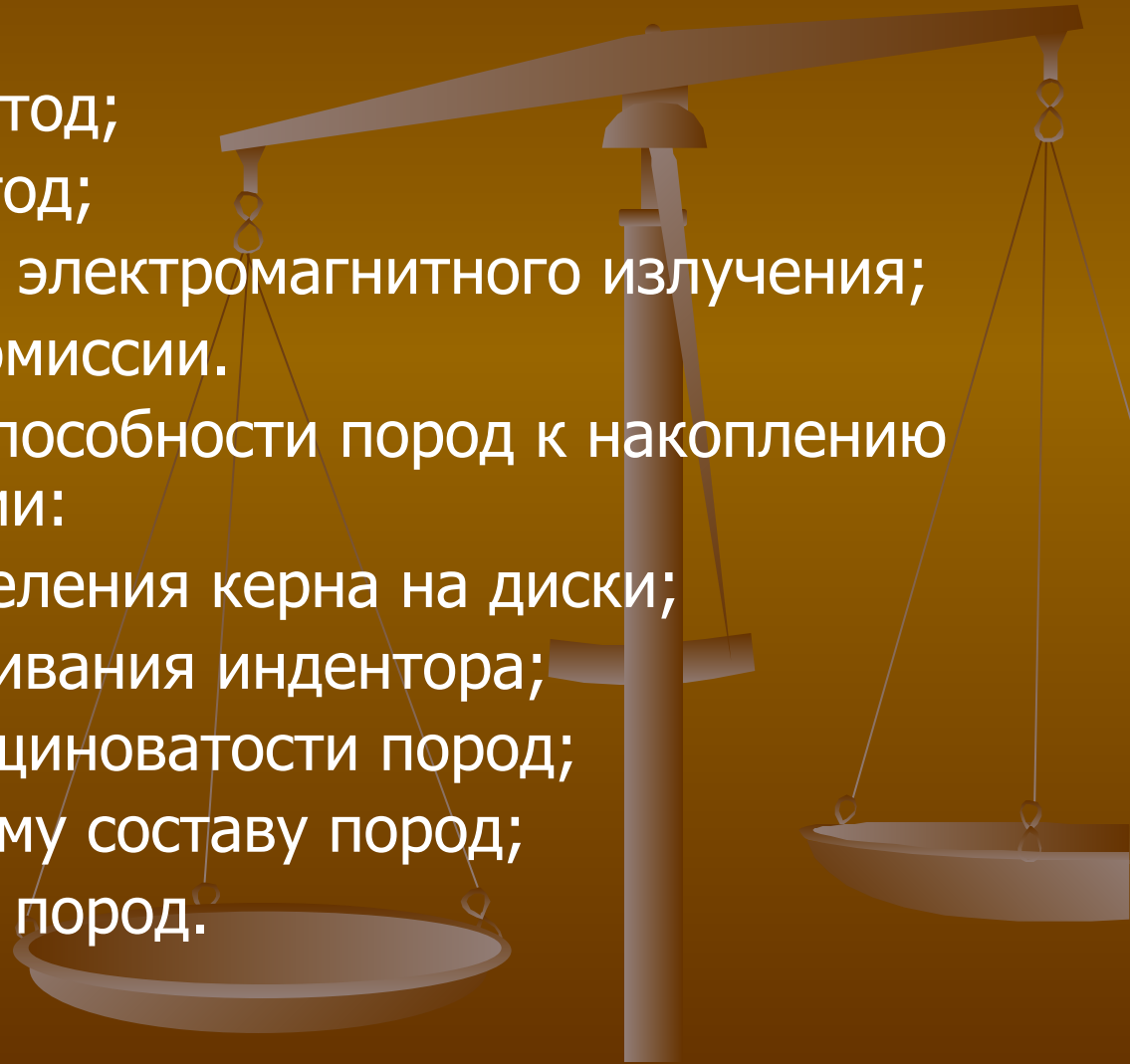


ЛЕКЦИЯ № 11

План лекции

- 1. Геофизические методы оценки напряженного состояния пород:
 - 1.1. электрический метод;
 - 1.2. сейсмический метод;
 - 1.3. по интенсивности электромагнитного излучения;
 - 1.4. по акустической эмиссии.
- 2. Прогнозирование способности пород к накоплению потенциальной энергии:
 - 2.1. по способности деления керна на диски;
 - 2.2. по глубине вдавливания индентора;
 - 2.3. по характеру трещиноватости пород;
 - 2.4. по литологическому составу пород;
 - 2.5. по энергоемкости пород.



ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПОРОД

- **1. Электрометрический метод**
- Основан на изменении электрического сопротивления пород в зависимости от их напряженного состояния. Обычно сопротивление снижается с увеличением давления и наоборот.

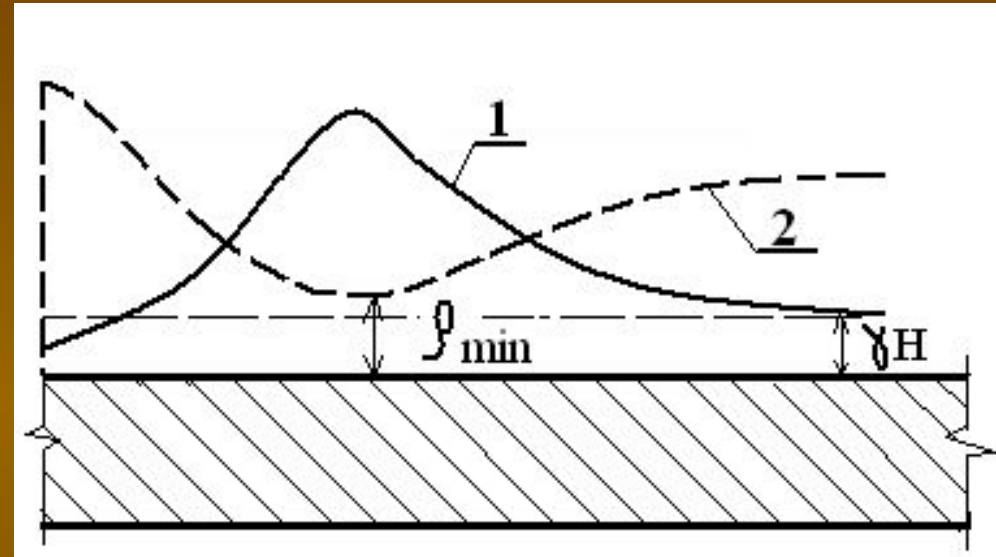


Рис. Распределение электрического поля вблизи выработок
1 - кривая опорного давления
2 - кривая электрического сопротивления

Электрометрический коэффициент удароопасности

$$K_{\text{э}} = \frac{\rho_{\text{н}}}{\rho_{\text{оп}}}$$

где $\rho_{\text{н}}$ – электрическое сопротивление в нетронutom массиве;
 $\rho_{\text{оп}}$ – электрическое сопротивление в зоне опорного давления.

В зависимости от коэффициента удароопасности участки делятся на категории по удароопасности.

Схемы электрических станций:

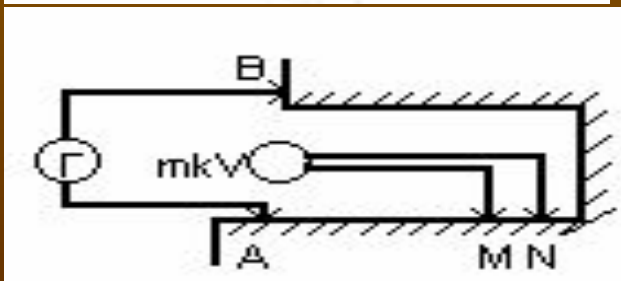
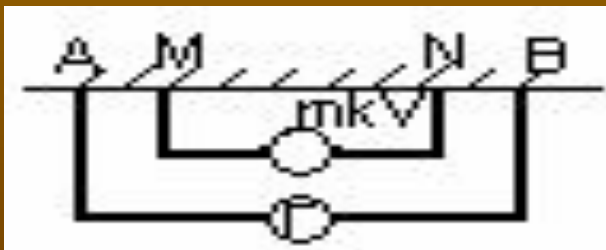
а – в горной выработке;

б – в скважине. мкV – микровольтметр;

Г – генератор

А и В – питающие электроды

М и N – приемные электроды



2. Сейсмический метод

Применяется в упругих породах. Скорость распространения упругих волн зависит от напряженного состояния пород.

