

# ***Горные удары***

## ***Основные понятия и определения***

***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.

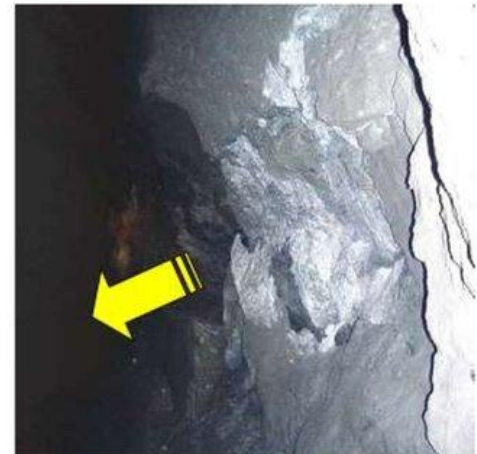
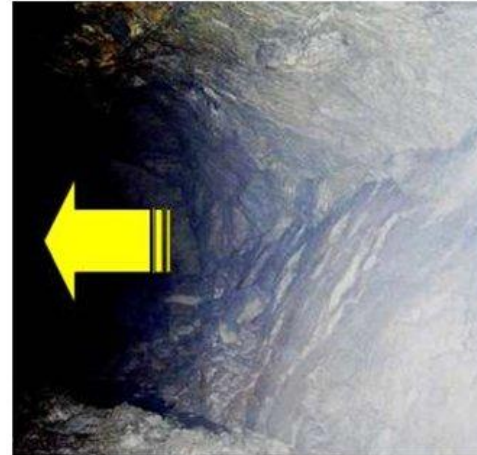
**Горный удар** – мгновенное хрупкое разрушение целика или краевой части массива, проявляющееся в виде выброса руды (породы) в выработку с тяжелыми последствиями: нарушение крепи, смещение машин, механизмов, оборудования, вызывающее нарушение технологического процесса. Удар сопровождается резким звуком, 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.

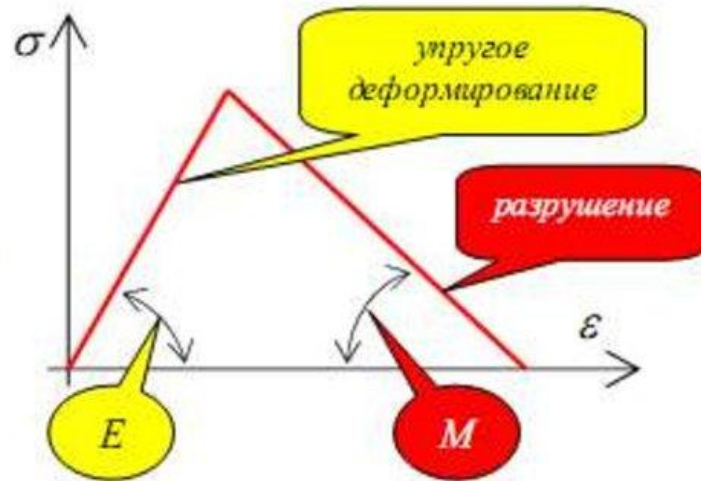
К ***склонным к горным ударам*** относятся месторождения (или их части), в пределах которых имеются руды (породы) с высокими упругими свойствами и хрупким характером разрушения.

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.*



**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**.

| Месторождение                                | Породы, руды, склонные к горным ударам   | Критическая глубина, м |
|--|--|------------------------|
| Жезказганское                                | Серые песчаники  | 400                    |
| Орловское<br>(Жезкентский ГОК)               | Сплошные и вкрапленные в кварце полиметаллические, смешанные, медные руды                            | 600                    |
| Юбилейно-Снегирихинское<br>(Жезкентский ГОК) | алевролиты, диабазовые порфириты, сплошные и прожилково-вкрапленные руды                             | 900                    |
| Артемьевское<br>(ВКМХК)                      | Кремнистые алевролиты, микроквар-циты, липаритовые порфиры, порфи-риты, сплошные и вкрапленные руды. | 1000                   |
| Иртышское<br>(филиал ВостокКазмедь)          | Сплошные полиметаллические, смешанные, медные руды   | 600                    |



## ***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.

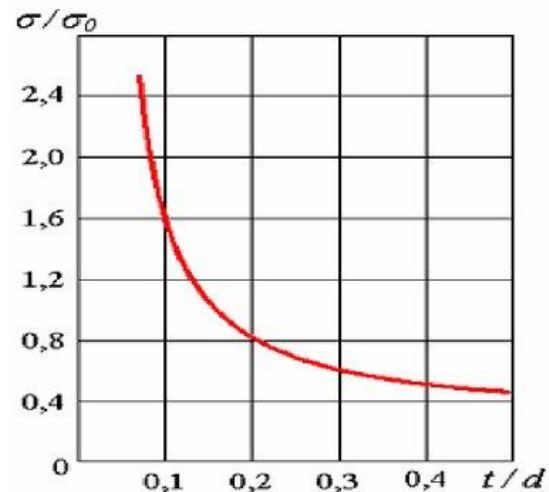
**Метод прогноза удароопасности массива по дискованию керн является базовым.**

