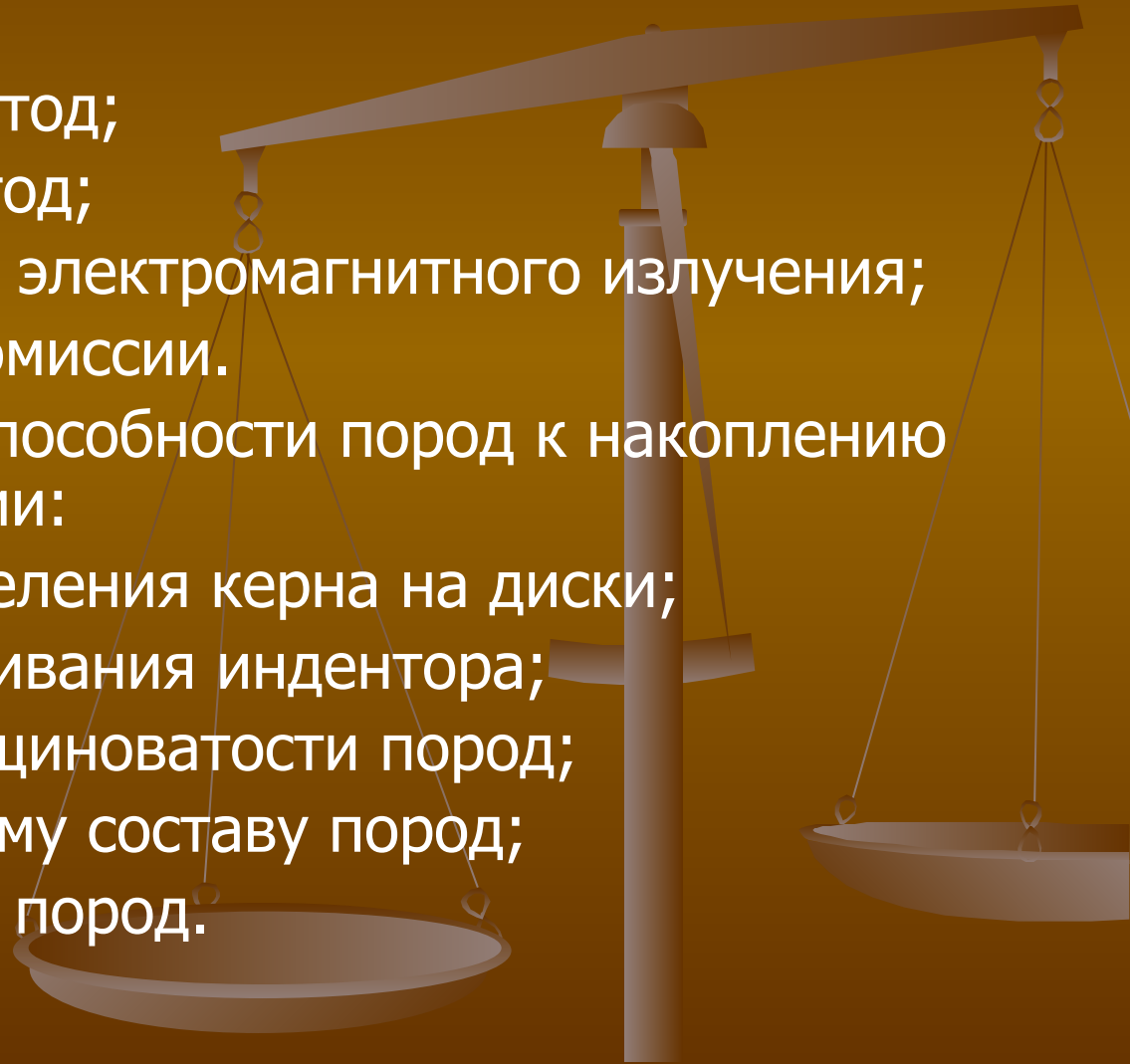


# ЛЕКЦИЯ № 11

## 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.

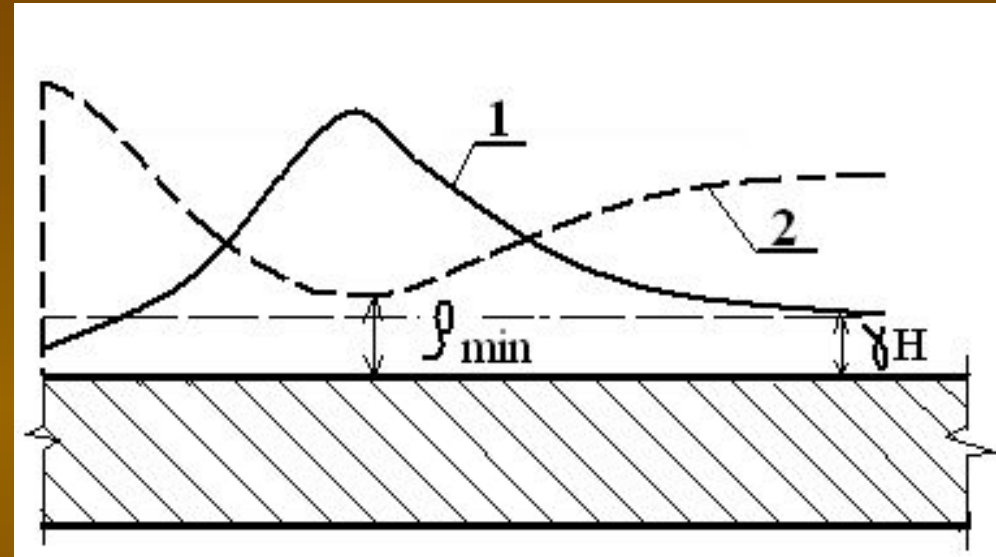


Рис. Распределение электрического поля вблизи выработок  
1 - кривая опорного давления  
