

Слайд-лекция

Дисциплина

«Управление геомеханическими процессами при ведении горных работ»

Тема: «Управление горным давлением при разработке пологих и наклонных залежей камерно-столбовой системой»

Автор Имашев А.Ж.

*Кафедра
«Разработка месторождений
полезных ископаемых»*

*Специальность
5В070700 -
Горное дело*

План лекции

1. Камерно-столбовая система разработки;
2. Принцип управления горным давлением при камерно-столбовой системе разработки;
3. Пролеты кровли очистных камер;
4. Локальная неустойчивость кровли камер и ее крепление;
5. Сетка расположения целиков;
6. Геомеханические процессы при камерно-столбовой системе разработки;

Контрольные вопросы;

Список литературы.

Камерно-столбовая система разработки

Подземная разработка Жезказганского месторождения ведется тремя системами:

- камерно-столбовой системой со шпуровой отбойкой на пологих и наклонных залежах средней и большой мощности - примерно, 85% от всего объема добычи;

- системой подэтажных штреков со скважинной отбойкой во флексурных зонах - порядка 5% объема;

- системой с управляемым самообрушением налегающих пород при повторной разработке целиков - около 10%.

Т.е. основной объем подземной добычи руды приходится на камерно-столбовую систему разработки



Камерно-столбовая система разработки в Жезказгане в 70-х годах

Принцип управления горным давлением при камерно-столбовой системе разработки

Управление горным давлением при камерно-столбовой системе разработки осуществляется **поддержанием открытого выработанного пространства и всей налегающей толщи до поверхности рудными целиками, оставляемыми в выработанном пространстве на длительный срок.**

Основные параметры системы разработки - сетка оставления целиков, их размеры (ширина или диаметр), пролеты очистных камер в свету должны обеспечить:

- безопасность горных работ в открытом выработанном пространстве;
- условия для эффективного применения высокопроизводительного самоходного добычного оборудования;
- минимальные потери и разубоживание руды.

Принцип управления горным давлением при камерно-столбовой системе разработки

Общая схема подхода к определению рациональных параметров системы разработки (т.е. таких параметров, при которых одновременно выполняются все перечисленные требования) состоит в следующем:

1) находят допустимые пролеты очистных камер, при которых кровля с заданным коэффициентом запаса сохраняет устойчивость; т.к. горные работы ведутся в открытом выработанном пространстве под обнаженной кровлей, то коэффициент запаса прочности принимается равным 3,5;

2) выбирают форму поддерживающих целиков (ленточную или столбчатую с круглым или прямоугольным сечением) и шаг сетки оставления целиков в выработанном пространстве; размер сетки целиков определяется, как допустимый пролет очистных камер в свету плюс ширина целика;

Принцип управления горным давлением при камерно-столбовой системе разработки

3) выбирают конструкцию системы разработки из следующих возможных вариантов:

- сплошная отработка залежей небольших размеров без разделения на выемочные единицы;**
- камерно-столбовая система с разделением на выемочные единицы (панели, блоки) барьерными целиками ленточной формы или массивными целиками круглой или прямоугольной формы;**

4) в зависимости от принятой конструкции системы разработки определяют нагрузку, которую должны выдерживать целики с заданным коэффициентом запаса прочности;

5) по проектной нагрузке на целик и заданному коэффициенту запаса расчетом находят диаметр круглых МКЦ и ширину ленточных БЦ.

На Жезказганском месторождении для междукамерных целиков (МКЦ) проектный коэффициент запаса прочности принят равным 2, для барьерных (БЦ) и массивных (МЦ) целиков - 3.

Пролеты кровли очистных камер

Чтобы оценивать устойчивость кровли камер различной конфигурации в плане, в геомеханике используют принцип **эквивалентного пролета**.

