

Геомеханика

Лекция 17

**ДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЯВЛЕНИЯ ГОРНОГО
ДАВЛЕНИЯ В МАССИВАХ ПОРОД. ГОРНЫЕ УДАРЫ.**

Березники
2022

№ № п/п	Магнитуда до землетрясения (MSK-64)	Балльность в эпицентре	Рудник, месторождение,	Дата сильнейшего толчка	Сейсмическая энергия, Дж	Последствия в руднике
1	4.0-4.4	8	Рудник "Умбозеро", Ловозерское м-е, Кольский п-ов	17.08.1999	-	Площадь разрушенных выработок 600-650 тыс. м ²
2	~3.5-4.0	5-6	Шахта "Курба-закская", ЮУБР	28.05.1990	10 ¹⁰ -10 ¹¹	Площадь разрушения выработок 450 тыс. м ²
3	3.4-3.6	5-6	ОАО "Апатит", Кировский р-к, Кольский п-ов	16.04.1989	-	Разрушения крепи, поднятия и смещения рельсового пути, выбросы пород до 2 м ³ на 3-х гор.
4	3.5-3.8	5-6	Верхнекамское месторождение калийных солей, г. Соликамск	5.01.1995	-	Обрушения кровли в выработанном прост-ранстве 300 тыс. м ² , мульда на поверхности 650×850 м
5	2.2-2.6	-	Рудник "Умбозеро" ОАО "Севредмет", Ловозерское м-е Кольский п-ов	3-9.11.91.	10 ⁹	Разрушения в очистных выработках на площади 80 тыс. м ²
6	~2.5		Рудник "Таштагол", Таштагольское м-е	31.08.1992	2.5 · 10 ⁸	Общая площадь разрушения выработок 420 м ²
7	~2.5		Шахта 15-15 бис, СУБР.	5.10.1984.	3.9 · 10 ⁸	Выброс 40 м ³ породы, нарушено 740 м выработок

К опасным по горным ударам относятся месторождения или те их части (залежи, горизонты), на которых имеются склонные к горным ударам руды (породы), а действующие напряжения на контурах выработок и в конструктивных элементах систем разработки достигают уровня, при котором возможно хрупкое разрушение горных пород.

К удароопасным относят месторождения или те их горизонты, на которых имели место микроудары и горные удары. Глубина, начиная с которой на месторождении появились горные удары, называется ***критической глубиной***.

Характеристики последних, наиболее сильных, техногенных землетрясений на рудниках России



Основные понятия и

Динамические проявления горного давления по мощности, интенсивности, характеру проявления и последствиям подразделяются на:

- горно-тектонические удары;
- собственно горные удары;
- микроудары;
- толчки;
- стреляния.

Внешние признаки динамического проявления горного давления:

- интенсивное заколообразование;
- шелушение руд (пород) на контурах выработок и целиков.

Появление динамических форм разрушения массива свидетельствует о наличии упругих пород с хрупким характером разрушения и о высоком уровне действующих напряжений. На участках разрушения массива они достигают или превышают прочность руды (породы).

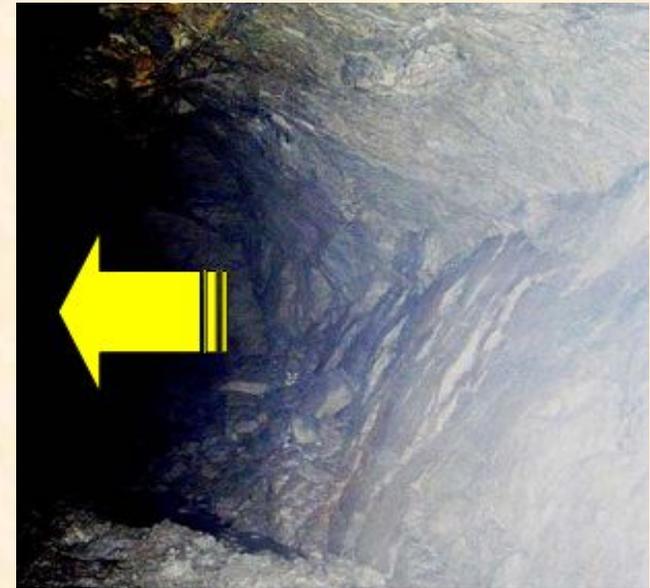
Горно-тектонический удар – мгновенное разрушение руды (породы) в глубине массива, вызывающее хрупкое разрушение в выработках и целиках в форме горного удара, как правило, на больших площадях. Сопровождается сильным сотрясением массива, резким звуком, образованием большого количества пыли и воздушной волной. Сейсмостанциями горно-тектонический удар регистрируется, как техногенное землетрясение. Влечет за собой остановку работы рудника в целом.