2 - кривая электрического сопротивления

# 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:

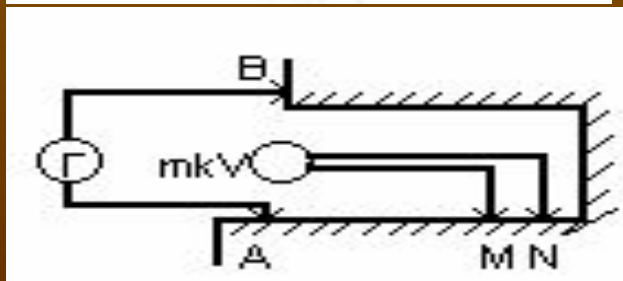
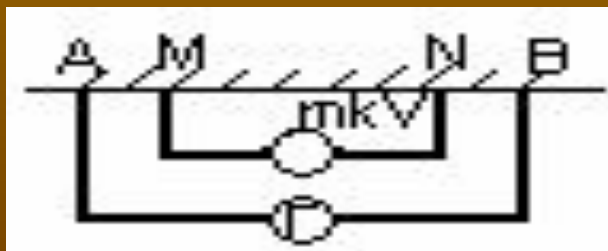
а – в горной выработке;

б – в скважине.  $\text{mkV}$  – микровольтметр;

