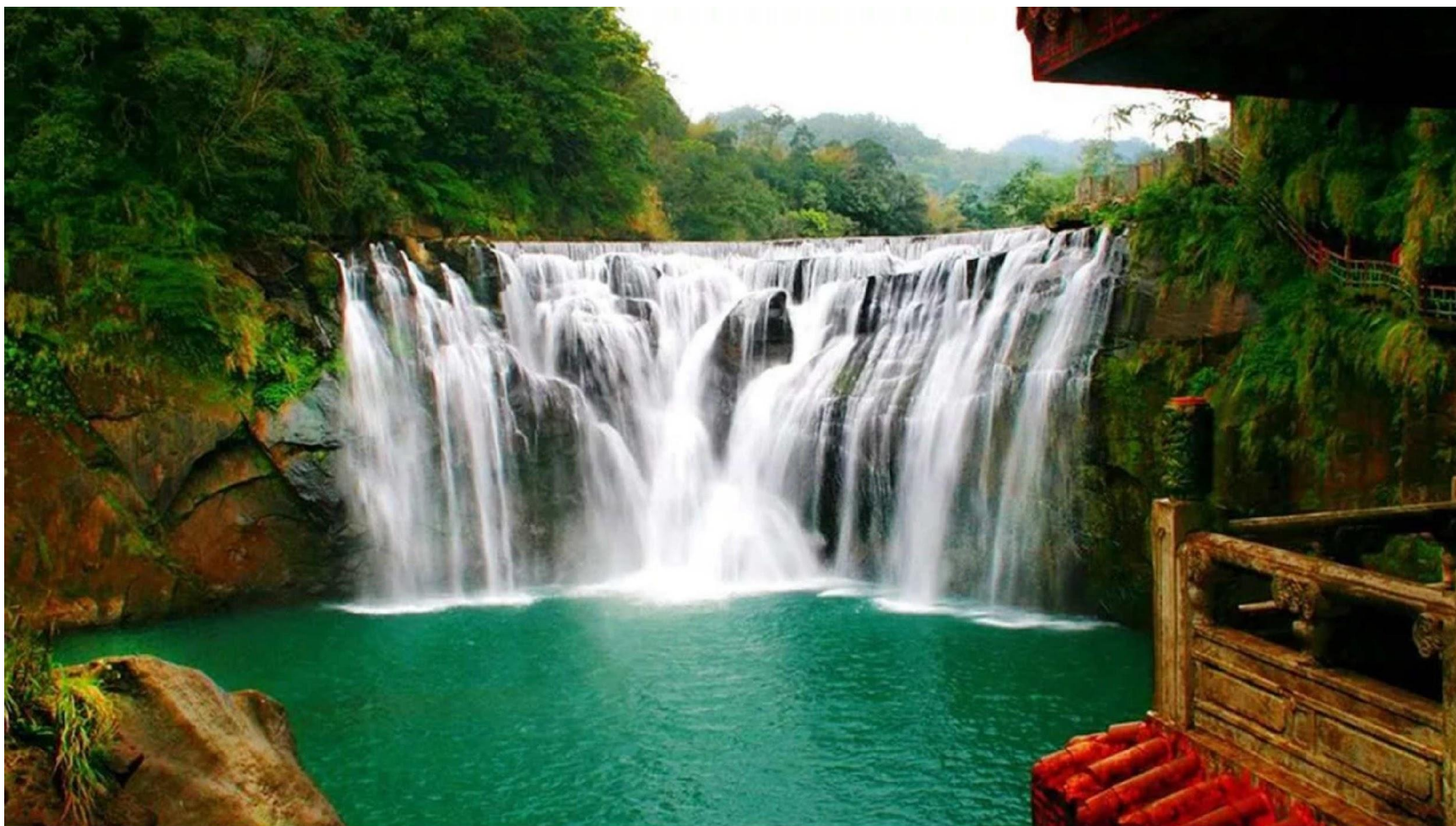
Просто красиво



Удивительное геологическое образование под названием "Волна" находится в США на границе штатов Аризона и Юта.



Удивительные известняковые образования “Гриб” и “Курица”. Белая Пустыня, Египет.



Водопад Шифен, Тайвань



Красиво!
“Столловые горы”

На Гвианском плоскогорье Латинской Америки — в Венесуэле, Бразилии и Гайане, расположены скалы с плоскими пиками, именованные на местном наречии коренных народов – тепуи (Теруи), что означает «дом богов». Состоят скалистые образования Теруи из отвесных блоков докембрийского кварцевого песчаника. Они обособлены от окружающего ландшафта и нависают в виде островов высотой 1-3 тыс. метров над тропическим лесом.



Глаз Сахары ("Ришат"). Геологическая достопримечательность Земли, которое видно только из космоса. Это круглое геологическое образование расположено в западной части пустыни Сахара в Мавритании. Его диаметр 50 км.

О тех геологических процессах, благодаря которым сформировались геологические достопримечательности, вы узнаете из лекций по динамической геологии. Там же вы узнаете о разнообразных геологических процессах, представляющих опасность для человека: землетрясения, вулканы, сели и прочее (предмет науки геоэкология).



Вулкан Мауна-лоа, Гавайи



Последствия селя


Не́дра — часть земной коры, расположенная ниже почвенного слоя, а при его отсутствии — ниже земной поверхности и дна водоёмов и водотоков, простирающаяся до глубин, доступных для геологического изучения и освоения.



**Недра
Земли**



Что представляют собой недра Земли?
Ответы на эти и многие другие вопросы
дает нам **теоретическая геология**.



Все полезные ископаемые отличаются способом образования (генезисом) и условиями залегания. При их добыче загрязняется окружающая среда.

**Где искать новые руды, нефть, газ, алмазы?
Какие факторы влияют на экологию?
Ответы на все эти и многие другие вопросы
дает нам *прикладная геология*.**

ДОБЫЧА ИСКОПАЕМЫХ И ЭКОЛОГИЯ

При шахтной добыче извлекается практически только руда.

При открытом способе на каждую тонну добытой руды в карьере всегда приходится извлекать из недр несколько тонн пустой породы, — так называемой «вскрыши» (до 10 т на т и более).

Объем вскрыши увеличивается с глубиной карьера.

Крупные карьеры в конце своего развития представляют собой огромные выработанные котлованы и объемные отвалы пустой породы, существенно нарушающие природу.



Загрязнение среды при добыче полезных ископаемых



Урал, г.Карабаш,
медные рудники

Техногенные аварии при добыче полезных ископаемых



г. Соликамск, провал грунта над соляной шахтой

ДОБЫЧА ИСКОПАЕМЫХ И ЭКОЛОГИЯ

Типы ущерба, которые наносит окружающей среде и людям добыча полезных ископаемых:

- нарушения почвенного слоя и растительности вокруг горных выработок
- обширное изменение ландшафта в виде котлованов и гор отвалов пустой породы после открытой или шахтной отработки месторождений
- химическое загрязнение почв, поверхностных и подземных вод вокруг рудо-перерабатывающих и горно-химических предприятий
- разрушения сооружений и коммуникаций в случае провалов грунта над горными выработками
- ухудшение здоровья, физические увечья и летальные исходы среди персонала и местного населения

Задачи государства по охране среды

- Разработка нормативных документов,
- Определением безопасных концентраций химических элементов и соединений
- Мониторинг токсичных соединений в окружающей среде
- Утилизация отходов и ликвидация загрязнений.