Приборы СБ-20; ШСА-1

$$v_i = v_0 + k \sqrt[n]{\sigma_i}$$

где i – направление волны; v_0 – скорость распространения упругих волн в ненарушенном массиве; k и n – эмпирические коэффициенты (определяются опытным путем).

3. По интенсивности электромагнитного

излучения

- В горных породах при образовании микротрещин возникает импульсное электромагнитное излучение, амплитуда и направление которого служат показателем ударности пород.
- В зависимости от напряженного состояния пород выделяется электромагнитное излучение определенной интенсивности, которое улавливается прибором (аппаратура «Ангел») и служит основанием для расчета напряжений.

4. По акустической

ЭМИССИИ

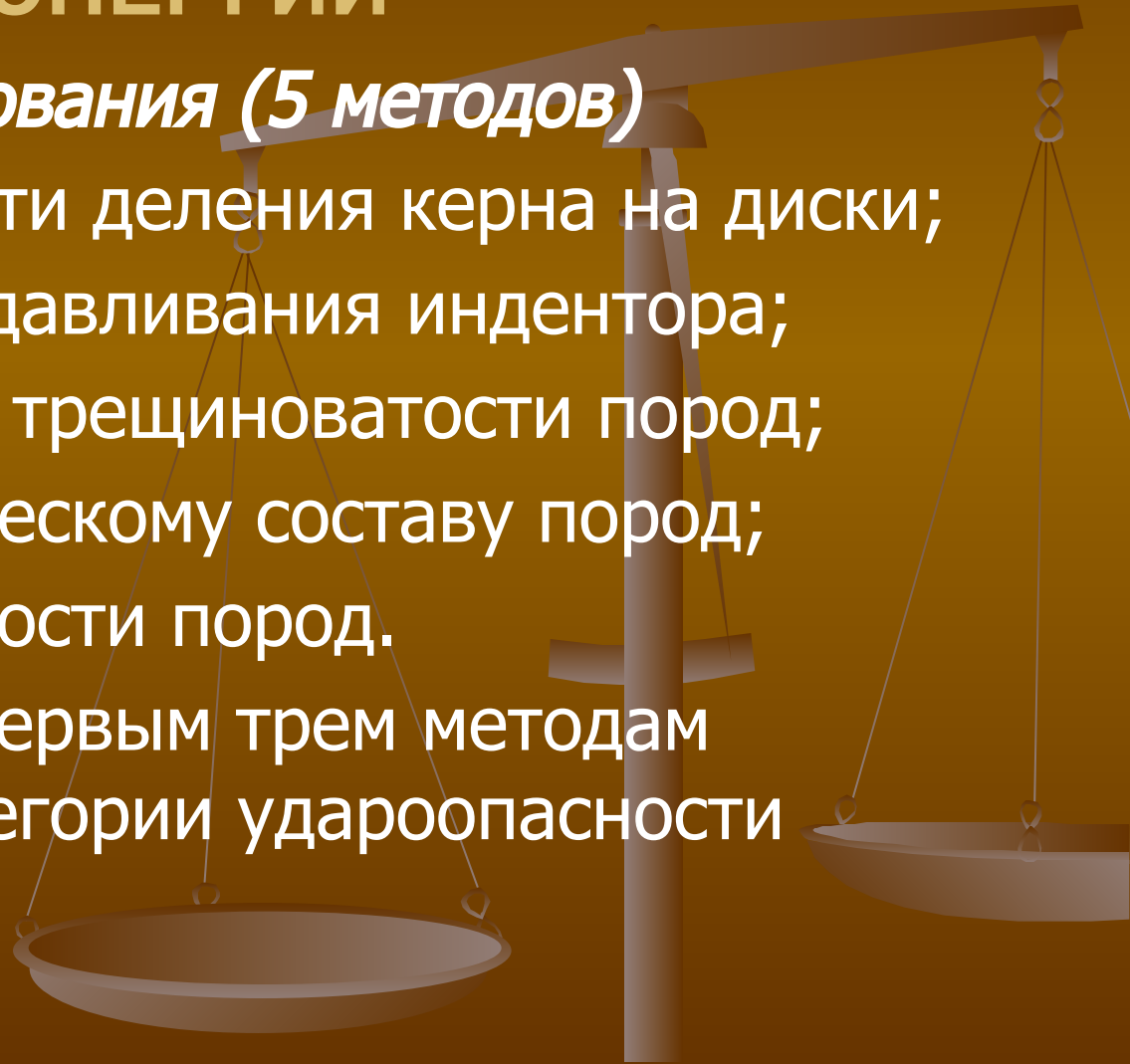
- После исчерпания возможностей упругого деформирования пород под нагрузкой в массиве возникают микротрещины. Появление каждой микротрещины сопровождается звуковой и упругой механической волной.
- Волны улавливают, усиливают и в обработанном виде направляют наблюдателю. Количество импульсов в единицу времени определяет напряженность массива пород (приборы «Прогноз-М», «Ангел», СБ-32).