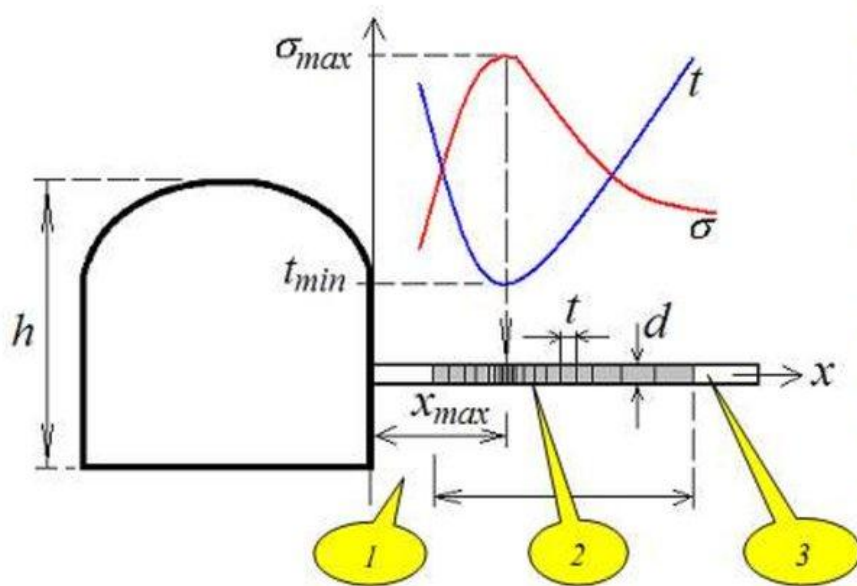
Толщина дисков  $t$ , на которые разрушается керн диаметром  $d$ , зависит от величины напряжений  $\sigma$ , действующих в массиве по нормали к оси скважины, и от диаметра керна.



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  $\sigma$  определяют в долях от прочности породы на одноосное сжатие  $\sigma_0$  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;

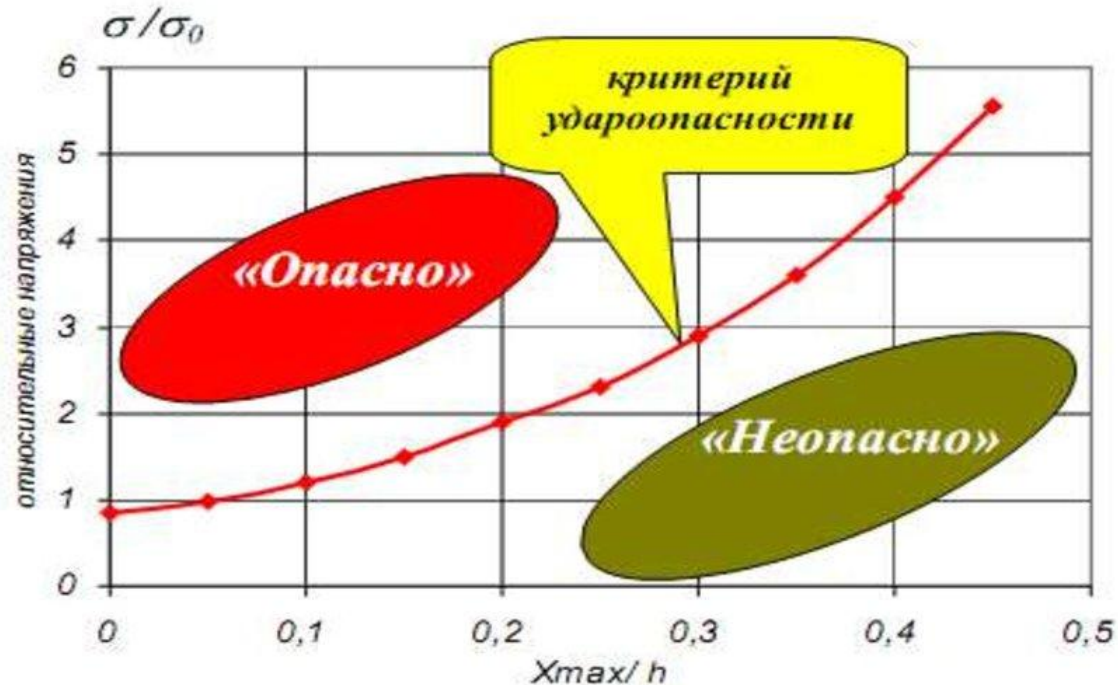
3 – контрольная скважина

**Категорию удароопасности определяют в следующем порядке:**

- по минимальной толщине дисков  $t_{min}$  устанавливают глубину  $x_{max}$ , на которой в массиве действуют максимальные напряжения  $\sigma_{max}$ ;
- по минимальной толщине дисков, отнесенной к диаметру керна  $t_{min}/d$ , с помощью диаграммы находят максимальную величину относительных напряжений  $\sigma_{max}/\sigma_0$ , действующих в массиве вблизи контура выработки;



