

Слайд-лекция

Дисциплина

«Рейтинговые классификации качества массива горных пород»

Тема: «Рейтинг горных пород RMR по Бенявскому»

Автор Имашев А.Ж.

Кафедра

**«Разработка
месторождений полезных
ископаемых»**

Специальность

6D070700 -

Горное дело

План лекции

1. *Классификация устойчивости горных пород по рейтингу RMR;*
2. *Показатель прочности породы на одноосное сжатие (рейтинг JA1);*
3. *Показатель качества породы RQD (рейтинг JA2);*
4. *Расстояние между трещинами (рейтинг JA3);*
5. *Характеристики трещин (рейтинг JA4);*
6. *Обводненность выработки (рейтинг JA5);*
7. *Ориентация трещин (рейтинг JB);*
8. *Классификация массивов по рейтингу RMR;*
9. *Характеристика времени устойчивого стояния обнажений в зависимости от пролета и рейтинга массива RMR;*
10. *Определение нагрузки на крепь по рейтингу RMR;*
Контрольные вопросы;
Список литературы.

Классификация устойчивости горных пород по рейтингу RMR

В мировой практике на стадии проектирования, когда нет практических данных об устойчивости горных пород при проходке выработок, используют рейтинговые классификации массивов горных пород, в которых устойчивость массива оценивают в баллах.

В 1973 г. З. Бенявский (Z.T. Bieniawski) предложил критерий оценки устойчивости массива, который назвал рейтингом массива горных пород RMR (Rock Mass Rating). В нем для оценки склонности горных пород к вывалам, отслоениям при их обнажении в кровле выработок используются 6 параметров, определяющих устойчивость горных выработок. Для каждого параметра заданы градации (интервалы) его изменения, из которых необходимо выбрать соответствующую характеристику оцениваемого массива.

Итоговый рейтинг массива RMR определяется суммой баллов по всем показателям в пределах от 0 до 100 баллов:

$$\mathbf{RMR = JA1 + JA2 + JA3 + JA4 + JA5 + JVB}$$

Параметр	Интервалы значений						
A1. Прочность породы на одноосное сжатие	> 250 МПа	100 , 250 МПа	50 , 100 МПа	25 , 50 МПа	5 , 25 МПа	1 , 5 МПа	< 1 МПа
Рейтинг JA1	15	12	7	4	2	1	0
A2. Качество массива по выходу керна RQD	90% , 100%	75% , 90%	50% , 75%	25% , 50%	< 25%		
Рейтинг JA2	20	17	13	8	3		
A3. Расстояния между трещинами	> 2 м	0.6 , 2м	200 , 600 мм	60 , 200мм	< 60 мм		
Рейтинг JA3	20	15	10	8	5		
A4. Характеристика трещин							
A4.1. Шероховатость трещин	Очень шероховатые	Слегка шероховатые	Слегка шероховатые	Гладкие поверхности	Следы скольжения		
Рейтинг JA41	6	5	3	1	0		
A4.2. Длина трещин	< 1 м	1 , 3 м	3 , 10 м	10 , 20 м	> 20 м		
Рейтин JA42	6	4	2	1	0		
A.4.3. Раскрытие трещин	Нет	< 0,1 мм	0,1 , 1,0 мм	1 , 5 мм	> 5 мм		
Рейтинг JA43	6	5	4	1	0		
A4.4. Заполнитель трещин	Нет	Твердый заполнитель < 5 мм	Твердый заполнитель > 5 мм	Мягкий заполнитель < 5 мм	Мягкий заполнитель > 5 мм		
Рейтинг JA44	6	4	2	2	0		
A4.5. Выветрелость стенок трещин	Нет	Слегка выветрелые	Средне выветрелые	Сильно выветрелые	Раздробленные		
Рейтинг JA45	6	5	3	1	0		
JA4 = JA41+ JA42+ JA43 +JA44 +JA45	30	25	20	10	0		
A5. Обводненность выработки	Полностью сухая	Влажная	Мокрая	Капез	Водоприток		
Рейтинг JA5	15	10	7	4	0		
B. Ориентация трещин	Очень благоприятны	Благоприятны	Средние	Неблагоприятные	Очень неблагоприятные		
Рейтинг JB	0	- 2	- 5	- 10	- 12		

Показатель прочности породы на одноосное сжатие (рейтинг JA1)

Для определения рейтинга JA1 используется прочность горных пород на одноосное сжатие. Для вычисления показателя прочности породы на одноосное сжатия используются данные о физико-механических свойствах горных пород.

Рейтинг JA1 определяется по графику, представленной на рисунке.



