

*Кафедра «Разработка месторождений полезных ископаемых»*

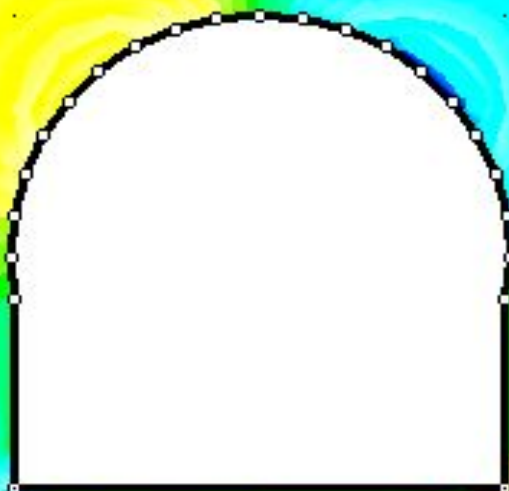
## *Слайд-лекция*

*Дисциплина*

*«Практическая геомеханика»*

*Автор Имашев А.Ж.*

*Специальность  
6М070700 – Горное дело*



*Тема*

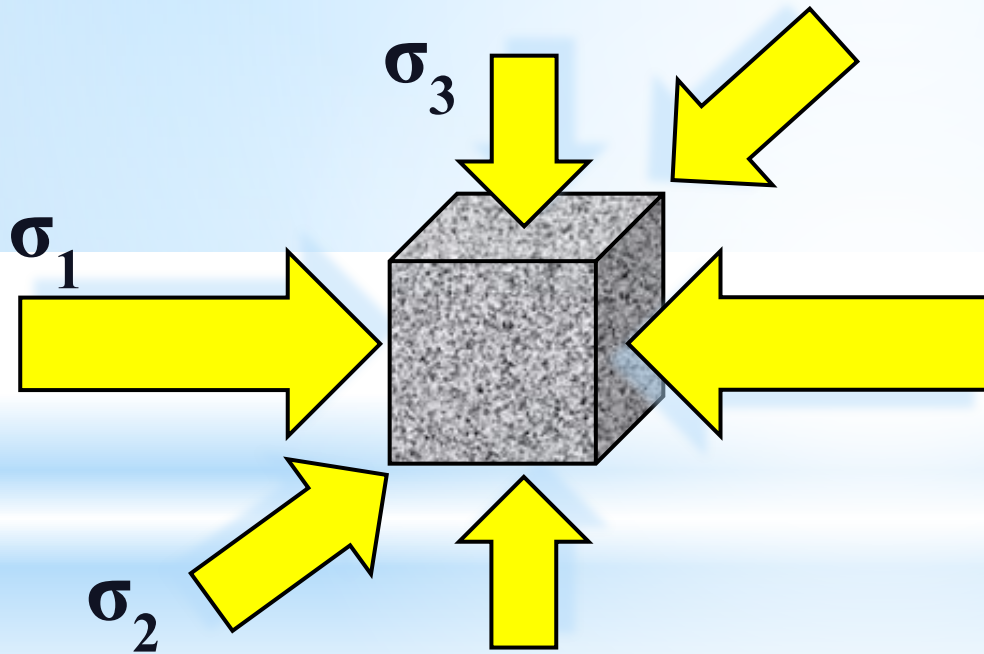
*«Напряженно-деформированное  
состояние горных пород»*

## ***ПЛАН ЛЕКЦИИ***

- 1. Природное напряженное состояние массива;***
- 2. Виды напряженных состояний;***
- 3. Прочность в объемном напряженном состоянии (критерий О. Мора);***
- 4. Обобщенный критерий Кулона-Мора;***
- 5. Разрушение образца горных пород;***
- 6. Основные свойства массива;***
- 7. Неоднородность массива;***
- 8. Нарушенность массива.***

# ПРИРОДНОЕ НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ МАССИВА

Любое напряженное состояние можно создать тремя главными нормальными напряжениями, действующими в трех взаимно перпендикулярных направлениях



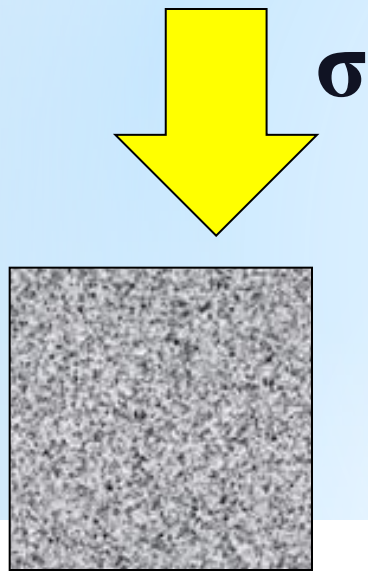
Главные напряжения:

$$\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$$

*max*      *пром*      *min*

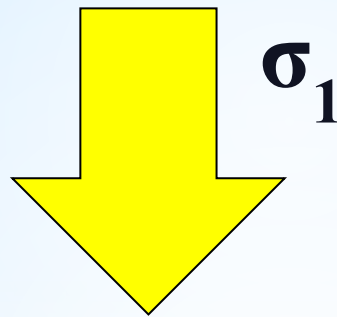
# ВИДЫ НАПРЯЖЕННЫХ СОСТОЯНИЙ

*одноосное (1D)*



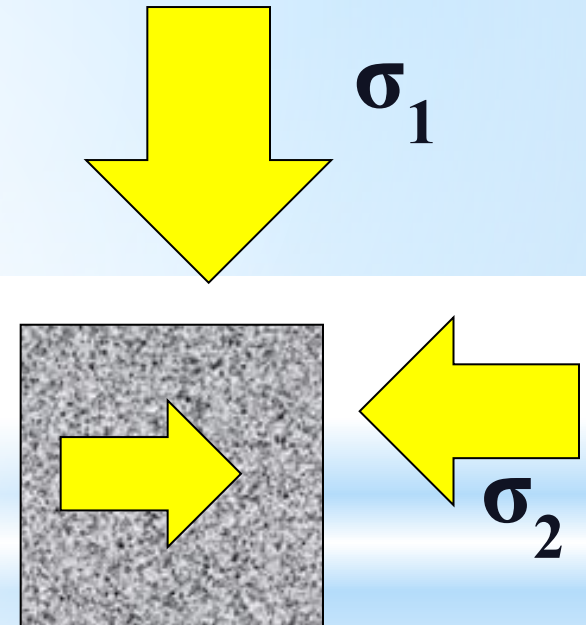
*в высоких целиках*

*двухосное  
(плоское, 2D)*



*на контуре выработок*

*трехосное  
(объемное, 3D)*



*в массиве*

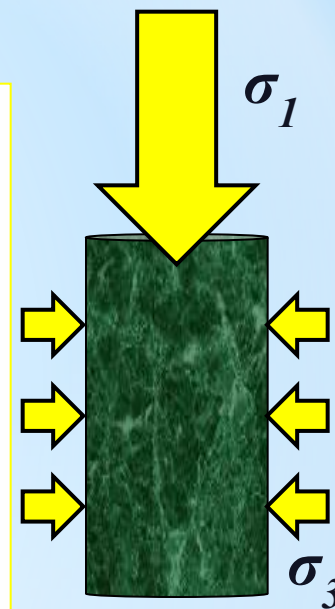
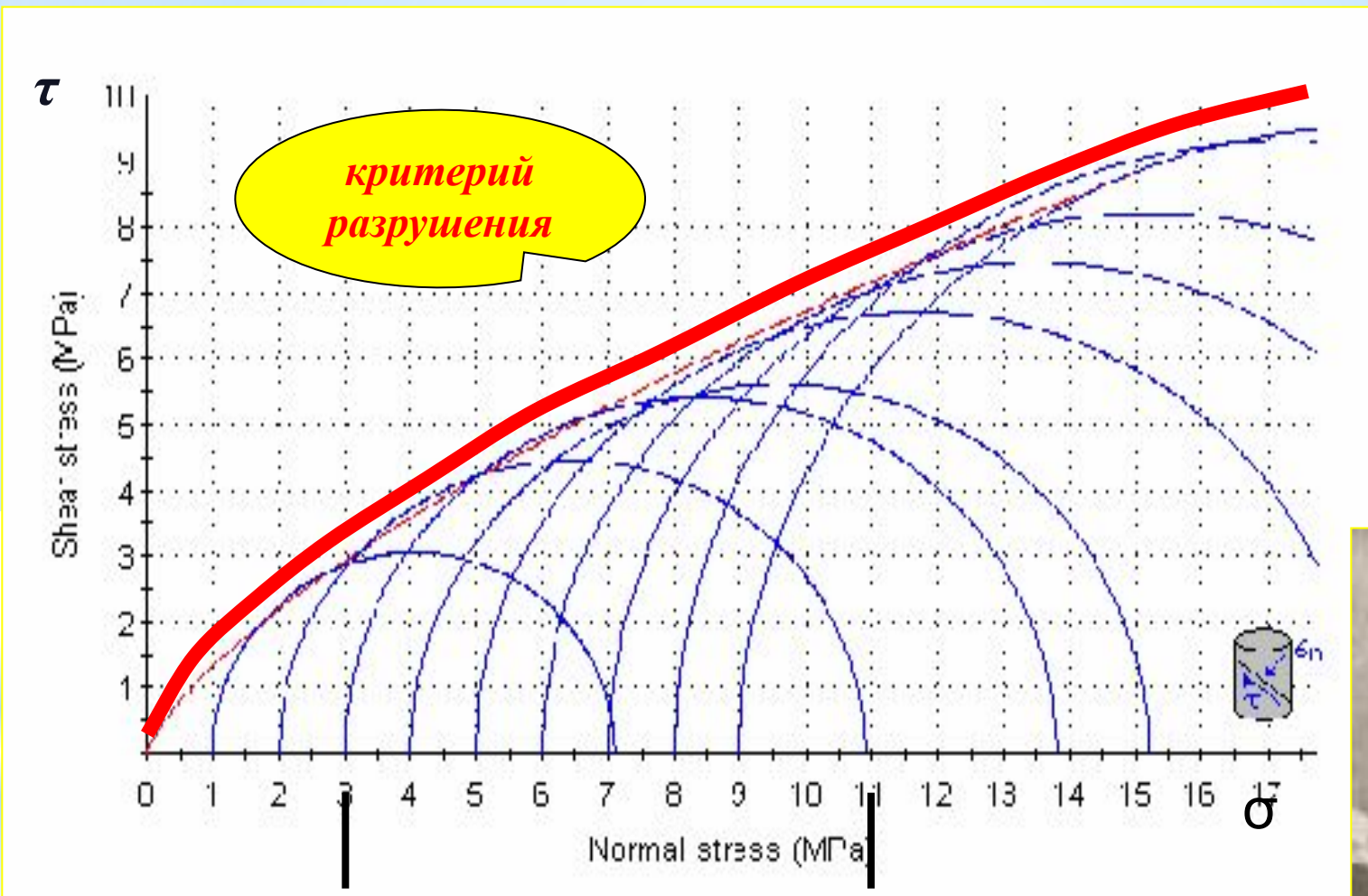
*Всегда будем обозначать:*

$$\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$$

*max*  *min*

*по величине*

# ПРОЧНОСТЬ В ОБЪЕМНОМ НАПРЯЖЕННОМ СОСТОЯНИИ (КРИТЕРИЙ О. МОРА)



$\sigma_3$

$\sigma_1$

Проф. Отто Мора



# ОБОБЩЕННЫЙ КРИТЕРИЙ КУЛОНА-МОРА

Параметры  
обобщенного критерия  
Кулона-Мора:

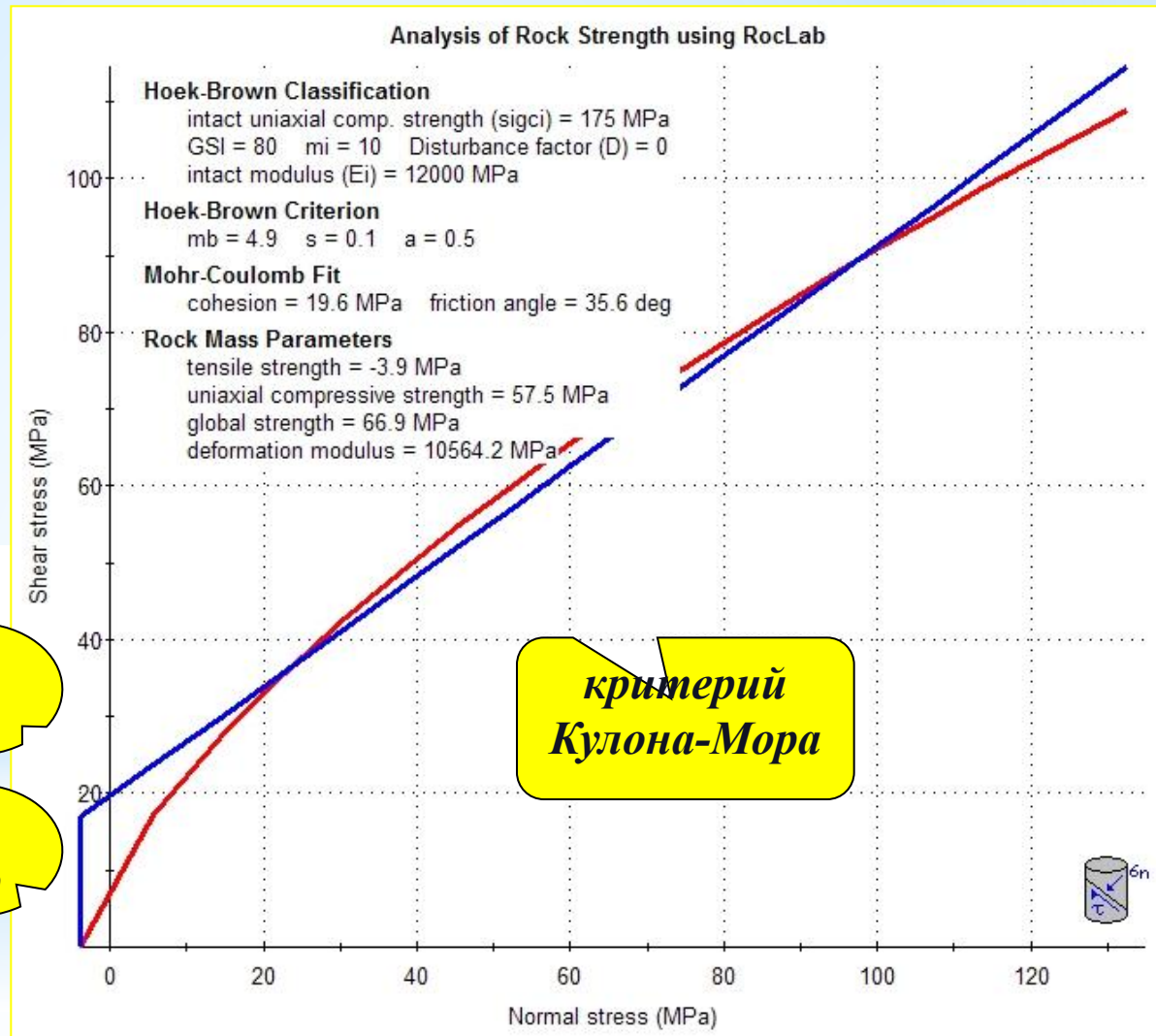
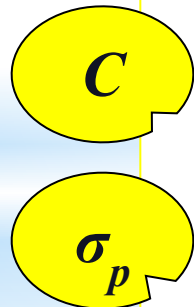
$\sigma_p$  — прочность на  
растяжение, МПа;

$C$  — сцепление, МПа

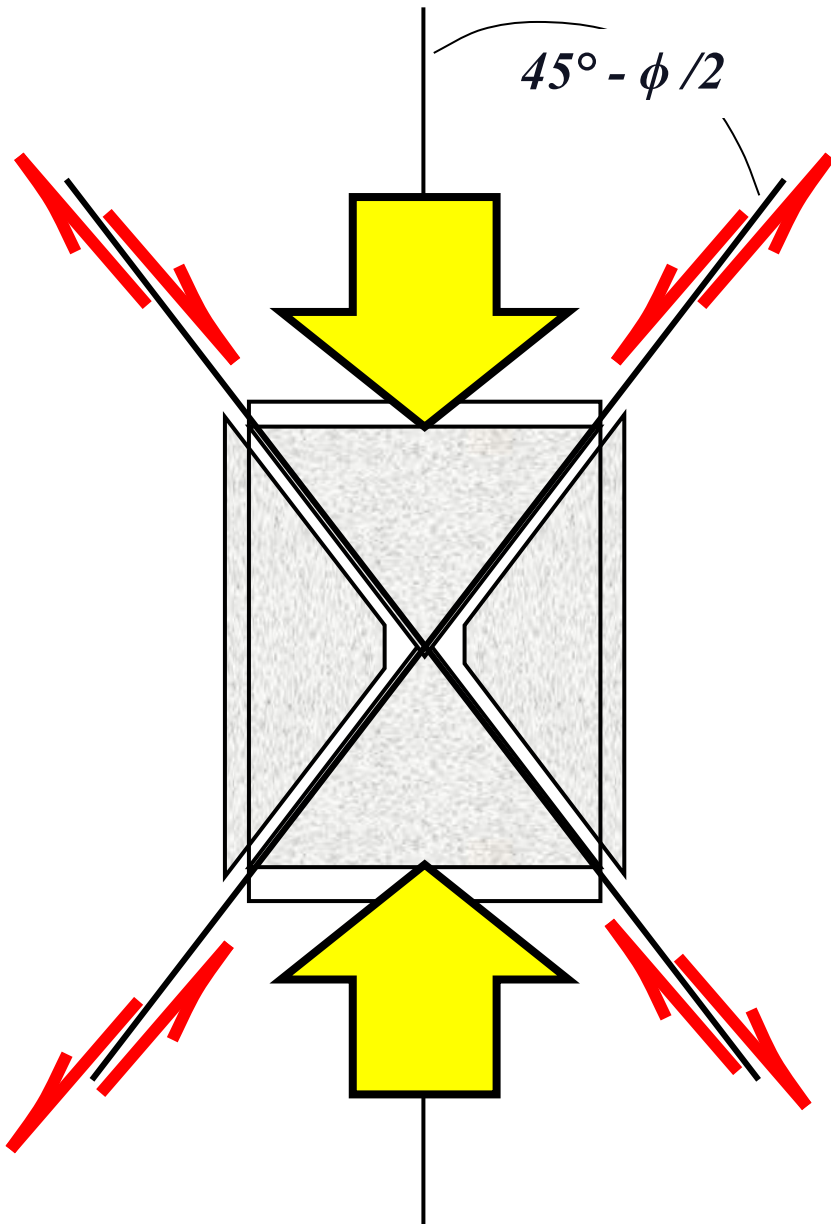
$\phi$  — угол внутреннего  
трения, град.