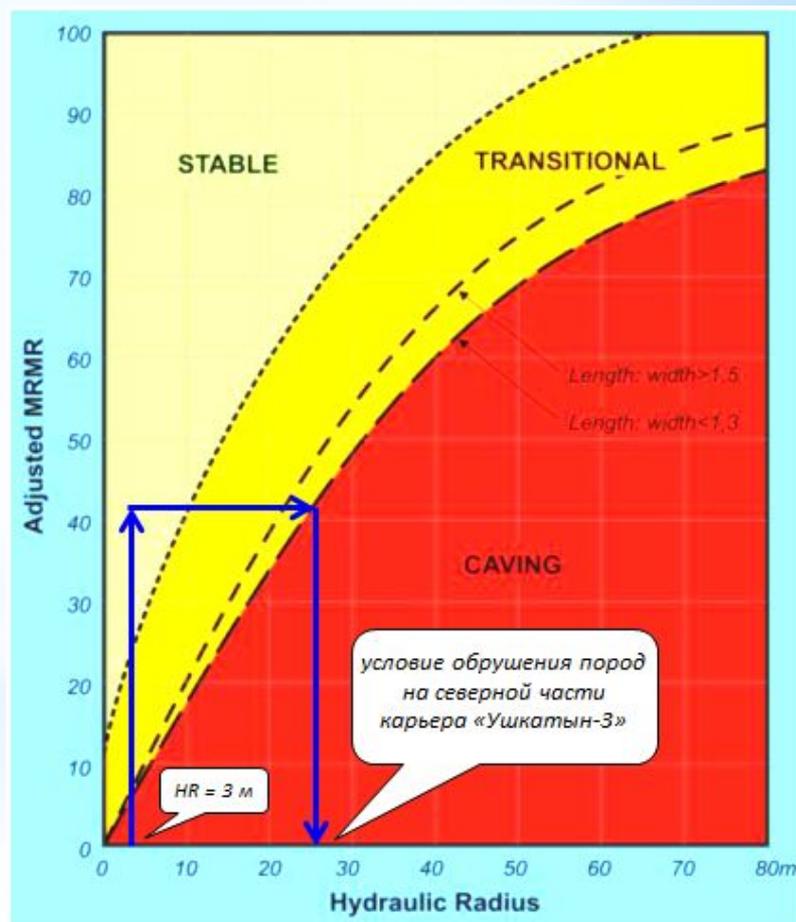
Он формулируется следующим образом:

всякую камеру можно заменить эквивалентной выработкой бесконечной длины, кровля которой будет обладать такой же устойчивостью, как и кровля камеры. Пролет такой выработки бесконечной длины называется эквивалентным.

Гидравлический радиус определяется соотношением площади сечения ($S_{o.n.}$) очистного пространства к ее периметру ($P_{o.n.}$), т.е.

$$HR = S_{o.n.} / P_{o.n.},$$

М



Пролеты кровли очистных камер

Эквивалентный пролет обнажения кровли камеры (на наклонных залежах висячего бока камеры) находят по формуле:

$$l_3 = \frac{ab}{\sqrt{a^2 + b^2}}$$

где a , b - пролеты камер в двух направлениях.