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СПОСОБНОСТИ ПОРОД К НАКОПЛЕНИЮ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ

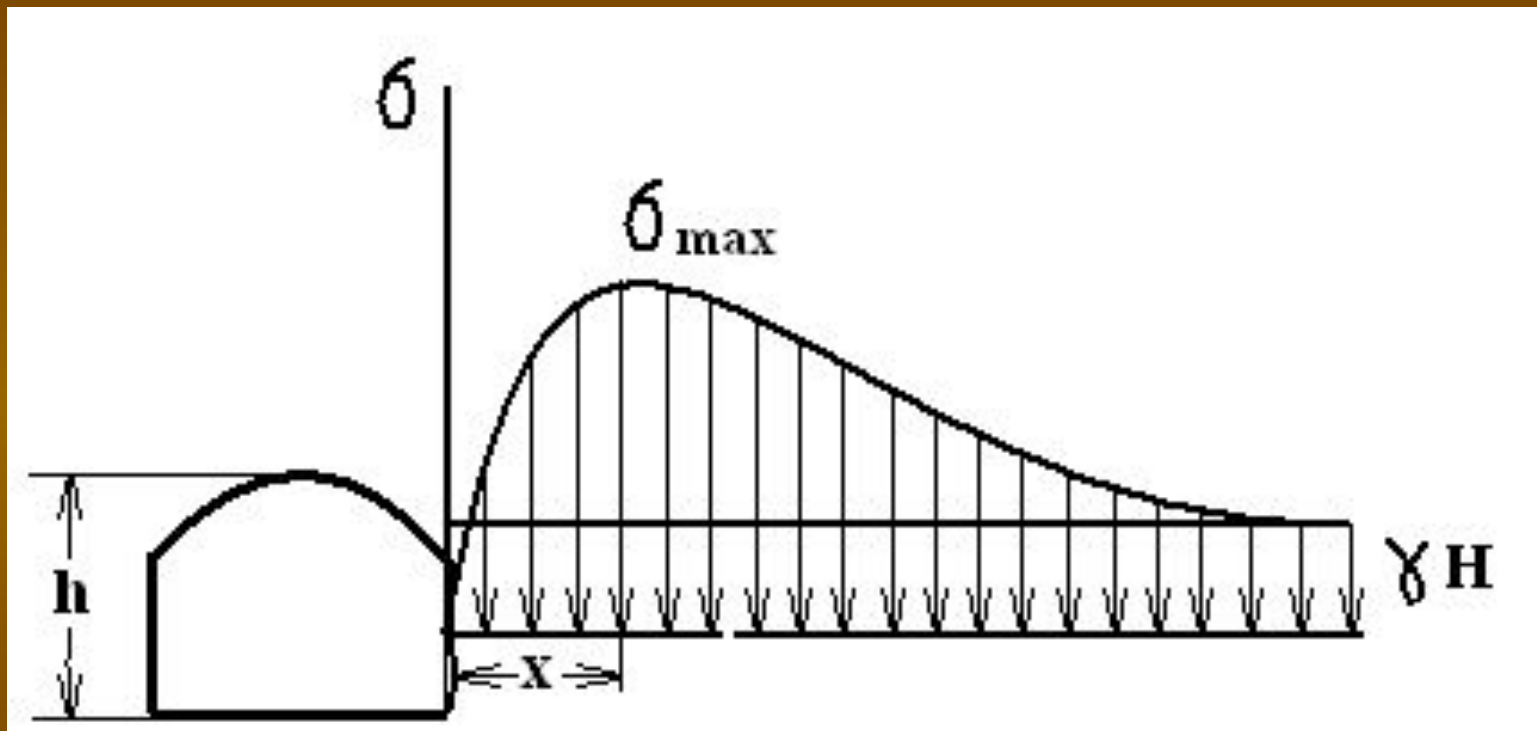
Методы прогнозирования (5 методов)

- 1 – По способности деления керна на диски;
- 2 – По глубине вдавливания индентора;
- 3 – По характеру трещиноватости пород;
- 4 – По литологическому составу пород;
- 5 – По энергоемкости пород.