Сцепление —  
сопротивление сдвигу  
при отсутствии сил  
трения;

$\text{tg}\phi$  — коэффициент  
трения



## РАЗРУШЕНИЕ ОБРАЗЦА ГОРНЫХ ПОРОД



*При сжатии разрушение пород происходит сдвигом по сопряженным площадкам, отклоненным от направления максимального сжатия на угол:*

$$\pm (45^\circ - \phi / 2)$$

*где  $\phi = 30 \div 38^\circ$  - угол внутреннего трения пород*

*Если  $\phi = 36^\circ$ , то это  $\pm 27^\circ$*

## ***ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА МАССИВА***

***МАССИВ НЕОДНОРОДЕН, состоит из разных типов пород и руд. Поэтому в разных точках массива - разные свойства).***

***МАССИВ НАРУШЕН на разных структурных уровнях:***

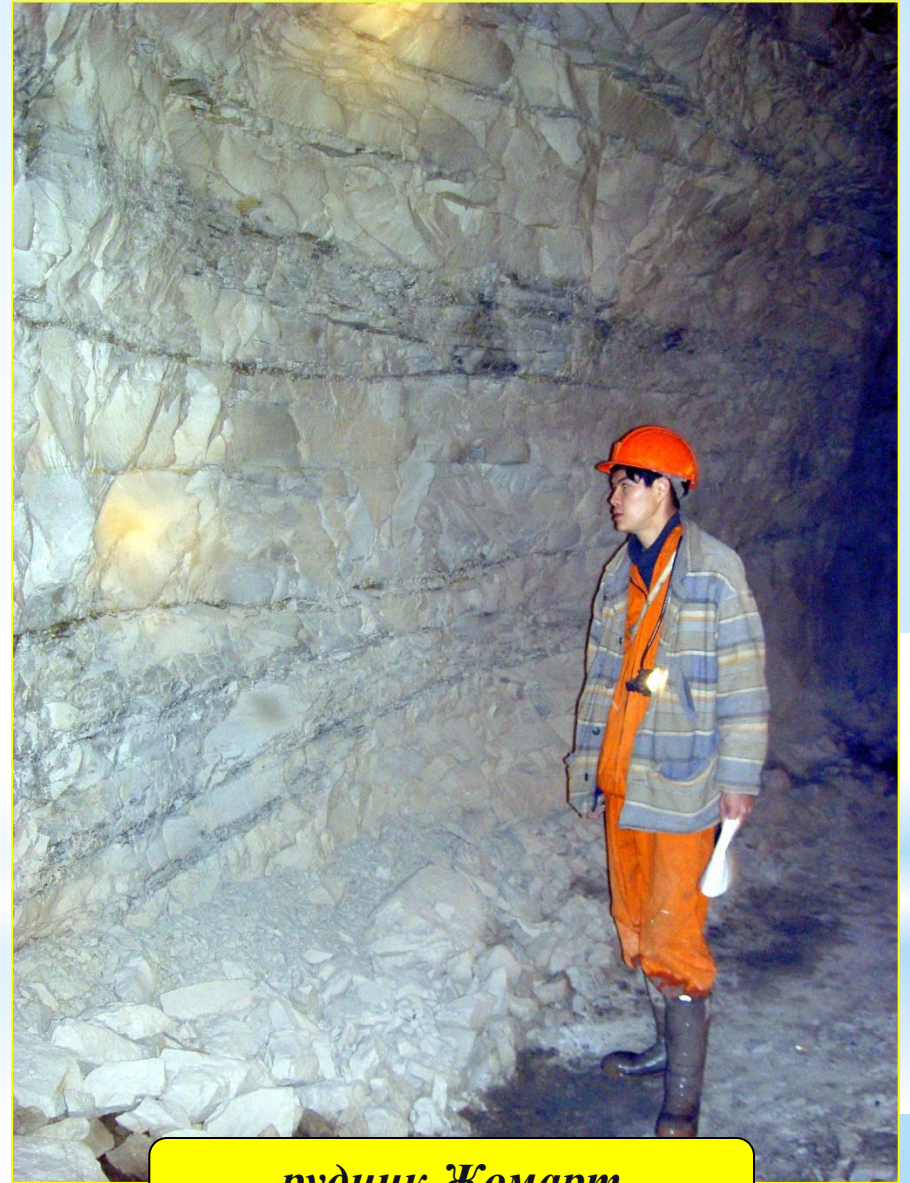
- микротрещины;***
- макротрещиноватость;***
- тектонические нарушения и разломы разных масштабных уровней (рангов).***

***МАССИВ обладает***

- упругостью (деформируется при нагружении),***
- прочностью (сопротивляется разрушению).***