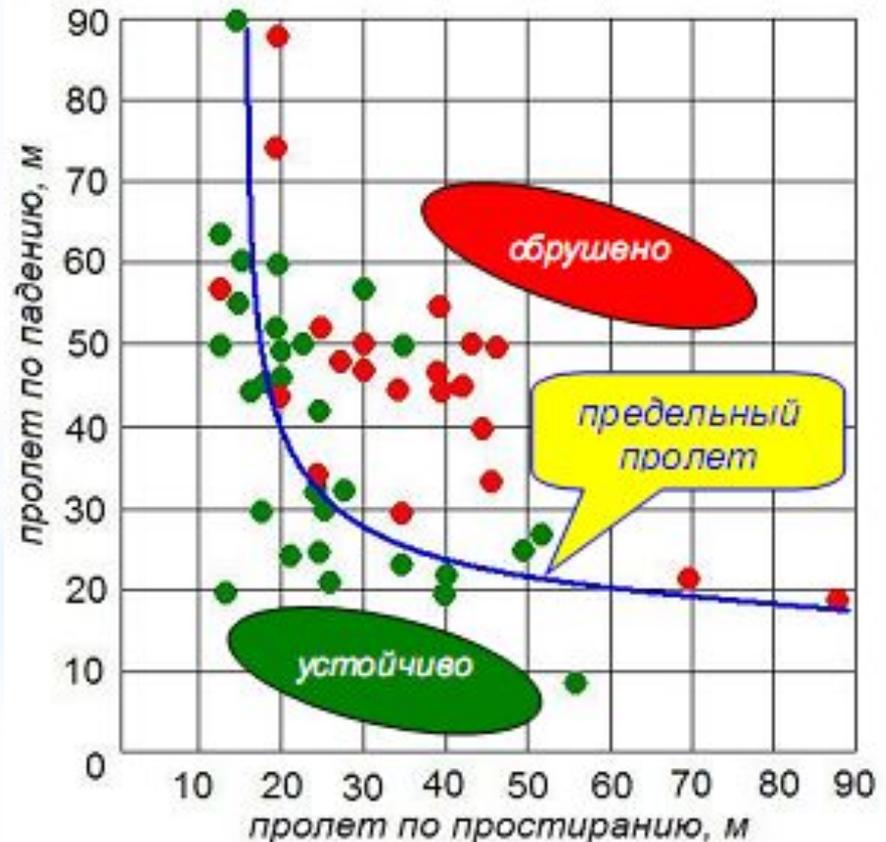
Если пролеты камеры в двух направлениях одинаковы ($a = b$), тогда ее эквивалентный пролет равен $l_3 = 0,7a$. Если длина камеры a во много раз превышает ширину b , тогда эквивалентный пролет камеры будет равен ширине камеры b . Именно поэтому устойчивость подготовительных выработок большой длины определяется только их шириной.

Наиболее надежным способом определения параметров устойчивых обнажений служат производственные эксперименты. Сущность таких экспериментов заключается в следующем. Постепенно увеличивают пролеты камер до предельного состояния: до обрушения или до заданной величины прогиба кровли. При этом, размеры обнажения кровли в двух направлениях могут быть различными

Пролеты кровли очистных камер

На рисунке приведены практические данные о параметрах устойчивых и обрушившихся обнажений на наклонных залежах Миргалимсайского месторождения с углами падения $35, 40^\circ$. Каждая точка - это обнажение с определенными пролетами по падению и по простиранию. Зеленым цветом обозначены параметры обнажений, сохранявших устойчивость, красным - обрушившихся.

Чтобы обрабатывать такого рода данные, используют эквивалентные пролеты камер. По расчетам эквивалентный пролет обрушившихся обнажений изменяется в пределах $18,34$ м со средним значением 25 м. Устойчивые обнажения имеют эквивалентные пролеты $11,25$ м (средний - 18 м). Границу между устойчивым и обрушенным состоянием кровли определяет эквивалентный предельный пролет обнажения кровли $l_{пр}$. На рисунке он обозначен синей линией.



Пролеты кровли очистных камер

Практикуется также другой метод определения предельных пролетов обнажения кровли. На опытном участке очистные камеры отрабатывают с небольшим пролетом кровли, а МКЦ оставляют по сгущенной сетке. Затем производят выборочную отработку МКЦ и наблюдают за состоянием кровли на образовавшихся больших пролетах. Задача подобных производственных экспериментов - установить, при каких пролетах происходит обрушение кровли камер. Такие пролеты называют **предельными**.

Устойчивые пролеты меньше предельных.

Общая устойчивость непосредственной кровли очистных камер выражается в способности сохранять обнажение в течение длительного времени.

Чтобы иметь гарантию устойчивого состояния кровли, ее пролет делают в несколько раз меньше предельного и называют **допустимым**. Соотношение предельных и допустимых пролетов является коэффициентом запаса устойчивости кровли.