Горный удар – мгновенное хрупкое разрушение целика или краевой части массива, проявляющееся в виде выброса руды (породы) в выработку с тяжелыми последствиями: нарушение крепи, смещение машин, механизмов, оборудования, вызывающее нарушение технологического процесса. Удар сопровождается резким звуком, сильным сотрясением горного массива, образованием большого количества пыли и воздушной волной. Влечет за собой остановку работы участка.

Микроудар – мгновенное хрупкое разрушение руды (породы) на контуре выработок или целиков с выбросом в горные выработки без нарушения технологического процесса, возможно локальное нарушение крепи. Сопровождается звуком, сотрясением массива и образованием пыли.

Толчок – хрупкое разрушение руды (породы) в глубине массива без выброса в выработку. Сопровождается звуком, сотрясением массива. Возможно появление пыли, падение заколов, обрушение отдельных участков выработок, шелушение (пород) руд на обнажении, образование трещин в бетонной крепи.

Стреляние – отскакивание от массива линзовидных пластин руды (породы) различных размеров с острыми краями с резким звуком, напоминающим выстрел



Интенсивное заколообразование – возникновение заколов вслед за их оборкой. Происходит по ненарушенному массиву и не связано с трещиноватостью, слоистостью и сланцеватостью. Сопровождается треском. Образующиеся и отделяющиеся при этом плиты повторяют по форме контур выработки;

Шелушение – разрушение руды (породы) по контуру выработки на отдельные пластинки, имеющие, чаще всего, чечевицевидную форму с заостренными краями. Место шелушения в выработке из-за постоянного осыпания пластин всегда выглядит «свежим», не запыленным.



Нарастающий характер динамических проявлений горного давления (повышение частоты, интенсивности, масштабов) связан с ростом величин действующих напряжений и увеличением накопленной в массиве упругой энергии по мере развития горных работ с глубиной или по площади.

Условия возникновения удароопасных ситуаций

Факторы, определяющие возможность возникновения удароопасных ситуаций:

- способность массива горных пород к упругому деформированию и накоплению потенциальной энергии упругих деформаций,
- склонность руд (пород) к хрупкому разрушению,
- высокий уровень напряжений, действующих на нарезных и очистных выработок, в целиках.

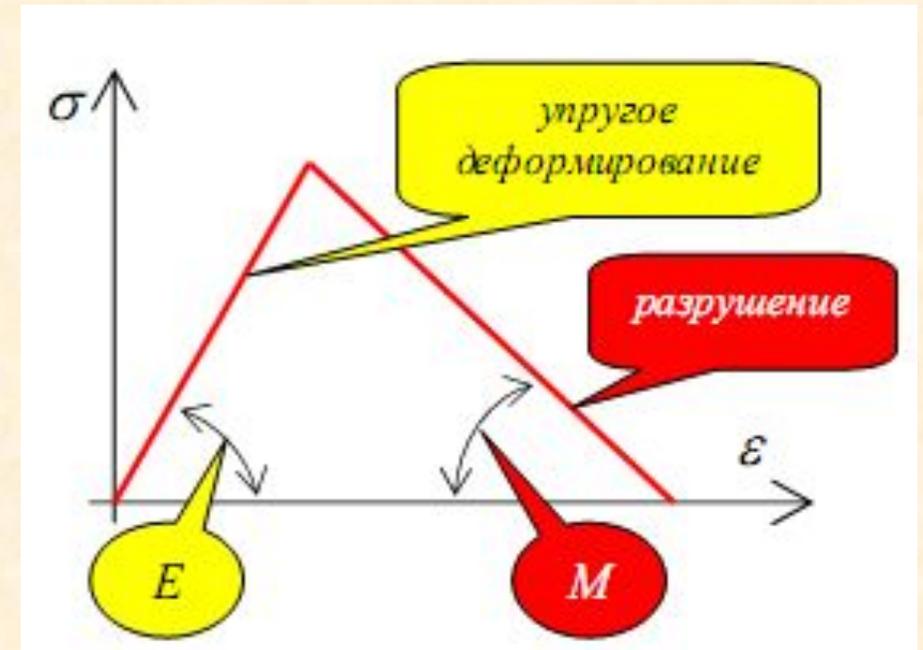
К ***склонным к горным ударам*** относятся месторождения (или их части), в пределах которых имеются руды (породы) с высокими упругими свойствами и хрупким характером разрушения.

