

Элементы литологии и петрографии



Основные понятия

- Горные породы
- Геологические осадки
- Геологические отложения
- Грунты
- Наносы



Горные породы

**Государственный Стандарт
Российской Федерации**

**ПОРОДЫ ГОРНЫЕ. ТЕРМИНЫ И
ОПРЕДЕЛЕНИЯ
ГОССТАНДАРТ РОССИИ
Москва**

ГОСТ Р 50544-93



Горная порода- устойчивая по составу и строению природная ассоциация одного или нескольких минералов или минеральных агрегатов

Горные породы представляют собой твердые однородные по составу геологические тела.



Скальная горная порода- горная порода с пределом прочности при одноосном сжатии, превышающем 30МПа

Полускальная горная порода- горная порода с пределом прочности при одноосном сжатии от 5 до 30 Мпа



Разрушенная горная порода-
первоначально твердая или связная
горная порода, утратившая связи между
минеральными частицами и
минеральными агрегатами в результате
внешнего воздействия

Горная масса- одна или совокупность
нескольких разрушенных горных пород,
получаемых в результате разработки
месторождения



Минералы, ГОСТ Р 50544-93

Минерал – природное однородное по составу и строению химическое соединение или химический элемент в твердом агрегатном состоянии, характеризуемое определенным стабильным составом, свойствами и внешней формой

Минеральный агрегат- характерный по составу, форме, размеру и строению сросток минералов...

Минеральное образование- природное химическое соединение или смесь химических соединений в любом агрегатном состоянии...



Кристаллы и кристаллические сростки



Отдельные кристаллы пирита



Отдельный кристалл кальцита
theepochtimes.com



Сростки кристаллов пирита
http://forexaw.com/TERMs/Economy21132/image243824_3-23_...



Сростки кристаллов кальцита
<http://finenews.org/304-chelov...>

Минералы

По количественному содержанию минералы подразделяются на

- породообразующие
- акцессорные

По происхождению на:

- аллотигенные
- аутигенные



Породообразующие минералы — минералы, составляющие основной объем породы и входящие в качестве постоянных существенных компонентов в ее состав.

Акцессорные минералы — минералы, содержание которых невысоко (как правило не более 10% от общей массы или объема) и сильно изменчиво.



Аллотигенные минералы — минералы, привнесенные в геологический осадок извне. Имеют более древний возраст, чем данный геологический осадок.

Аутигенные минералы (от греч. *authigenes* — местного происхождения, самобытный), минералы осадочных пород, образовавшиеся в процессе отложения или последующих преобразований геологического осадка на месте его захоронения.



Отдельную группу составляют глинистые минералы. Эти минералы образуют наиболее тонкую (мелкую) фракцию частиц размером менее 0.002мм. В основе строения глинистых минералов лежит кристаллическая решетка, образованная алюмосиликатными тетраэдрами, включающая также атомы кислорода, гидроксильные группы, катионы натрия, калия, магния, кальция и т.д.



К глинистым минералам относят минералы алюмосиликатного состава, включающие:

- Монтмориллонит (смектит)
- Гидрослюда (иллит)
- Смешанослойные образования (переходные формы между гидрослюдой и монтмориллонитом)
- Каолинит
- Хлорит

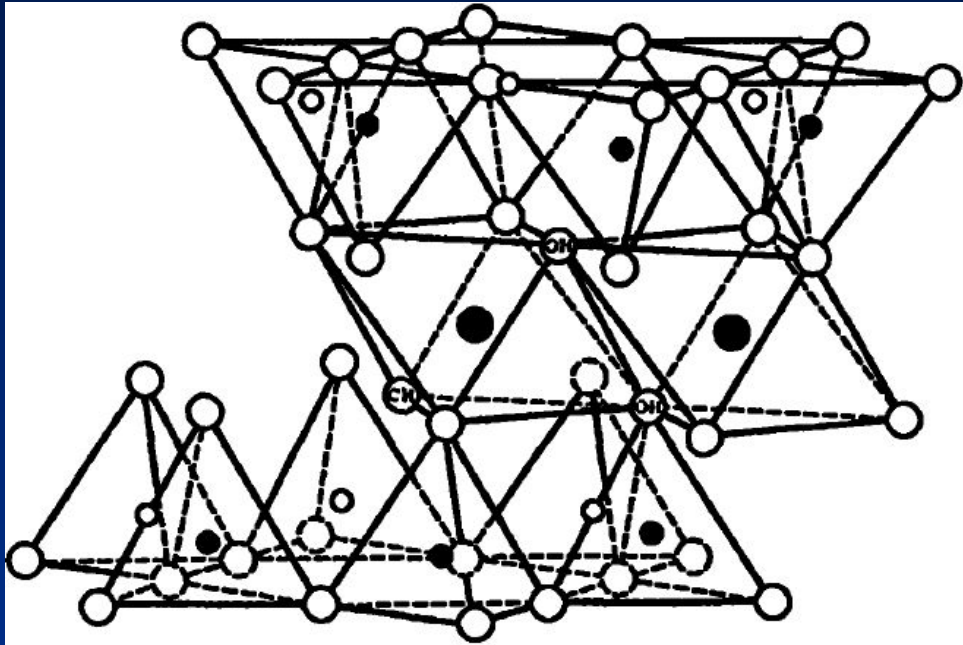


Глинистые минералы

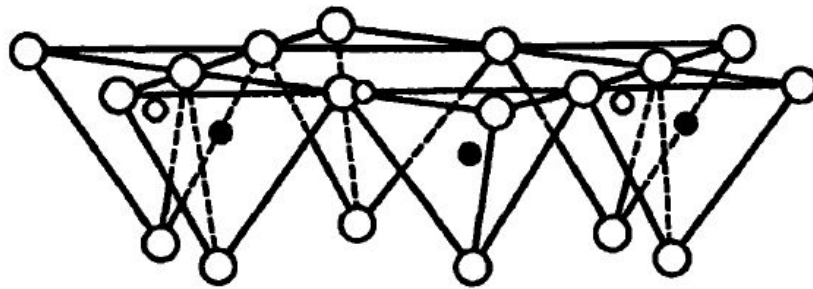
В основе строения глинистых минералов лежит кристаллическая решетка, образованная алюмосиликатными тетраэдрами, включающая также атомы кислорода, гидроксильные группы, катионы натрия, калия, магния, кальция и т.д.



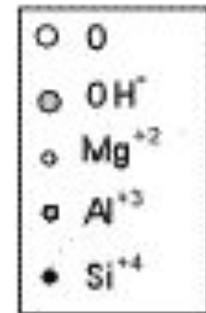
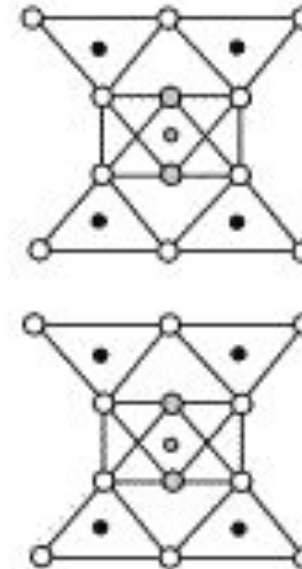
Глинистые минералы



Обменные катионы
 $n\text{H}_2\text{O}$



Pyrophyllite $\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$

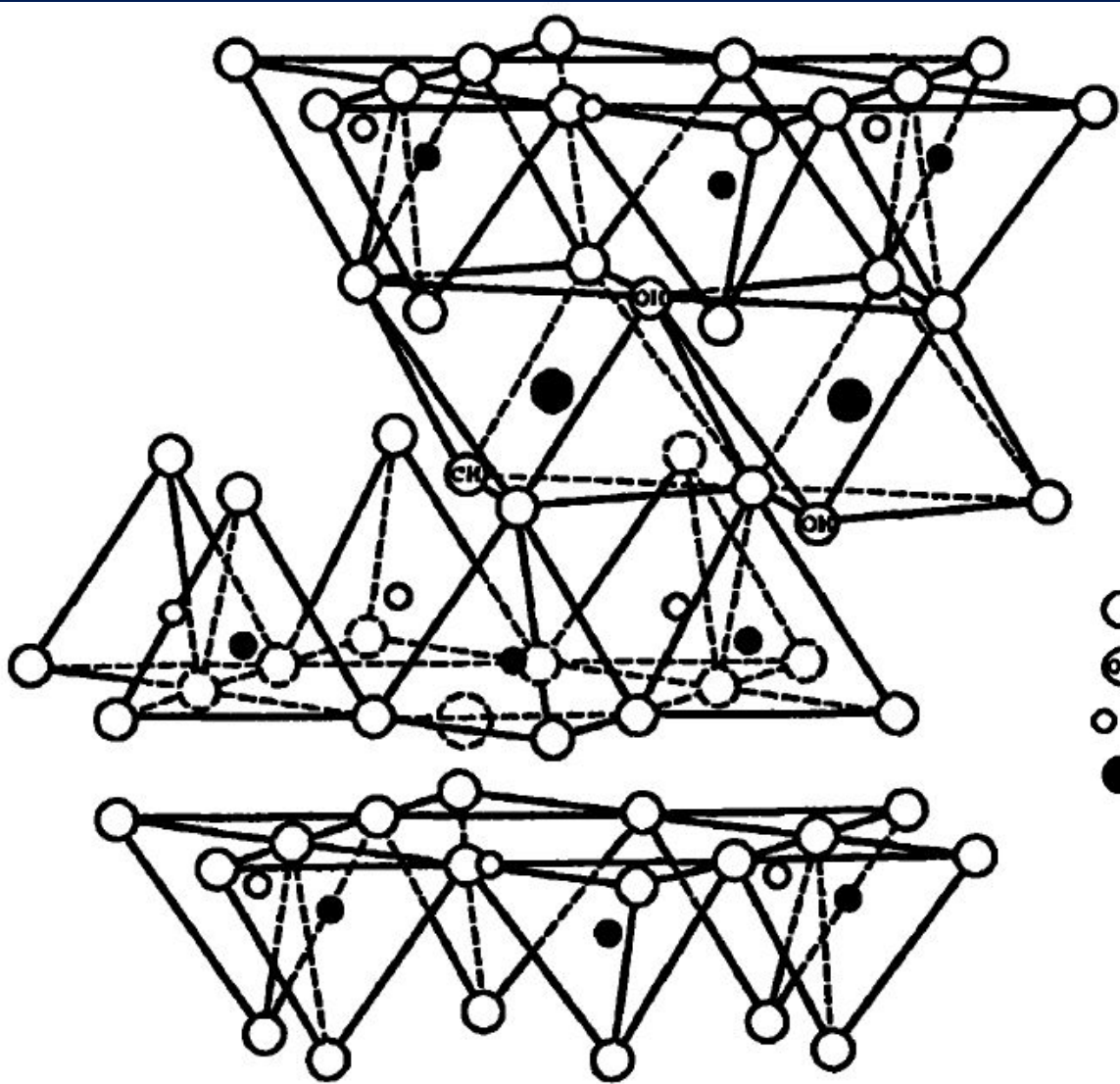
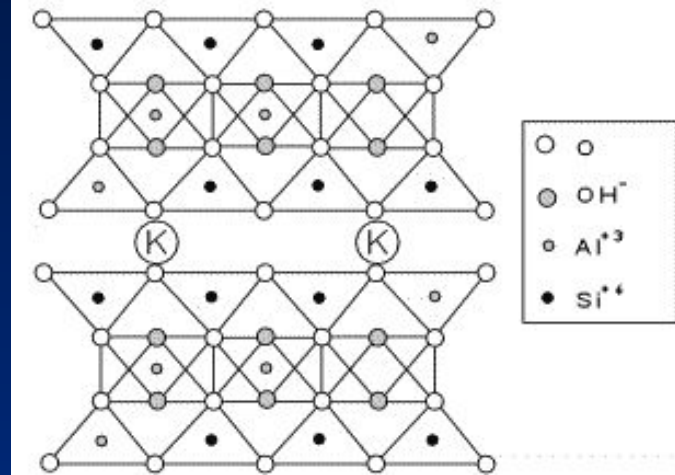


- Кислород
- ⊙ Гидроксил
- Кремний (иногда алюминий)
- Алюминий, железо, магний

Схематическое изображение структуры монтмориллонита
(по Гофману и др.).

Глинистые минералы

Muscovite $KAl_2AlSi_3O_{10}(OH)_2$



- Кислород
- OH Гидроксил
- Кремний (иногда алюминий)
- Алюминий, железо, магний

Схематическое изображение структуры глинистого минерала группы гидрослюд (по Джексону и Уэсту).

Глинистые минералы

Частицы (мицеллы) глинистых минералов характеризуются размерами от нескольких миллимикрон до нескольких микрон. Благодаря высокой дисперсности частиц глинистых минералов в осадочных породах они обладают огромной адсорбционной поверхностью, способной удерживать полярные молекулы воды и обменные катионы.

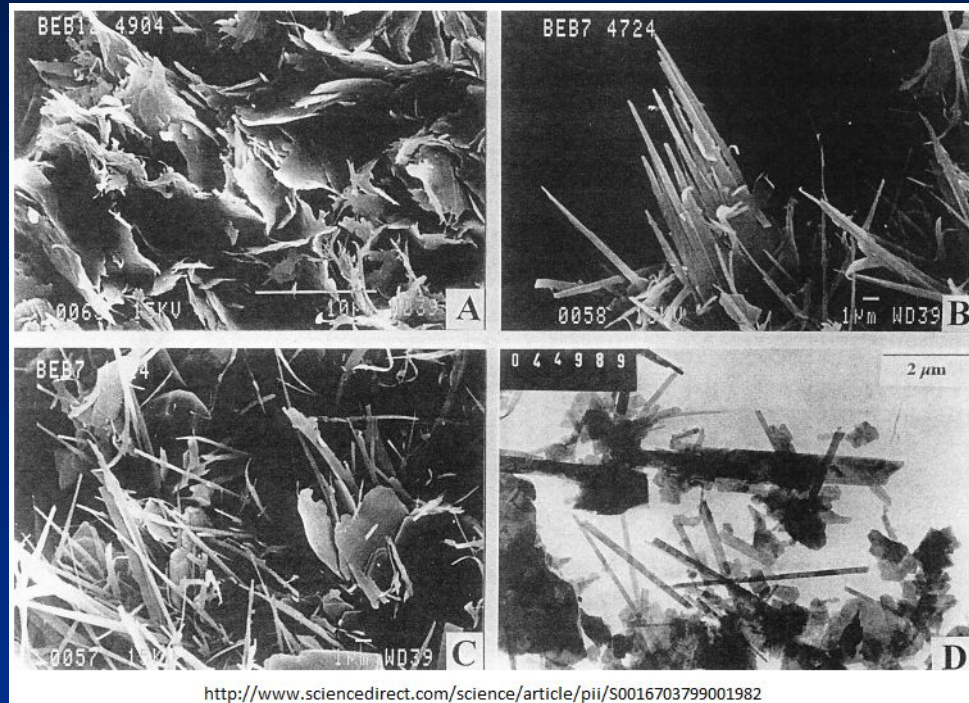
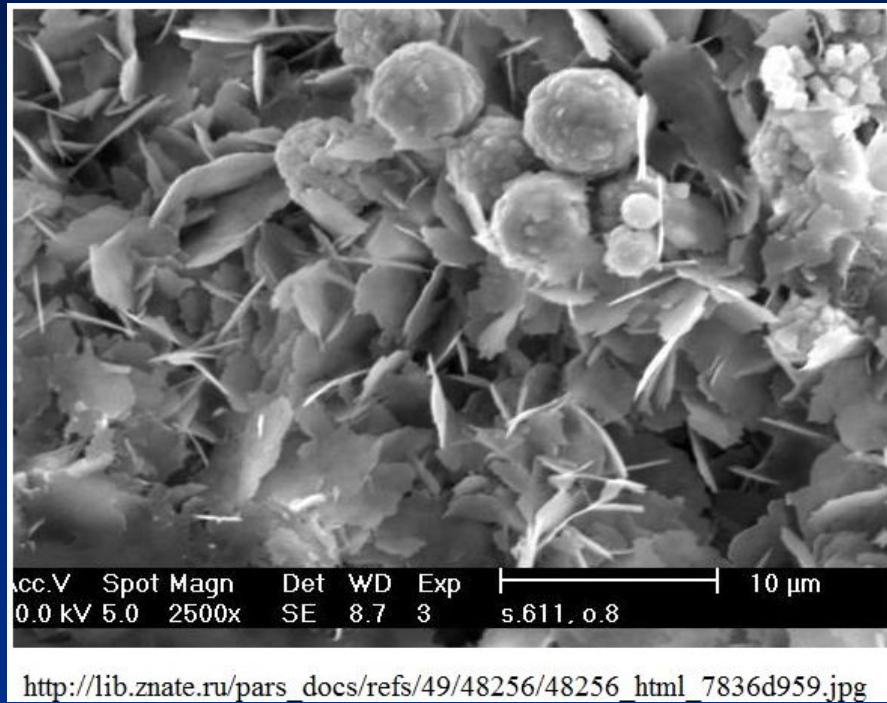


Глинистые минералы

Гидрослюды- группа слоистых слюдоподобных силикатов с калием в межслоевом промежутке. Представлены микроскопическими пластинчато-чешуйчатыми или игольчато-призматическими агрегатами.



Глинистые минералы

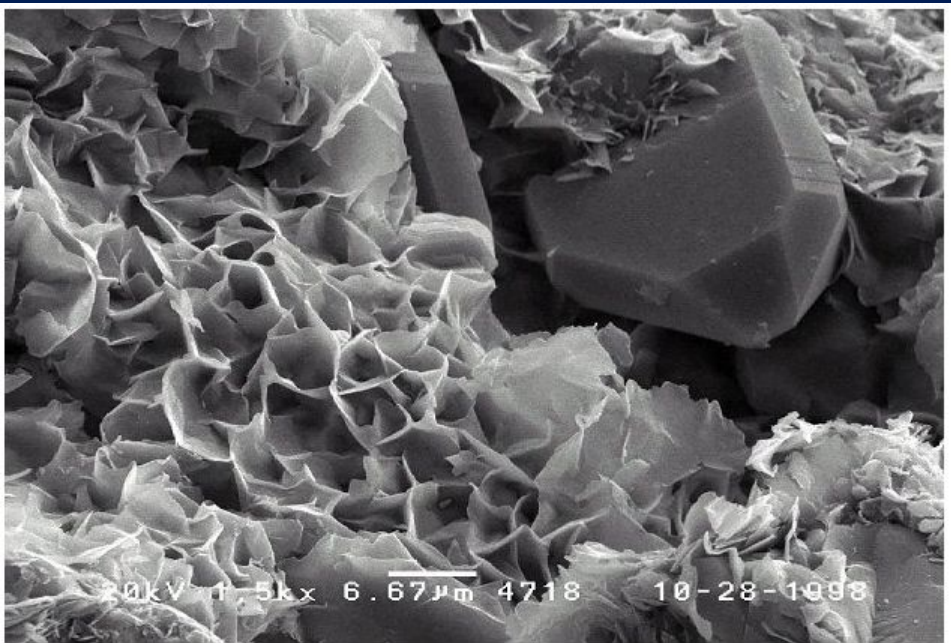


Изображение гидрослюд в электронном микроскопе

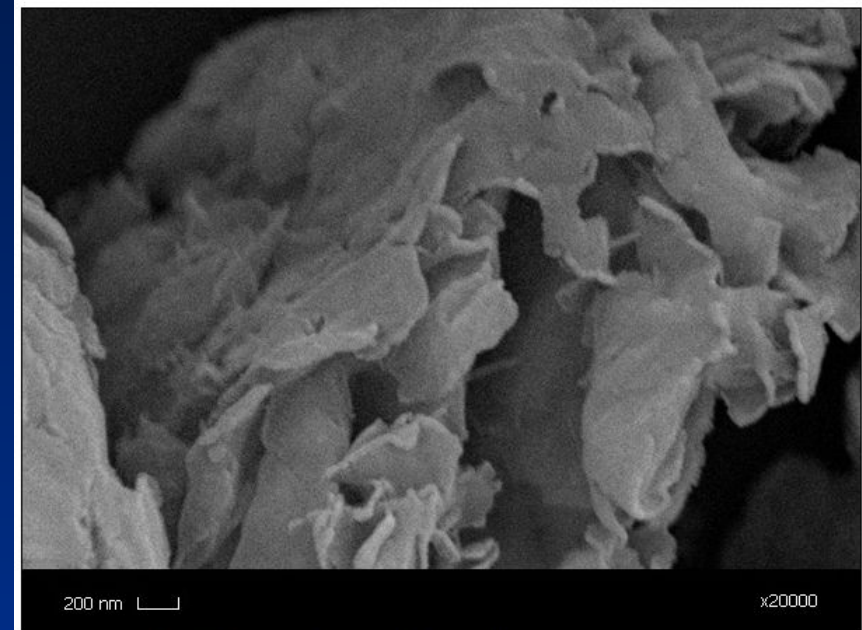
Монтмориллонит [от названия французского города Монморийон (Montmorillon) в департаменте Вьенна], глинистый минерал из подкласса слоистых силикатов с переменным химическим составом $(Ca, Na) (Mg, Al, Fe)_2 [(Si, Al)_4 O_{10}] (OH)_2 \cdot nH_2O$. Между алюмосиликатными пакетами размещаются молекулы межслоевой воды и атомы обменных оснований Ca, Na и др. Характерно большое расстояние между пачками слоев.