Применительно к первым трем методам разработаны категории удароопасности пород.



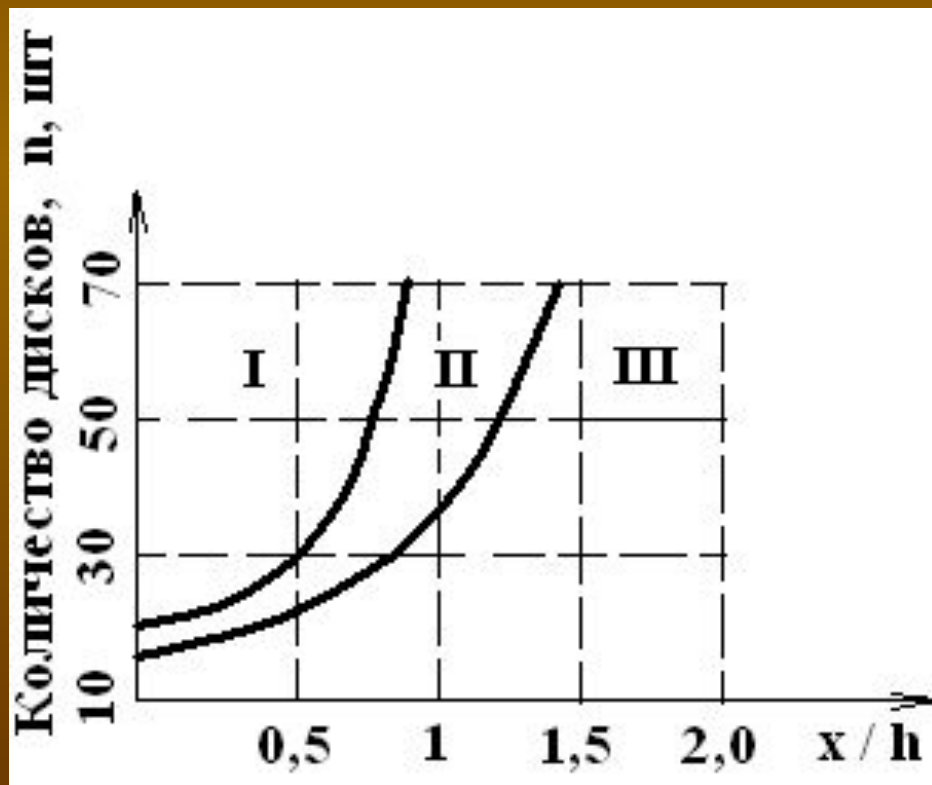
1 метод. По способности деления керна на диски



x – расстояние от борта до σ_{\max} опорного давления

Метод основан на количестве дисков, выбуренных в зоне максимального опорного давления.