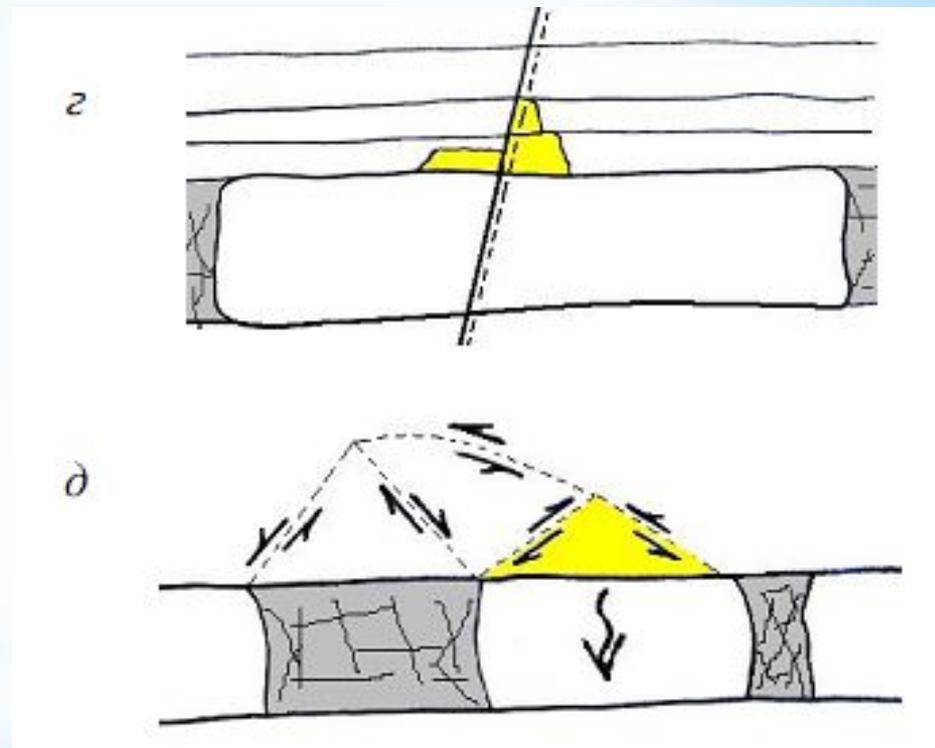
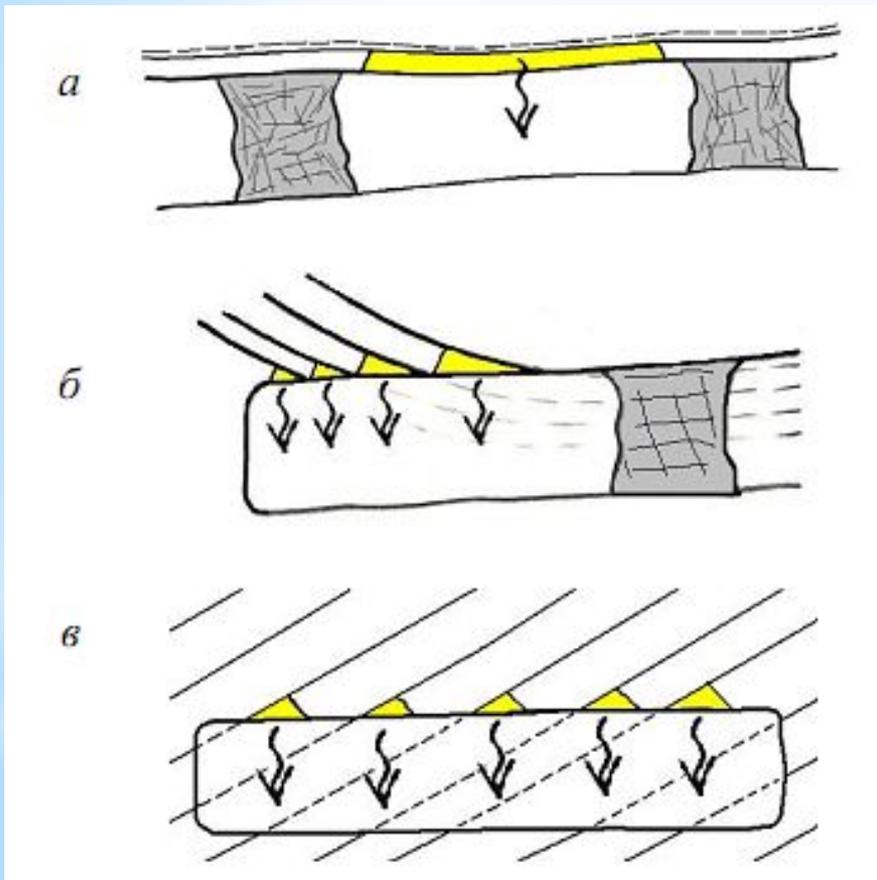
Локальная неустойчивость кровли камер и ее крепление