Глинистые минералы



http://www.nanomarket.ru/files/gds/Montmorillonit_Biosovmestimyie_nanomatierialy.jpg



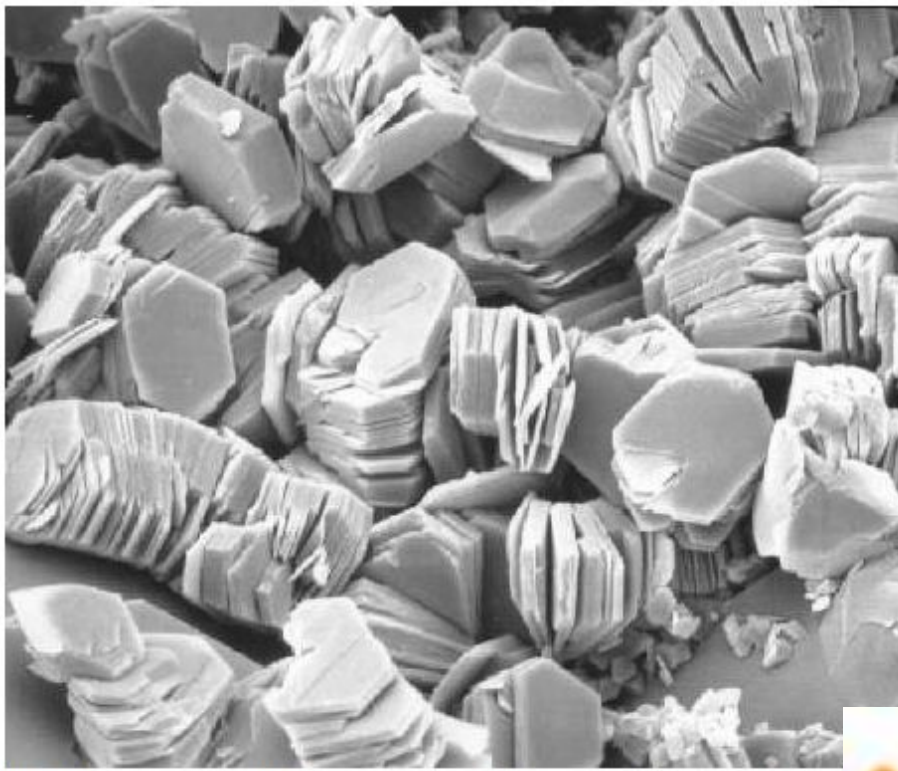
http://impexinvest.com.ua/en/p_img/bentonite-1.jpg

Изображение монтмориллонита в электронном микроскопе

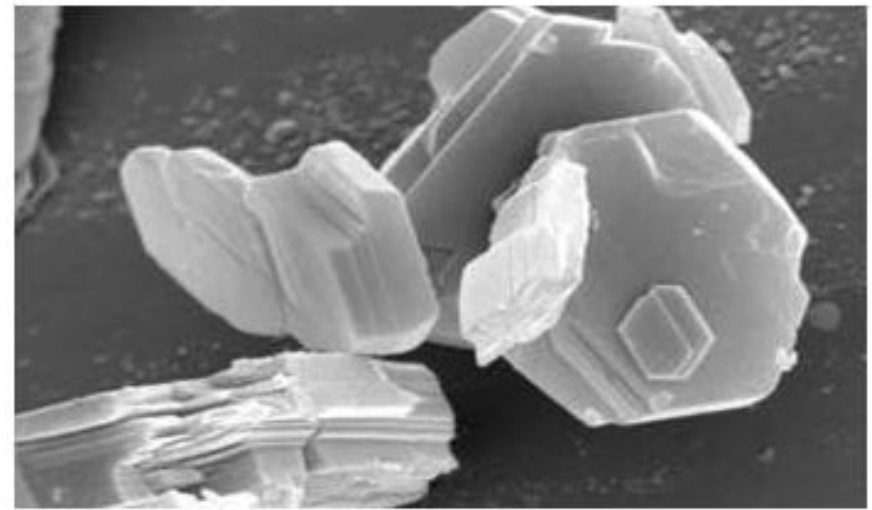
Каолинит- глинистый минерал из группы водных силикатов алюминия. Химический состав $Al_4[Si_4O_{10}](OH)_8$. Назван по месту находки у села Гаолин близ города Цзинджень на юго-востоке Китая. Образует землистые массы, в которых при больших увеличениях под электронным микроскопом обнаруживаются мелкие шестигранные кристаллы.



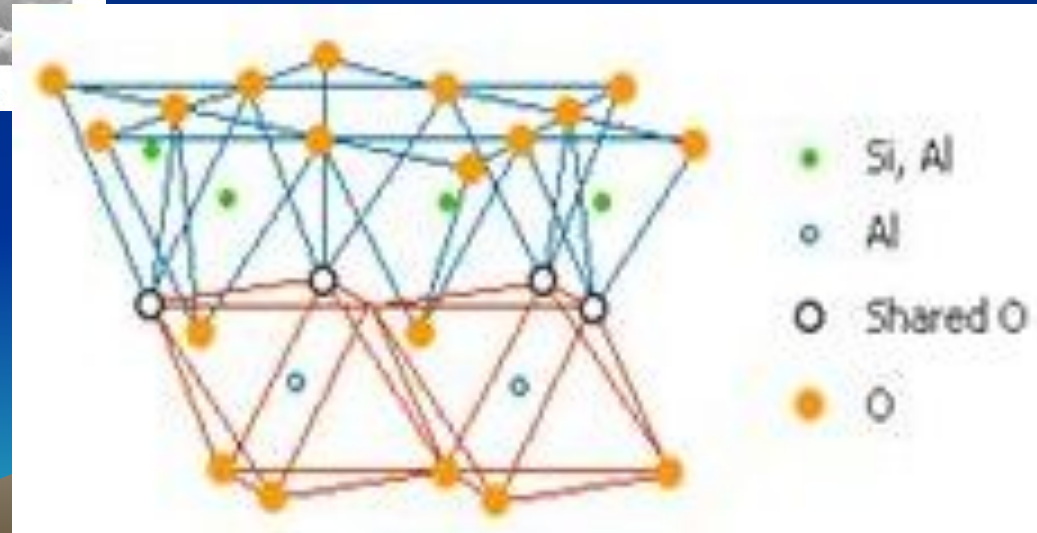
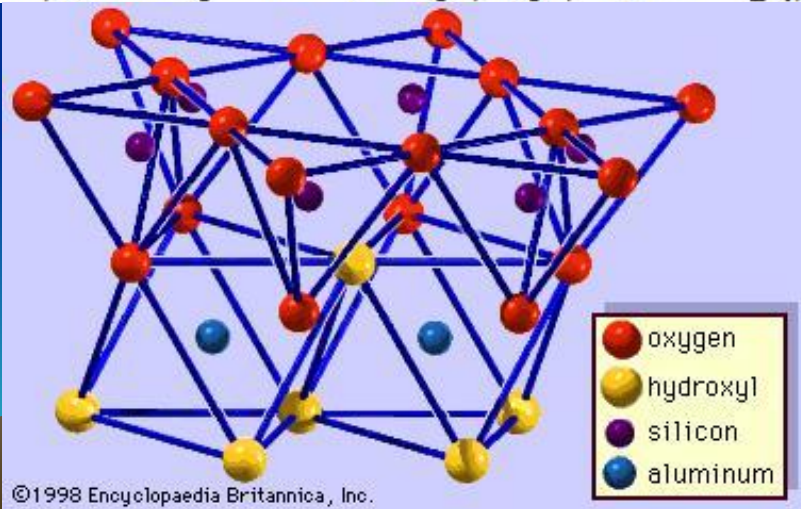
Каолинит



http://www.originoflife.net/micrographs/graphics/kaolinite_2.jpg



<http://arthurharrisson.com/Fig.%201%20clay%20image.jpg>

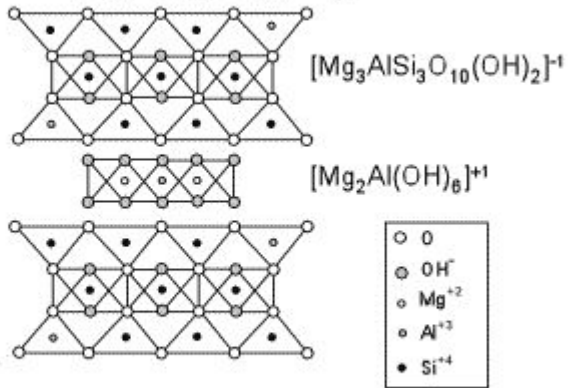


Хлориты (от греч. chlorós — зелёный), группа широко распространённых минералов — водных метаалюмосиликатов Mg и Fe со слоистой слюдоподобной кристаллической структурой. Химический состав $(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+}) \times [\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2] \times 3(\text{Mg}, \text{Fe})(\text{OH})_2$.

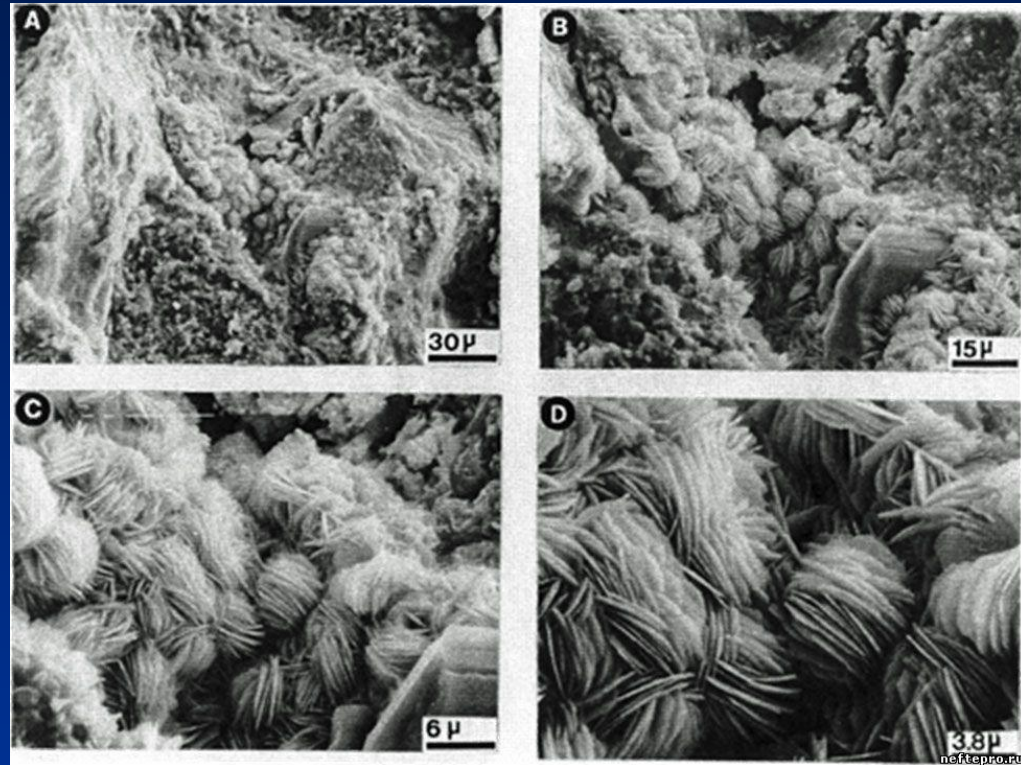


Глинистые минералы

Chlorite (Mg_5Al)(Si_3Al) $O_{10}(OH)_8$



<http://www.tulane.edu/~sanelson/images/chlorite-struct.gif>



Структура и изображение хлорита в электронном микроскопе

Основные типы горных пород

- ***Магматические
(изверженные)***
- ***Метаморфические***
- ***Осадочные***



Магматические

Магматические породы представляют собой застывший магматический расплав. Состоят из аутигенных породообразующих минералов: кварц, полевые шпаты, оливин, роговая обманка и др.



Магматические породы- образуются из застывшей магмы

- Интрузивные- застывшие на глубине внедрения магматического расплава. Характеризуются наличием кристаллической структуры. Впоследствии могут обнажаться на дневной поверхности в результате поднятий и размыва более молодых перекрывающих отложений
- Эффузивные- магматический расплав, излившийся на поверхность земли и застывший там в виде покровов, потоков, куполов и пр. Характеризуются отсутствием выраженной кристаллической структуры. Впоследствии могут быть захоронены слоями более молодых осадков



Магматические

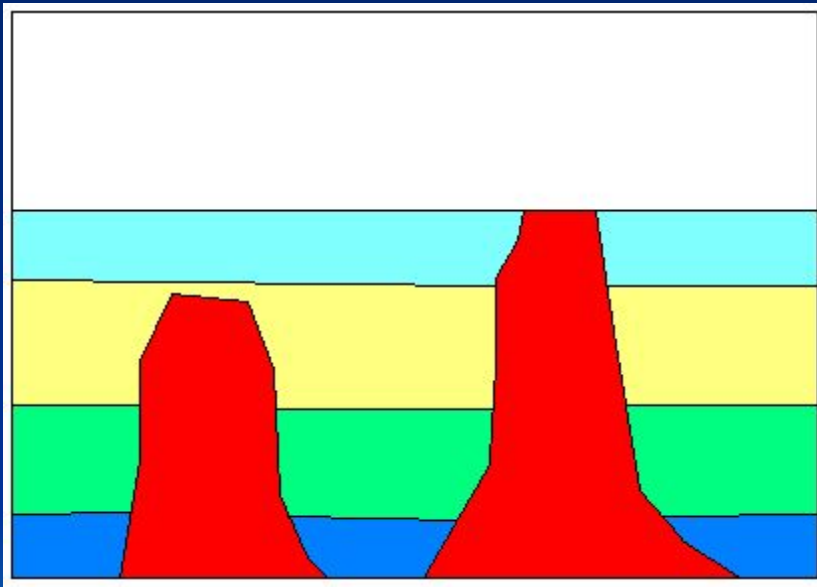
Магматические породы представляют собой застывший магматический расплав.

Основные породообразующие минералы магматических пород: кварц, полевые шпаты, оливин, роговая обманка и др.

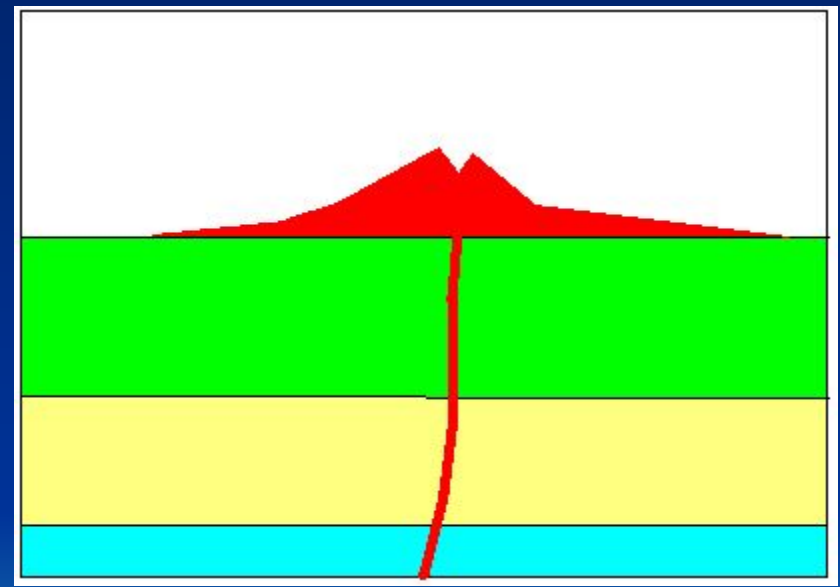


Интрузивы и эффузивы

Интрузивные тела,
прорывающие слоистые
толщи



Эффузивные образования
(вулкан)



Состав магматических пород

По содержанию кварца (SiO_2):

- Ультраосновные <40%- все интрузивные
- Основные 52-40%
- Средние 65-52%
- Кислые >65%

Примеры: гранит, базальт



Метаморфические

Метаморфические породы образуются в результате изменения минералогического, химического, гранулометрического состава, а также структурно-текстурного облика осадочных и магматических пород под воздействием давления и температуры. Протекает на больших глубинах или в зонах интенсивного развития тектонических процессов.

Примеры: гнейсы, мрамор



Гнейсы- метаморфические породы Кольского п-ва



Осадочные породы

- **Осадочные породы- образуются на земной поверхности и вблизи неё в условиях относительно низких температур и давлений в результате преобразования морских и континентальных осадков.**
- О.п. образуются в результате разрушения других более древних породных массивов (магматических, метаморфических, осадочных), при осаждении из водных растворов химических соединений, а также в результате захоронения остатков живых организмов.



Осадочные породы

- Терригенные (механические)- состоящие из аллотигенных минералов и обломков пород- **глинистые** (глины-аргиллиты, суглинки, супеси-алевролиты), **песчаные** (пески-песчаники), **крупнообломочные** (конгломераты и брекчии)
- Хемогенные- осаждающиеся при выпадении из воды химических соединений (известняки CaCO_3 , доломиты $\text{Ca}(\text{Mg})\text{CO}_3$, гипсы $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, галиты NaCl), состоят из аутигенных минералов
- Органогенные- образующиеся за счет захоронения остатков живых организмов (опоки, трепелы, диатомиты, угли), состоят из аутигенных минералов



Образование осадочных терригенных пород



Терригенные породы

Аргиллит- по сути сцементированная глина- порода, в составе которой более 50% составляют частицы размером менее 0.01мм

Алевролит- сцементированная порода, в составе которой более 50% составляют частицы размером 0.01-0.10мм.