Кто-то из вас возможно будет трудиться в какой-то из подобных организаций.

Рекультивация загрязненных территорий



ФРГ. Лихтенберг, карьер - фото 1991г., “зеленая лужайка” - фото 2015г.

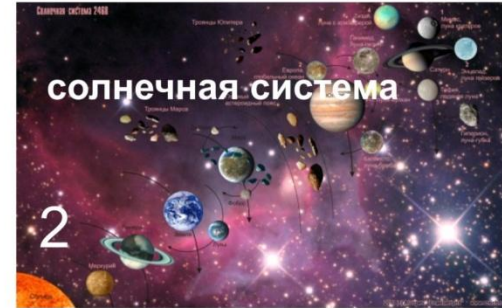
ЧАСТЬ 2 ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Объекты изучения геологии (Размерность геологических тел)

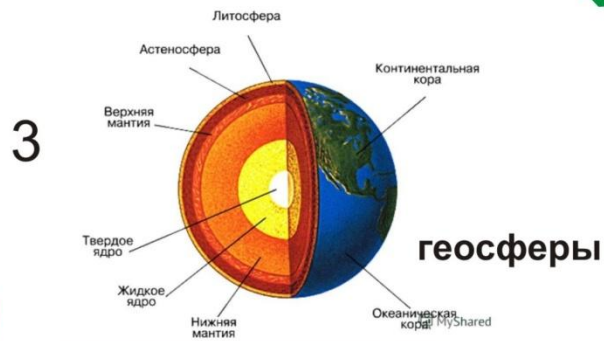
Структурные уровни организации материи во Вселенной



Звездный уровень



Планетарный уровень



Молекулярный уровень

6 молекулы

7 атомы

8 элементарные
частицы

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

1. изучение вещественного состава геологических тел (уровень 5 и ниже)

минералогия изучает минералы, их состав, свойства, условия образования

кристаллография рассматривает внутреннюю структуру минералов, их кристаллическую решетку;

петрография изучает горные породы, которые состоят из минералов

геохимия изучает распределение химических элементов в земной коре, горных породах, воде и породах других планет (космохимия);

гидрогеология исследует состав подземных вод;

2. изучение структур и процессов (3 и 4 уровень)

динамическая геология изучает разнообразные процессы: вулканизм, образование рельефа, возникновение землетрясений, деятельность рек, морей и океанов, образование складок в земных пластах, движение земной коры;

петрология и литология – способы образования горных пород (магматических и осадочных);

геокриология изучает вечную мерзлоту и процессы в ней

гидродинамика исследует движение подземных вод;

геофизика - проникновение в глубины Земли с помощью физических методов, подразделяется на много дисциплин

3. изучение последовательности образования геологических тел (3 и 4 уровень)

историческая геология занимается историей нашей планеты

стратиграфия занята изучением последовательности образования пластов и установлением их возраста;

палеонтология – наука о древнем животном и растительном мире;

4. прикладное направление (применение геологических знаний в практике)

геология полезных ископаемых - учение о рудных месторождениях, а нефть и каменный уголь исследуют специалисты по горючим полезным ископаемым;

инженерная геология и грунтоведение - изучение верхних слоев недр для строительства

геологические карты составляют специалисты по геологической съемке и поискам месторождений полезных ископаемых.

экологическая геология (или геоэкология) - охрана окружающей среды и земных недр

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ГЕОЛОГИЯ или ГЕОЭКОЛОГИЯ

Геоэкология – междисциплинарная наука об экологических проблемах внешних геосфер Земли. (Осипов В.И., 1993)

Экологическая геология: междисциплинарная наука, изучающая состав, структуру, закономерности функционирования и эволюции естественных и антропогенно измененных экосистем высокого уровня организации. (Трофимов, 1994)

Три основных объекта – литосфера, включая почву и ландшафты (абиотический), биота (биотический) и источники воздействия на оба компонента техногенного и природного происхождения

Направления

- изучение закономерностей миграции и концентрирования химических элементов разного происхождения в окружающей среде;
- изучение опасных природных процессов, таких как оползни, карст, землетрясения и другие, методы их прогноза и предупреждения.

В любом случае, базу знаний для этой науки дает общая геология.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ГЕОЛОГИЯ или ГЕОЭКОЛОГИЯ

Опасность природная – процесс, свойство или состояние определенных частей литосферы, гидросферы, атмосферы или космоса, представляющие угрозу для людей, объектов экономики и (или) окружающей среды.

Экологический ущерб — это вред, нанесенный окружающей среде, выраженный в натуральных единицах измерения. Например, количество загрязняющих веществ, попадающих в окружающую среду; количество безвозвратно используемых природных ресурсов и т. д.

Риск природный – вероятностная мера соответствующей природной опасности (совокупности опасностей), установленная для определенного объекта в виде возможных потерь (ущерба) за определенное время.

Уязвимость – свойство материального объекта утрачивать способность к выполнению своих естественных или заданных функций в результате воздействия опасного процесса.

Методология геологических исследований

Метод актуалима - один из важнейших методологических принципов геологического познания.