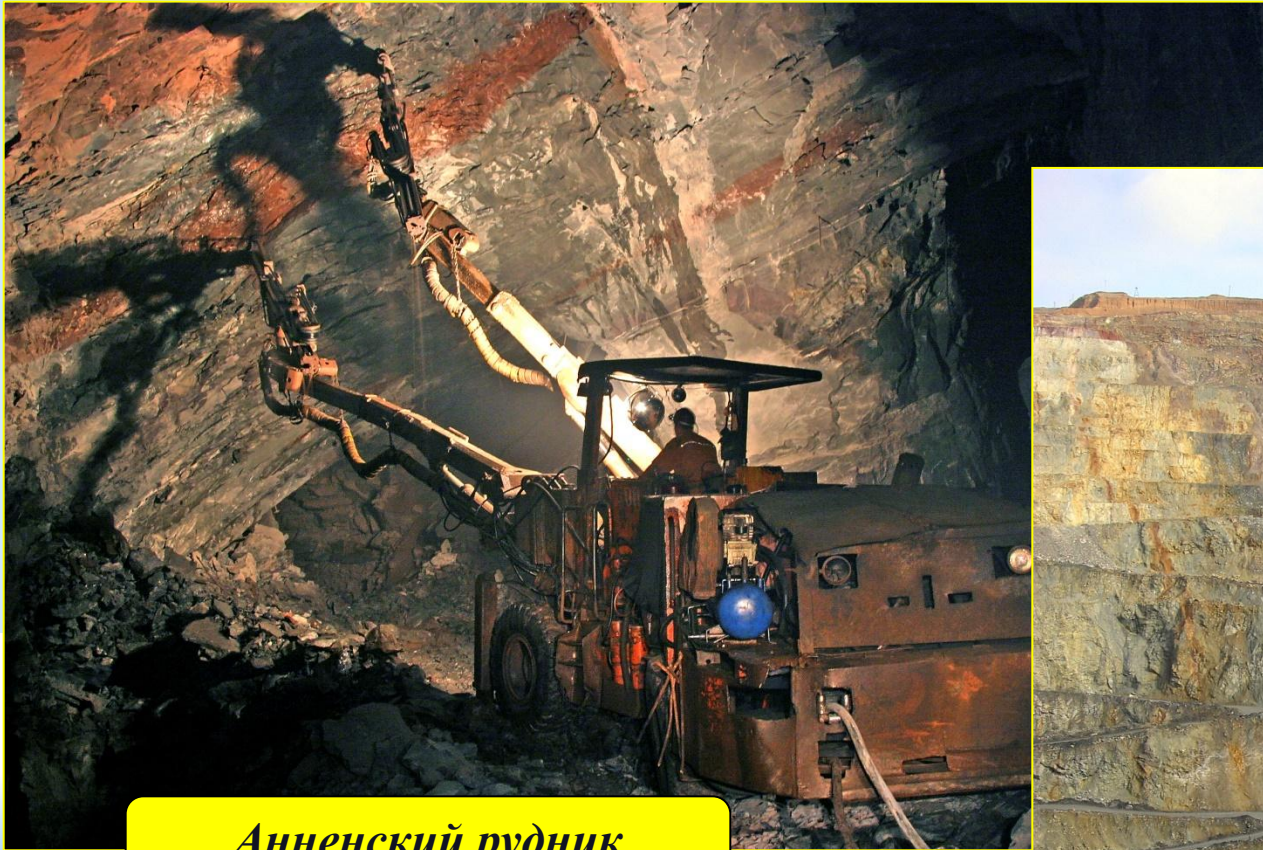


# НЕОДНОРОДНОСТЬ МАССИВА



*рудник Жомарт*

# НЕОДНОРОДНОСТЬ МАССИВА



*Анненский рудник*



*Николаевский карьер*

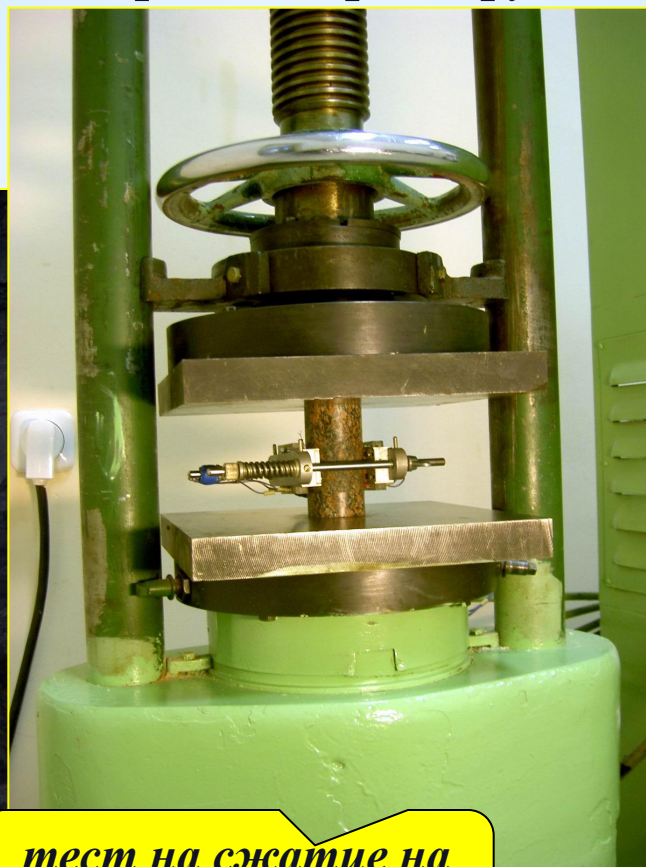
# НЕОДНОРОДНОСТЬ МАССИВА

- геологи в шахте описывают породы и руды

- геомеханики в лаборатории испытывают образцы пород и руд



ЮСП



тест на сжатие на прессе

тест на скорость ультразвука для определения модуля упругости