Способность массива горных пород накапливать упругую энергию определяется соотношением упругой и полной (упругой и необратимой) деформации в момент разрушения при испытаниях образцов руды (породы) на сжатие. ***Руда (порода) является склонной к горным ударам, если упругие деформации в момент разрушения превышают 70% от полных деформаций (суммы упругих и необратимых деформаций).***

Под хрупким характером разрушения понимается способность пород резко высвободить накопленную в процессе нагружения потенциальную энергию упругих деформаций при достижении ими предельного напряженного состояния. Склонность пород к хрупкому (динамическому) разрушению устанавливается по соотношению модуля упругости E и модуля спада M , который характеризует запредельные деформации разрушающейся породы.

Склонными к горным ударам считаются руды (породы), у которых модуль спада превышает модуль упругости.

Если запредельная ветвь полной диаграммы деформирования круче, чем упругая, т.е. $M/E \geq 1$, то такую породу признают склонной к горным ударам.



Чтобы руды (породы), склонные к горным ударам, стали удароопасными, необходимы высокие действующие напряжения, близкие к прочности горных пород.

Прогноз удароопасности участков массива горных пород

По степени опасности возникновения горных ударов участки массива вокруг выработок разделяют на две категории: «Опасно» или «Неопасно». Категории удароопасности определяются локальными методами прогноза.

Категория «Опасно» соответствует такому напряженному состоянию массива в приконтурной части выработки, при котором может произойти горный удар. Такой участок выработки должен быть приведен в неудароопасное состояние. До приведения выработки в неудароопасное состояние запрещается ведение горных работ и передвижение людей, не связанных с проведением профилактических мероприятий.

Категория «Неопасно» соответствует неудароопасному состоянию массива и не требует проведения противоударных мероприятий. При этом сохраняется необходимость прогноза удароопасности.

Локальный прогноз удароопасности участков массива производится одним или несколькими методами, основными из которых являются:

- по дискованию керна при колонковом бурении геологоразведочных или контрольных скважин;
- геофизические способы.

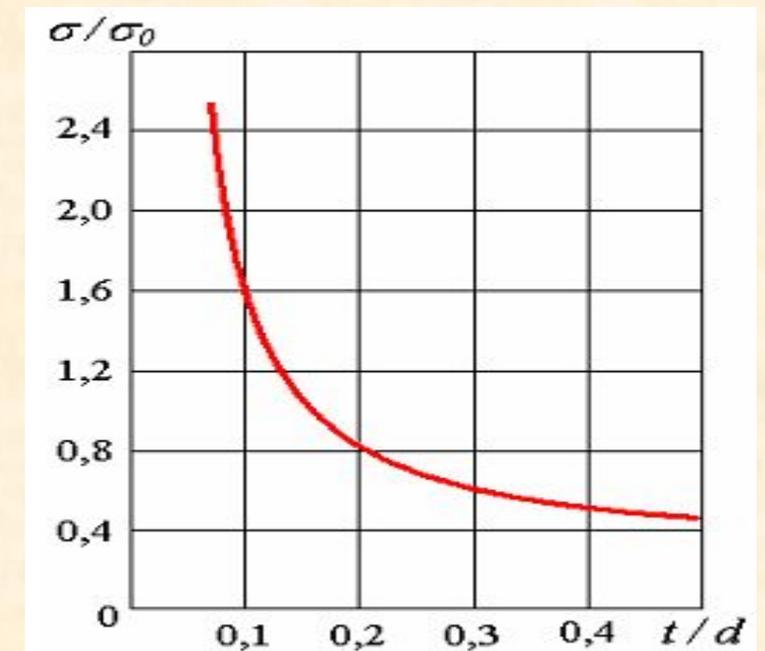
Метод прогноза удароопасности массива по дискованию керна является базовым.