Песчаники- пески сцементированные минеральными соединениями (сами пески давлением практически не сжимаются, т.к. прочность слагающих их частиц очень велика). В составе более 50% составляют частицы 0.1-2.0мм

Конгломераты и брекчии- сцементированные крупнообломочные породы, в составе которых более 50% составляют обломки крупнее 2мм округлой окатанной формы (конгломераты) или угловатые неокатанные (брекчии)



Зернистый песчаник



<http://www.metaprom.ru/imgfck/Image/production/slanci.jpg>

Конгломерат

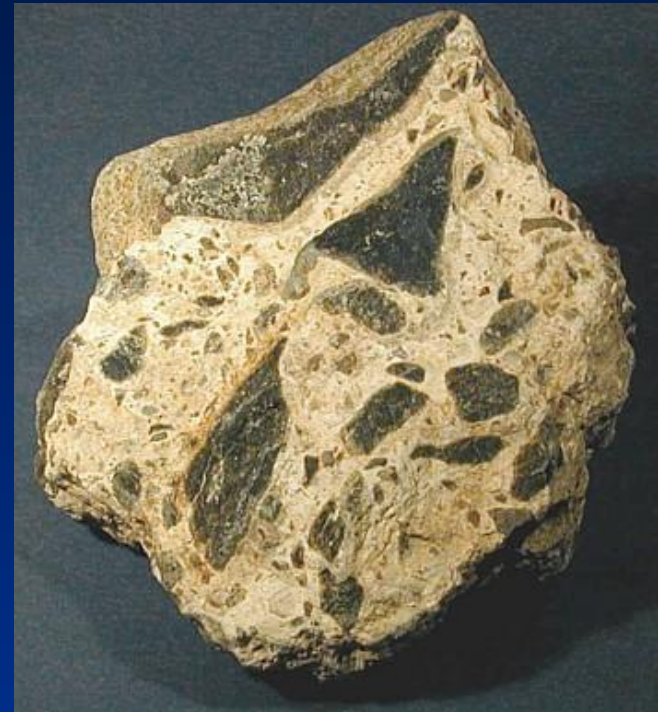


<http://depthome.brooklyn.cuny.edu/geology/core332/images/conglomerate.jpg>



http://www.knowledgerush.com/wiki_image/9/91/Fanglomerate-above_Mesquite_Springs_in_Death_Valley_NP.JPG

Брекчия



http://geophysics.ou.edu/geol1114/notes/sed_rx/breccia2.jpg



<http://gsi.ir/Images/Breccia.jpg>

Глинистые породы

Глинистые породы- разновидность обломочных осадочных пород. Представлены глинами и аргиллитами.

Глины- характеризуются пластичным типом деформации, при взаимодействии с водой размокают, могут набухать.

Аргиллиты, имея тот же состав, что и глины, отличаются хрупкопластичным типом деформации, раскалываются ударом молотка, руками не мнутся, в воде не размокают.



Аргиллит



http://www.jufaka.com/_sales/100100000053519.jpg

Глина



http://cdn6.wn.com/pd/74/fe/3384a8679fc8f9f9c613fbd59c3_grande.jpg

Основные типы хемогенных пород

- Известняк- горная порода, более чем на 75% состоящая из CaCO_3 , который находится в виде минерала кальцита. При метаморфизме переходит в мрамор.

Хемогенный известняк



http://www.ecosystema.ru/08nature/min/2_5_4_6.jpg



<http://www.dinojim.com/Geology/GeoBasics/Images/Sedimentary/CrystallineLS.JPG>

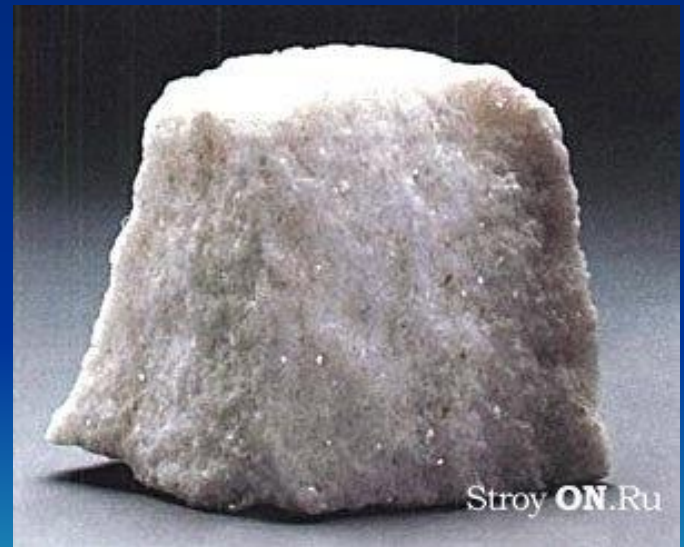
Основные типы хемогенных пород

- Мергель- глинистая горная порода (глина, алевролит, аргиллит), сцементированная карбонатом кальция при содержании CaCO_3 более 50-75%
- Доломит- порода состоящая из одноименного минерала 50% и более. По составу $\text{Ca}(\text{Mg})\text{CO}_3$

Мергель



Доломит



Основные типы хемогенных пород

- Гипс- порода состоящая из одноименного минерала на 75% и более. По составу $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Сам минерал образует прозрачные и полупрозрачные кристаллы
- Ангидрит- порода состоящая из одноименного минерала (ангидрита- CaSO_4) на 75% и более. По сути дегидратированный (обезвоженный) гипс

Гипс

Ангидрит



Основные типы хемогенных пород

- Каменная соль- порода, состоящая из минерала галита (NaCl). Образует кубические кристаллы различных размеров.



<http://smachnoff.ru/wp-content/uploads/2012/01/%D1%81%D0%BE%D0%BB%D1%8C1.jpg>



<http://www.masters.donntu.edu.ua/2007/fgtu/mikhailova/library/salt-lay.jpg>



http://totalrating.ru/i/10/b_9669as.jpg

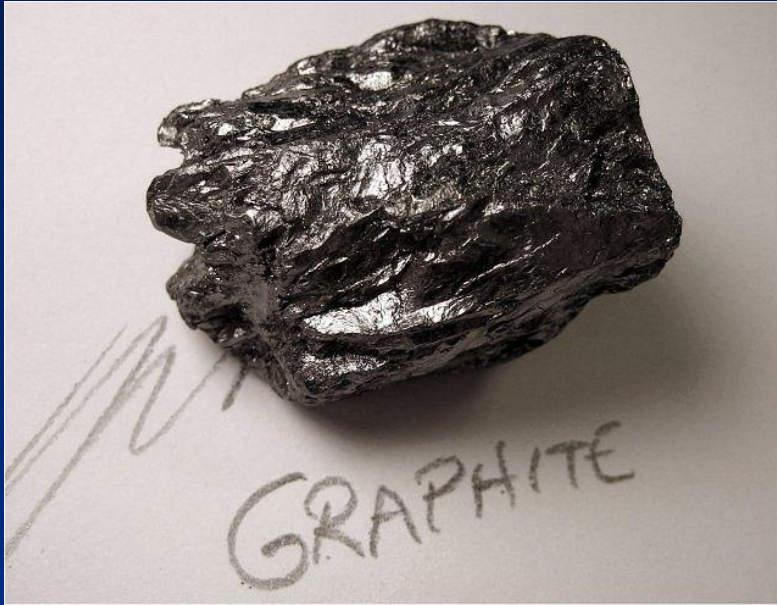
Уголь- захороненные остатки растений (в основном торф- отложения болот), подвергшиеся преобразованиям под действием высоких давлений и температур.

Исходный осадок- торф. При глубоком диагнесе-раннем катагенезе переходит в бурый уголь. При катагенезе в каменный уголь- антрацит, при метагенезе- в графит.



Угли

Графит



<http://www.oilngases.ru/images/stories/Minirali/Solidol1.jpg>

Антрацит



<http://shahti.rujazi.com/images/classified/230917.jpg>

Торф



http://kamnu.net/image/stories/0001/230740_1.jpg

Бурый уголь



http://chemistry-chemists.com/N6_2011/U7/lignite.jpg

Основные типы хемогенных пород

Угольный карьер. Прослои угля.



<http://rabota.sibindustry.ru/UserPersonalFolder/58890/produkt.jpg>

Основные типы органогенных пород

Известняк и пясчий мел- захороненные остатки организмов с карбонатным скелетом. По составу ничем не отличаются от хемогенного известняка. При метаморфизме переходит в мрамор.

Ракушечный известняк



Основные типы органогенных пород

- Опоки и трепелы- кремнистые породы, состоящие на 50% и более из свободного водорастворимого кремнезема. Представляют собой захороненные остатки организмов с кремнистым скелетом (радиолярии, диатомеи- мельчайшие водоросли). Отличаются весьма низкой плотностью.
- Яшмы- метаморфизованные опоки и трепелы.



Основные типы хемогенных пород

Трепел



http://www.trans-mix.ru/info/images/info_trepel.jpg

Яшма



http://romantic-online.com/uploads/users_images/1/17/4863b279bcffc.jpg



http://i.allday.ru/uploads/posts/2009-09/1253641265_a-63.jpg

ALLDAY.RU

Пирокластические породы

Представляют собой осажденный на земной поверхности или под водой (на дне) вулканический пепел. От магматических эффузивных пород отличаются тем, что образуются не при застывании излившейся из кратера магмы, а за счет осаждения дисперсных (распыленных) в атмосфере или в воде частиц.

Наиболее распространенным типом пирокластических пород является туф.



Пирокластические породы



http://vesvladivostok.ru/stati2/10192/foto184/11717909_b.jpg



<http://www.bentamari.com/PicturesPatterns/AshCloud.jpg>



<http://www.prikol.ru/wp-content/gallery/june-2011/chili-volcano-01.jpg>

Наносы

- Под наносами в нефтегазовой геологии понимается верхний слой неконсолидированных осадков обычно четвертичного возраста. Глинистые наносы характеризуются высокой пластичностью, песчаные- сыпучестью и плавунностью. В силу этих свойств разрезы наносов неустойчивы. Мощность наносов может достигать 100м и более.



Дисперсные и кристаллические осадочные породы

Метаморфические и магматические породы являются кристаллическими. Осадочные породы можно подразделить на дисперсные (состоящие из частиц) и кристаллические (состоящие из кристаллов).

- Дисперсные породы- осадочные породы, состоящие из частиц (зерен). К ним относятся терригенные породы
- Кристаллические осадочные породы- породы хемогенного и органогенного происхождения



Понятие структурных связей

- Под структурными связями понимаются связи между частицами, минеральными агрегатами, кристаллами и кристаллитами (в зависимости от типа ГП) слагающими породу.



Структурные связи по степени прочности

Механические- трение между частицами (в песках, крупнообломочных осадках)

Водно-коллоидные или коагуляционные (по сути- слипание частиц)- обусловлены электромагнитными (вандербальсовскими- Ван дер Вальс) силами междумолекулярного притяжения (глины)

Цементационные- возникают за счет заполнения пористого пространства минеральной массой, цементирующей частицы (песчаники, алевролиты и аргиллиты)

Кристаллизационные- внутри кристаллов и между кристаллами (хемогенные осадочные породы, скальные магматические и метаморфические породы)



Геологические осадки и горные породы

Термин «осадки» имеет двойной смысл:

1. Осадки- молодые недавно отложенные образования, не уплотненные и не испытавшие существенных изменений состава и свойств- т.е. это горных породы на самой ранней стадии своего формирования.
2. Осадки- отражает происхождение пород- морское или континентальное



Геологические осадки и горные породы

Процесс накопления осадков

называется **седиментацией**.

Горные породы- отвердевшие
(литифицированные) осадки

Литификация- процесс отверждения осадков, обусловленный давлением, температурой и физико-химическими реакциями.



Геологические отложения

Термин «геологические отложения» имеет более универсальный и широкий характер. Под ним понимаются осадочные породы и геологические осадки, различающиеся по возрасту, составу, генезису и условиям залегания, но не по степени литификации.



Корректное определение

Грунты- геологические тела, представленные горными породами, геологическими осадками, техногенными образованиями, которые используются при строительстве.

Грунты могут служить:

- 1) материалом оснований зданий и сооружений;
- 2) средой для размещения в них сооружений;
- 3) материалом самого сооружения.



Эпигенез

Процессы преобразования осадков в породы называется эпигенезом.
Выделяется три стадии эпигенеза:

- **Диагенез**
- **Катагенез**
- **Метагенез**



Диагенез- уплотнение свежееотложенного осадка под действием давления от вышележащих слоев. Происходит в основном отжим воды из пористого пространства и из внешних оболочек коллоидных частиц (мицелл). Формируются водно-коллоидные структурные связи. Состав минеральной части меняется незначительно, образуются новые (аутигенные) минералы. Глубина до 500-1500м от поверхности.



Катагенез- изменения состава и уплотнение осадка под давлением вышележащих образований и температуры. Состав минеральной части изменяется, но не существенно, упрочняются водно-коллоидные и формируются цементационные связи за счет образования новых минералов (цемент заполняет пористое пространство, вытесняя воду). Глубина до 3.5-5.0км от поверхности

Метагенез (метаморфизм)- существенное изменение минералогического состава, перекристаллизация частиц и минералов под действием температур и давления, а также глубинных растворов. Состав минералов изменяется коренным образом. Формируются кристаллизационные связи. Глубина- более 3.5-5.0км.



Мицеллы (коллоидные частицы)

Глины, аргиллиты и алевролиты состоят из коллоидных частиц (мицелл).

Строение- в центре минеральное зерно (ядро) глинистой фракции с положительным зарядом внутри и отрицательным на поверхности.

Вокруг несколько слоев связанной воды- первый от поверхности минерального зерна- прочносвязанная вода, внешние слои- рыхлосвязанная вода.