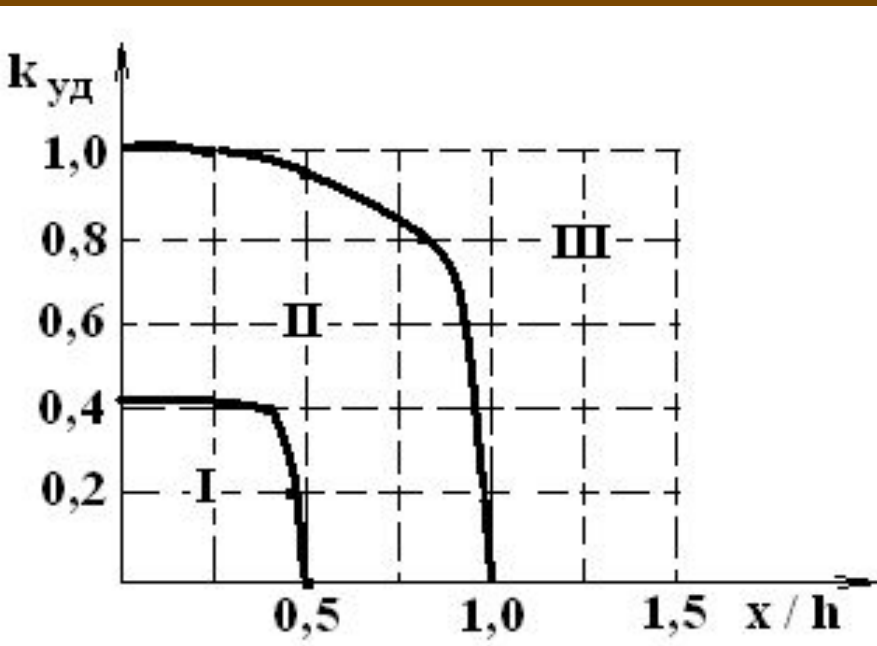
Категории опасности



I – повышенной опасности;
II – опасные;
III – не опасные.

| 1 кривая | | 2 кривая | |
|----------|-------|----------|-------|
| n | x / h | n | x / h |
| 70 | 0,8 | 70 | 1,4 |
| 50 | 0,75 | 50 | 1,2 |
| 30 | 0,5 | 30 | 0,8 |
| 15 | 0 | 12 | 0 |

2 метод. По глубине внедрения индентора



Коэффициент удароопасности

$$k_{уд} = \frac{5 \cdot P_K \cdot \Delta l}{P'_K \cdot \Delta l'}$$

где P_K – давление разрушения; P'_K – контактная прочность породы (до разрушения); Δl – глубина внедрения до разрушения; $\Delta l'$ – глубина внедрения при хрупком разрушении.

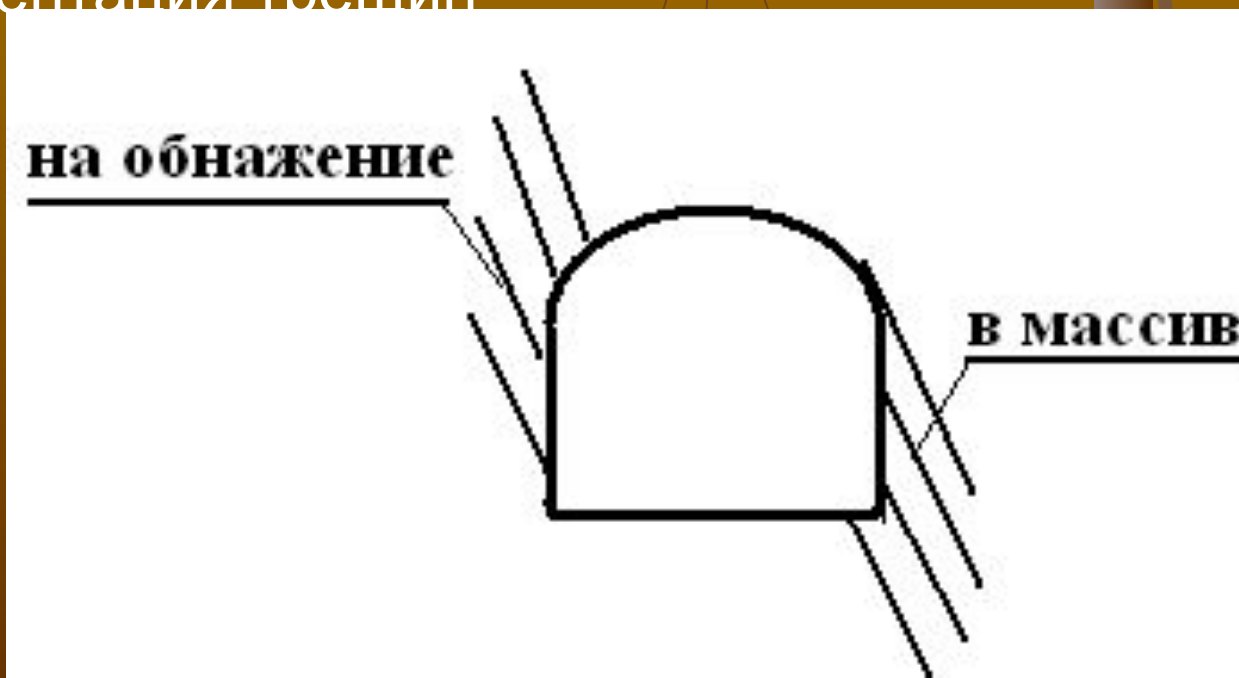
| $k_{уд}$ | x/a | $k_{уд}$ | x/a |
|----------|-------|----------|-------|
| 1 | - | 1 | 0,25 |
| 0,8 | - | 0,95 | 0,5 |
| 0,6 | - | 0,8 | 0,8 |
| 0,4 | 0,38 | | |
| 0,2 | 0,46 | | |
| 0 | 0,5 | | |