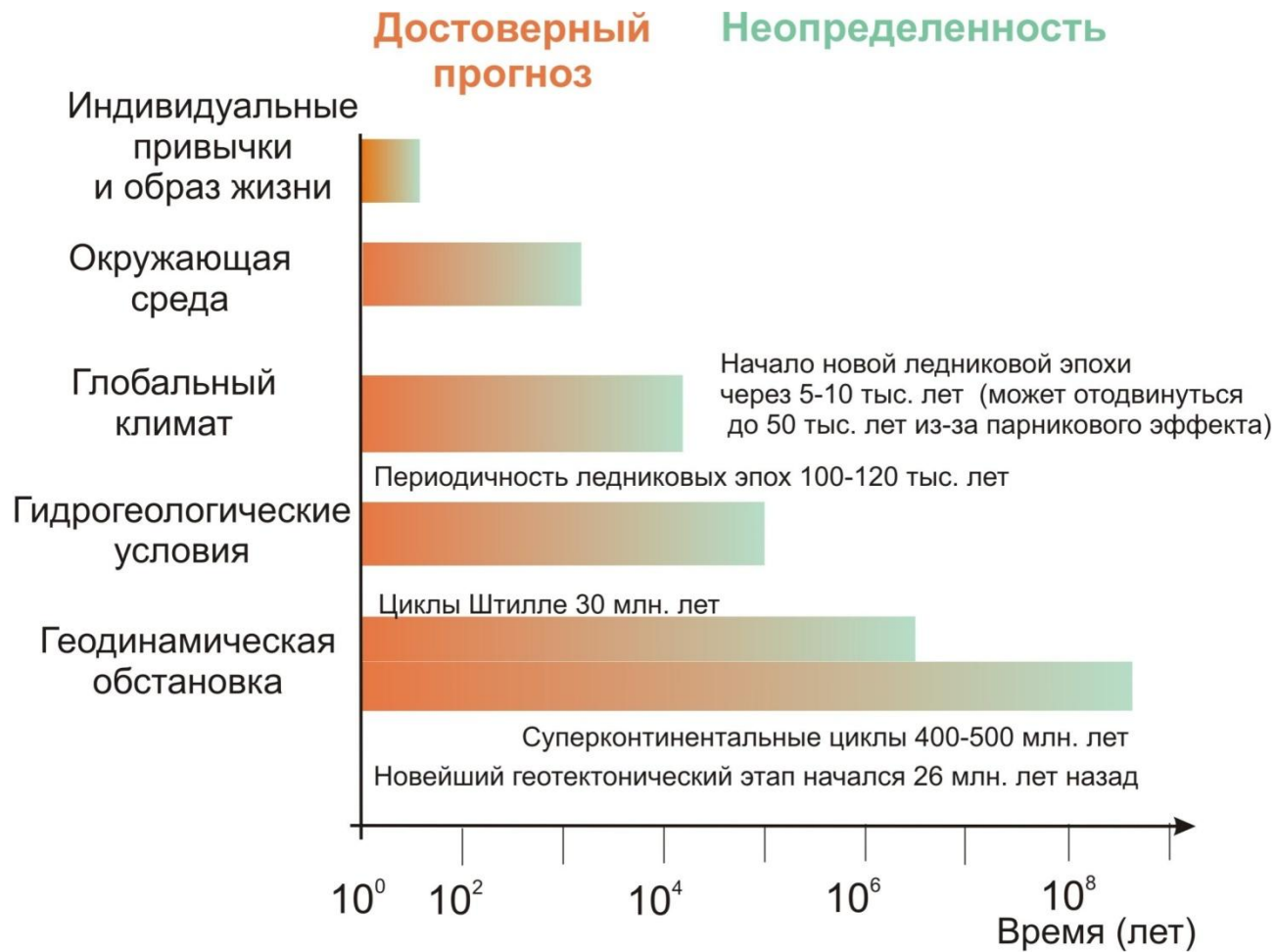
Крупнейший английский геолог XIX в. Ч. Лайель: «Настоящее есть ключ к познанию прошлого для правильного прогноза будущего».

Сравнительно-исторический анализ проводится с учетом того, что конкретные геологические условия в прошлом отличаются от современных. Изменялись климат, состав атмосферы, рельеф, водный баланс, положение Мирового океана и континентов относительно полюсов и многое другое).

Системный подход в геологических исследованиях - рассматривать все геологические явления всесторонне и в их естественной взаимозависимости.

Эмпирический подход: прежде всего сбор фактов, а потом их интерпретация и формулировка гипотез и теорий.

Количественный прогноз геологических процессов - фундаментальная основа численного моделирования в прикладной геологии. Прогноз геологических процессов возможен на значительно более отдаленное будущее, чем прогноз климата или биосферы .



Грандиозные отрезки времени, в течение которых протекают некоторые геологические процессы, делают возможным их количественный прогноз на отдаленное будущее, значительно более продолжительное, чем прогноз климата или биосферы.

Методы изучения и визуализации геологических данных

Геологи разработали свои собственные оригинальные методы и приемы для решения разных задач.

Кроме того, каждая из названных выше геологических дисциплин и их более узких специализаций использует новейшие достижения физики, химии и техники.

На современном этапе в геологии получило развитие компьютерное моделирование. Компьютер дополнил такие традиционные инструменты в руках геолога, как молоток и микроскоп.

К сожалению, геологам доступна только тонкая приповерхностная область земного шара. Самая глубокая буровая скважина (она находится на Кольском полуострове) с огромными трудностями прошла по горным породам чуть больше 12 км при радиусе Земли более 6000 км.

Методы познания глубоких недр планеты Земля, в основном, косвенные: анализ материала вулканических извержений, изучение геофизических полей и сравнительный анализ метеоритного вещества и вещества, привезенного с Луны.

Методы изучения и визуализации геологических данных

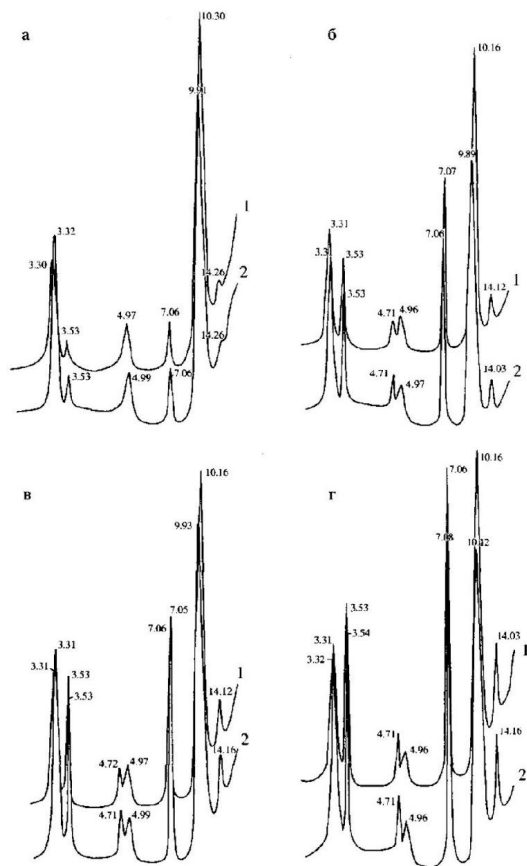
Изучение вещества в микромасштабе:

- Химические и физические методы анализа состава и свойств пород, минералов, руд и вод
- Оптическая и электронная микроскопия
- Экспериментальное и компьютерное моделирование природных соединений

Изучение вещества в макромасштабе:

- Зарисовка и фотодокументация естественных и искусственных выходов горных пород на поверхности (обнажений)
- Изучение керн и стенок буровых скважин
- Составление карт различного назначения и масштаба от небольших участков до всей земной поверхности
- Составление разрезов
- ГИС-технологии (комплексные многослойные электронные карты с исходной информацией, привязанной к географическим координатам)
- Объемное (3Д) моделирование структур и свойств
- Динамические модели транспорта вещества (2Д и 3Д)

Химические и физические методы анализа состава и свойств пород, минералов, руд и вод