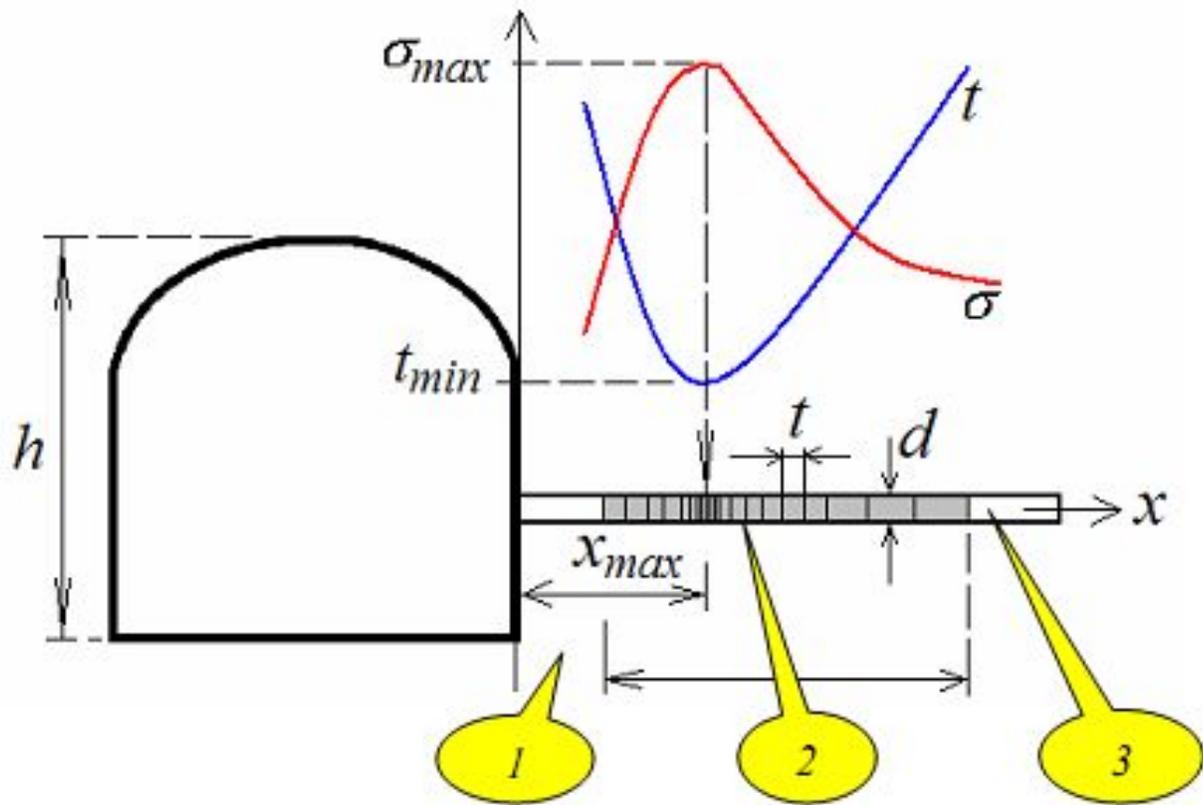
Толщина дисков t , на которые разрушается керн диаметром d , зависит от величины напряжений σ , действующих в массиве по нормали к оси скважины, и от диаметра керна.



Чем больше действующие напряжения, тем интенсивнее процесс образования дисков, тем меньше толщина дисков керна. При равных напряжениях толщина дисков больше у керна большего диаметра.