$\Gamma$  – генератор

A и B – питающие электроды

M 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

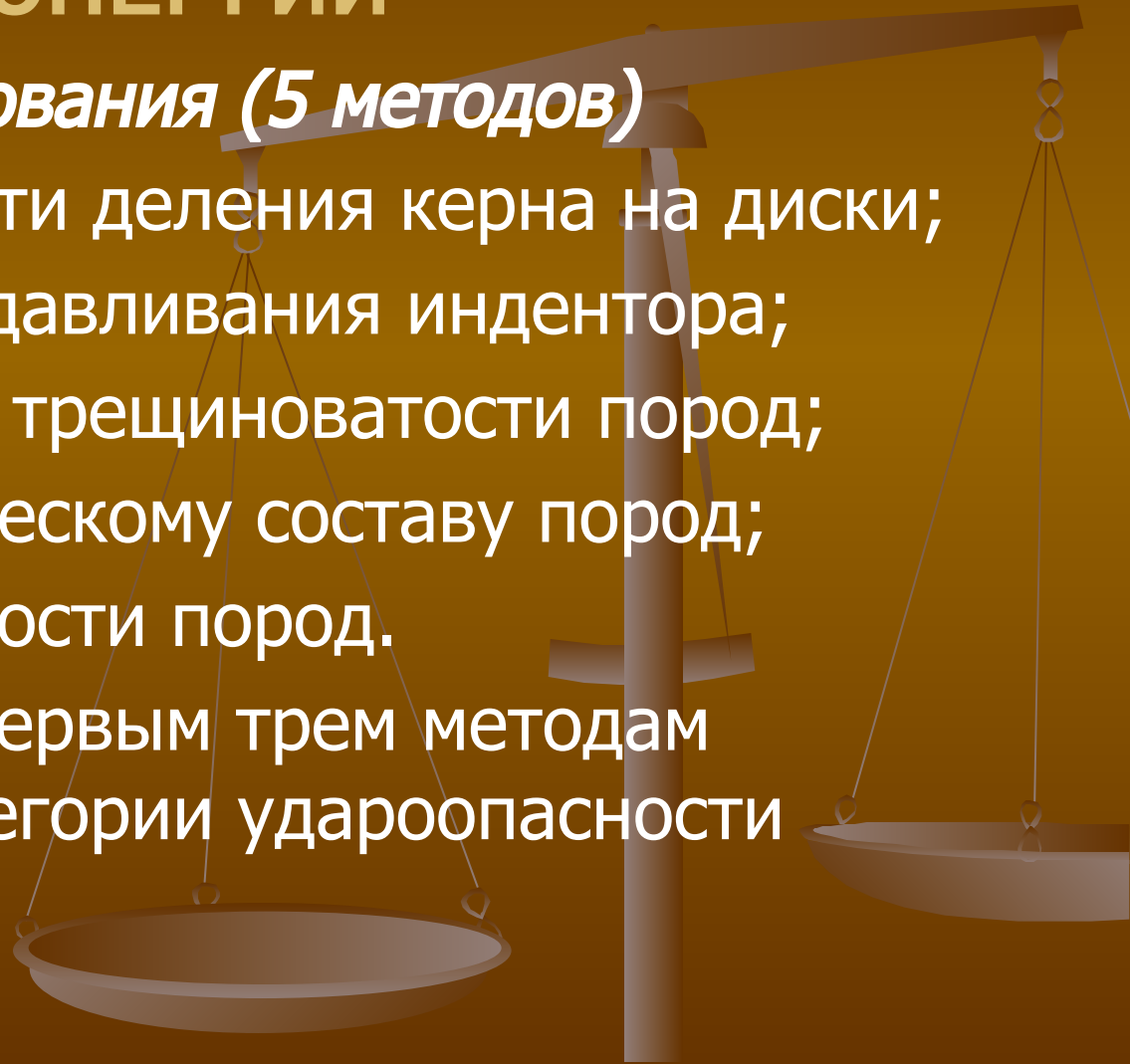
- После исчерпания возможностей упругого деформирования пород под нагрузкой в массиве возникают микротрещины. Появление каждой микротрещины сопровождается звуковой и упругой механической волной.
- Волны улавливают, усиливают и в обработанном виде направляют наблюдателю. Количество импульсов в единицу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

# ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СПОСОБНОСТИ ПОРОД К НАКОПЛЕНИЮ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ

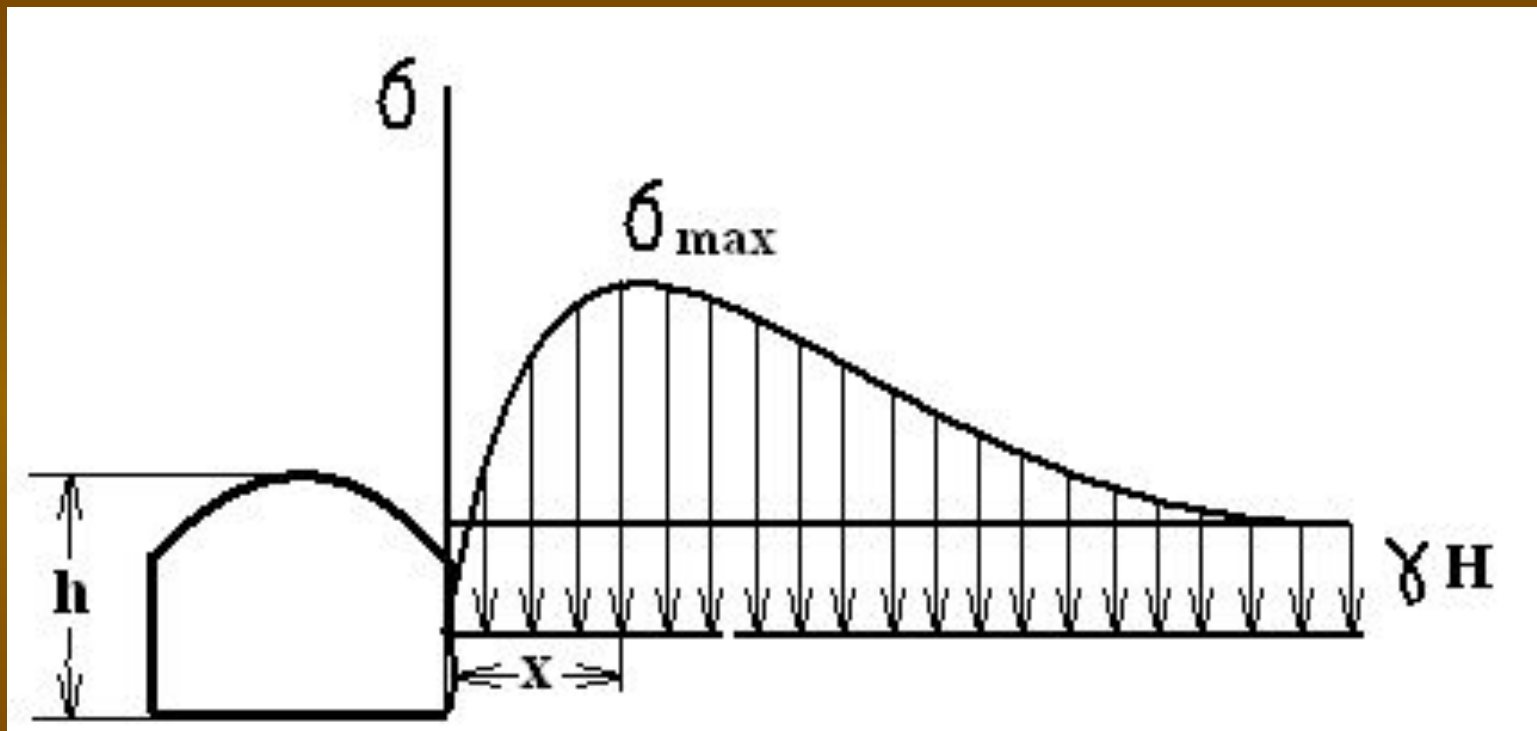
## *Методы прогнозирования (5 методов)*

- 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

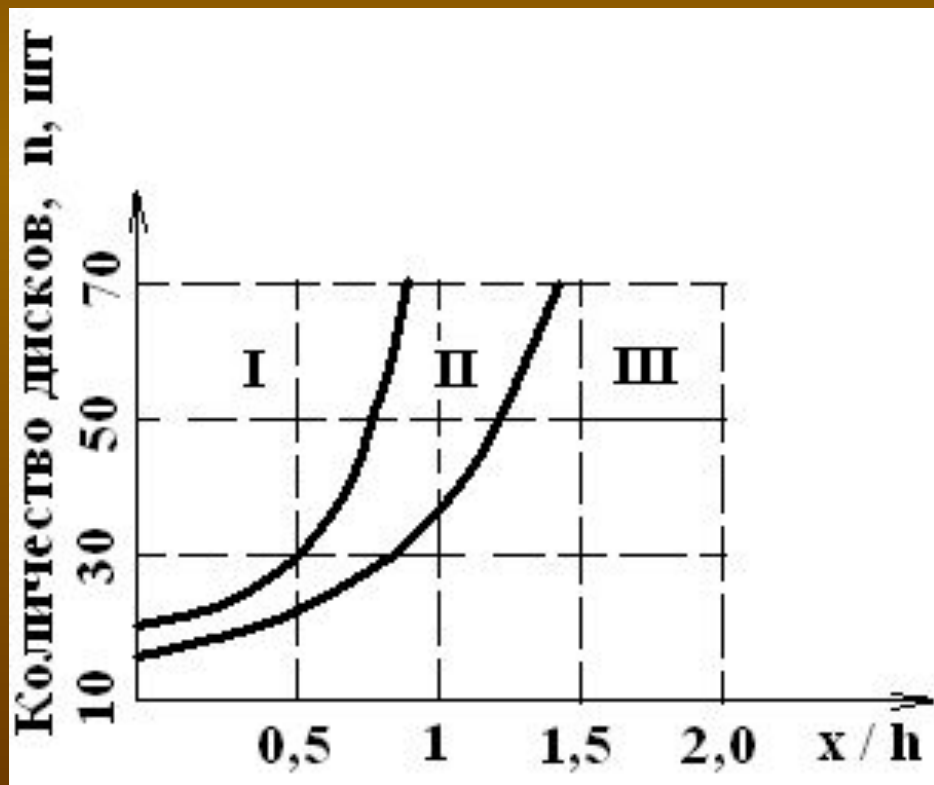


$x$  – расстояние от борта до  $\sigma_{\max}$  опорного давления



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

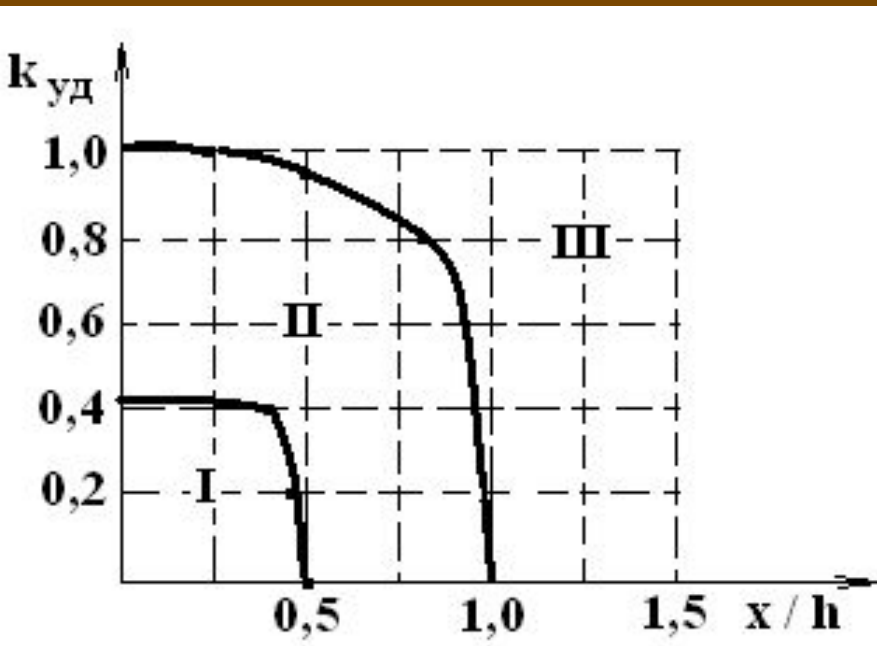
### Категории опасности



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

$$k_{\text{уд}} = \frac{5 \cdot P_{\text{к}} \cdot \Delta l}{P'_{\text{к}} \cdot \Delta l'}$$

где  $P_{\text{к}}$  – давление разрушения;  $P'_{\text{к}}$  – контактная прочность породы (до разрушения);  $\Delta l$  – глубина внедрения до разрушения;  $\Delta l'$  – глубина внедрения при хрупком разрушении.