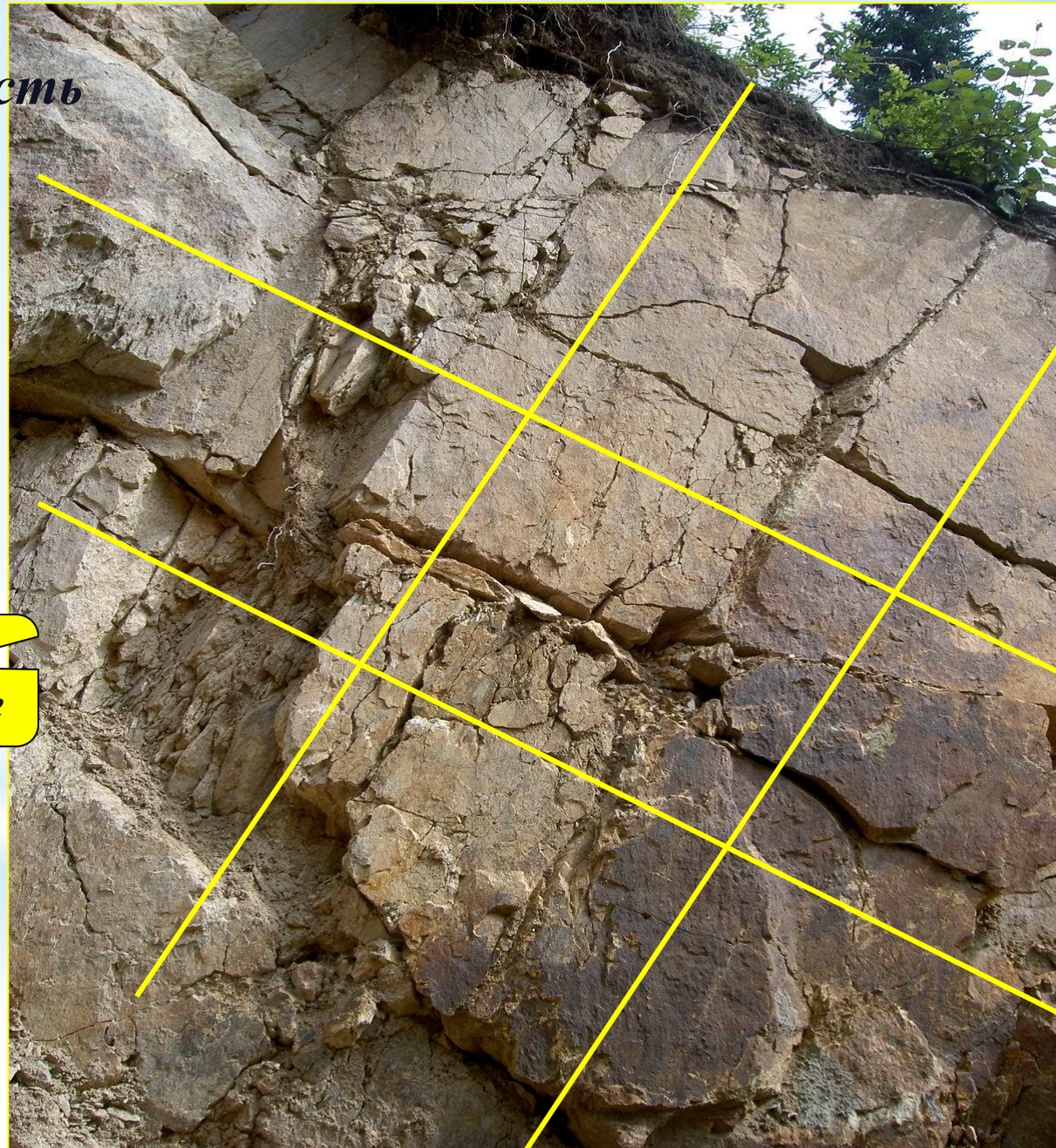


# НАРУШЕННОСТЬ МАССИВА

- *макротрещиноватость*

*Юбилейно-  
Снегирихинский  
рудник*

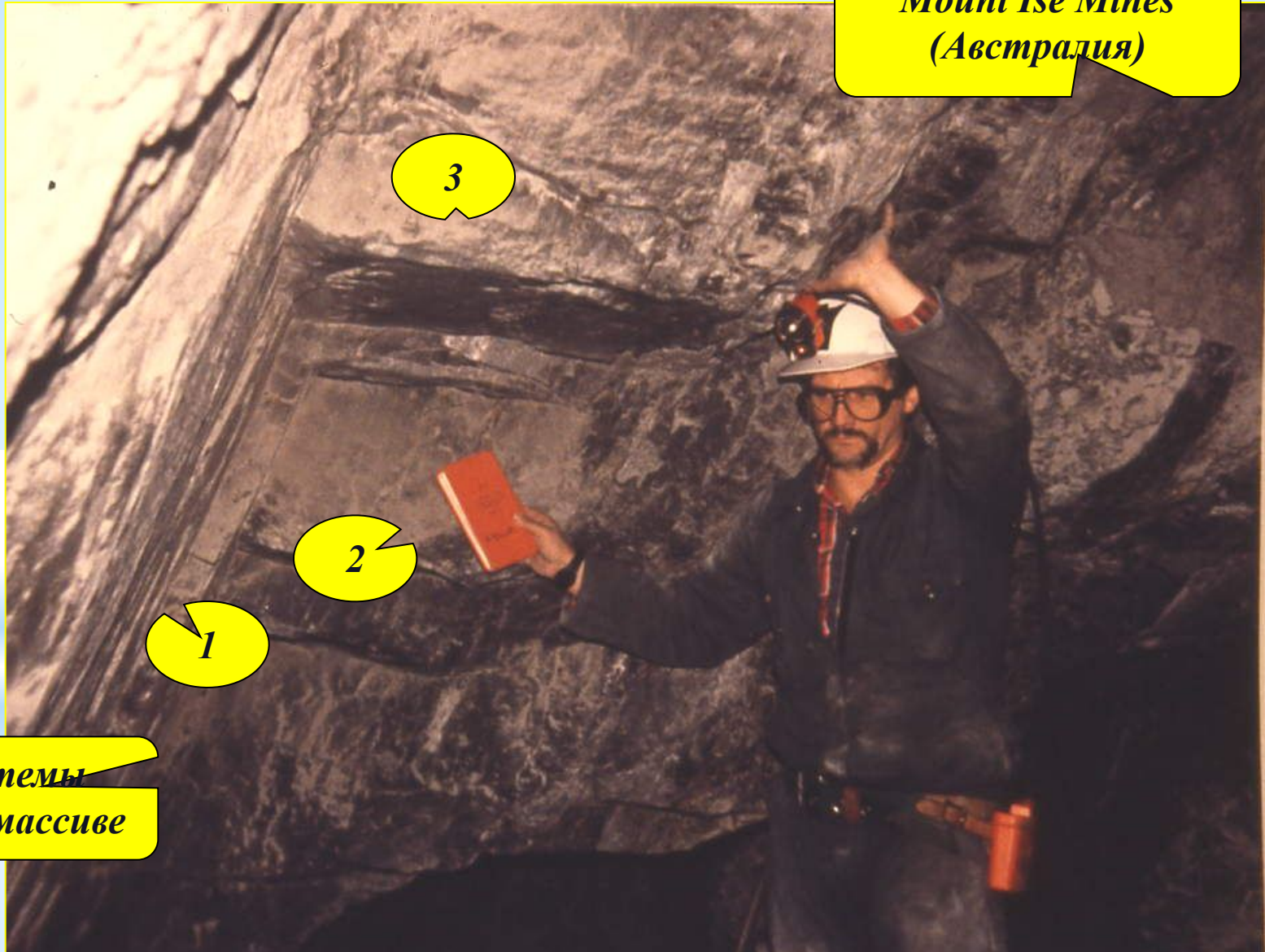
*две системы  
трещин в массиве*



# НАРУШЕННОСТЬ МАССИВА

- *макротрещиноватость*

*Mount Ise Mines  
(Австралия)*



*три системы  
трещин в массиве*

# *НАРУШЕННОСТЬ МАССИВА*

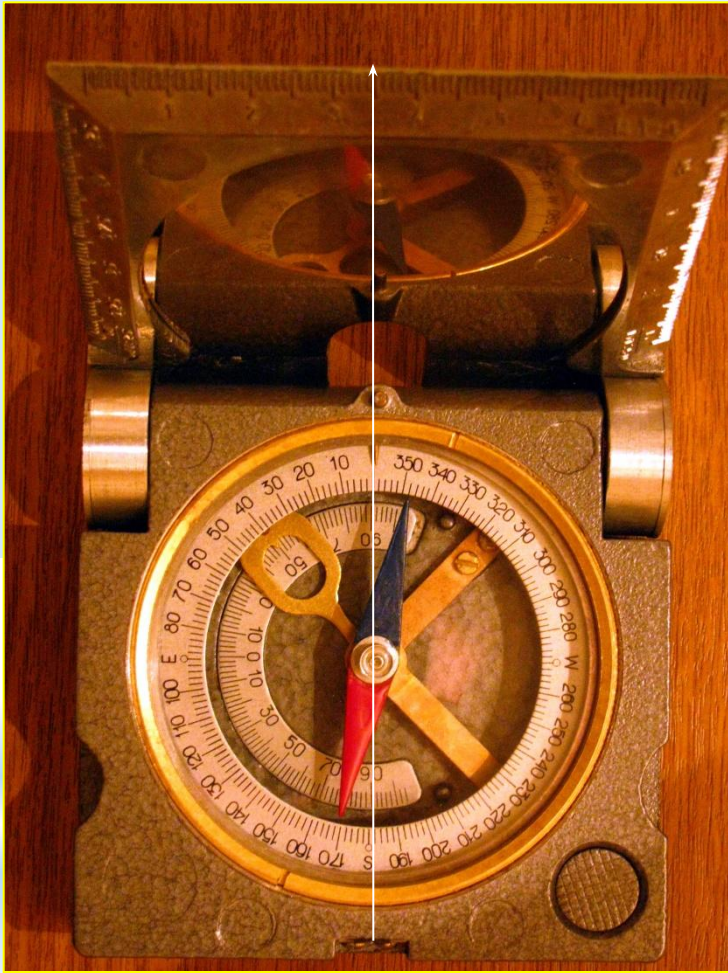
- геомеханики изучают трещиноватость массива*