*Массив горных пород неоднороден, трещиноват. Мы видим только те трещины, которые находятся на обнажениях горных выработок. В глубине массива скрыто от нас бесчисленное множество трещин. Предугадать их точное положение в каждом конкретном случае невозможно. Более того, о существовании многих трещин мы узнаем только после того, как по ней произойдет отслоение, вывал. Поэтому даже при отработке камер в пределах допустимых пролетов из-за структурной нарушенности массива трещинами возможна **локальная неустойчивость кровли** в виде заколов, вывалов, отслоений.*

В практике разработки Жезказганского месторождения типовыми формами локальных обрушений кровля под действием собственного веса являются:

- отслоение тонких плит красноцветных пород по горизонтальным зеркалам скольжения на площади почти всей камеры (рисунок а);*
- облом консолей, подсеченных наклонными зеркалами скольжения, на участках флексурных перегибов (рисунок б);*
- облом консольно подсеченных слоев горных пород на наклонных залежах (рисунок в);*
- вывалы блоков пород по крутопадающим трещинам и разломам (рисунок г).*

Локальная неустойчивость кровли камер и ее крепление



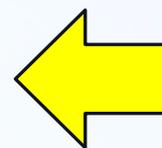
Локальная неустойчивость кровли камер и ее крепление

Типовыми формами локальных обрушений кровли камер под действием высоких напряжений являются:

- раздавливание кровли высокими вертикальными напряжениями на границах жестких целиков (барьерных, массивных), воспринимающих значительные нагрузки; в этом случае над целиков формируется ядро уплотнения, а в кровле камеры - призма отпора, приводящая к локальному обрушению (рисунок д), подобным процессом является образование лунки выкола вокруг жесткого штампа при его внедрении в хрупкую среду;
- раздавливание кровли высокими горизонтальными тектоническими напряжениями в начальной стадии очистных работ при малом пролете выработанного пространства .

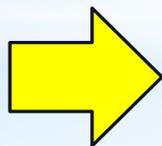
Безопасность горных работ в открытом выработанном пространстве обеспечивается оборкой отслоившихся кусков породы (заколов) и креплением кровли. На рудниках ЖГМК процесс оборки заколов с кровли и боковых поверхностей целиков механизирован с помощью агрегата ОКН. Телескопический рабочий орган навешен на ковш погрузчика Caterpillar 980. С его помощью можно вести оборку кровли на высоте до 11,5 м с рабочим усилием до 6 тонн.