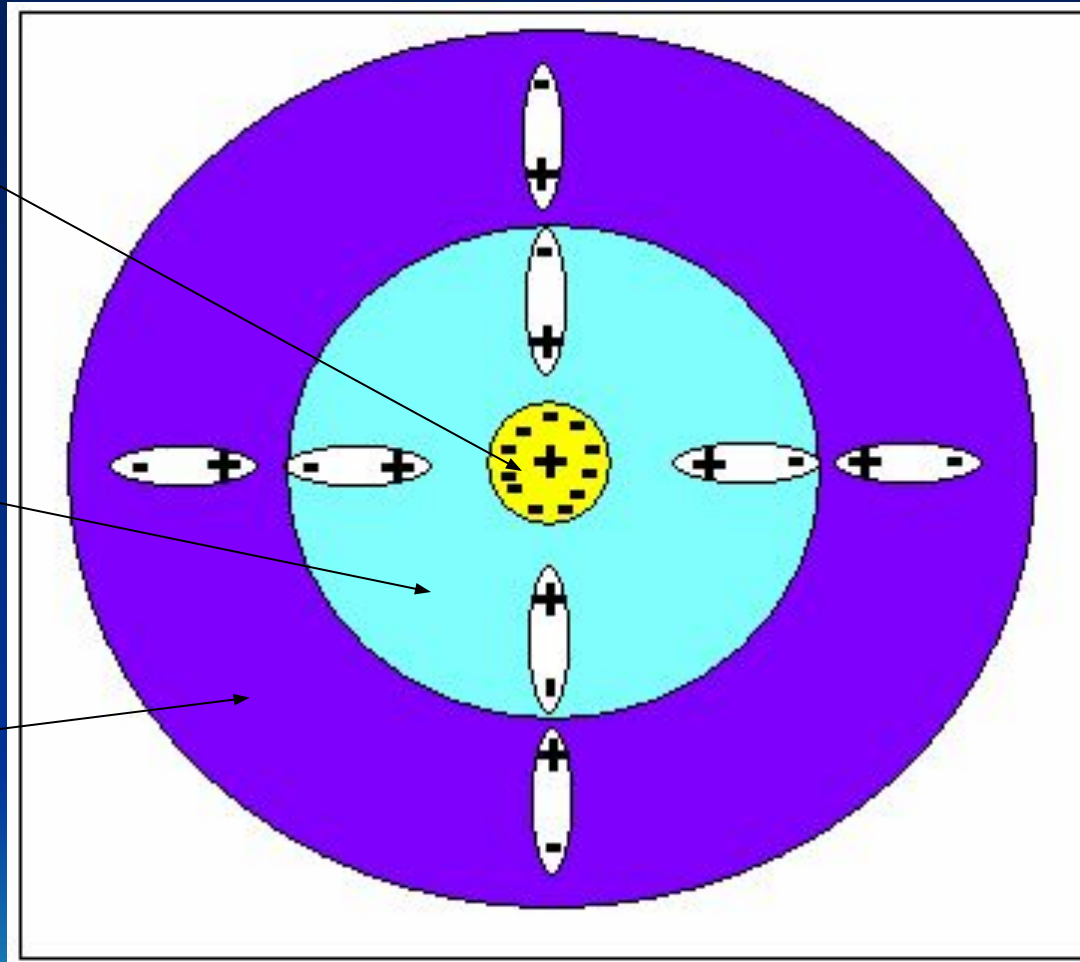


Мицелла

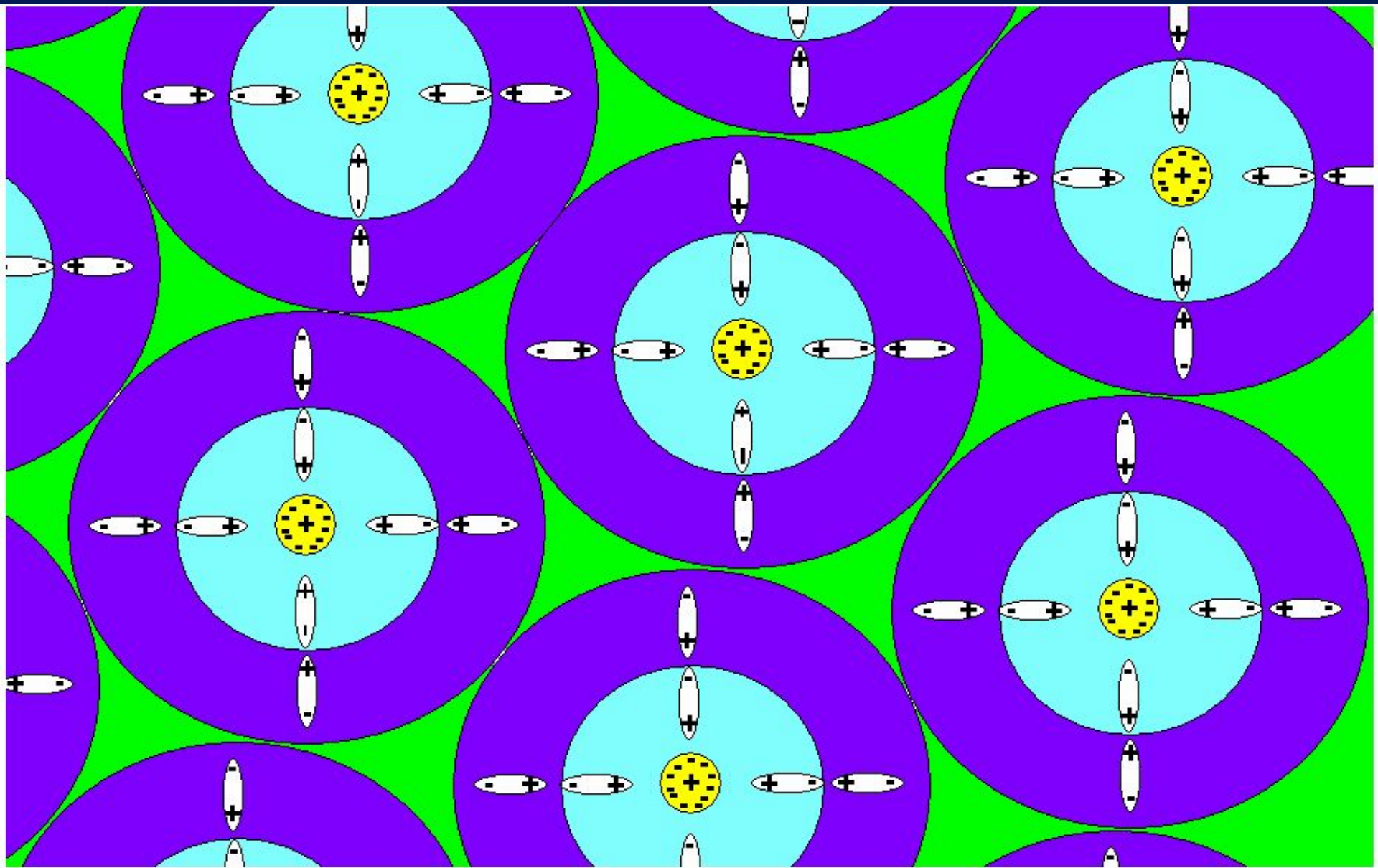
Минеральное
ядро

Слой
прочносвязанной
воды

Слой
рыхлосвязанной
воды

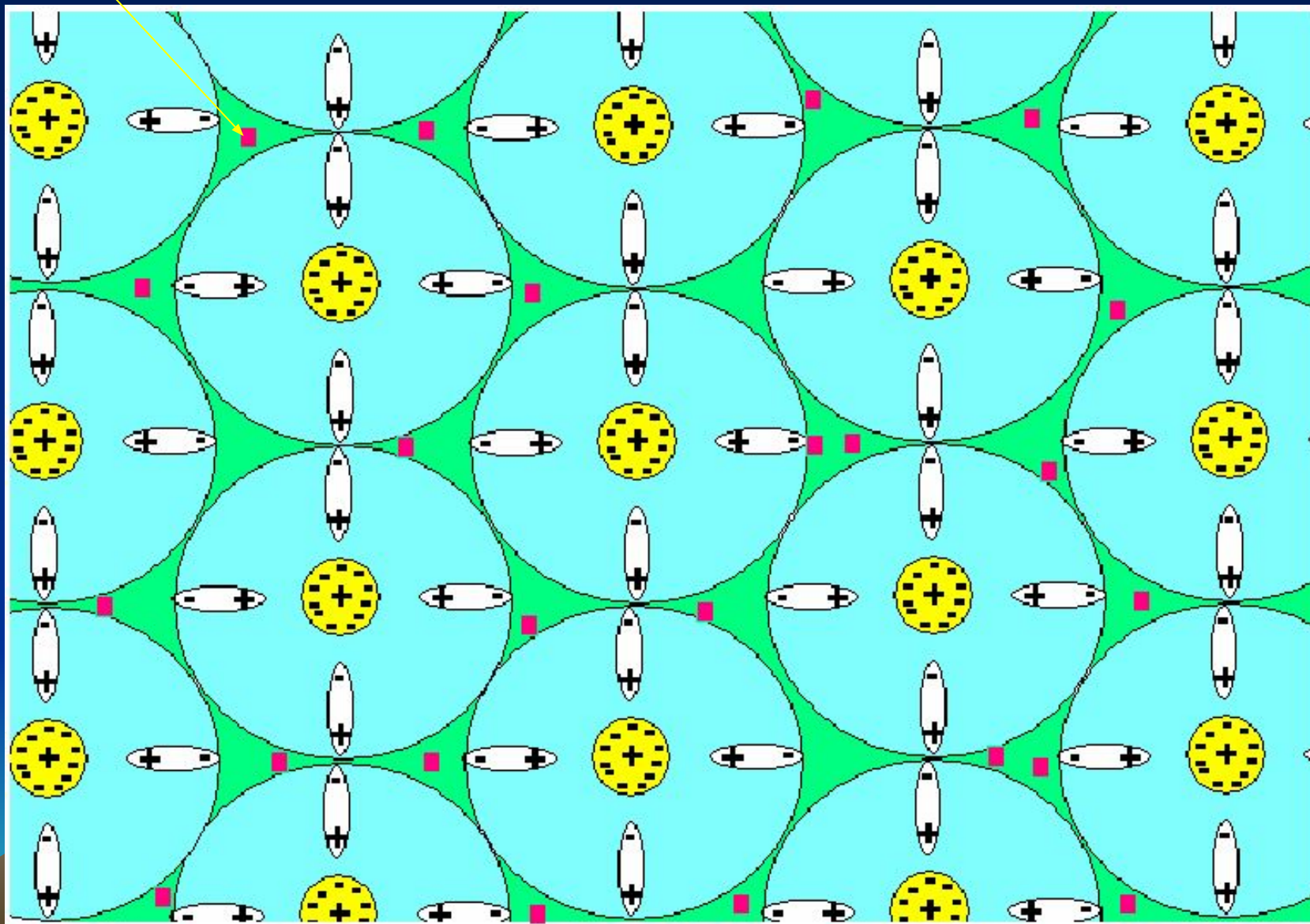


Микроструктура глинистого осадка

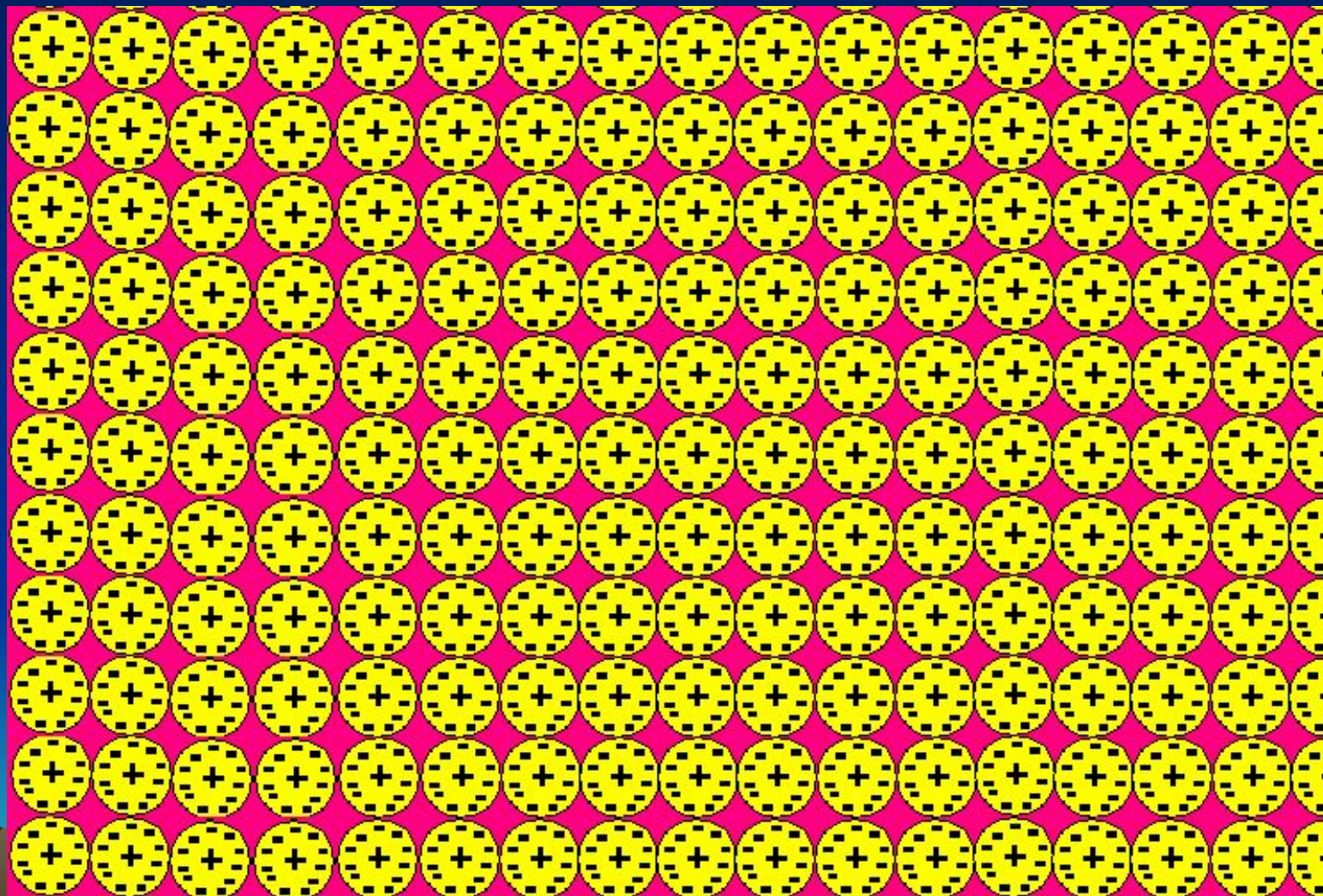


Новообразованные
минералы

Диagenез



Катагенез



Ряды преобразований осадков

Осадок	Диагенез	Катагенез	Метагенез
Илы			
Глинистые	Глины	Аргиллиты	Слюдистые сланцы
Суглинистые и супесчаные	Суглинки и супеси	Алевролиты	
Пески	Пески	Песчаники	Кварциты
Крупно-обломочные грунты	Крупно-обломочные грунты	Конгломераты и брекчии	Конгломераты и брекчии
Торф	Оторфованный грунт	Уголь	Графит

Минеральные новообразования

В ходе постседиментационных преобразований образуются новые аутигенные минералы. С точки зрения данного предмета наибольшее значение имеют пиритизация и ожелезнение.

Пиритизация- замещение органических остатков пиритом FeS_2 (46,6% Fe, 53,4% S).

Ожелезнение- замещение органических остатков железистыми минералами (окислами и гидроокислами железа- гематитом, лимонитом и др.).



Терригенные породы



пиритизация

<http://www.ammonit.ru/foto/23861.htm>

Терригенные породы



пиритизация
органических
остатков
аммонита

Основные характеристики горных пород, формирующие их облик

- *Структура и текстура*
- *Слоистость и сланцеватость*
- *Трещиноватость и кавернозность*



Структура и текстура осадочных пород

Структура- определяется формой и размерами слагающих породу частиц и агрегатов; наличием всякого рода включений; пор, видимых невооруженным глазом; неоднородностей; трещин и т.п.

Текстура- ориентировка в пространстве и относительно друг друга слагающих породу частиц и агрегатов



Кристаллические структуры

В кристаллических основной структурной характеристикой является преобладающий размер кристаллов, из которых состоит порода. По этому признаку выделяют следующие виды структур:

- Мелкокристаллическая- размер кристаллов менее 1мм
- Среднекристаллическая- размер кристаллов 1-5мм
- Крупнокристаллическая- размер кристаллов 5-10мм
- Грубокристаллическая- размер кристаллов более 10мм



Структура

Кристаллическая (мелко-, средне-, крупно-) - порода состоит из кристаллов различного размера - в осадочных, интрузивных и метаморфических породах

Зернистая (мелко-, средне-, крупно-) - в осадочных породах - порода состоит из зерен, взвешенных в минеральном цементе

Неполнокристаллическая - эффузивные породы и метаморфические породы - кристаллы выражены не четко, их контуры как бы размыты

Пористая - в осадочных, вулканогенно-осадочных и метаморфических породах наблюдаются поры

Однородная и неоднородная - порода состоит из однородной или неоднородной массы

Стекловатая - эффузивные породы - аналогична стеклу

Трещиноватая (сильно-, средне-, слабо-) - в породе наблюдаются трещины. Трещины могут быть заполнены (залечены) новообразованными минералами.



Зернистость

В дисперсных осадочных породах основной структурной характеристикой является зернистость- преобладающий размер частиц, из которых состоит порода. По этому признаку выделяют следующие виды структур:

- Микрозернистые- размер зерен менее 0.01мм
- Мелкозернистые- размер зерен 0.10-0.01мм
- Среднезернистые- размер зерен 0.1-0.5мм
- Крупнозернистые- размер зерен 0.5-1.0мм
- Грубозернистая- размер зерен более 1мм





Гранит грубокристаллической структуры



Гранит крупнокристаллической структуры



Текстура

Массивная- минеральные частицы и агрегаты ориентированы хаотично

Слоистая- в осадочных и метаморфических породах- наблюдаются чередование слоев

Полосчатая- в осадочных и метаморфических породах- чередование параллельных слоев различного цвета и состава

Блоковая- в осадочных и метаморфических породах- образец разделен на отдельные блоки, которые различаются различной ориентировкой частиц, слоев и т.п.

Сланцевая- образуется в метаморфических породах при динамическом метаморфизме, возникшие трещины и плоскости, ориентированы не всегда параллельны слоистости и могут пересекать последнюю

Порфировая- в интрузивных магматических породах- характеризуется наличием крупных кристаллических агрегатов, взвешенных в массе со стекловатой или неполнокристаллической структурой

Порфировидная- в интрузивных магматических породах- отличается от порфировой более четкой кристаллизацией крупных агрегатов и вмещающей массы (крупные кристаллы включены в массу мелких)

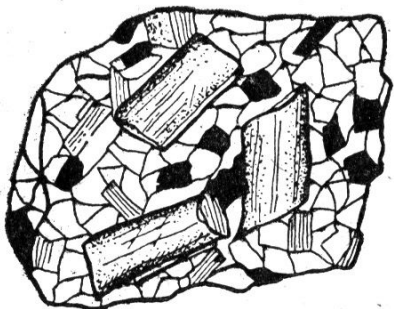
Миндалевидная- наблюдаются миндалевидные включения, образующиеся за счет заполнения пор вторичными минералами

Флюидальная- в осадочных и метаморфических породах- текстура течения, выраженная в соответствующем изгибании слоев



Основные виды текстур

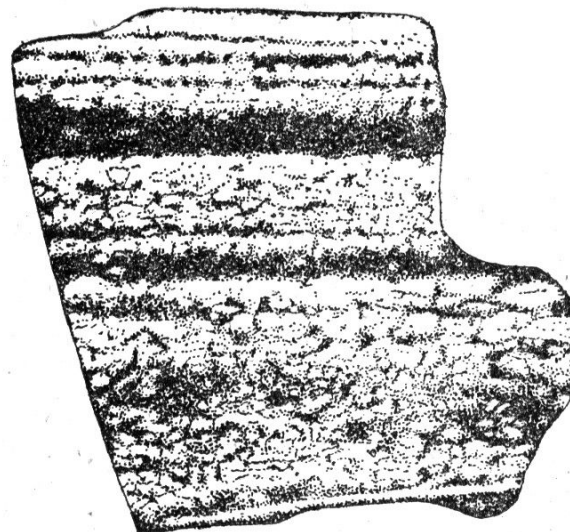
ПОРФИРОВИДНАЯ



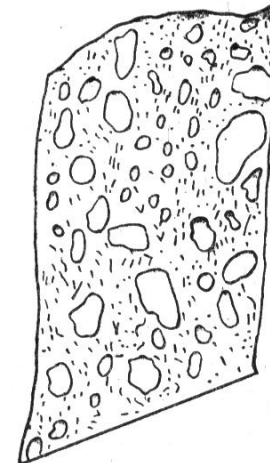
ПОРФИРОВАЯ



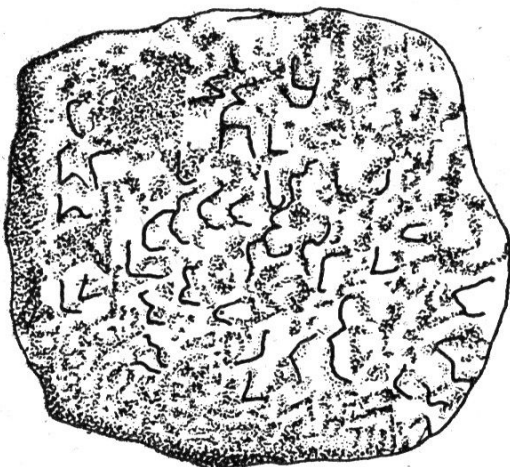
ПОЛОСЧАТАЯ



НЕОДНОРОДНАЯ



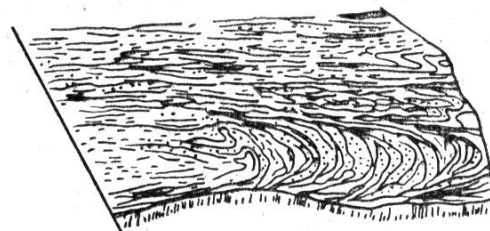
ПЕГМАТИТОВАЯ



СЛАНЦЕВАТАЯ



ФЛЮИДАЛЬНАЯ



Текстуры осадочных пород

Основные виды текстур осадочных пород:

- Слоистая
- Неслоистая

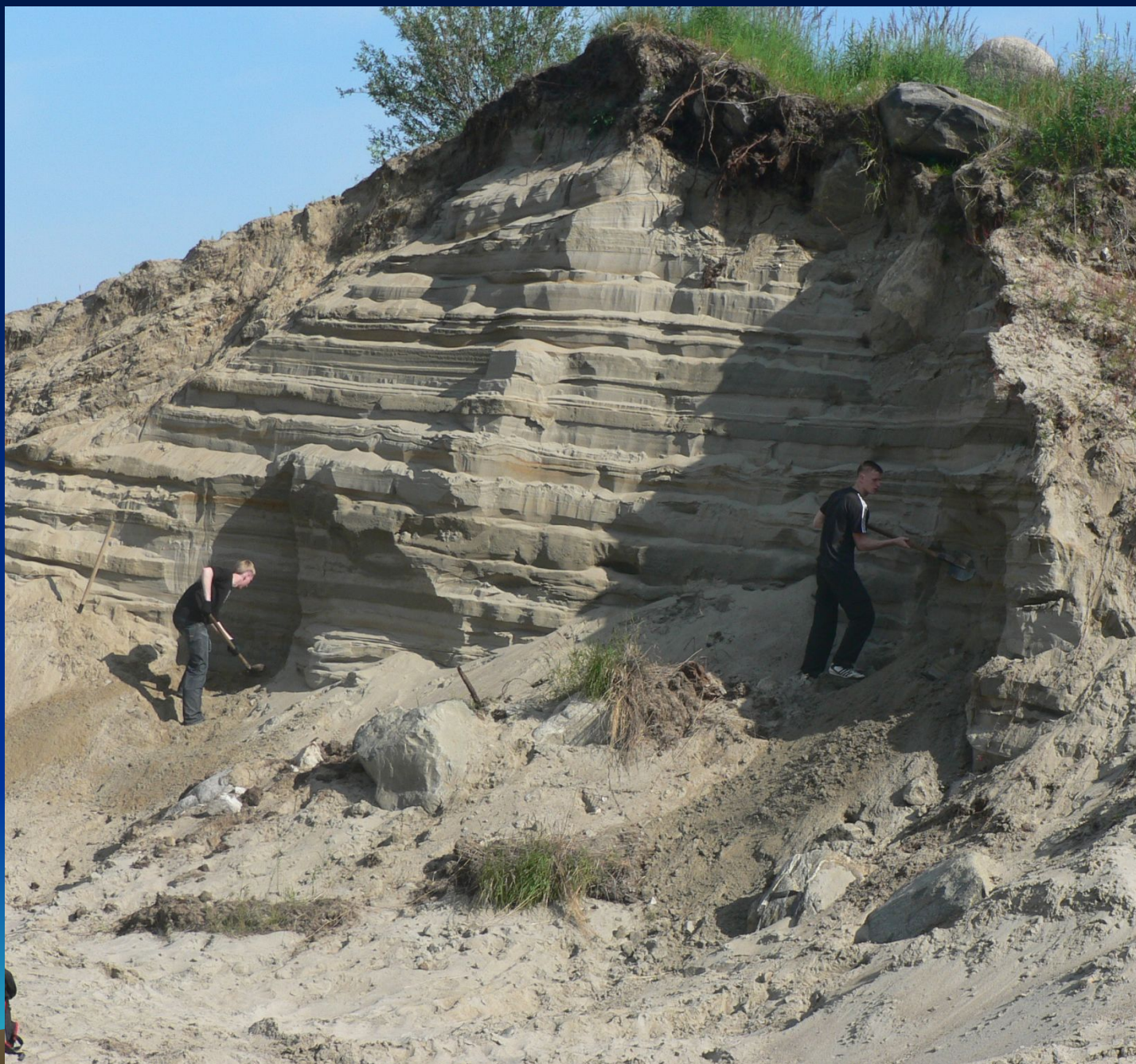
Слоистость важна тем, что она определяет анизотропию свойств.