3 метод. По характеру трещиноватости пород

Измеряют трещины с гладкими, иногда до зеркальности плоскостями. На плоскостях возможны борозды скольжения.

При съемке трещиноватости учитывают трещины поперечного класса с углами падения $50 - 90^{\circ}$.

Ориентация трещин

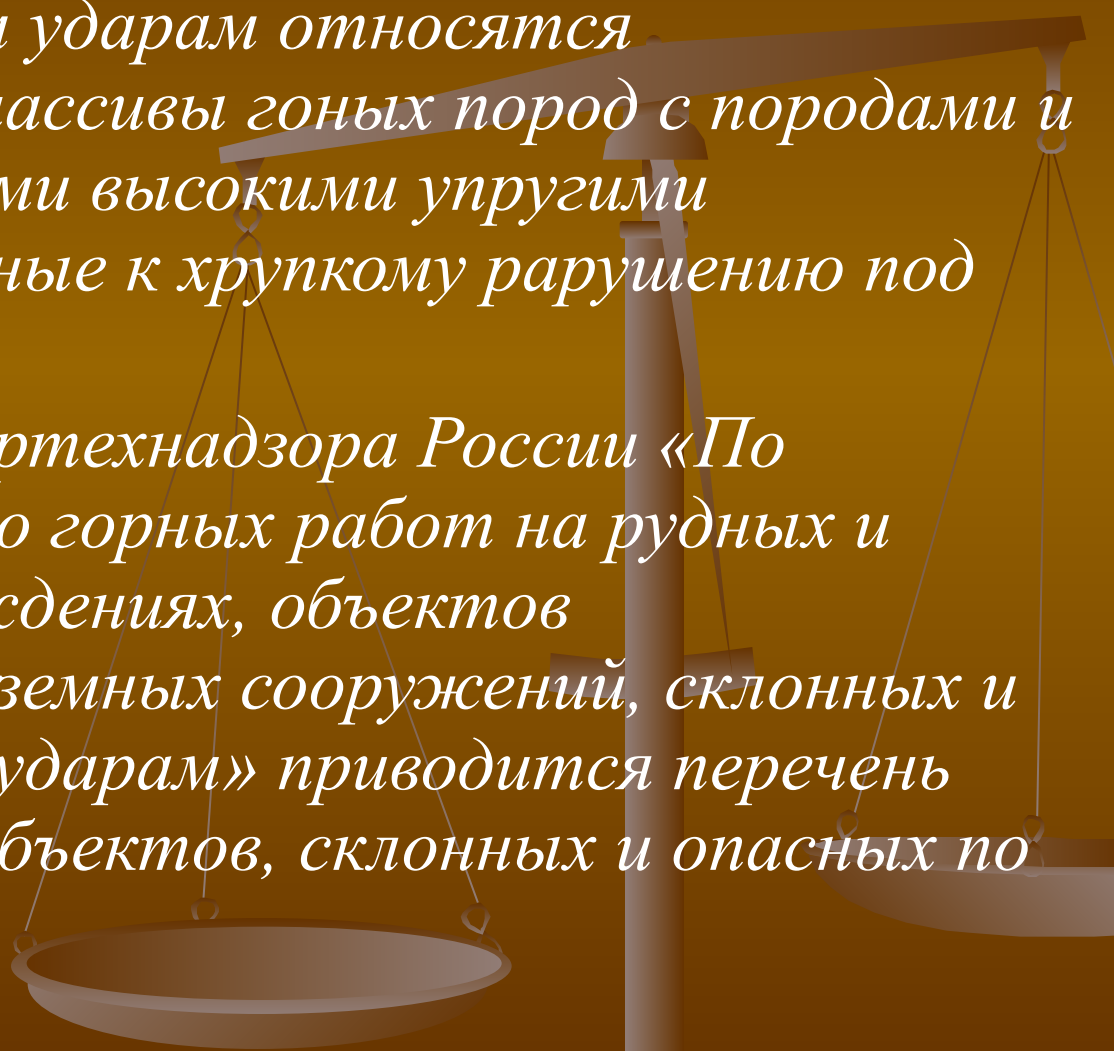


Удароопасность участка рудной залежи

| Категория удароопасности | Ориентировка поперечных относительно обнажения | трещин систем | Густота трещин, шт/м |
|--------------------------|--|---------------|----------------------|
| Опасно | 0 - 30 | В массив | 1 - 15 |
| | 60 - 90 | Любое | 1 - 15 |
| | 30 - 60 | В массив | |
| Неопасно | 0 - 60 | На обнажение | 1 - 15 |
| | 0 - 90 | Любое | > 15 |

4 метод. По литологическому составу

- *К склонным к горным ударам относятся месторождения и массивы горных пород с породами и рудами, обладающими высокими упругими свойствами, способные к хрупкому разрушению под нагрузкой.*
- *В инструкции Госгортехнадзора России «По безопасному ведению горных работ на рудных и нерудных месторождениях, объектов строительства подземных сооружений, склонных и опасных по горным ударам» приводится перечень месторождений и объектов, склонных и опасных по горным ударам.*



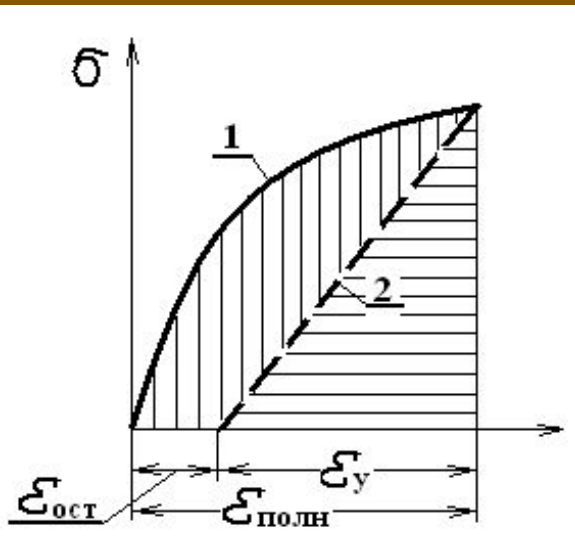
Пример:

| Месторождение | Породы и руды, склонные к хрупкому разрушению | Критическая глубина по условиям удароопасности |
|-----------------------------------|--|--|
| Абаканское | Железная руда, агломератовые туфы, песчаники, кератофиры | 600 |
| | | |