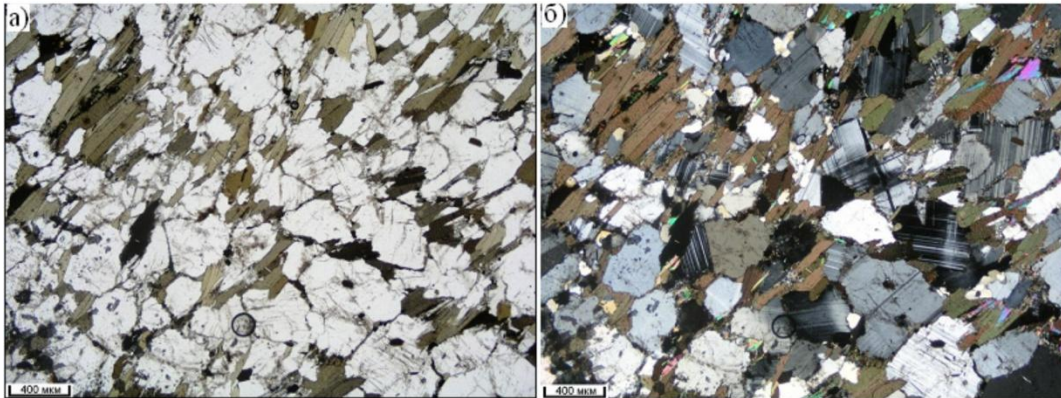


Диффрактограммы глауконита

| Тип вод | Диапазон значений δO^{18} , ‰ (SMOW) | |
|---|--|-------|
| Морские воды [15—17] | -1,7 | +1,92 |
| Иловые воды морских осадков [8—10] | -3,3 | +2,5 |
| Пресные озера [12, 18] | -8,3 | -0,3 |
| Реки [14, 16, 24, 25] | -17,45 | -4,89 |
| Атмосферные осадки [14, 19, 20, 21] | -23,5 | +2,3 |
| Подземные воды [15, 22] | -11,0 | +0,1 |
| Воды термальных выходов в областях современного вулканизма [10, 22] | -15,9 | +3,4 |
| Гидротермальные и метаморфические растворы [26—28] | -9 | +15 |
| Экссалляции вулкана Парикутин (магматическая вода) [14] | | +6,75 |

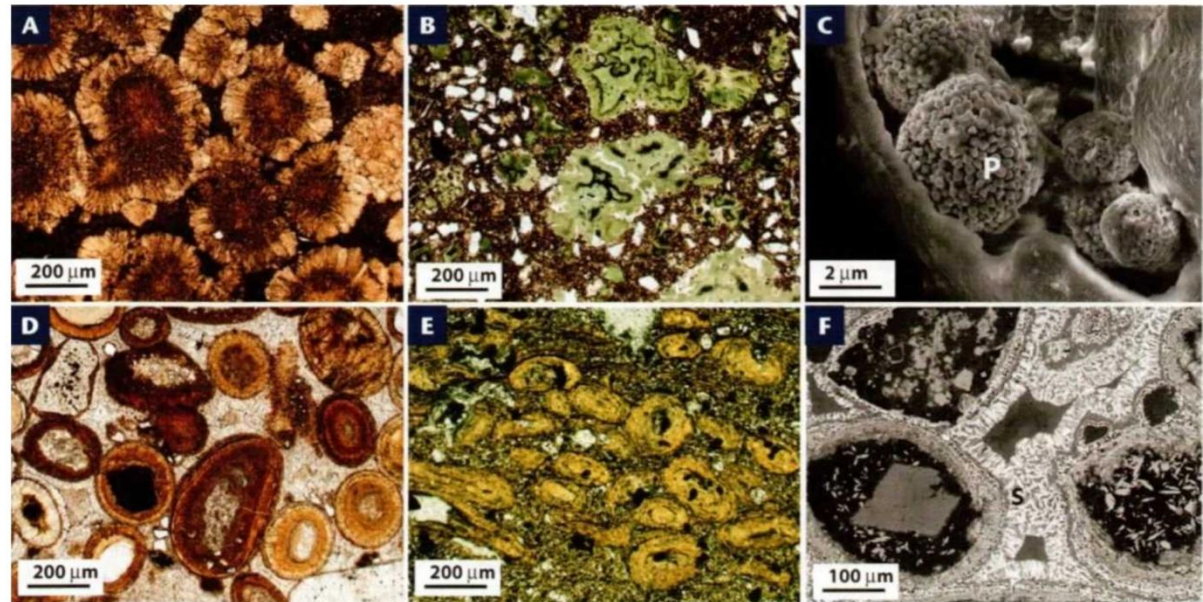
Изотопный состав кислорода природных вод различного генезиса