Величину действующих в массиве напряжений σ определяют в долях от прочности породы на одноосное сжатие σ_0 по соотношению толщины дисков к диаметру керна t/d .





Определение глубины расположения максимальных действующих напряжений от контура выработки по дискованию керна:

1 – защитная зона нарушенных пород вблизи контура выработки, где нет дискования керна;

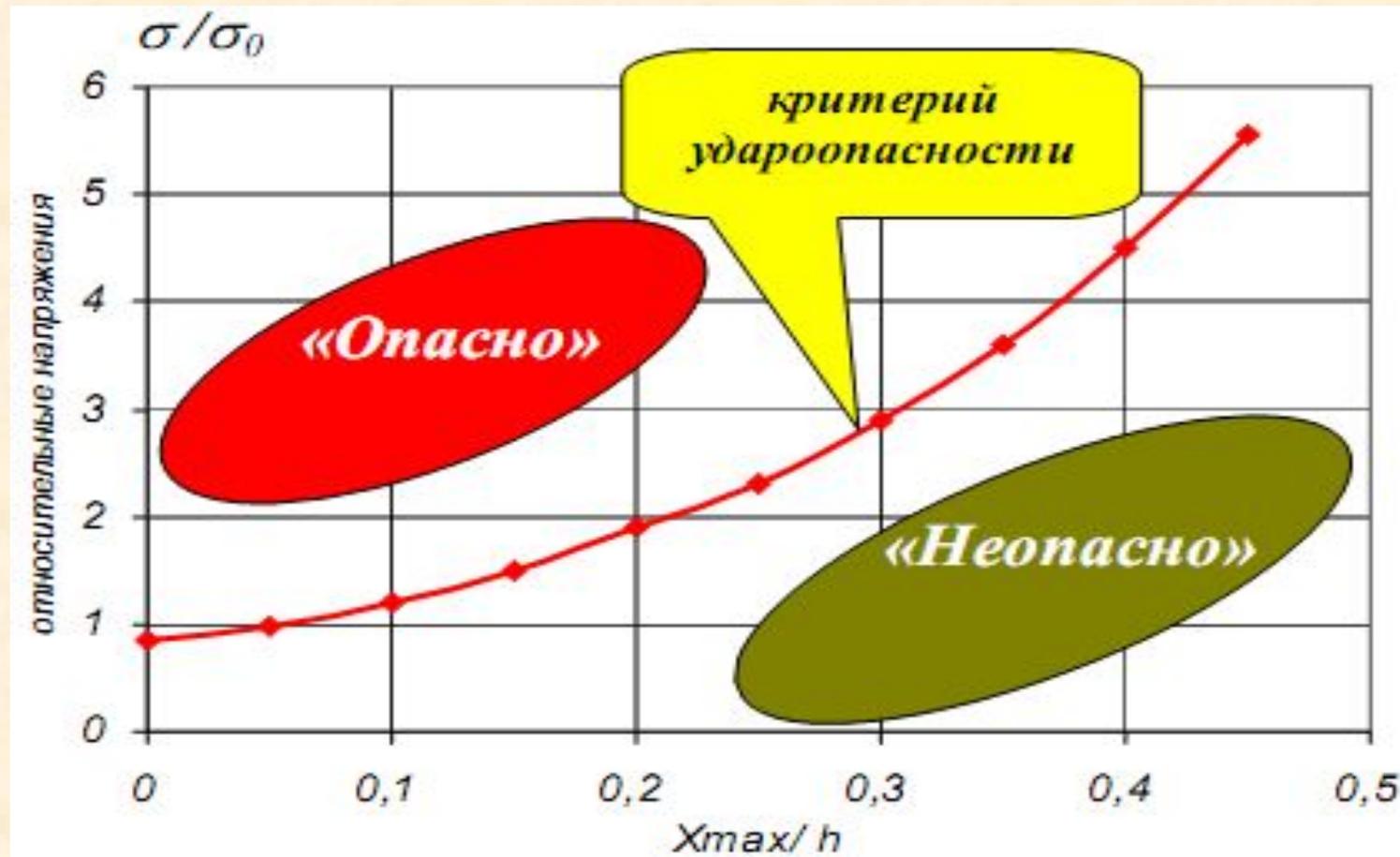
2 – интервал, где наблюдается дискование керна;