- по параметрам  $X_{max}/h$  (где  $h$  – высота выработки) и  $\sigma_{max}/\sigma_0$  на диаграмму наносят точку и определяется категория удароопасности.



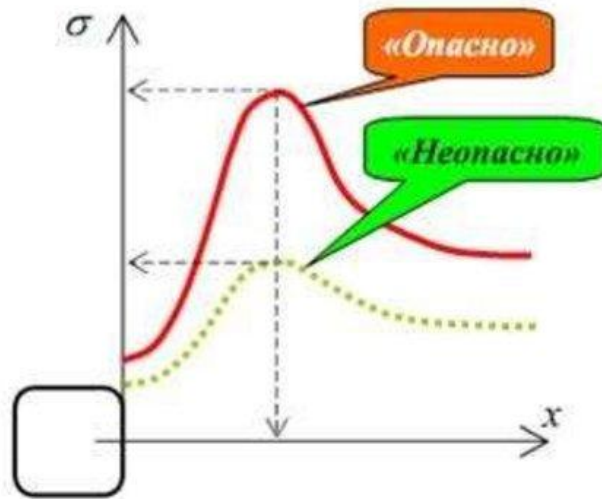
***Массив является удароопасным, если высокие напряжения действуют на контуре выработки или в непосредственной близости от него.***

## Мероприятия по снижению удароопасности выработок

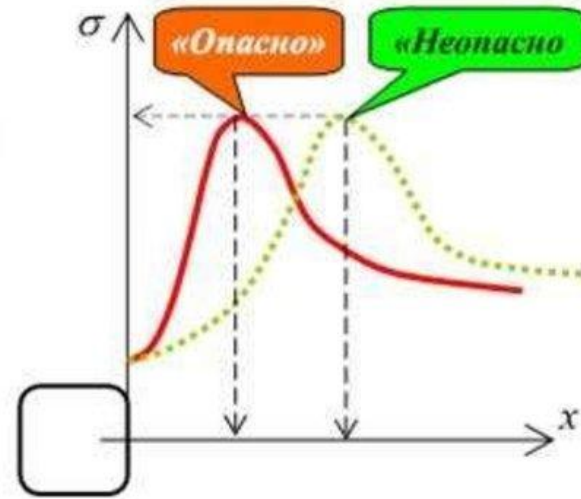
Чтобы привести массив в неопасное состояние, необходимо использовать один из двух принципов:

- 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;

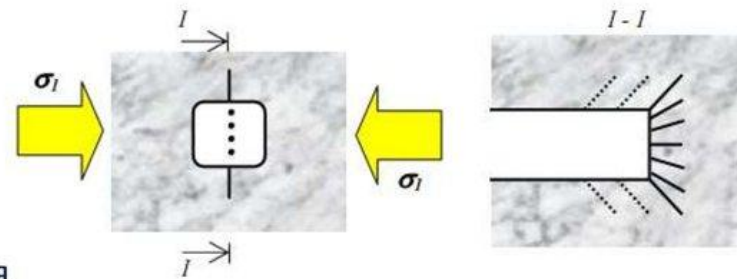
✓ снижение количества выработок, проходимых в зонах опорного давления вблизи фронта очистных работ;

✓ 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.

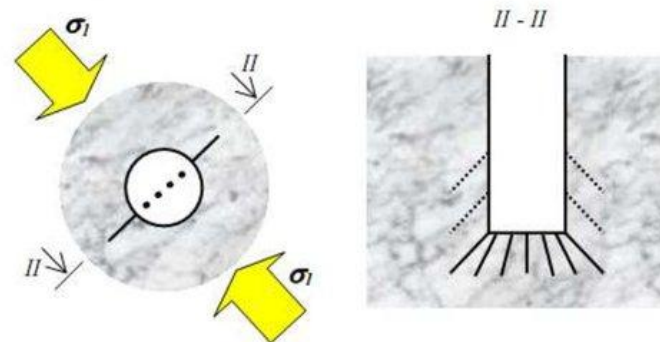
**Второй принцип** реализуется путем создания защитной зоны с помощью:

- 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 |