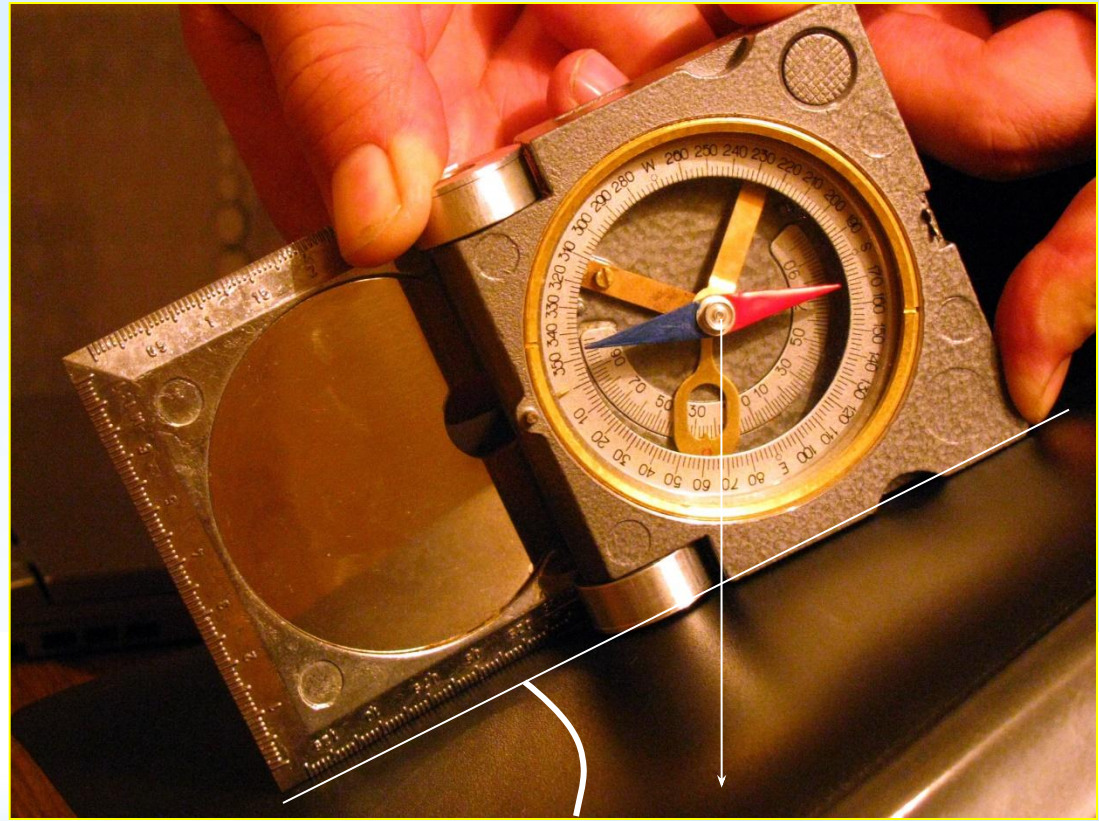
*Анненский рудник: замеры элементов залегания трещин горным компасом для выявления основных систем*

# НАРУШЕННОСТЬ МАССИВА

## Горный компас



*измерение азимута падения*



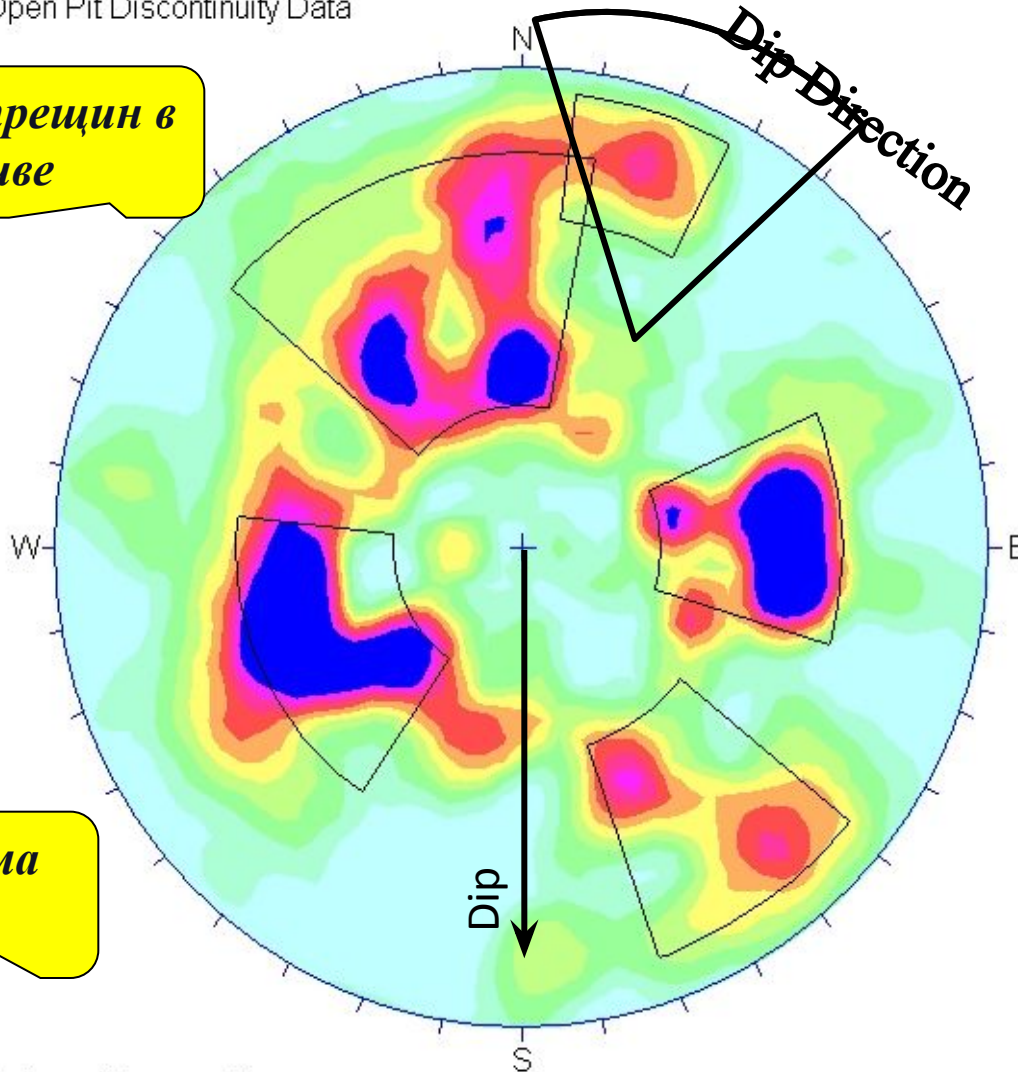
*измерение угла падения*

# НАРУШЕННОСТЬ МАССИВА

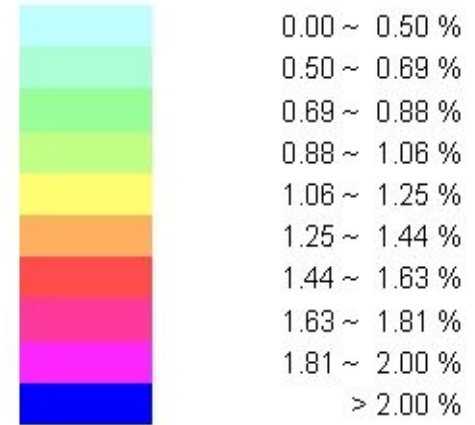
*Строят полярные диаграммы трещиноватости, выявляют системы трещин*