3 – контрольная скважина

Категорию удароопасности определяют в следующем порядке:

- по минимальной толщине дисков t_{min} устанавливают глубину X_{max} , на которой в массиве действуют максимальные напряжения σ_{max} ;
- по минимальной толщине дисков, отнесенной к диаметру керна t_{min}/d , с помощью диаграммы находят максимальную величину относительных напряжений σ_{max}/σ_0 , действующих в массиве вблизи контура выработки;

- по параметрам X_{max}/h (где h – высота выработки) и σ_{max}/σ_0 на диаграмму наносят точку и определяется категория удароопасности.



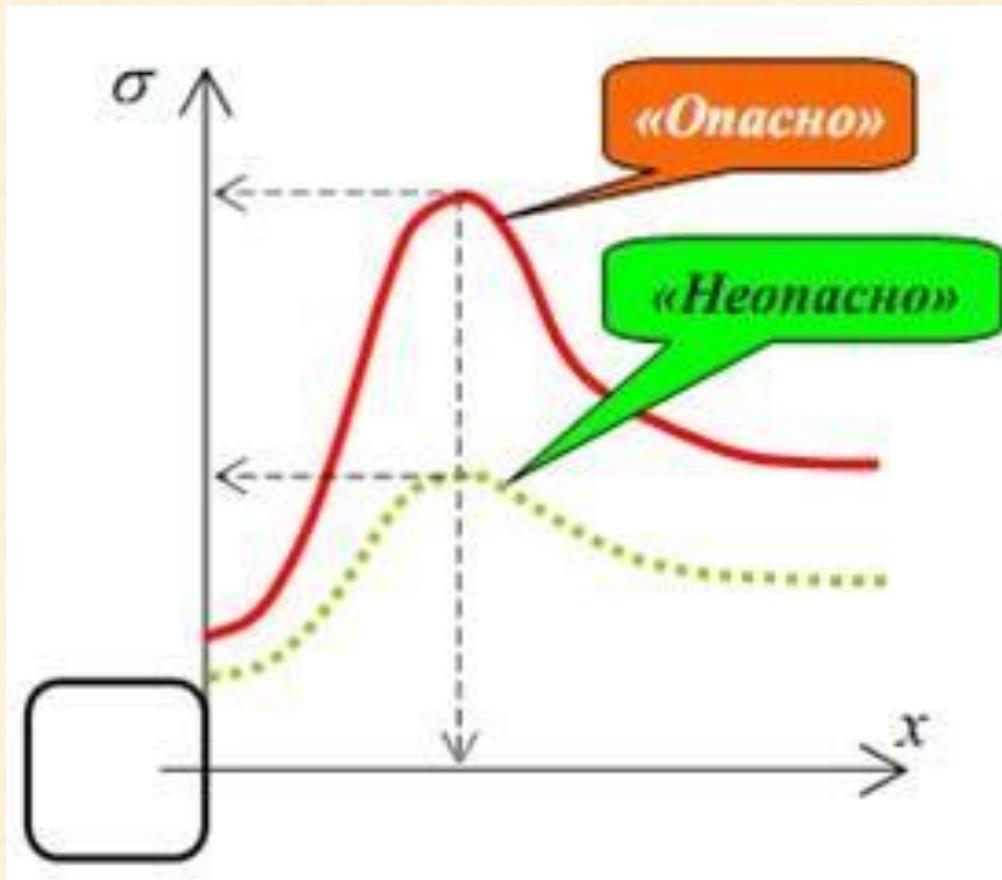
Массив является удароопасным, если высокие напряжения действуют на контуре выработки или в непосредственной близости от него.