| Талнахское (кроме рудника «Маяк») | Сплошные сульфидные руды, роговики, аргиллиты, известняки, оливиносодержащие габбро-долериты, пикритовые габбро-долериты | 700 |
| | | |

Примечание. До критической глубины – склонные к горным ударам, более критической глубины – опасные.


5 метод. По энергоемкости пород


По результатам испытаний пород в натуральных условиях строят кривую деформирования и определяют коэффициент хрупкости.



1 – кривая нагружения;

2 – кривая разгрузки;

 - работа упругого деформирования;

 - работа пластического разрушения

$$k_{\text{хр}} = \frac{A_{\text{у}}}{A_{\text{пл}}} > 1$$

$$k_{\text{хр}} = \frac{\varepsilon_{\text{у}}}{\varepsilon_{\text{полн}}} > 0,7,$$

где $\varepsilon_{\text{у}}$ – упругие относительные деформации;
 $\varepsilon_{\text{полн}}$ – полные относительные деформации.

Контрольные вопросы

- 1. Какие геофизические методы оценки напряженного состояния пород вам известны? Раскройте их сущность.
- 2. Какие методы прогнозирования способности пород к накоплению потенциальной энергии вам известны? Раскройте их сущность.
- 3. Поясните, как изменяется электрическое сопротивление пород в зависимости от их напряженного состояния?
- 4. За счет чего в напряженном массиве возникают электромагнитное излучение, звуковые и упругие механические волны?
- 5. Как и какие категории опасности выделяются в результате исследований способности керна делиться на диски? По глубине внедрения индентора?
- 6. Какие свойства пород с определенной глубины вызывают опасность возникновения горных ударов?