Анизотропия- заданность направления изменения свойств



Слоистость - чередование слоев, сложенных образованиями, отличающимися по составу, цвету, свойствам (текстурная х-ка). Слоистость обычно характерна для осадков, образовавшихся в водоемах. Она формируется в результате периодических или не периодических изменений режима водной толщи (приливо-отливных колебаний, флуктуаций речного стока в осенне-зимний и весенне-летний периоды и т.п.).





Слоистые
пески, карьер
вблизи г. Кола



Слоистый песчанник. Залив Эль Гольфо, Ланзароте, Канарские острова, Испания

© Алла Иванова / Фотобанк Лори



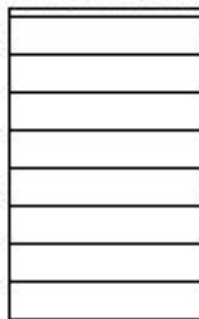
lori.ru/2252718

Виды слоистости

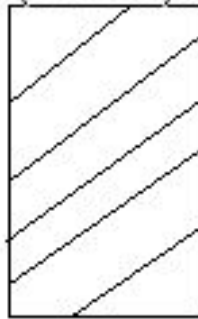
Слоистая



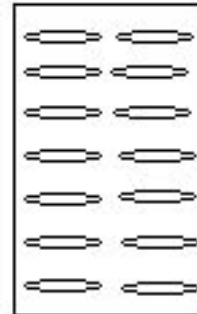
Ритмичная
(ленточная)



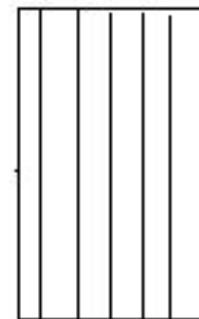
Наклонная
(косая)



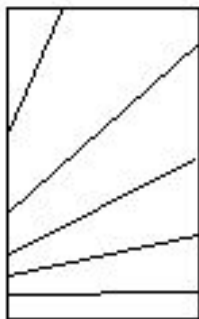
Линзовидная



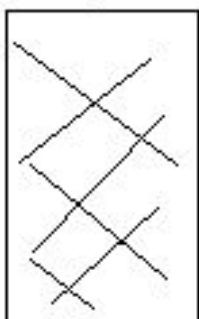
Вертикальная



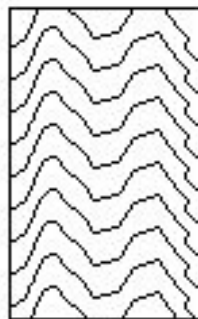
Веерная



Сетчатая
(перекрестная)



Волнистая



Прерывистая



Блоковая

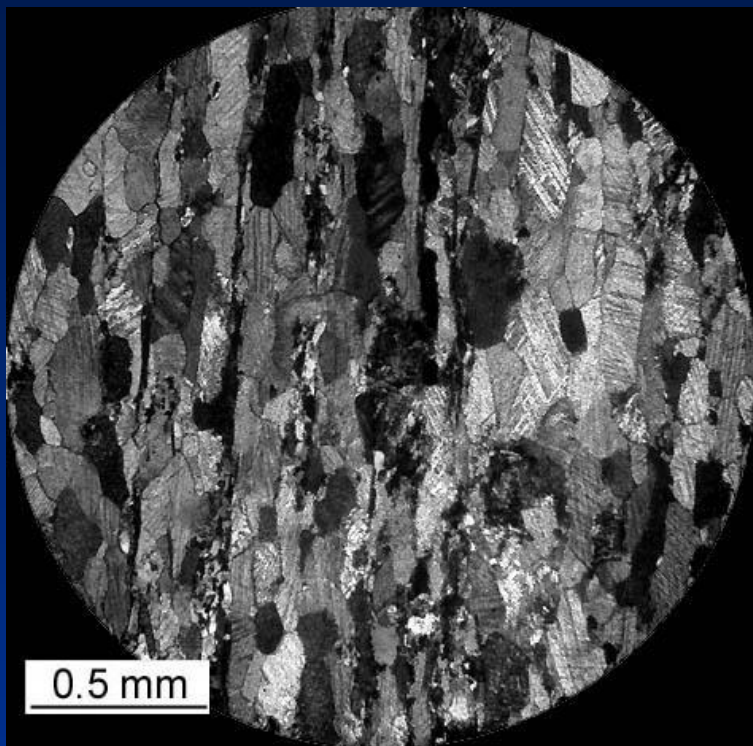


Сланцеватость

Сланцеватость- наличие отдельностей, делящихся на тонкие плоские параллельные слои, плоские плитки или пластинки. По отношению к слоистости является вторичной и может рассекать элементы слоистости. Образуется при сжатии пород, а также при динамическом воздействии.

Сланцеватость, в отличие от слоистости, является вторичной текстурой и образуется в ходе эпигенетических преобразований осадков. Слоистость же является конседиментационной первичной текстурой.





Сланцеватость образца породы
под микроскопом
[http://geo.web.ru/geolab/atlas/shist/
image135.html](http://geo.web.ru/geolab/atlas/shist/image135.html)



Сланцеватость пород в массиве
<http://www.jeolojisozluk.com/>

Трещиноватость и кавернозность

Трещиноватость горных пород- совокупность в породе трещин различного происхождения и разных размеров. Сами трещины представляют собой узкие щелевидные полости, рассекающие породный массив по плоскостям. Может выделяется одна, две, три и т.д. систем трещиноватости.

Каверозность горных пород- наличие в породе пустот (каверн) различной формы. В отличии от трещин каверны имеют изометричную форму.



Фазовый состав горных пород

Магматические и метаморфические породы не обладающие пористостью имеют в основном однофазный состав- т.е. они состоят из одной фазы, представленной твердой минеральной компонентой.

Пористые осадочные породы могут иметь двух- или трех- и даже четырехфазный состав. Первая фаза- твердая минеральная составляющая, вторая- жидкость (вода, нефть, конденсат и пр.) заполняющая поровое пространство, третья- фаза- свободный газ. Если порода мерзлая, то в качестве четвертой фазы рассматривается лед.

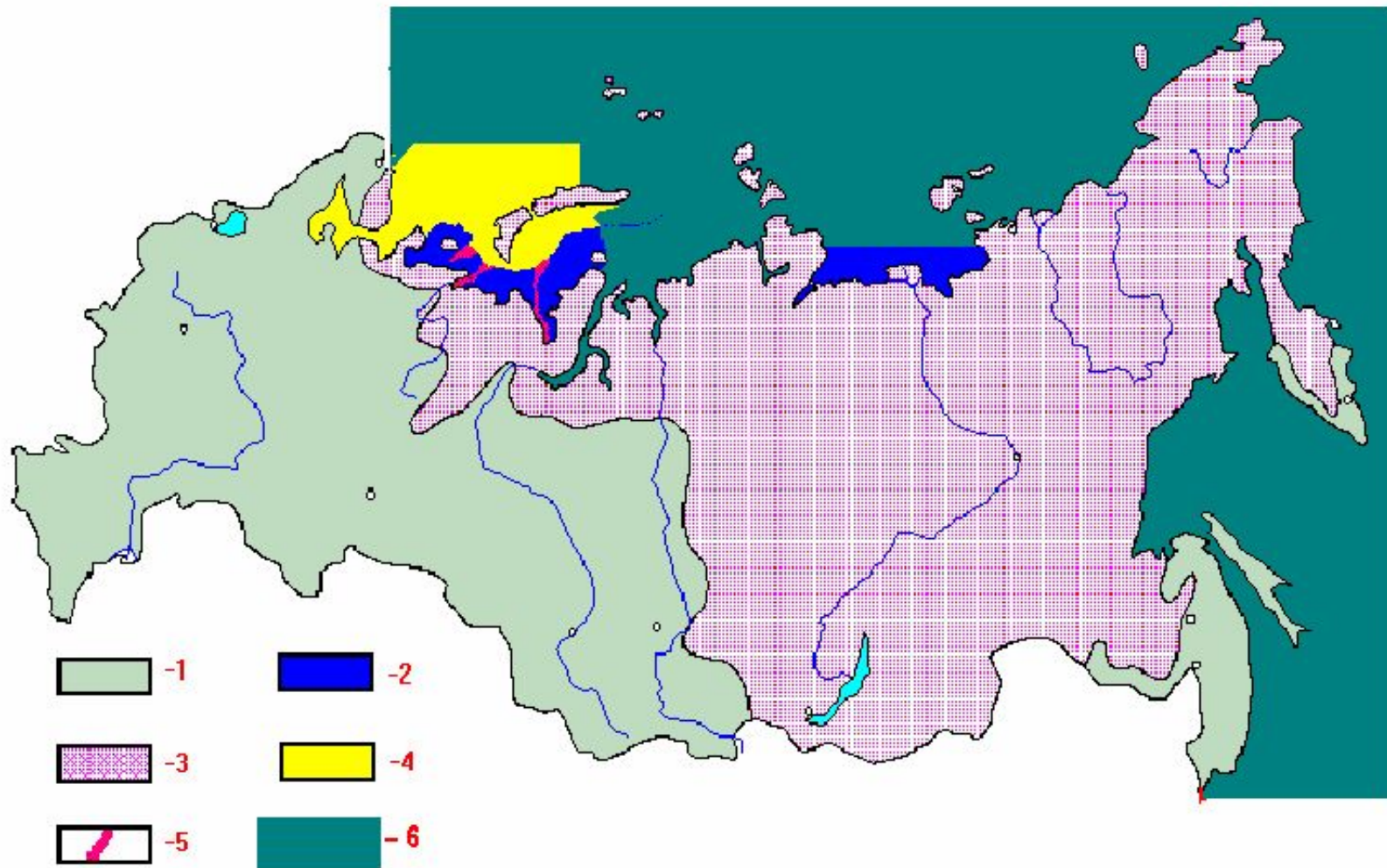


Мерзлые горные породы

Многолетнемерзлые (вечномерзлые) породы- горные породы, геологические осадки и отложения находящиеся при отрицательной температуре и содержащие в своем составе лед.



Распространение мерзлых пород



1- unfrozen soils of onshore; 2- frozen soils of offshore; 3- frozen soils of onshore;
4- unfrozen soils of offshore; 5- zone of distribution of melted soils connected with
old valley of rivers; 6- unstudied or unknown zone

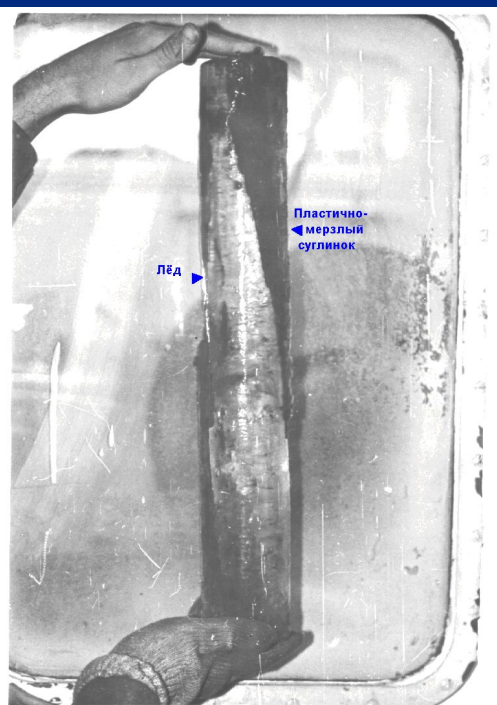
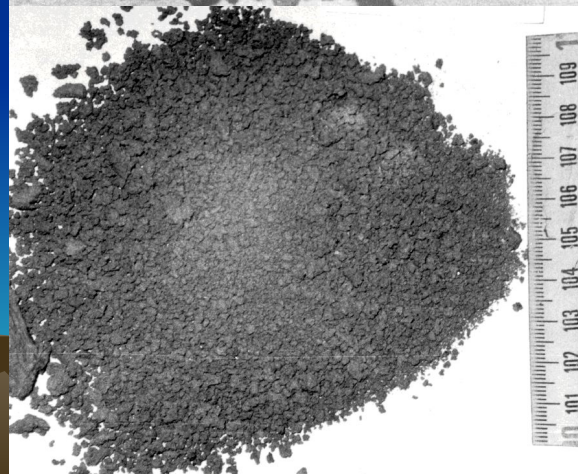
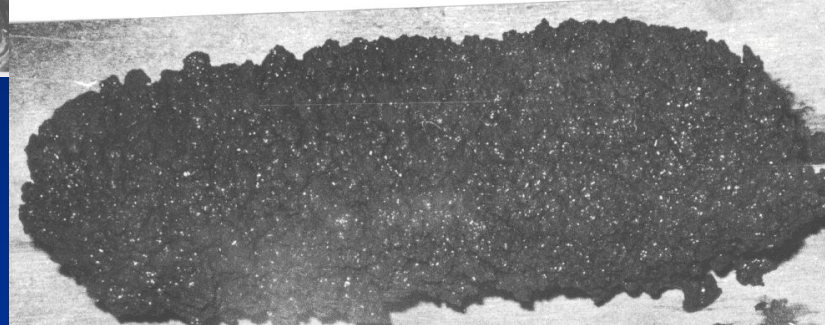
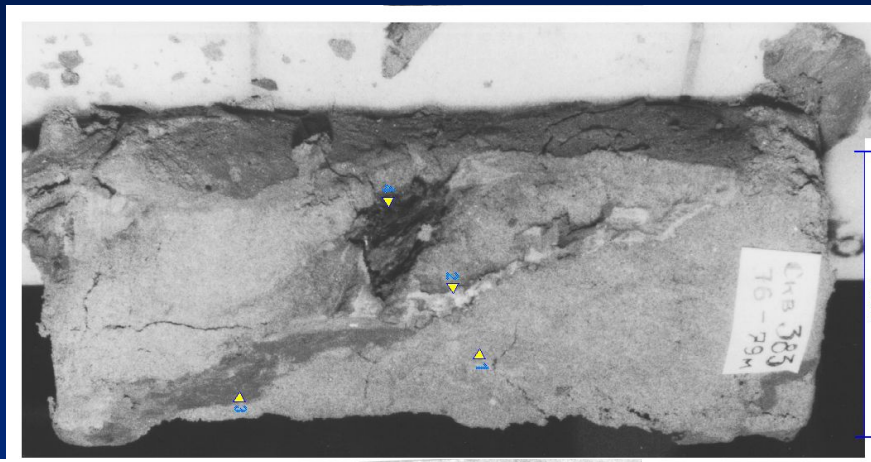
Видимые ледяные включения и лед-цемент

В мерзлых породах лед присутствует в виде текстурных включений (линз, гнезд, прослоев, прожилок, шпиров и т.п.), а также в виде льда-цемента.

Лед-цемент простым невооруженным глазом не различается.



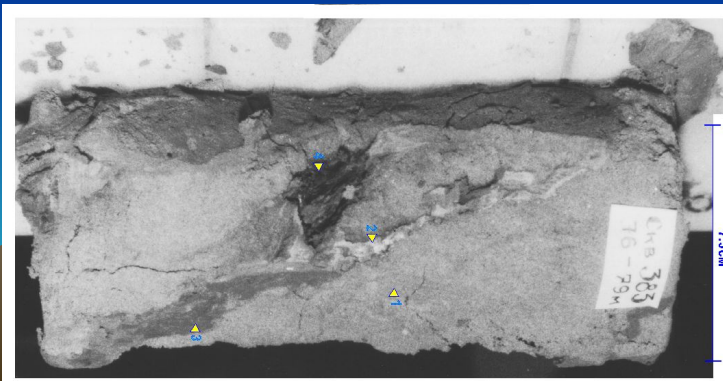
Керны из мерзлых грунтов



Пластичномерзлые породы представляют собой пластичные глинистые осадки, содержащие включения льда (текстурный лед)



Твердомерзлые породы представляют собой песчаные и глинистые осадки, частицы которых связаны льдом-цементом. Характеризуются твердым состоянием.



Морозные породы

В кристаллических породах (магматических, метаморфических и осадочных) свободная вода отсутствует. Следовательно, при отрицательных температурах лед в этих породах образоваться не может. Такие породы называются морозными.

Морозные породы- кристаллические породы, имеющие отрицательную температуру и не содержащие в своем составе льда.



Охлажденные осадки и породы

В некоторых типах осадков и дисперсных пород отмечается повышенная минерализация порового раствора. При небольших (относительно высоких) значениях отрицательных температур лед в них не образуется. Такие осадки и породы называют охлажденными.

Осадки (породы) охлажденные — засоленные осадки и породы крупнообломочного, песчаного и глинистого состава, отрицательная температура которых выше температуры начала его замерзания.



Генезис мерзлых пород

Мерзлые породы образуются при промерзании породного массива в условиях отрицательных среднегодовых температур.

Промерзание распространяется вниз по разрезу от земной поверхности.



Образование мерзлых пород

Природные мерзлые пород образуются в результате замерзания осадочных толщ в условиях холодного климата и отрицательной среднегодовой температуры в континентальных условиях. Процесс промерзания протекает в геологическом времени (тысячи и миллионы лет).

Таяние мерзлых пород в естественных условиях происходит под воздействием внутреннего тепла Земли (глубинного теплового потока) и с поверхности при потеплении климата или при затоплении мерзлых толщ морскими водами (трансгрессии). Также протекает в геологическом времени.

Современные мерзлые толщи имеют мощность до 1 км (на Ямале до 600-800 м). Подошва мерзлых толщ залегает на глубине, где наблюдается нулевой баланс между глубинным теплотоком и воздействием поверхностных отрицательных температур.



Шельф

На шельфе преобладают реликтовые породы, сформированные около 18-20тыс. лет назад при последней регрессии моря, имевшей место в течение верхневалжайского (сартанского) ледникового периода.

При последней регрессии уровень моря понизился до отметок -100...-140м. В условиях холодного климата произошло глубокое промерзание осадков. Сформировалась мерзлая толща мощностью около 500м.


В ходе последующей трансгрессии современного морского бассейна мерзлые породы оказались перекрыты морскими водами с положительной температурой. Это привело к интенсивному таянию. В результате мерзлые породы сохранились лишь на отдельных участках. В настоящее время мерзлые породы арктического шельфа испытывают медленное таяние.



Типы промерзания

Сингенетическое промерзание- промерзание пород по мере их накопления (седиментации). Отличаются высокой льдистостью, часто содержат мощные (до 5-10м) слои льда. Характерны разнообразные криотекстуры.