Open Pit Discontinuity Data

*системы трещин в массиве*



Fisher Concentrations  
% of total per 1.0 % area



No Bias Correction  
Max. Conc. = 3.5545%

Equal Angle  
Lower Hemisphere  
1141 Poles  
1141 Entries

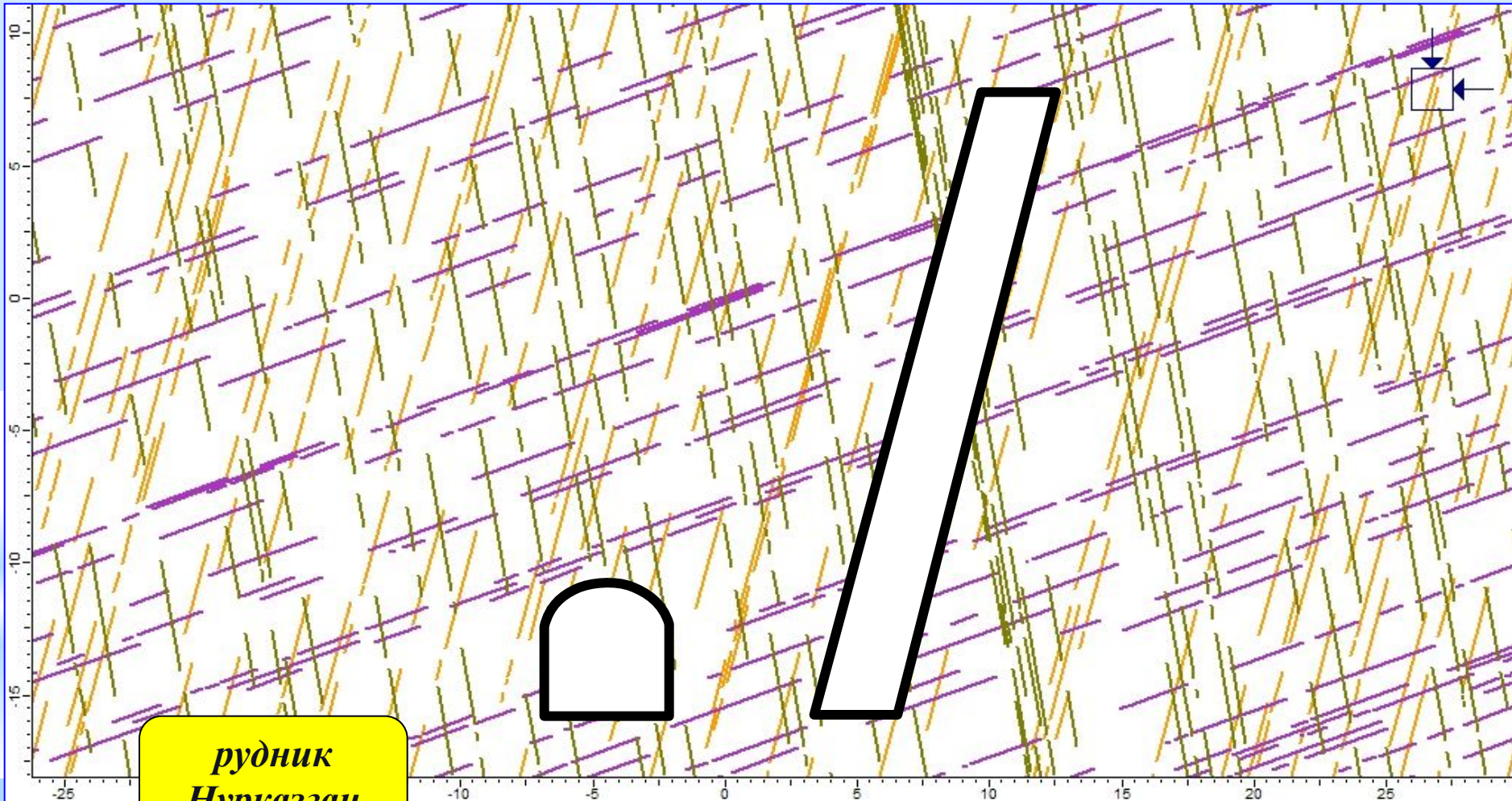
*программа  
Dips*

Pole and Contour Plot



# НАРУШЕННОСТЬ МАССИВА

*Строят сетку трещиноватости, оценивают геометрию ожидаемых вывалов*



*рудник  
Нурказган*

## ***КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ***

- 1. Физико-механические свойства горных пород;***
- 2. Прочностные и деформационные характеристики горных пород;***
- 3. Теории прочности твердых тел;***
- 4. Деформационные свойства горных пород;***
- 5. Напряженное состояние ненарушенного массива горных пород;***
- 6. Напряженно-деформированное состояние массива горных пород в окрестности незакрепленной горной выработки;***
- 7. Критерии устойчивости;***
- 8. Зоны разрушения вокруг горных выработок.***

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Макаров А.Б. *Практическая геомеханика: пособие для горных инженеров.* – М.: Издательство «Горная книга», 2006. - 391 с.
2. Баклашов И.В., Картозия Б.А., Шашенко А.Н., Барисов В. Н. *Геомеханика: учебник для вузов / в 2 т. Геомеханические процессы.* – М.: Издательство МГГИ, 2004. - Т. 2. – 249 с.
3. Казикаев Д.М. *Геомеханика подземной разработки руд.* - М.: Издательство МГГУ, 2005. - 542 с.
4. Оловянный А.Г. *Некоторые задачи механики массивов горных пород.* – СПб.: ФГУП «Множительный научный центр» ВНИМИ, 2003. - 234 с.
5. Цай Б.Н. *Термоактивационная природа прочности горных пород.* -Караганда: КарГТУ, 2007. – 235 с.
6. Сәбденбекұлы Ө. *Таужыныстардың сілеміндегі құрылыстар түзетін механика.* – Қараганды: Санат-Полиграфия, 2006. - 235 б.