Оптическая и электронная микроскопия

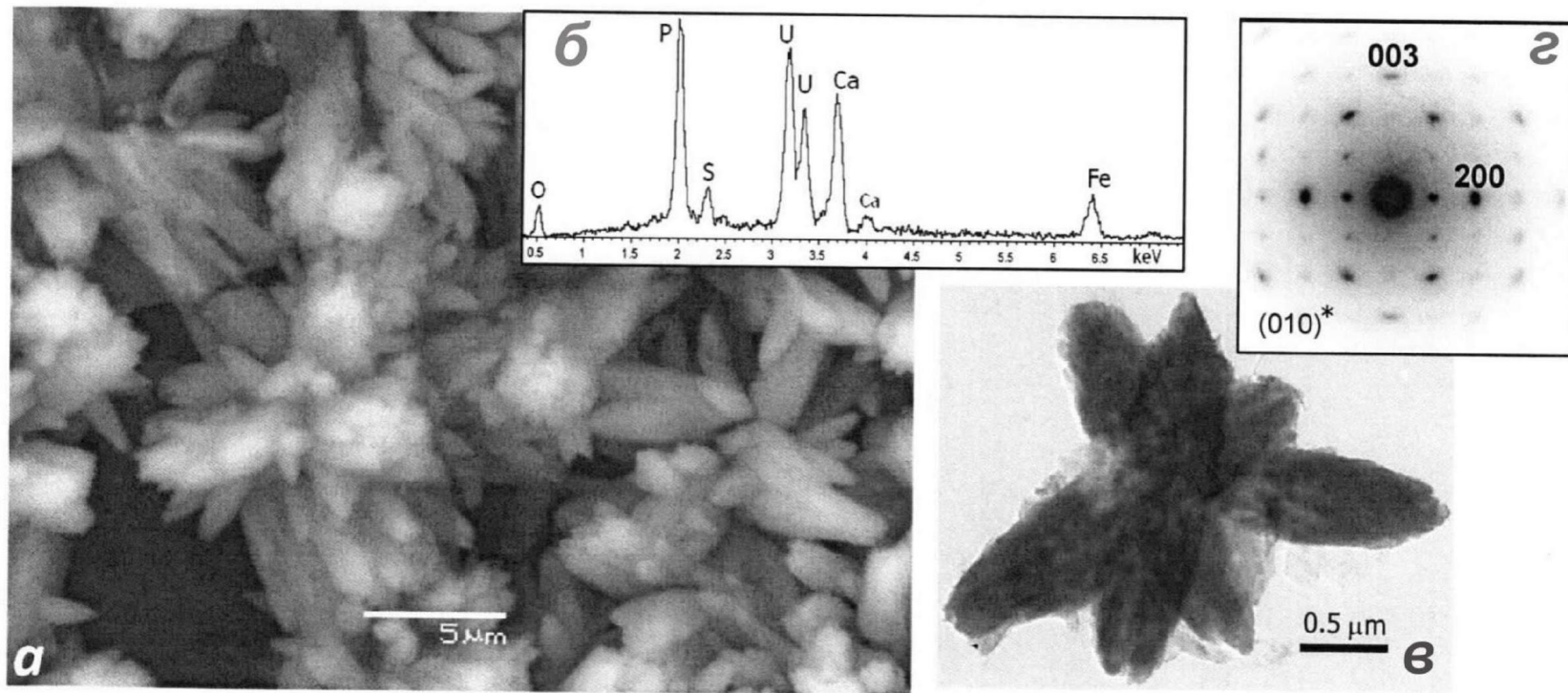


Фотография биотит-плагиоклазового гнейса в оптическом микроскопе в параллельных (а) и скрещенных (б) николях

Микрофото выделений гидроксидов железа

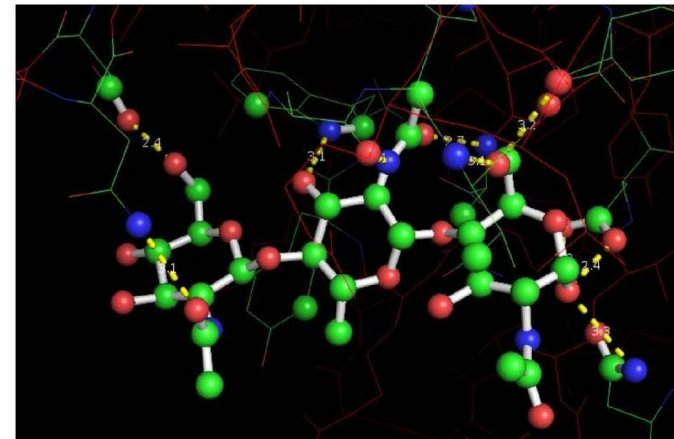
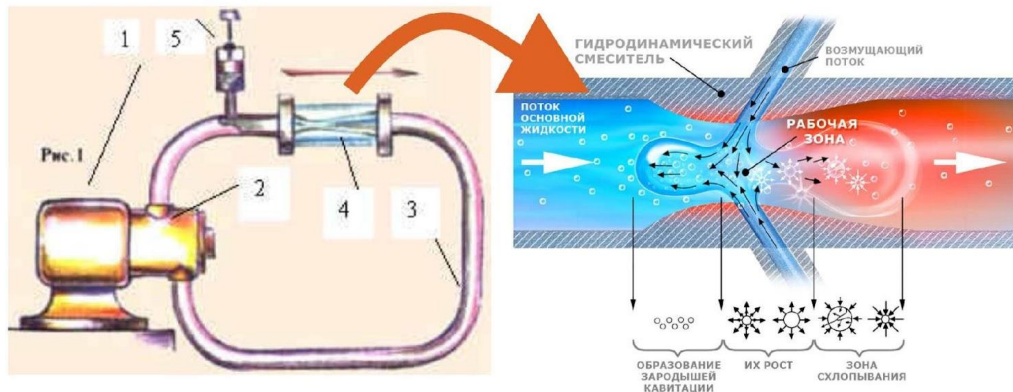


Оптическая и электронная микроскопия



Изучение минерала *нинзюит*: а - сростки кристаллов в сканирующем электронном микроскопе; б - спектр химического состава (электронный зонд); в - отдельный сросток в просвечивающем электронном микроскопе; з - строение кристаллической решетки (микродифракция)

Компьютерное и экспериментальное моделирование природных соединений



Экспериментальное подтверждение синтеза алмаза по механизму кавитации

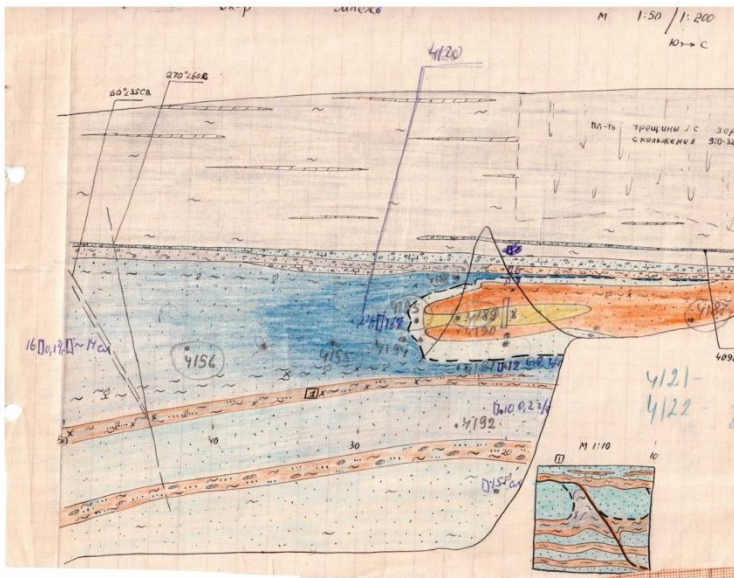
— (процесс образования и последующего схлопывания пузырьков пара в потоке жидкости).

Автоклав

— аппарат для проведения различных процессов при нагреве и под давлением выше атмосферного. В этих условиях достигается ускорение реакции и увеличение выхода продукта, а применительно к геологии - достигается соответствие параметров опыта с реальными геологическими условиями глубоких недр.



Зарисовка и фотодокументация естественных и искусственных выходов горных пород на поверхность (обнажений)