Локальная неустойчивость кровли камер и ее крепление

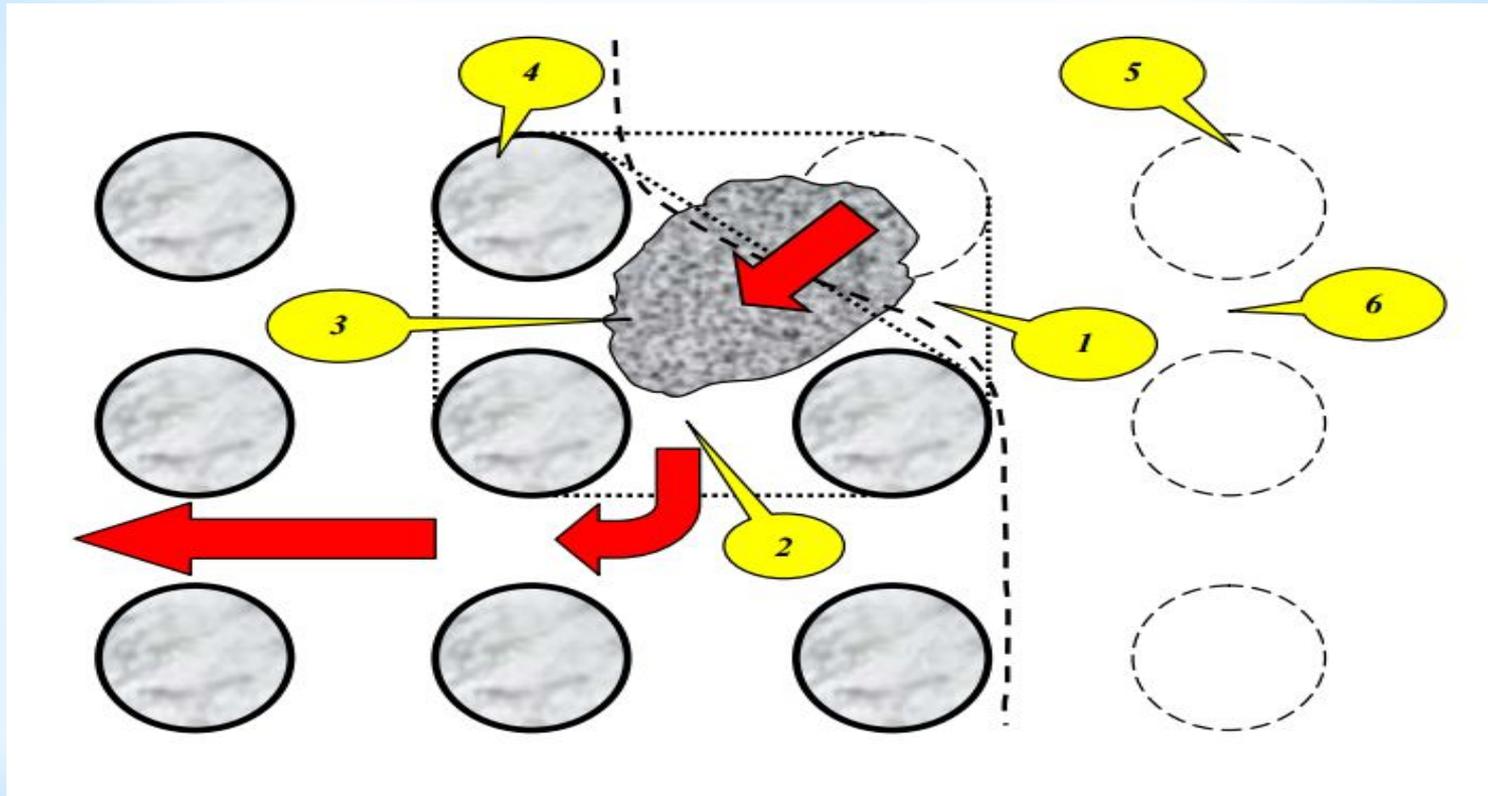


*Механизированная
оборка кровли
агрегатом ОКН на
рудниках ЖГМК*

*Механический
оборщик ОКН
в забое*



Сетка расположения целиков



1 - погрузки отбитой руды ПДМ с дистанционным управлением;
2 - жесткого поддержания кровли; 3 - навал отбитой руды.
Целики: 4 - проектных размеров; 5 - погашенный; 6 - граница зоны обрушения кровли (погашенное выработанное пространство).