Мероприятия по снижению удароопасности выработок

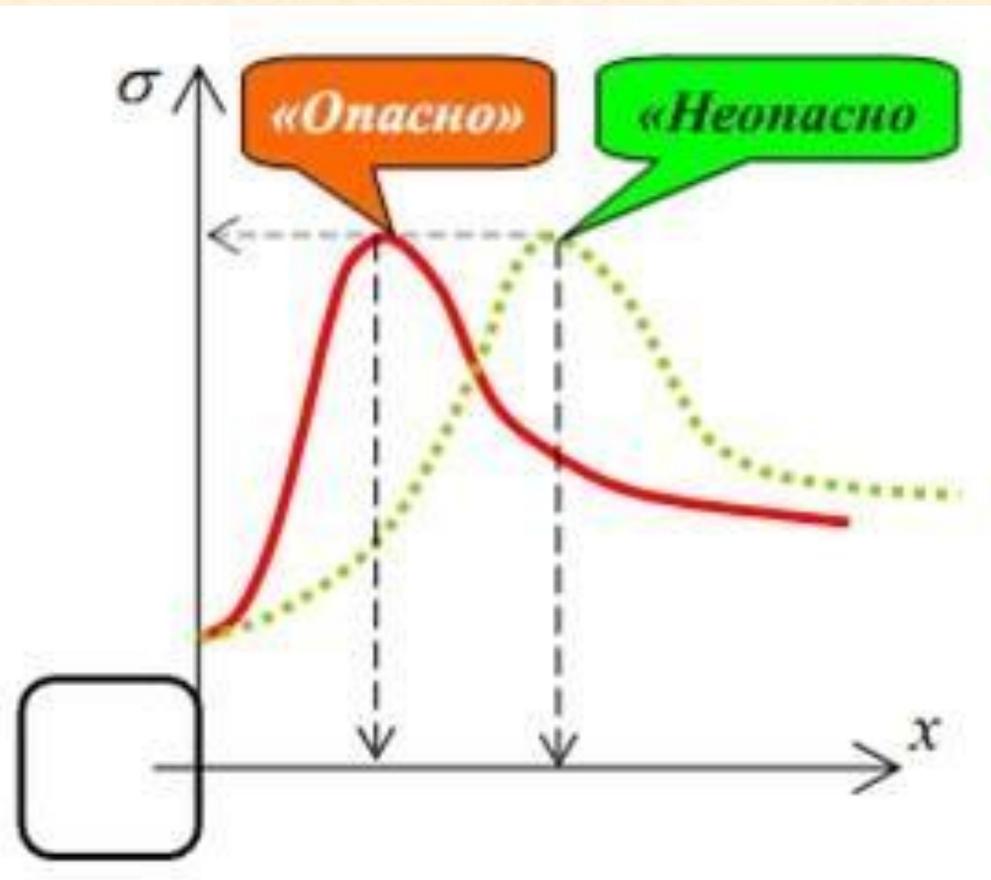
Чтобы привести массив в неопасное состояние, необходимо использовать один из двух принципов:

- или понизить уровень максимальных действующих напряжений вблизи контура выработки,
- или заглубить максимум действующих напряжений глубже в массив.

Первый принцип



Второй принцип



Первый принцип реализуется следующими мероприятиями:

- ✓ раскройка месторождения на шахтные поля и порядок их отработки должны обеспечивать планомерное извлечение запасов по возможности без образования межшахтных целиков, острых углов и выступов фронта очистных работ;
- ✓ ограничение встречных и догоняющих фронтов очистных работ;
- ✓ сокращение применения камерных систем разработки с открытым выработанным пространством;
- ✓ опережающая отработка защитных залежей (слоев) для создания защищенных зон;
- ✓ расположение выработок в защищенных зонах;
- ✓ проходка подготовительных выработок по направлению действия в массиве максимальных горизонтальных напряжений или в пределах «разрешенных» направлений;
- ✓ исключение выработок, проходка которых должна вестись в «запрещенных» направлениях; при необходимости проходки выработок в

«запрещенных» направлениях их сечению необходимо придавать шатровую форму;

✓ расстояние между ближайшими бортами выработок и камер различного назначения на удароопасных участках должно быть не менее $4D$, где D - наибольший размер поперечного сечения большей выработки;