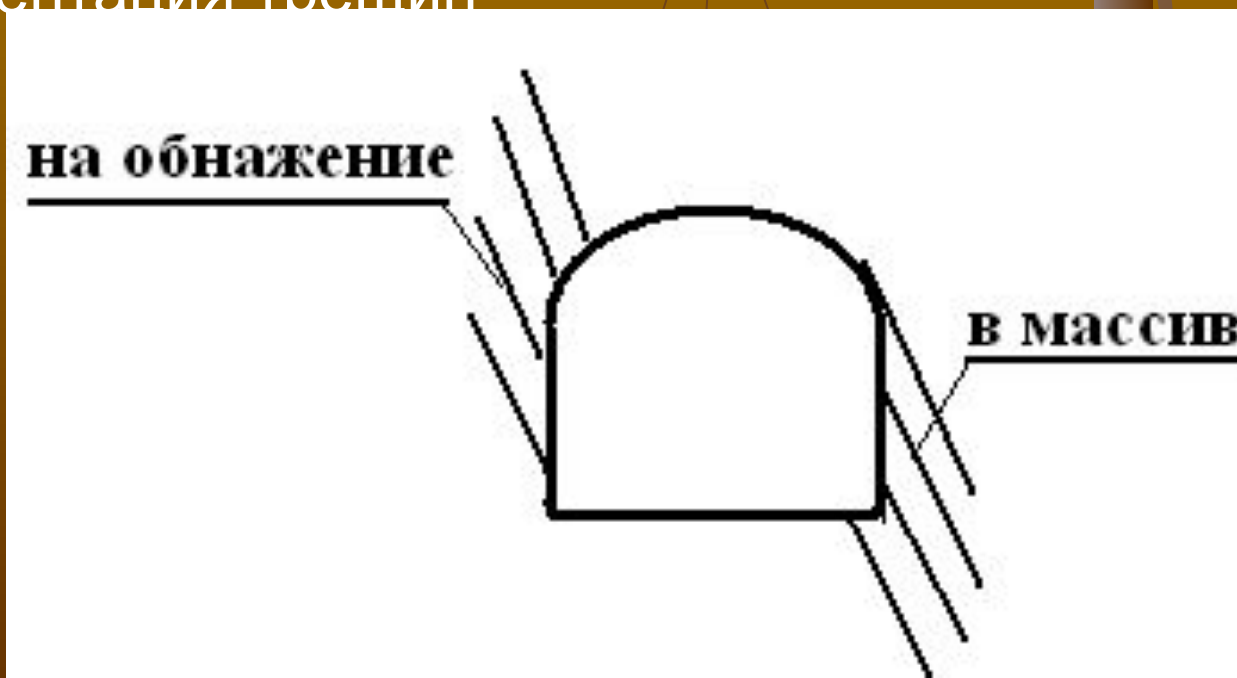
$k_{\text{уд}}$	$x/a$	$k_{\text{уд}}$	$x/a$
1	-	1	0,25
0,8	-	0,95	0,5
0,6	-	0,8	0,8
0,4	0,38		
0,2	0,46		
0	0,5		