Зарисовка стенки карьера



Фото с геологическим молотком для масштаба

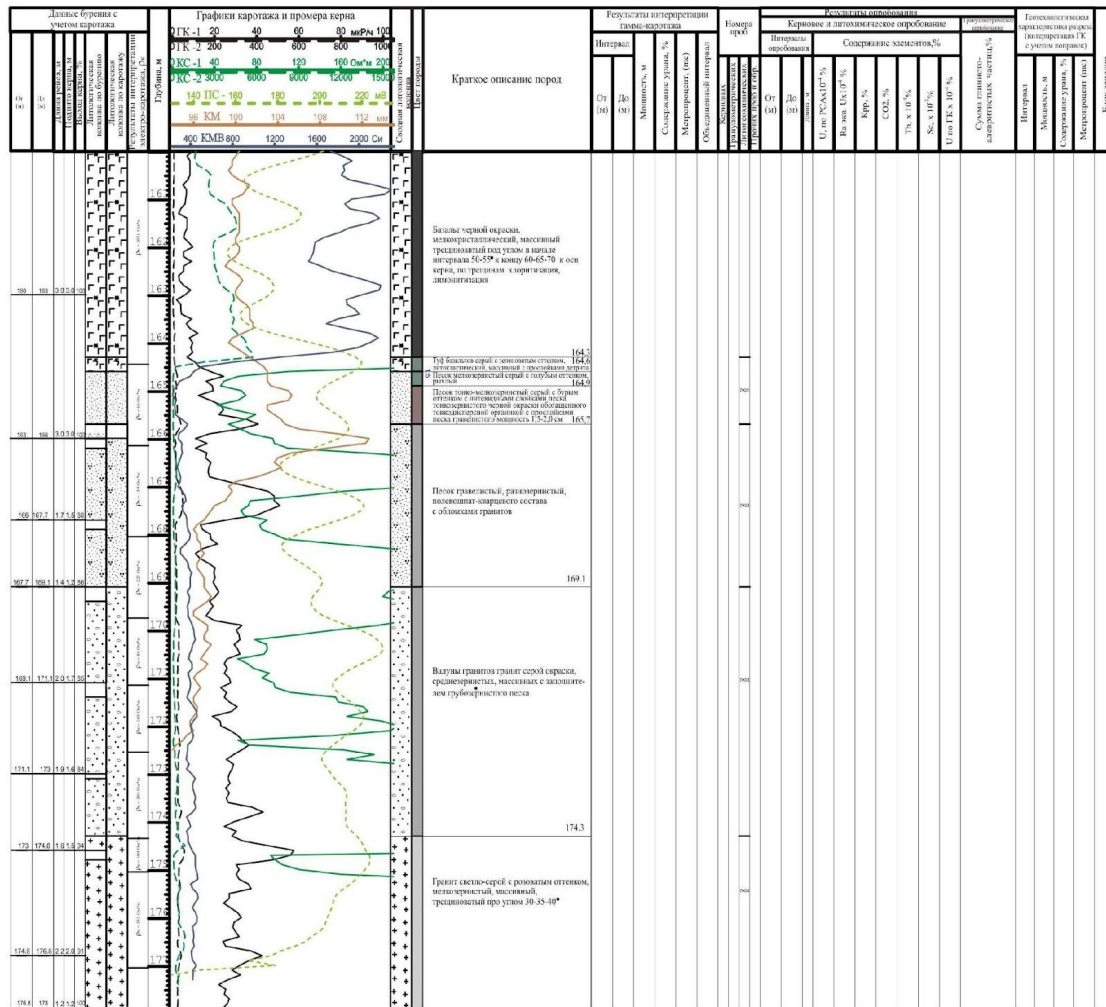
Изучение керна и стенок буровых скважин

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ КОЛОНКА ПО СКВАЖИНЕ №

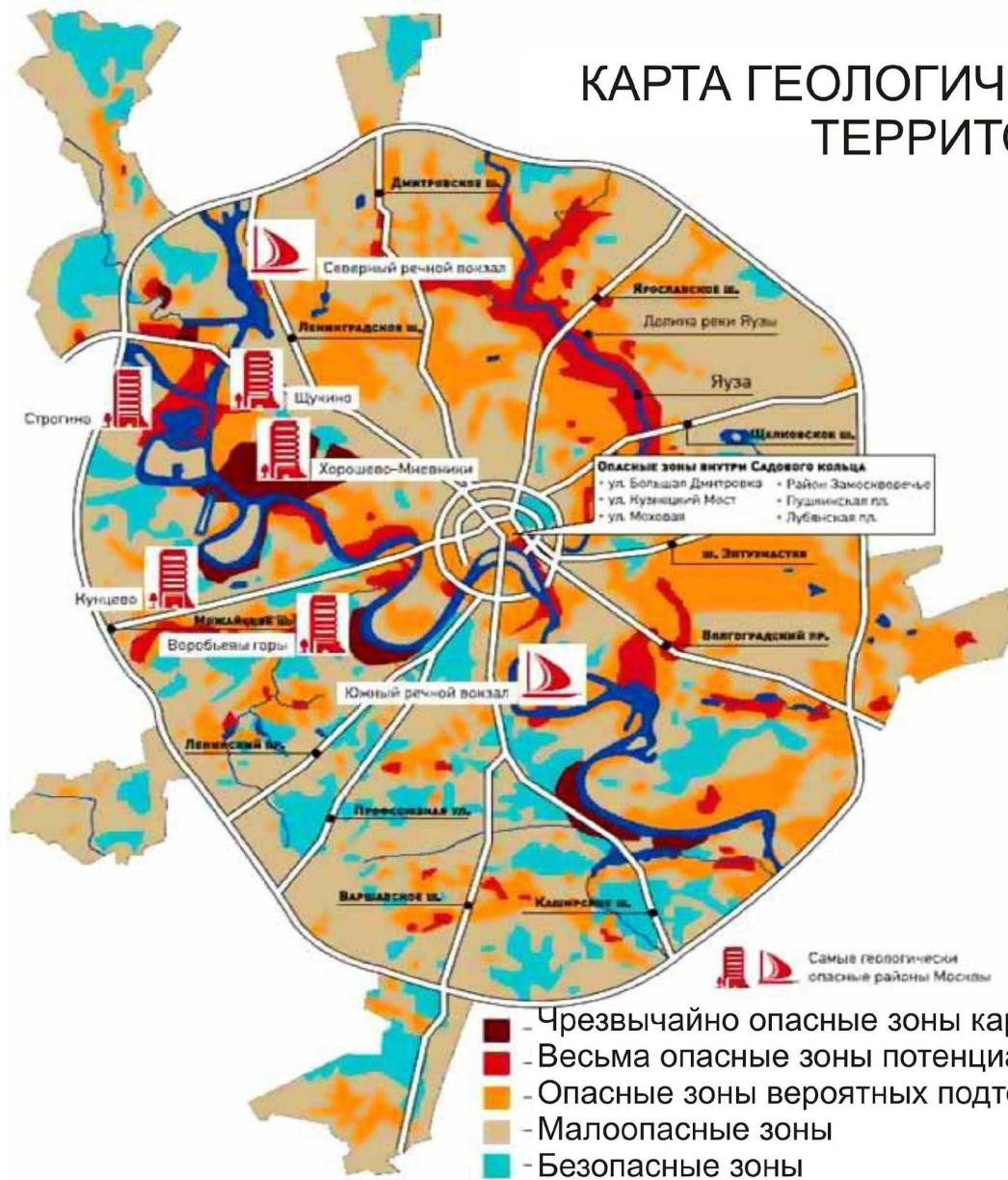
МАСШТАБ: 1:50



Керн, извлеченный из буровой скважины



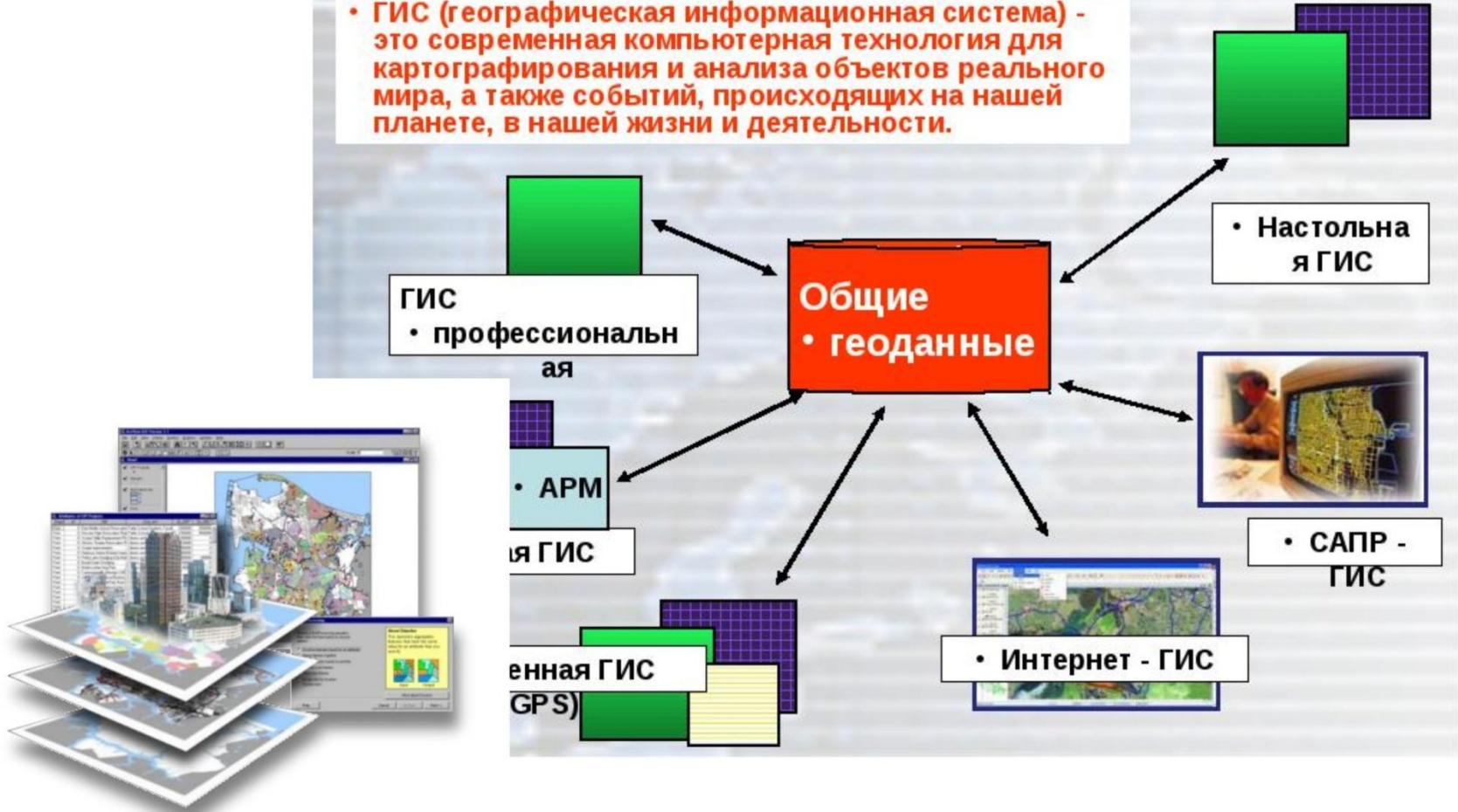