✓ снижение количества выработок, проходимых в зонах опорного давления вблизи фронта очистных работ;

✓ пересечение выработок должно осуществляться, как правило, под прямым или близким к нему углом;

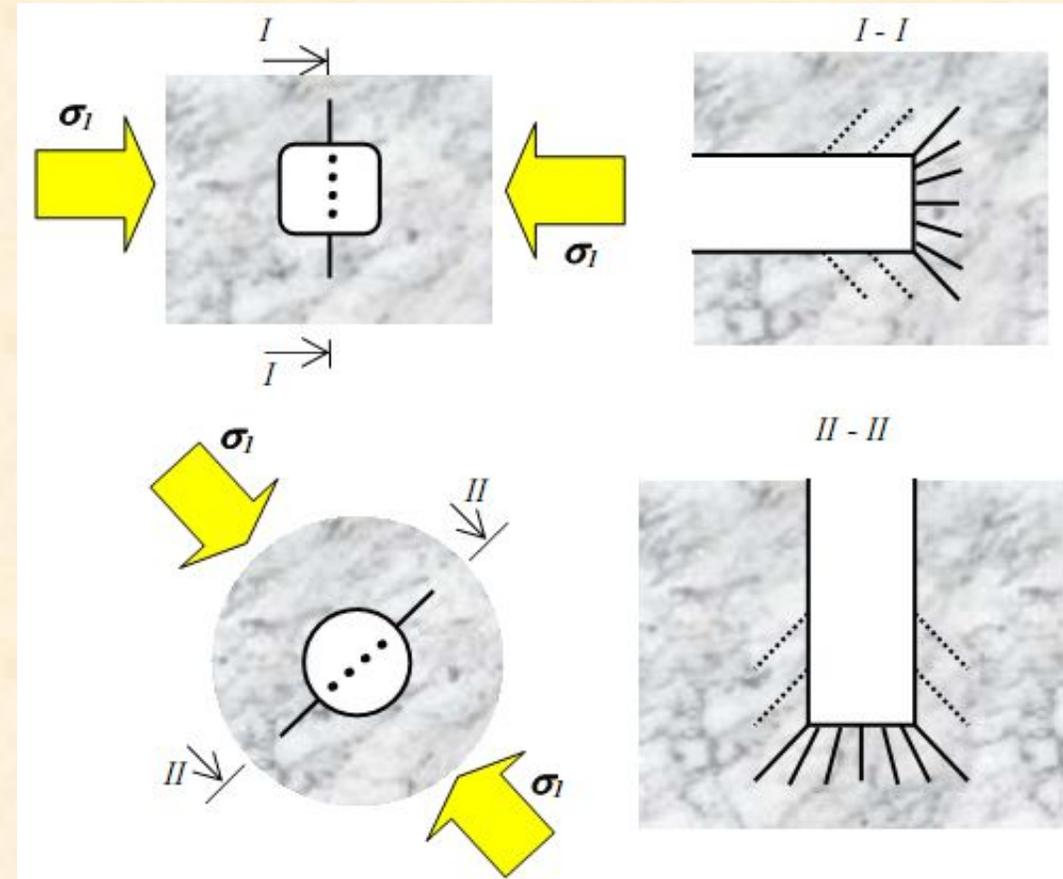
✓ сбойка двух выработок на удароопасных участках с расстояния между забоями 15 м должна вестись одним забоем, второй забой должен быть остановлен. Образующийся при сбойке целик должен быть приведен в неопасное состояние по всей площади.

Второй принцип реализуется путем создания защитной зоны с помощью:

- камуфлетного взрывания;
- бурения разгрузочных скважин, щелей, полостей.

Схемы камуфлетного взрывания шпуров для разгрузки горизонтальных напряжений:

- в кровле горизонтальной выработки;
- в стенках восстающих и вертикальных стволов



Ориентировочные расстояния между камуфлетными и компенсационными шпурами.

Глубина шпуров (скважин), м	Диаметр шпуров (скважин), мм			
	43	59	76	105
5	0,27	0,42	0,58	0,86
6	0,25	0,39	0,55	0,83
7	0,24	0,37	0,52	0,80