Эпигенетические- промерзают после накопления (седиментации). Их льдистость, как правило, ниже чем в сингенетических. Криотекстуры в основном массивные, слоистые, реже сетчатые.

A stylized, low-poly silhouette of a mountain range in shades of brown and tan, positioned at the bottom of the slide against a blue gradient background.

Криогенные связи

Мерзлые породы характеризуются криогенными структурными связями (криос- греч.- холод). Т.е. в мерзлых породах частицы связаны льдом.

Криогенные структурные связи- кристаллизационные связи, возникающие во влажных дисперсных осадках и наносах, а также в трещиноватых горных породах при отрицательной температуре в результате цементации льдом.



Льдистость

Количество льда в породе во многом определяет ее свойства и выражается через льдистость. Выделяют объемную льдистость и льдистость за счет видимых ледяных включений.

- Суммарная льдистость мерзлой породы I_{tot} — отношение содержащегося в нем объема льда к объему мерзлой породы.
- Льдистость породы за счет видимых ледяных включений I_i — отношение содержащегося объема видимых ледяных включений к объему мерзлой породы



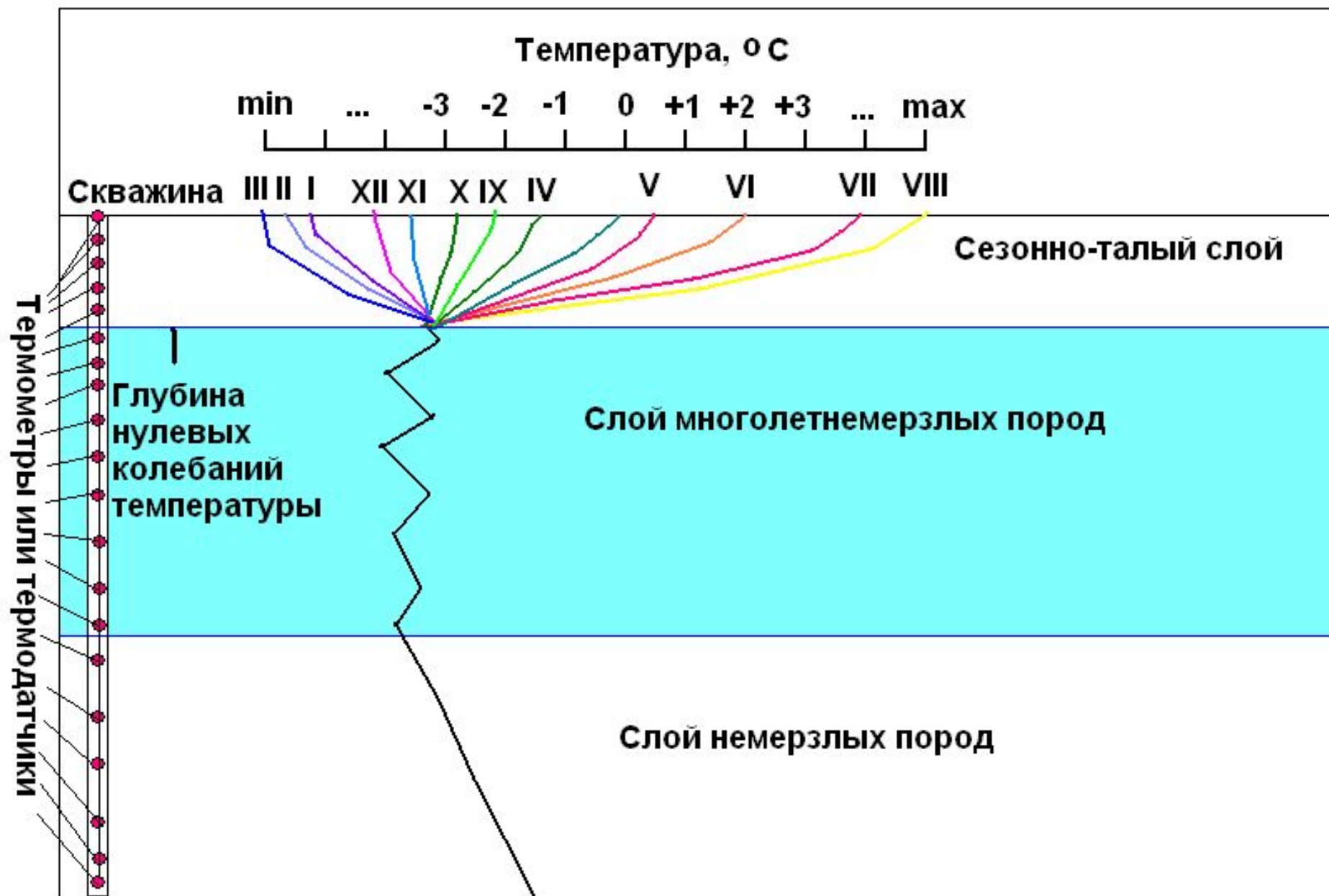
Сезонно-талый и сезонно-мерзлый слои, слой нулевых годовых колебаний температуры

- Сезонно-талый слой СТС- поверхностный слой, ежегодно протаивающий в теплый сезон и промерзающий в холодный. Подстигается мерзлыми породами.
- Сезонно-мерзлый слой СМС- поверхностный слой, промерзающий в холодный сезон года и оттаивающий в теплый. Подстигается немерзлыми породами.
- СТС или СМС- еще называют деятельным слоем
- Глубина нулевых годовых колебаний температуры грунтов- глубина, на которой температура породы не изменяется в течение одного года (при заданной точности измерений $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$).

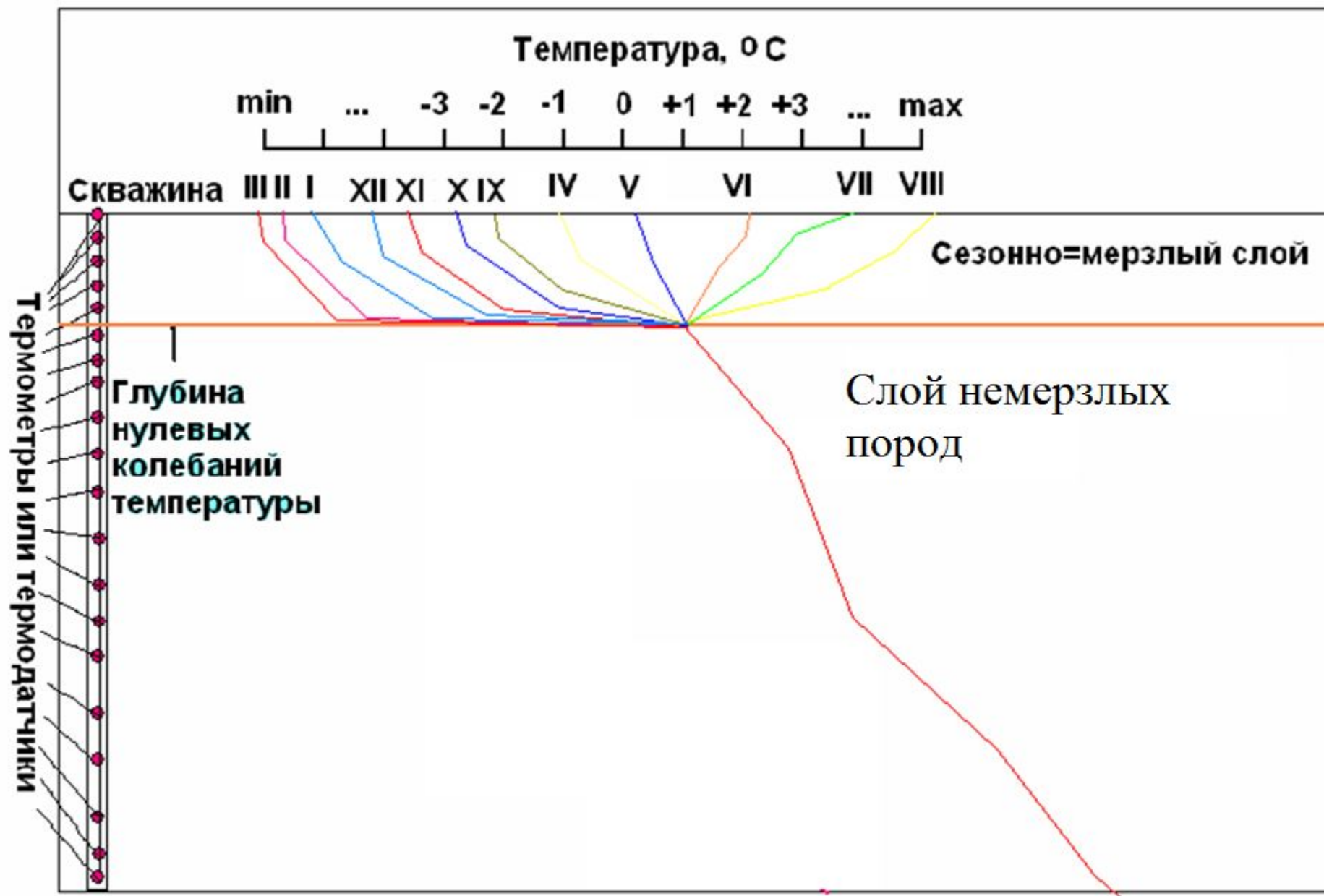
Подшва СТС и СМС приблизительно соответствует глубине нулевых годовых колебаний



Геотермический градиент в разрезе мерзлых пород



Геотермический градиент в разрезе немерзлых пород



Природные газогидраты

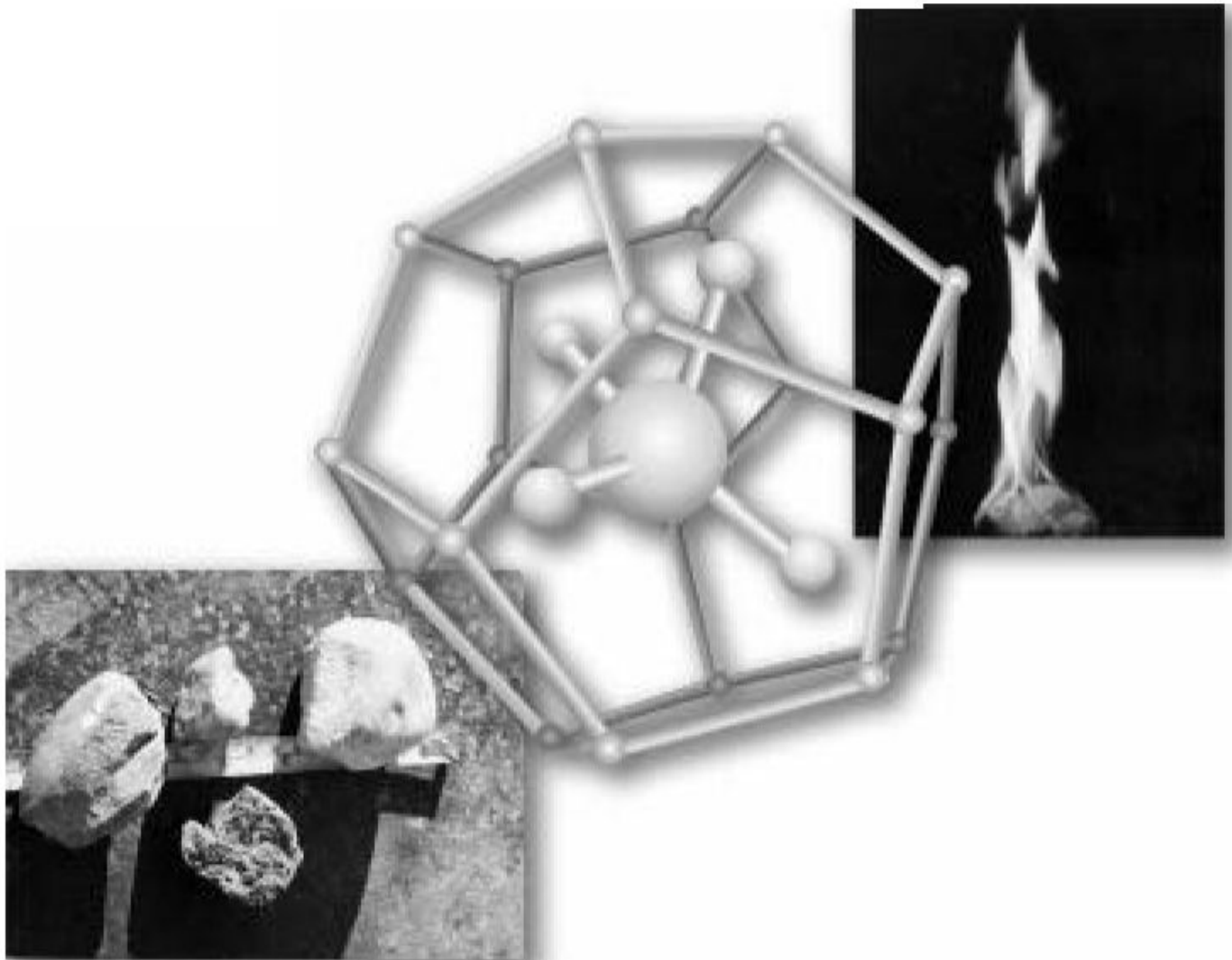
Газогидраты или кристаллогидраты- под этими терминами в морской геологии вообще и в морской геологии в частности обычно понимается связанный льдом газ, содержащийся в составе осадков. Связанный газ, представленный в основном метаном, образует кристаллы и кристаллические сростки.

Элементарная частица кристаллогидрата представляет собой молекулу метана в окружении молекул воды.

Визуально кристаллогидраты, содержащиеся в грунте напоминают лед или плотный снег.



Газогидраты



Горение газогидратов



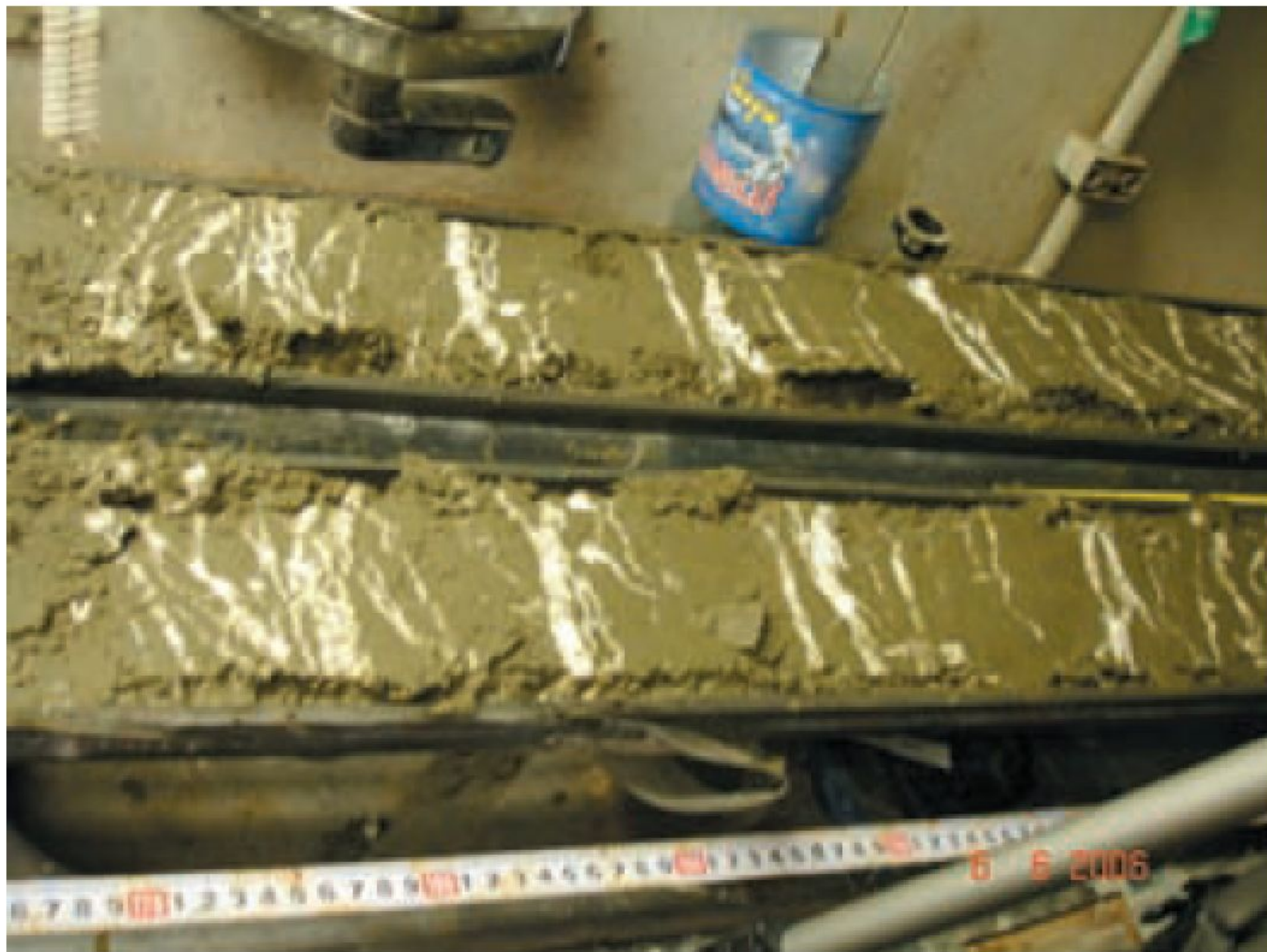
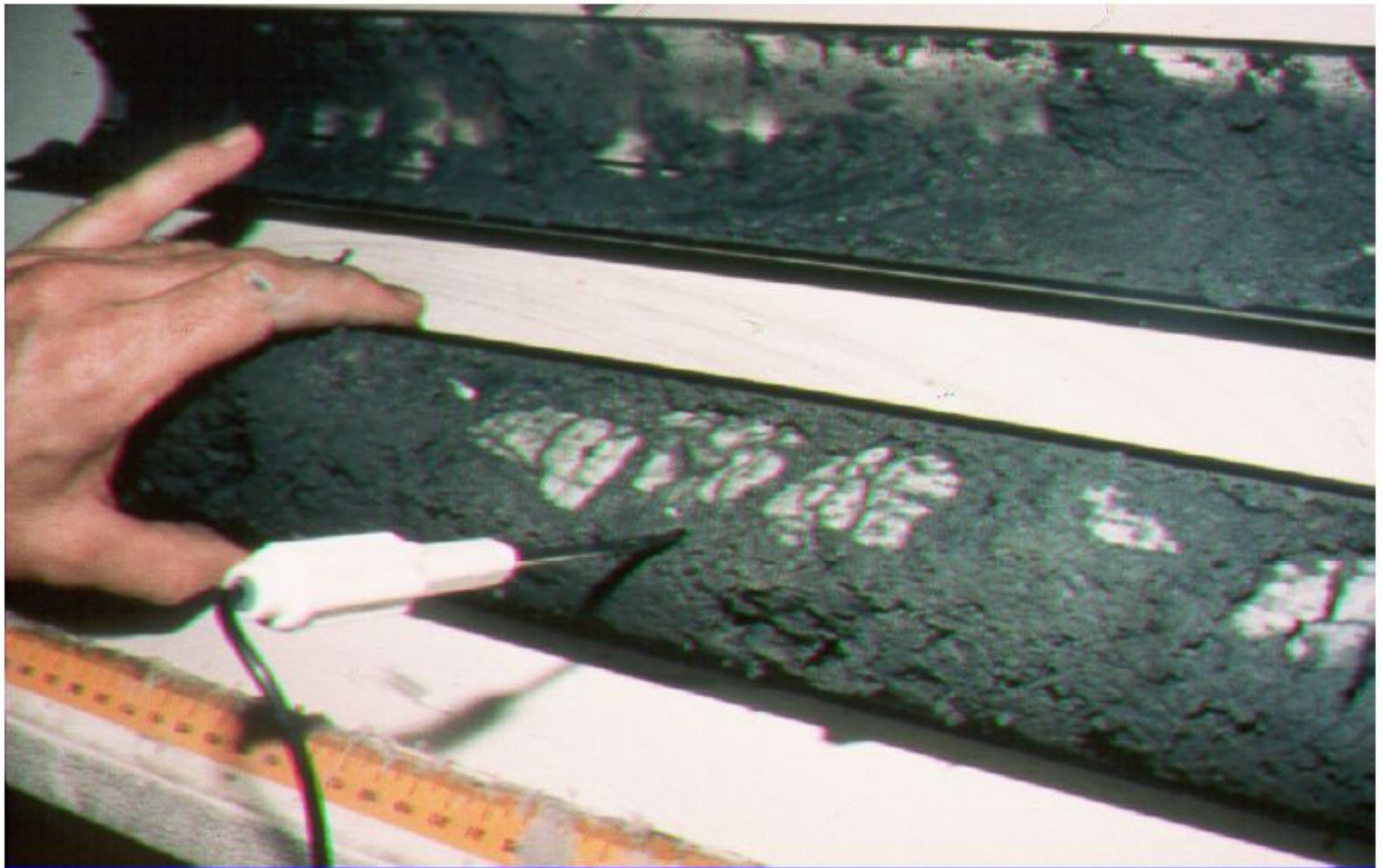