КАРТА ГЕОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ ТЕРРИТОРИИ МОСКВЫ



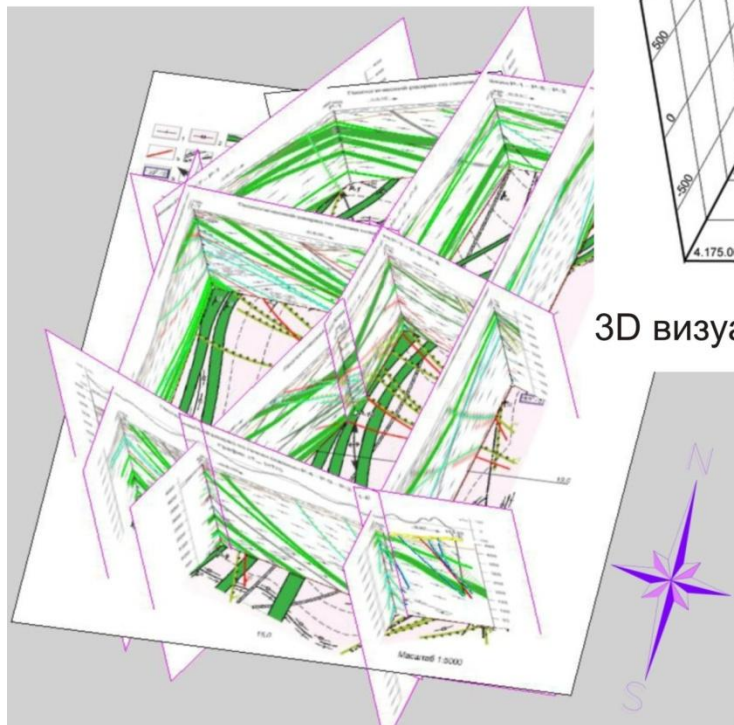
ГИС-технологии

• Что такое геоинформационная система?

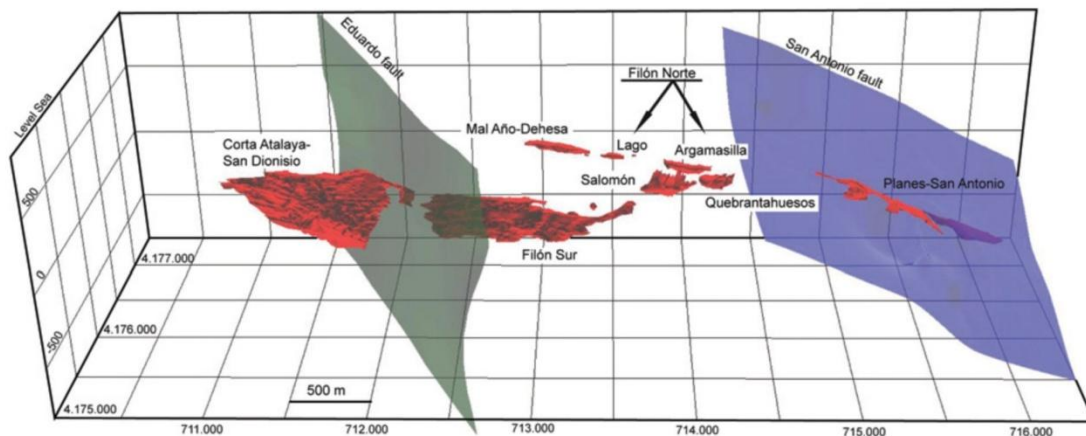
- ГИС (географическая информационная система) - это современная компьютерная технология для картографирования и анализа объектов реального мира, а также событий, происходящих на нашей планете, в нашей жизни и деятельности.