# 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

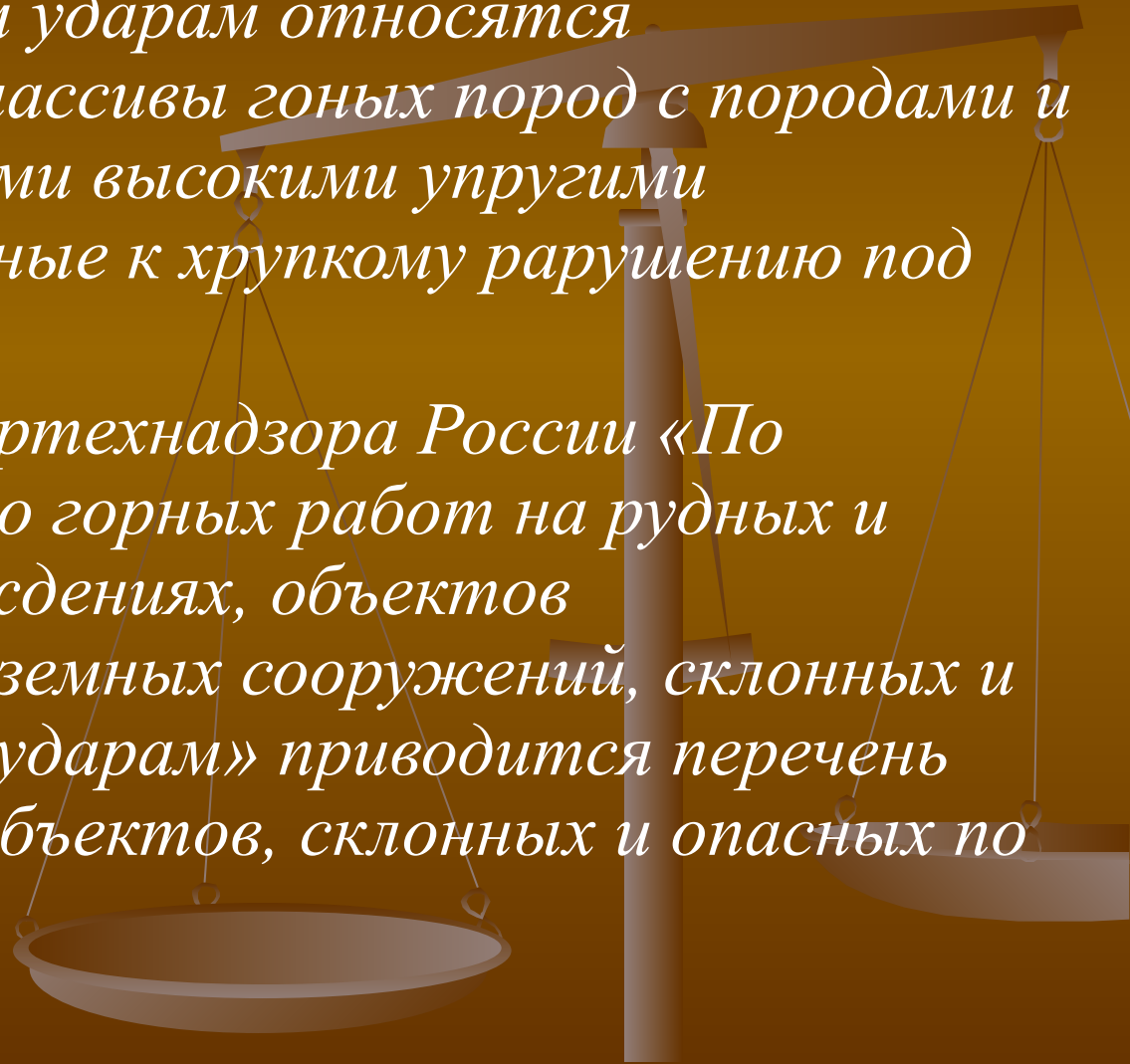


# Удароопасность участка рудной залежи

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 гонимых 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.*



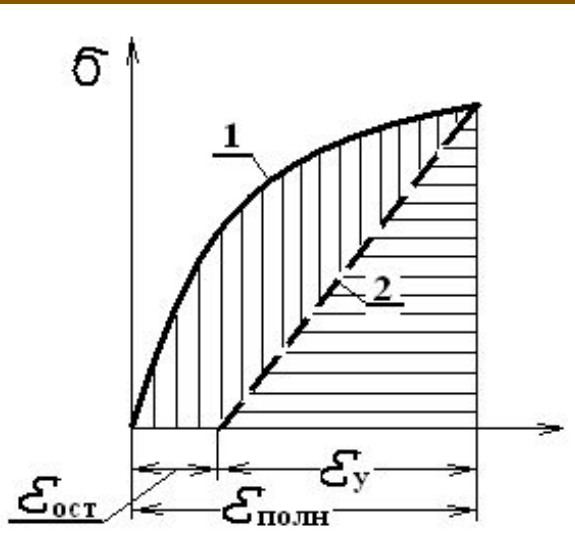
# Пример:

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?