Рис. 11. Слон газогидратов в керне гравитационной трубки. Слон газогидратов (белый цвет) залегают на глубине 3–4 м от поверхности дна в илистых донных осадках



CORE WITH HYDRATE

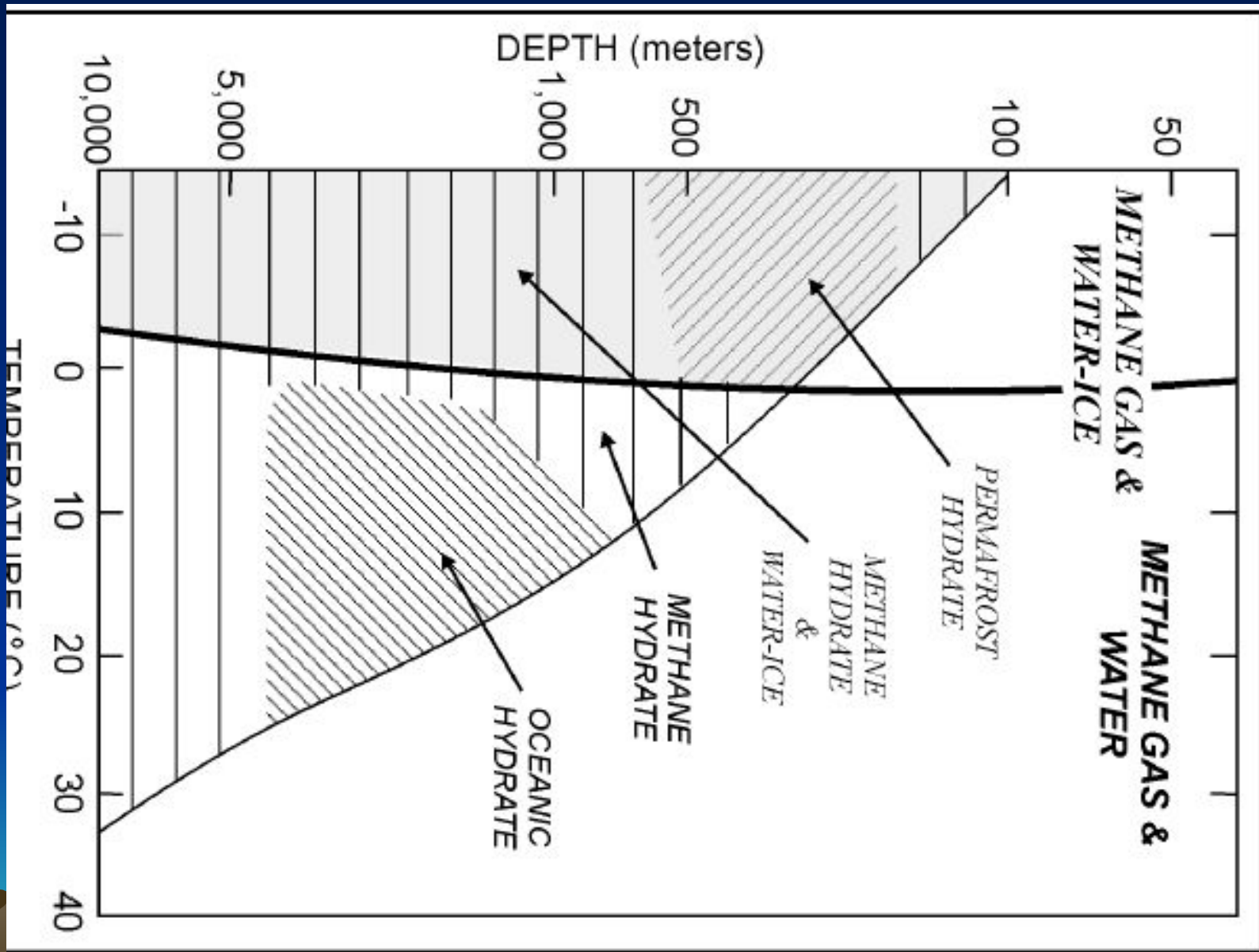
Courtesy of
Gene Pollard, ODP

P-T условия

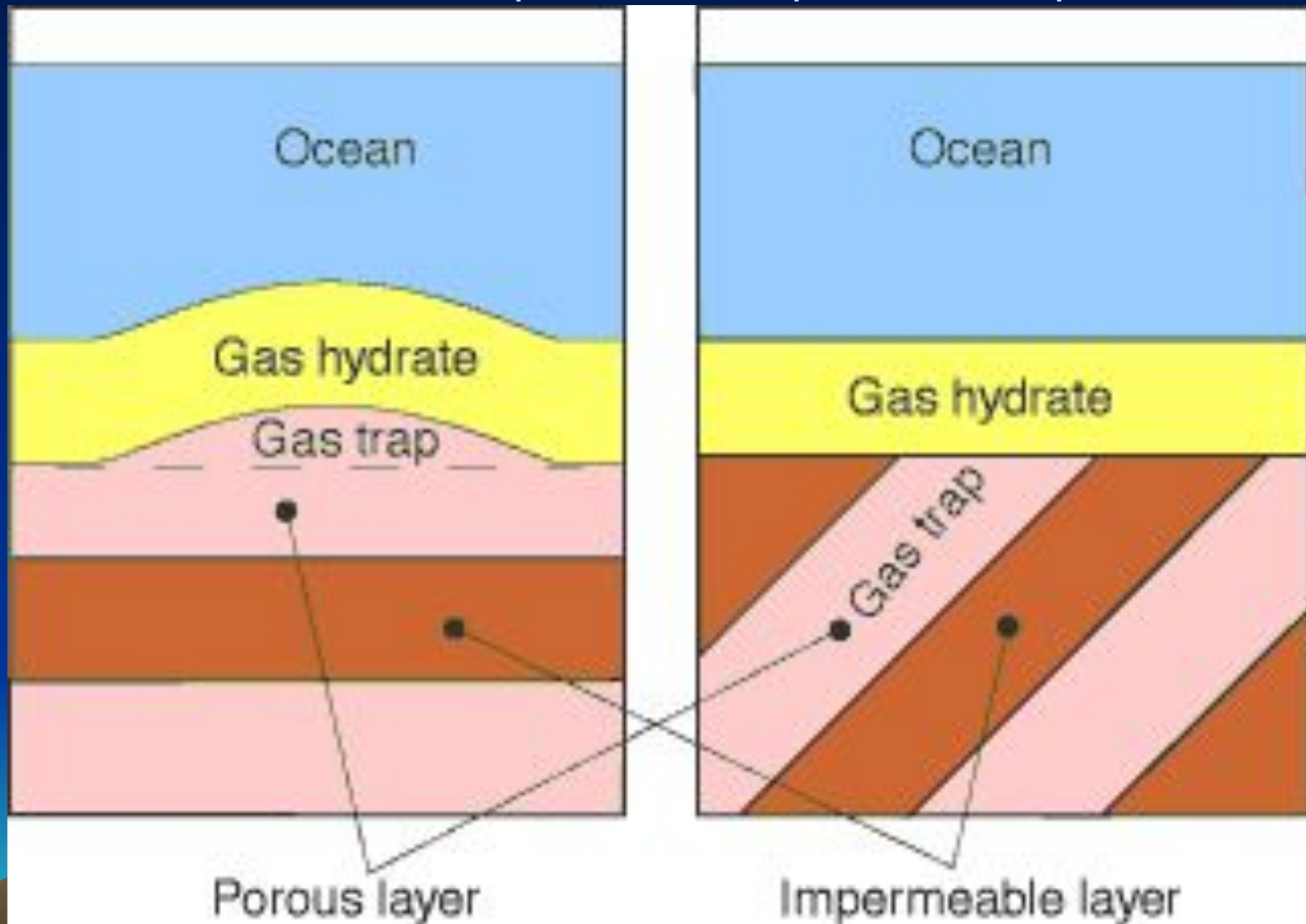
Образование газогидратов происходит при определенном соотношении между давлением и температурой. Давление создается столбом воды. Температурная компонента определяется температурой придонного слоя воды и верхней части грунта. Это соотношение было рассчитано по экспериментальным данным. На основании знаний о глубине моря и гидрологических данных о температуре придонного слоя воды для многих районов Мирового Океана были построены карты зон стабильности гидрата метана.



P-T графики стабильности кристаллогидратов метана



Условия залегания кристаллогидратов на морском дне



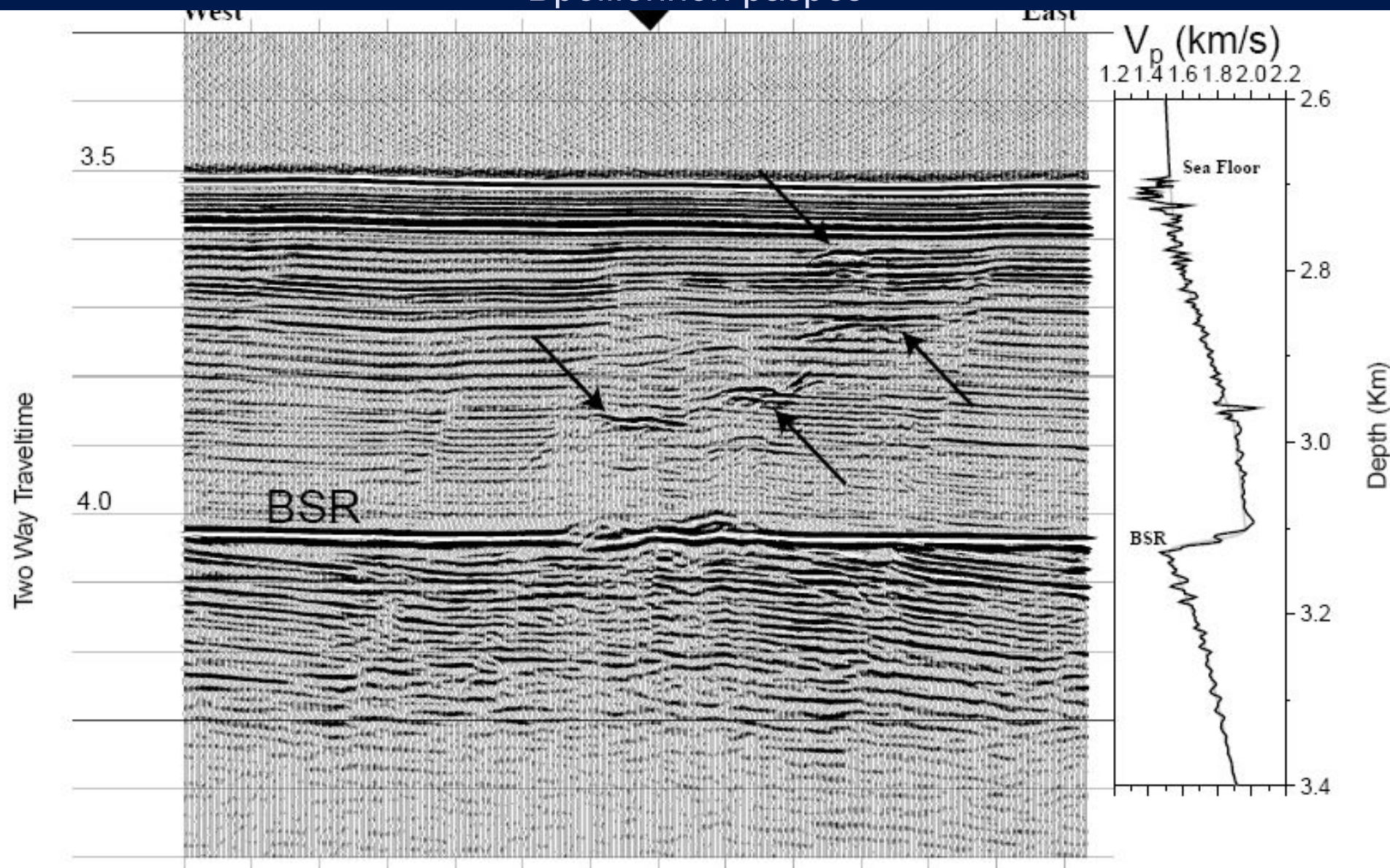
BSR

На временных разрезах нижняя граница поверхностных осадков насыщенных газогидратами в целом конформна поверхности дна. В англоязычной литературе ее называют **bottom second reflector (BSR)**, в отечественной - второе дно (не путать с кратными отражениями). BSR характеризуется повышенной амплитудой отраженного сигнала, иногда отмечается пересечение этой границей внутренних отражений осадочных толщ литолого-стратиграфического характера.

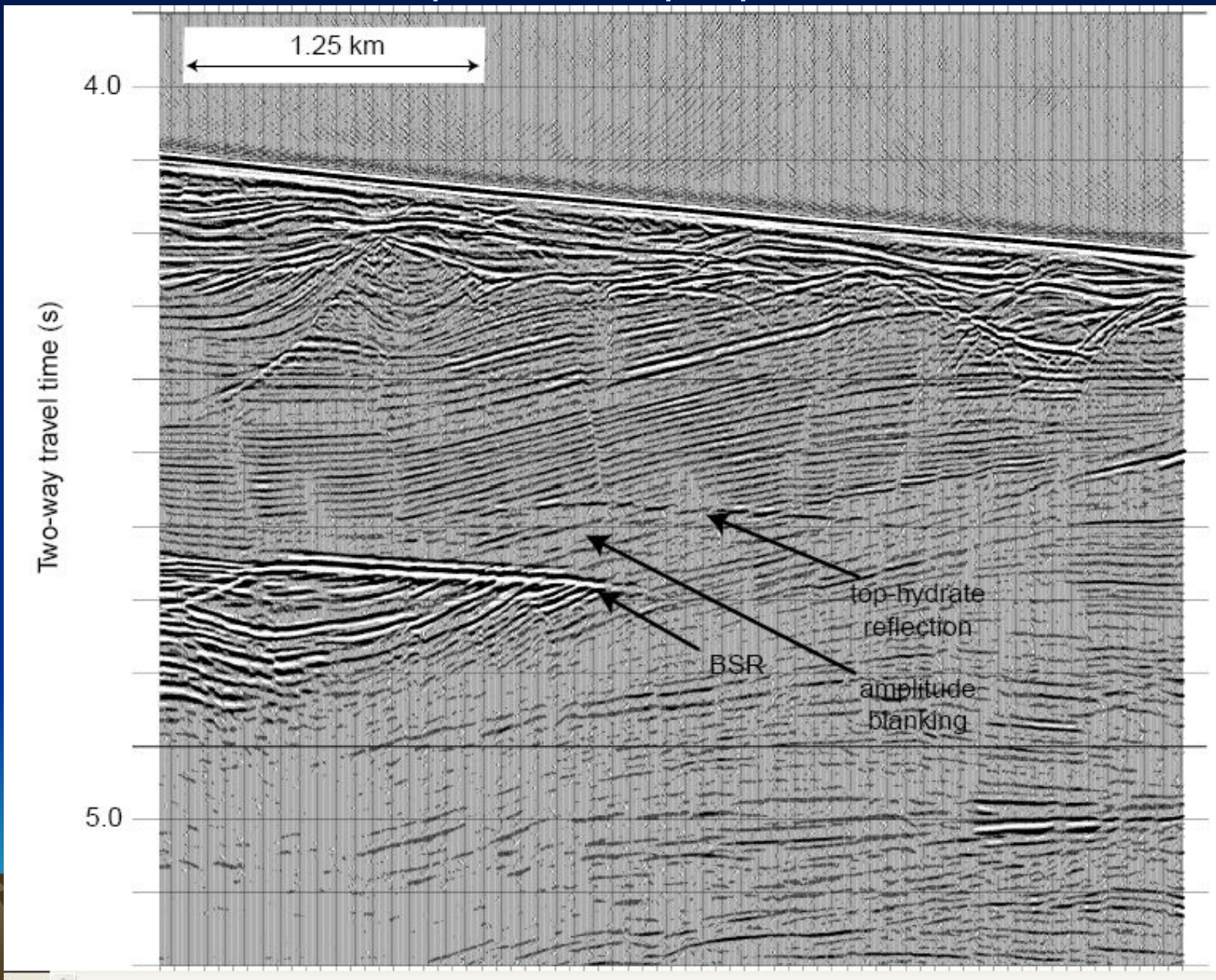
Интервалы неконсолидированных осадков, содержащих газогидраты отличаются повышенными скоростями распространения акустических волн (до 2км/сек и более).