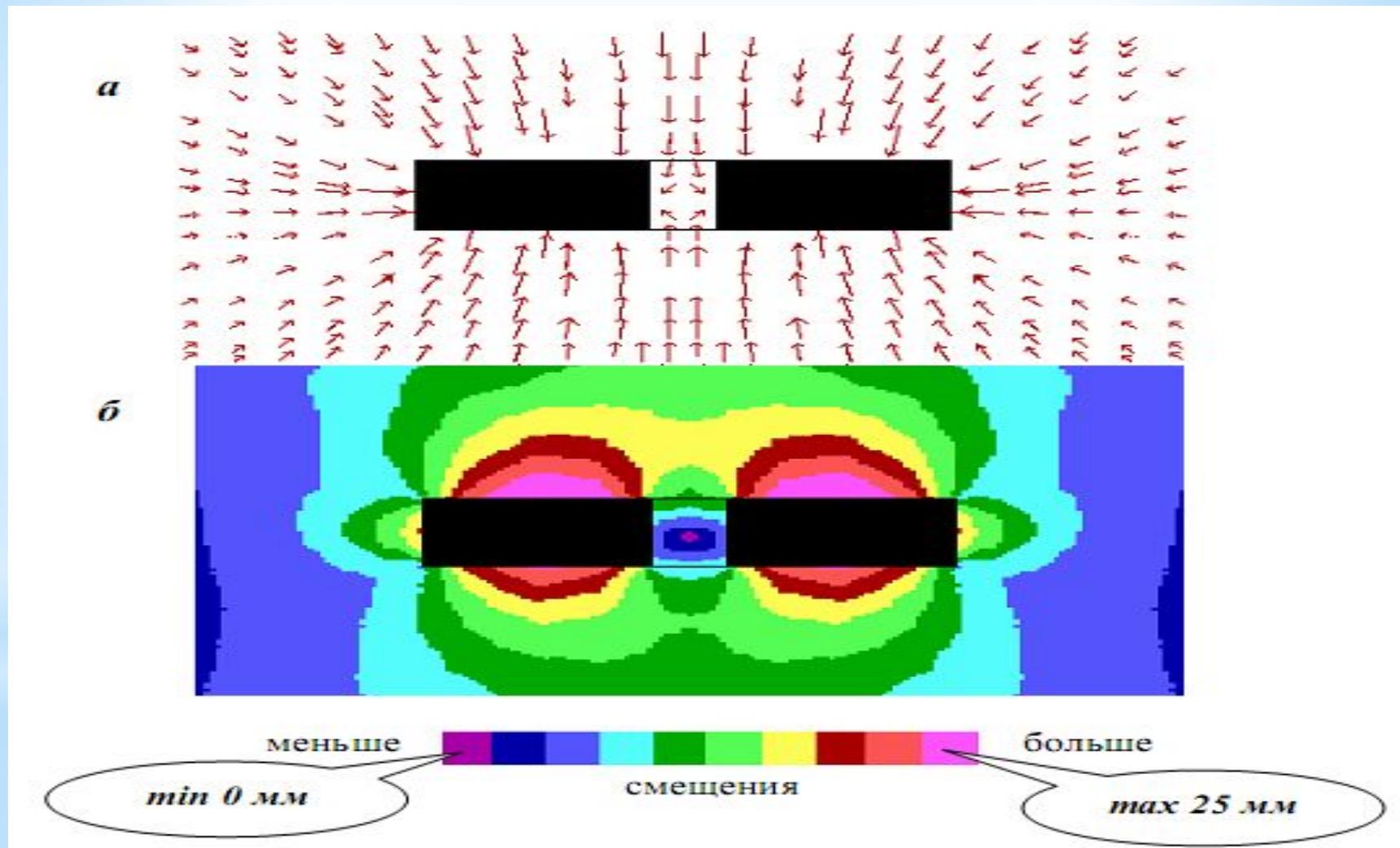
Сетка расположения целиков

Позднее, многие десятилетия разработка Жезказганского месторождения велась, в основном, с оставлением столбчатых междокамерных целиков круглого сечения по **сетке 20x20 м**. Это означает, что один целик поддерживает 400 м² кровли. С переходом горных работ на большие глубины из-за увеличения горного давления и проектных размеров МКЦ перешли на **сетку 22x22 м**, чтобы пролеты камер в свету были не менее 12 м.

При разработке перекрывающихся в плане залежей на расположение МКЦ накладывается еще одно ограничение: при малой мощности породного междупластья (меньше 30 м) **МКЦ на перекрывающихся залежах должны быть соосны** (т.е. оси целиков должны располагаться по одной вертикальной линии).

На Белоусовском руднике, где породы кровли имеют среднюю устойчивость (т.е. допускают обнажение кровли на площади до 400 м²), столбчатые МКЦ на пологих участках залежей оставляют по сетке 10´10 м. При такой сетке один целик поддерживает кровлю на площади 100 м².

Геомеханические процессы при камерно-столбовой системе разработки



Смещения массива в виде векторов (а), изолиний (б) и образующиеся в нем трещины (в) при отработке залежи с оставлением рудного целлика

Контрольные вопросы

- 1. Устойчивость междукамерных и барьерных целиков;**
- 2. Камерно-столбовая системы разработки в мировой практике;**
- 3. Принцип определения нагрузки на целики;**
- 4. Коэффициент нагрузки на целики;**
- 5. Управление горным давлением барьерными целиками;**
- 6. Напряженное состояние и прочность целиков;**
- 7. Технологические процессы при извлечении руды из очистных камер;**