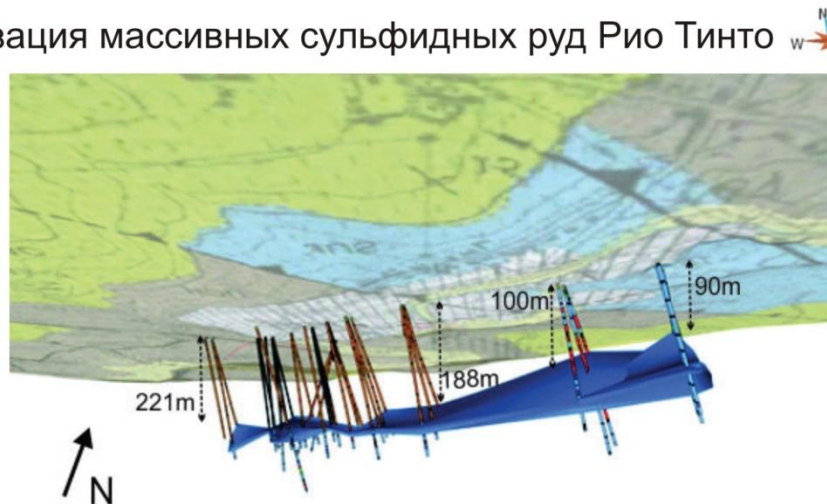
Объемное (3Д) моделирование структур и свойств



3Д модель жильных тел

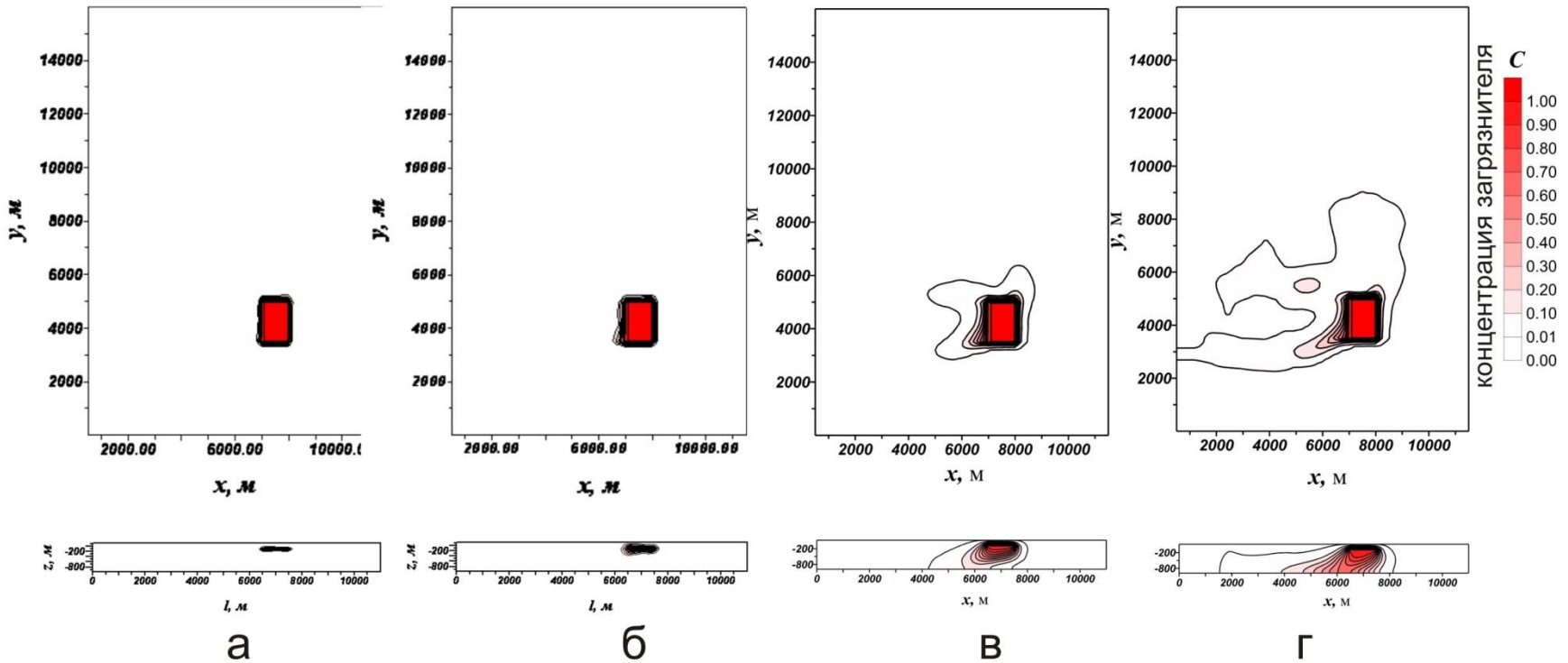


3D визуализация массивных сульфидных руд Рио Тинто



3Д модель скважин, секущих рудное тело (вид снизу вверх)

Динамические модели транспорта вещества (2Д и 3Д)



Продвижение фронта загрязнения: а - 100 лет, б - 1000 лет, в - 10 000 лет, г - 50 000 лет

Содержание курса

Курс по «Геологии» будет посвящен преимущественно **динамической геологии**, т.е. геологическим процессам. Их характеристика и составляет основную часть лекций.

Кратко будут даны представления об **образовании Солнечной системы и Земли** с ее спутником Луной.

Будут даны сведения **о форме Земли, ее внутреннем строении, методах определения** относительного и абсолютного (изотопного) **возраста горных пород**.

Будут изложены **основные положения** современной геологической теории – **тектоники литосферных плит**, т.к. она прекрасно объясняет многие геологические процессы.

Таким образом, курс вводит студента в круг основных представлений современной геологической науки, основы которой и необходимо усвоить, чтобы был сформирован фундамент, который позволит успешно ориентироваться в деловой информации по геоэкологии.

УЧЕБНИКИ

Н.В. Короновский Общая геология Изд-во МГУ, 2003 – можно скачать по ссылке <http://dynamo.geol.msu.ru/TextBooks/global-geol-2003.pdf>

Общая геология : в 2 тт. / Под редакцией профессора Л. К. Соколовского. М. : КДУ, 2006. (Теоретический курс для геологов) (интернет)

Константиновская Л.В., Наумов Г.Б., Арешин А.В. Общая геология для экологов. Учебное пособие. – М.: РУДН, 2010. В части 1 – общие сведения, Динамическая геология в части 2) (интернет)

Винокуров С.Ф. Геология – основа рационального природопользования. М.: РХТУ, 2006. 200с. (Практически только динамическая геология)