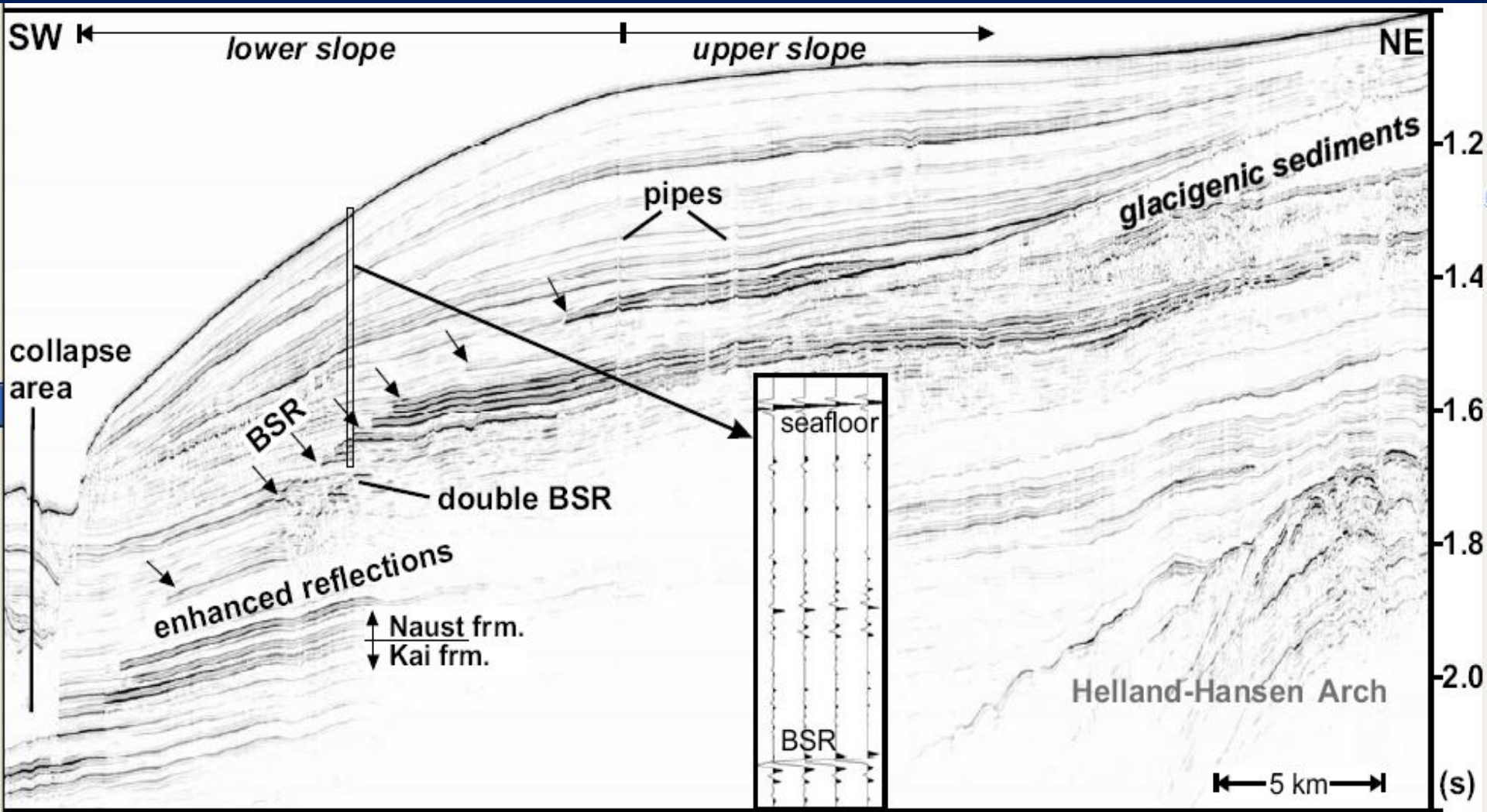
Временной разрез



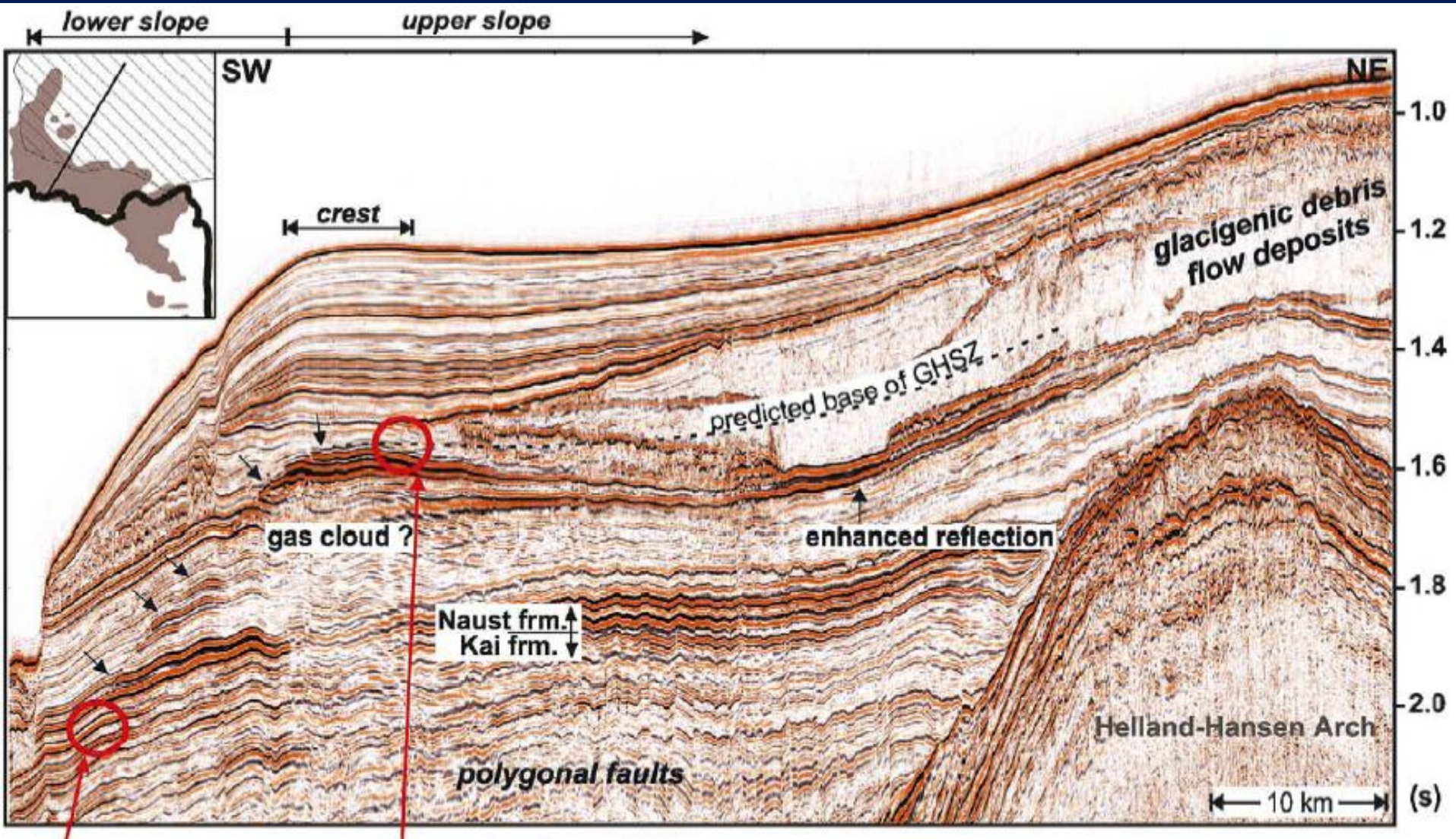
Временной разрез



Временной разрез



Временной разрез

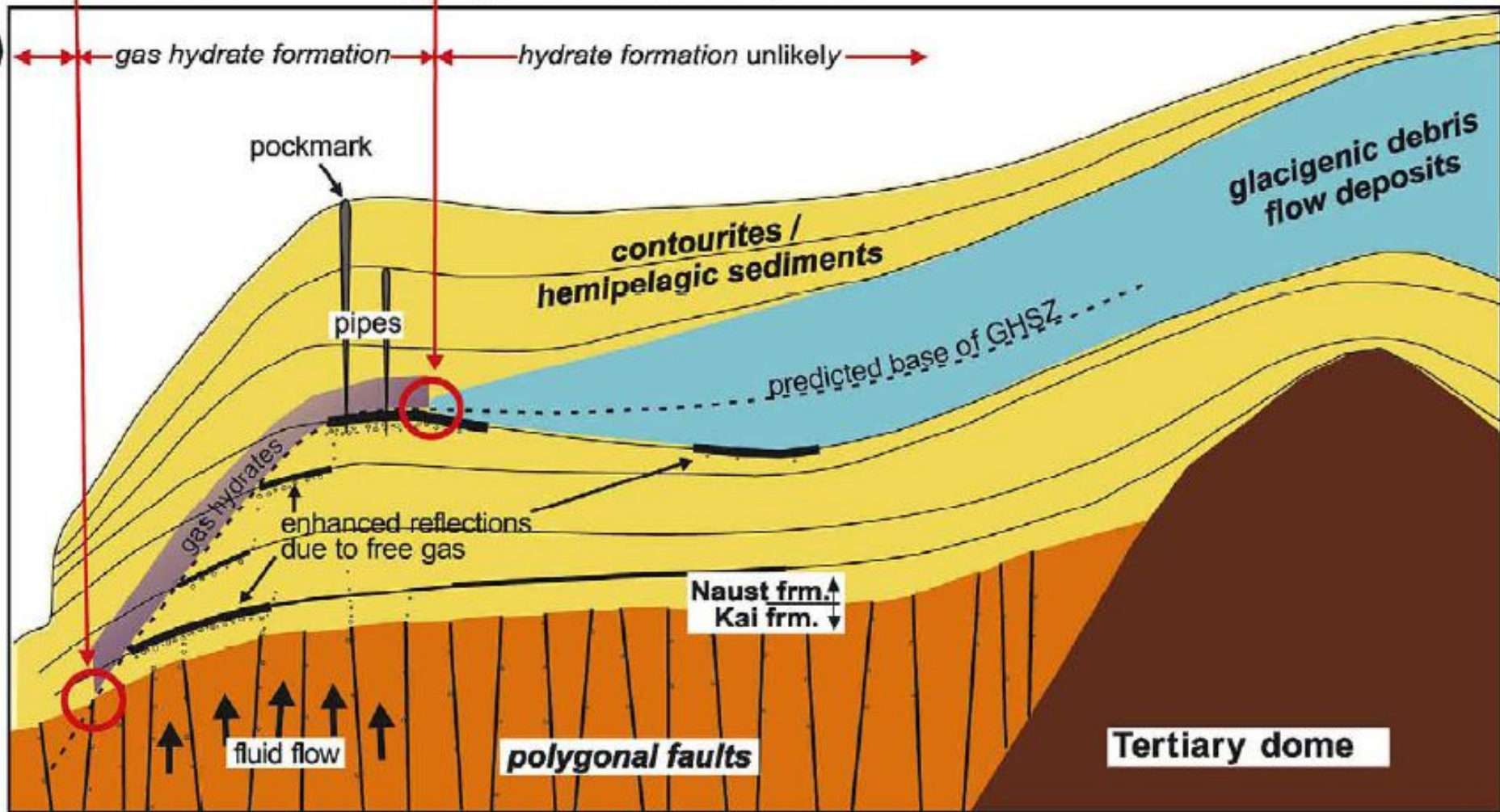


Интерпретация

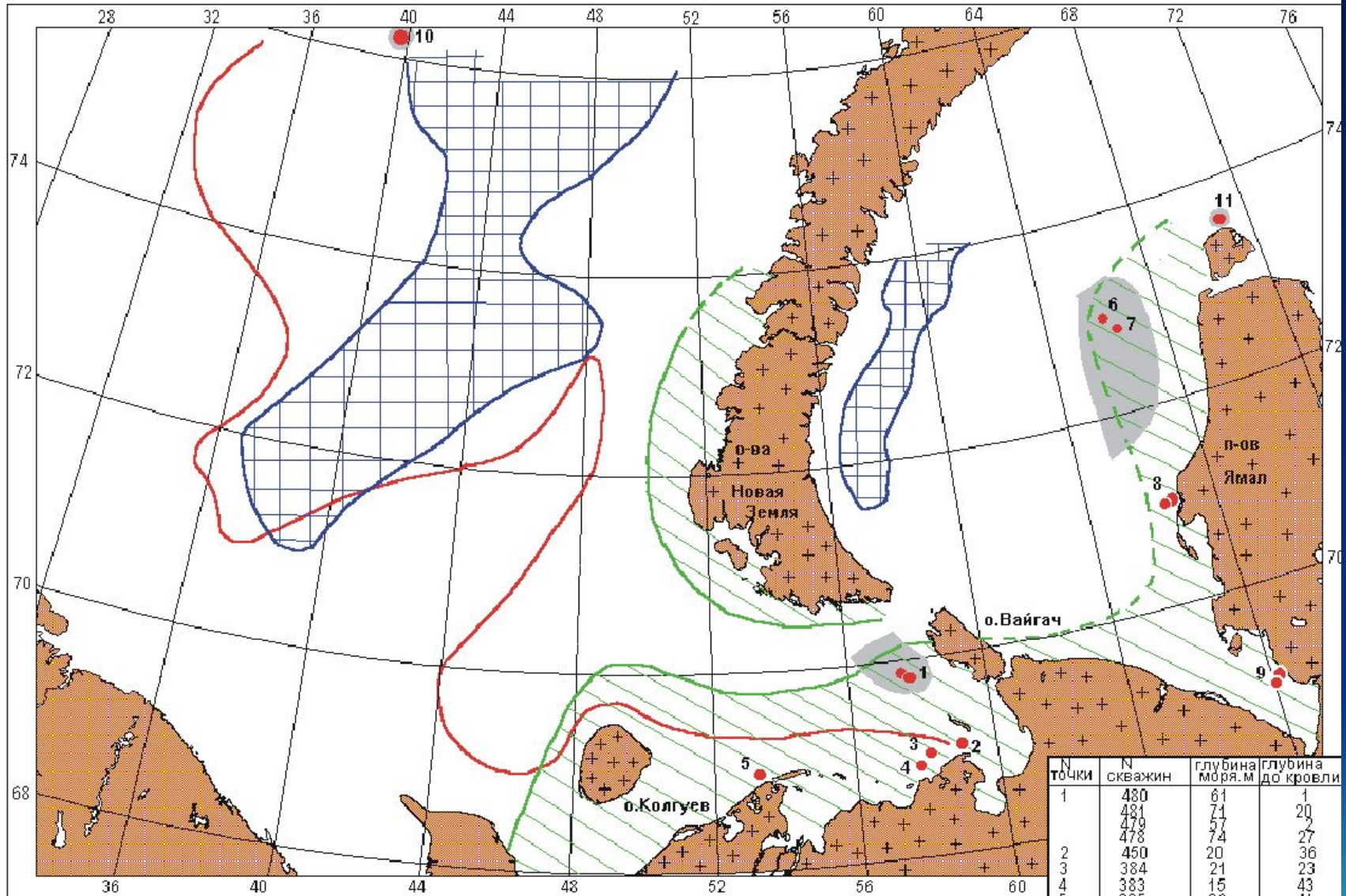
Intersection base GHSZ -
base Naust fm.

Intersection base GHSZ -
glacigenic debris flow deposits

b)



Условия распространения



- зона стабильности гидратов метана
- области установленного распространения акустических фаций связанных с криогенными и посткриогенными процессами
- ареал возможного распространения процессов субаквального промерзания
- места обнаружения ММП: глубина моря, глубина от дна моря до кровли ММП (см. табл.)
- нулевая изотерма
- области распространения ММП на суше

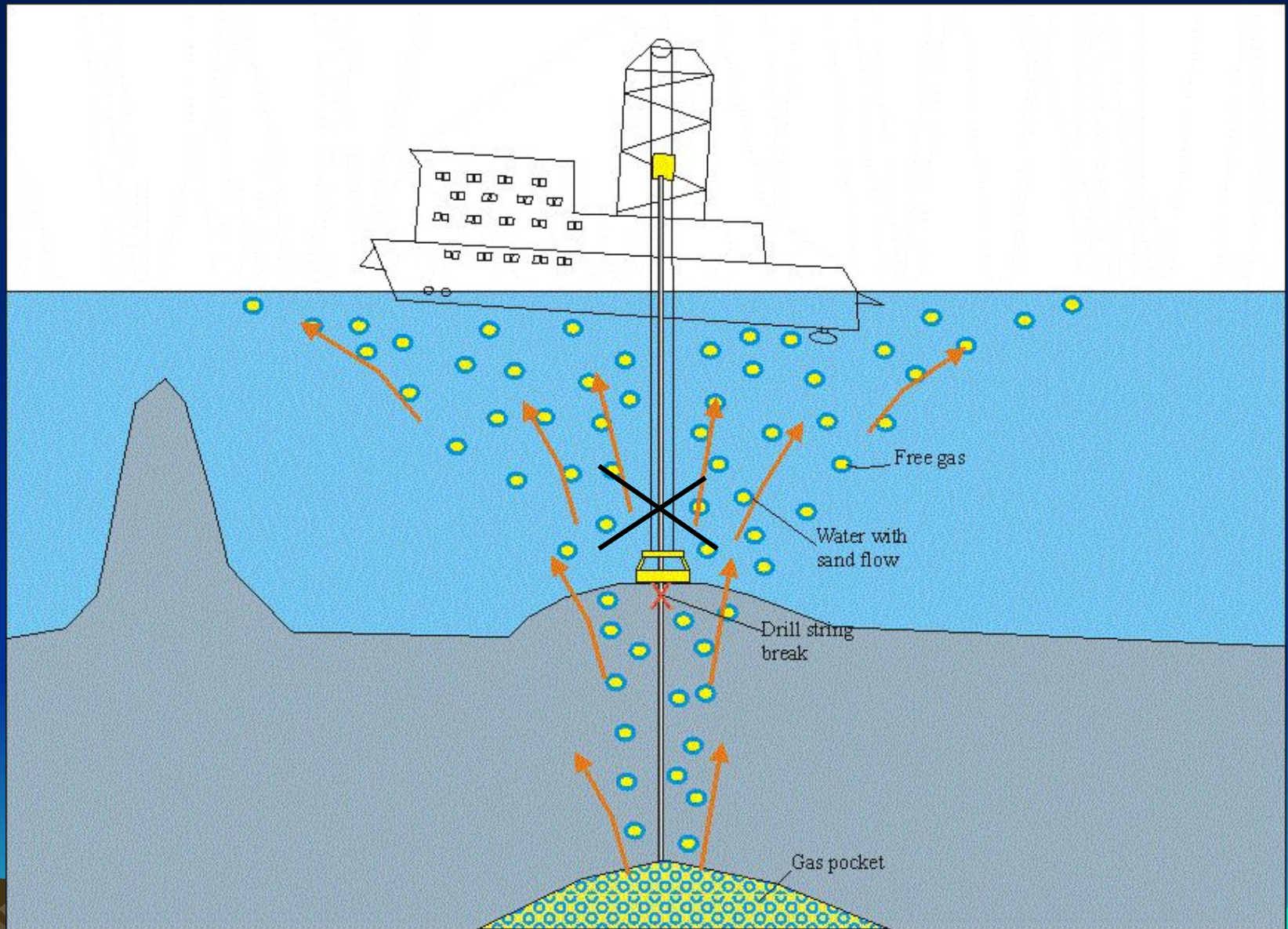
N точки	N скважин	глубина моря, м	глубина до кровли
1	480	61	1
	481	71	20
	479	57	2
	478	74	27
2	450	20	36
3	384	21	23
4	383	15	43
5	385	26	41
6	253, 254	114, 109	13, 8
7	206	81	17
8	группа скв.	от 1 до 13	от 0.5 до
9	группа скв.	от 12 до 21	от 13 до 1
10	гр. трубка	230	< 1
11	гр. трубка	15	0.15

Риски, связанные с газогидратами

1. При нарушении Р-Т баланса в результате техногенного воздействия осадки, сцементированные газогидратами могут деформироваться и утрачивать прочность. Это связано с тем, что метан, улетучиваясь из осадков, вызывает уменьшение объема грунтовой толщи. В результате может происходить деформация оснований сооружений и потеря несущей способности.
2. Со скоплениями газогидратов связываются зоны приповерхностных АВГД и выбросы.



Последствия выброса



3. При техногенном нарушении газогидратных залежей улетучивающийся метан может вызывать нарушения в работе гидроакустических систем (в результате резких изменений свойств воды), воспламенения и пожары на буровых судах и платформах
4. При подъеме на палубу прободоотборники, содержащие грунты с газогидратами нередко взрываются (на палубе резко увеличивается температура, падает внешнее давление. В результате этого полузамкнутый внутренний объем прободоотборника мгновенно насыщается расширяющимся газом).



Пробоотборник, разорванный газом