- 8. Погрузочно-доставочные машины и буровые машины;**
- 9. Разрушение МКЦ;**
- 10. Безопасность ведения горных работ при камерно-столбовой системе разработки.**

Список

литературы

1. Singh, B., Goel, R. *Rock Mass Classification*. - Printed in the Netherlands: Elsevier, 1999. - 267 p.
2. Зенько Д.К., Узбекова А.Р. Основные факторы влияющие на устойчивость массивов в критериях Бенявского RMR и Бартонна Q // ГИАБ. Семинар 13, 2004. - с. 273-275.
3. Hudson J.A. *Comprehensive Rock Engineering. Vol.4 Excavation, support and monitoring*. Great Britain. Pergamon Press. 1993, - 820 p.
4. Hoek, E. and Brown, E.T. *Practical Estimation of Rock Mass Strength*, Int. Jr. Rock Mech. and Min. Sci., Pergamon, Vol. 34, No. 8, 1997. - pp. 1165-1186.
5. Deere, D. U. *Geological Considerations, Rock Mechanics in Engineering Practice*, ed. R. G. Stagg and D. C. Zienkiewicz, Wiley, New York, 1968. - pp. 1-20.
6. Макаров А.Б. *Практическая геомеханика. Пособие для горных инженеров*. - М.: Издательство «Горная книга», 2006. - 391 с.
7. Кузмин Е.В., Узбекова А.Р. Рейтинговые классификации массивов горных пород и их практическое применение // ГИАБ. Семинар 13, 2004. - с. 181-185.
8. Barton, N., Lien, R., and Lunde, J. *Engineering Classification of Rock Masses for the Design of Tunnel Support*, Rock Mechanics, Springer-Verlag, Vo.6, 1974. - pp. 189-236.
9. Grimstad, E. and Barton, N. *Updating of the Q-system for NMT*, Int. Symposium on Sprayed Concrete - Modern use of wet mix sprayed concrete for underground support, Fagemes. 1993.
10. Barton, N., Løset, F., Lien, R. and Lunde, J. *Application of the Q-system in design decisions*. 1980.