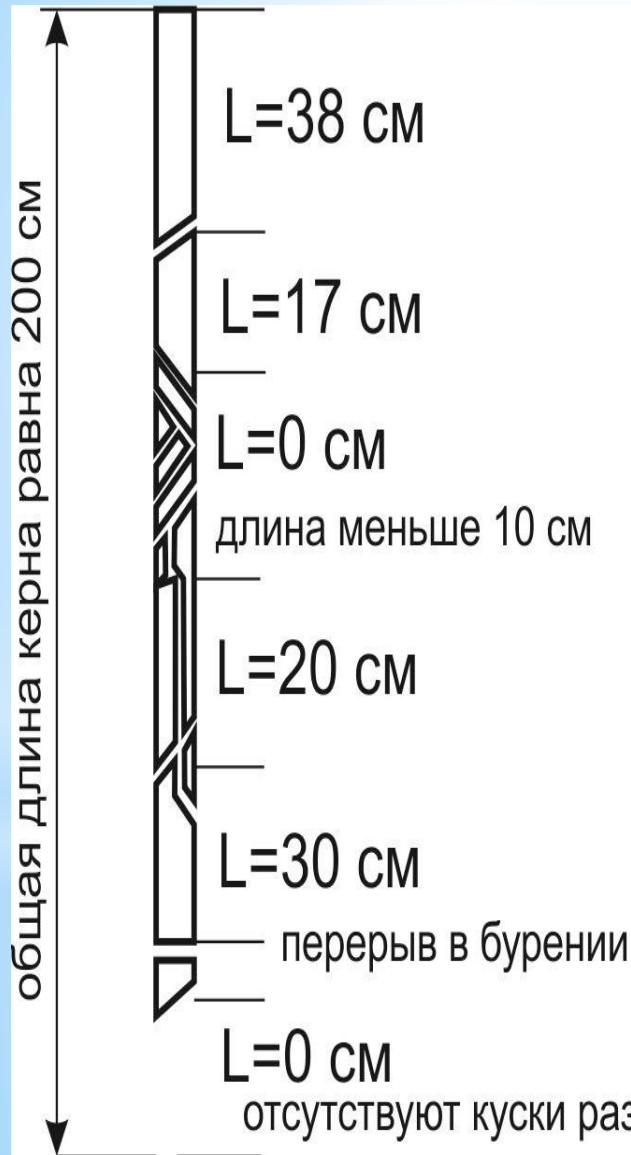
Показатель качества породы RQD (рейтинг JA2)

1964 году Д.Диром был введен «индекс качества породы» RQD в качестве показателя количественной оценки качества массива.

Показатель RQD определяется соотношением суммы кусков керна длиной более 10 см к общей длине керна. Для определения RQD Международное общество по механике горных пород (ISRM) рекомендует минимальный размер диаметра керна NX (54,7 мм) пробуренный алмазной коронкой. Медленная скорость вращения при бурении керна также даст хороший результат RQD. Индекс качества породы RQD по Диру приведен в таблице.

№ n/n	Значение RQD	Качество горной породы
1	0-25	Очень слабый
2	25-50	Слабый
3	50-75	Средний
4	75-90	Крепкий
5	90-100	Очень крепкий

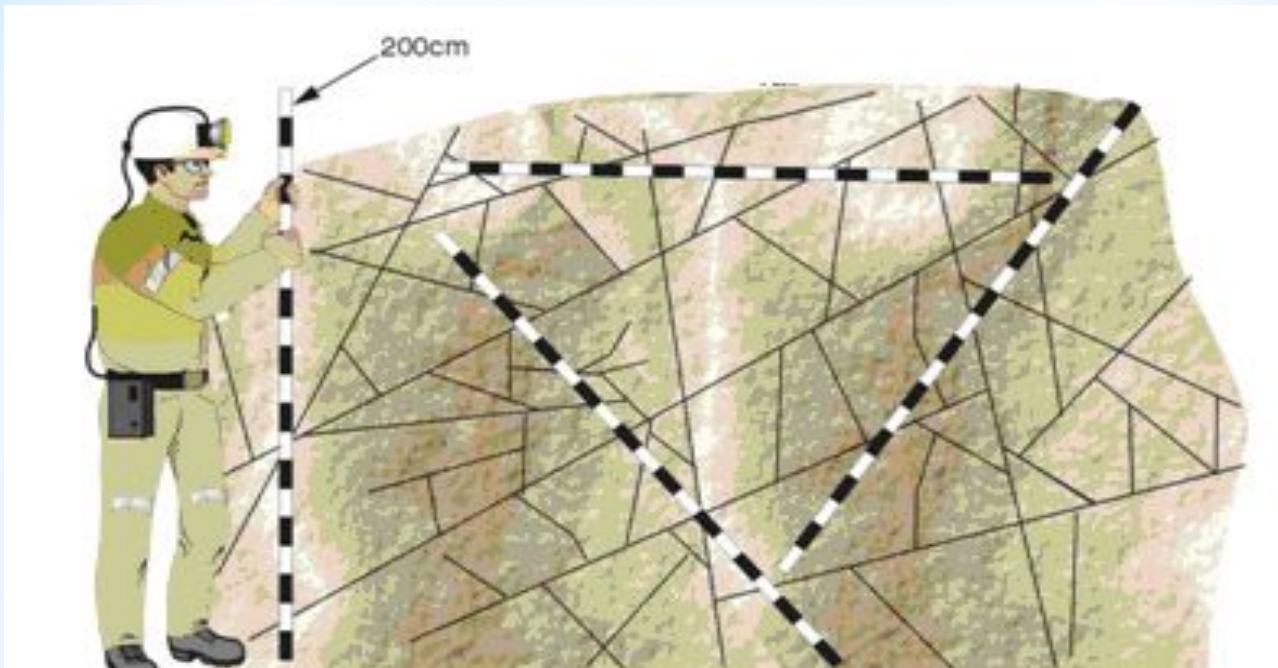
Показатель качества породы RQD (рейтинг JA2)



$$RQD = \frac{(\text{сумма длин кусков керна длиной более 10 см}) \times 100\%}{\text{общая длина керна}}$$

$$RQD = \frac{(38 + 17 + 20 + 30) \times 100\%}{200} = 52,5\%$$

Показатель качества породы RQD (рейтинг JA2)



$$RQD = \frac{16 + 17 + 16 + 18 + 16 + 14 + 14 + 11}{200} \times 100 = 61\%$$

Показатель качества породы RQD (рейтинг JA2)

Когда нет данных по скважинам (кернам) показатель RQD оценивается по количеству трещин на единицу объема (J_v). Для этого можно использовать простую формулу, которая позволяет преобразовать J_v в RQD

$$RQD = 115 - 3,3J_v$$

где J_v - количество трещин на 1 метр кубический.

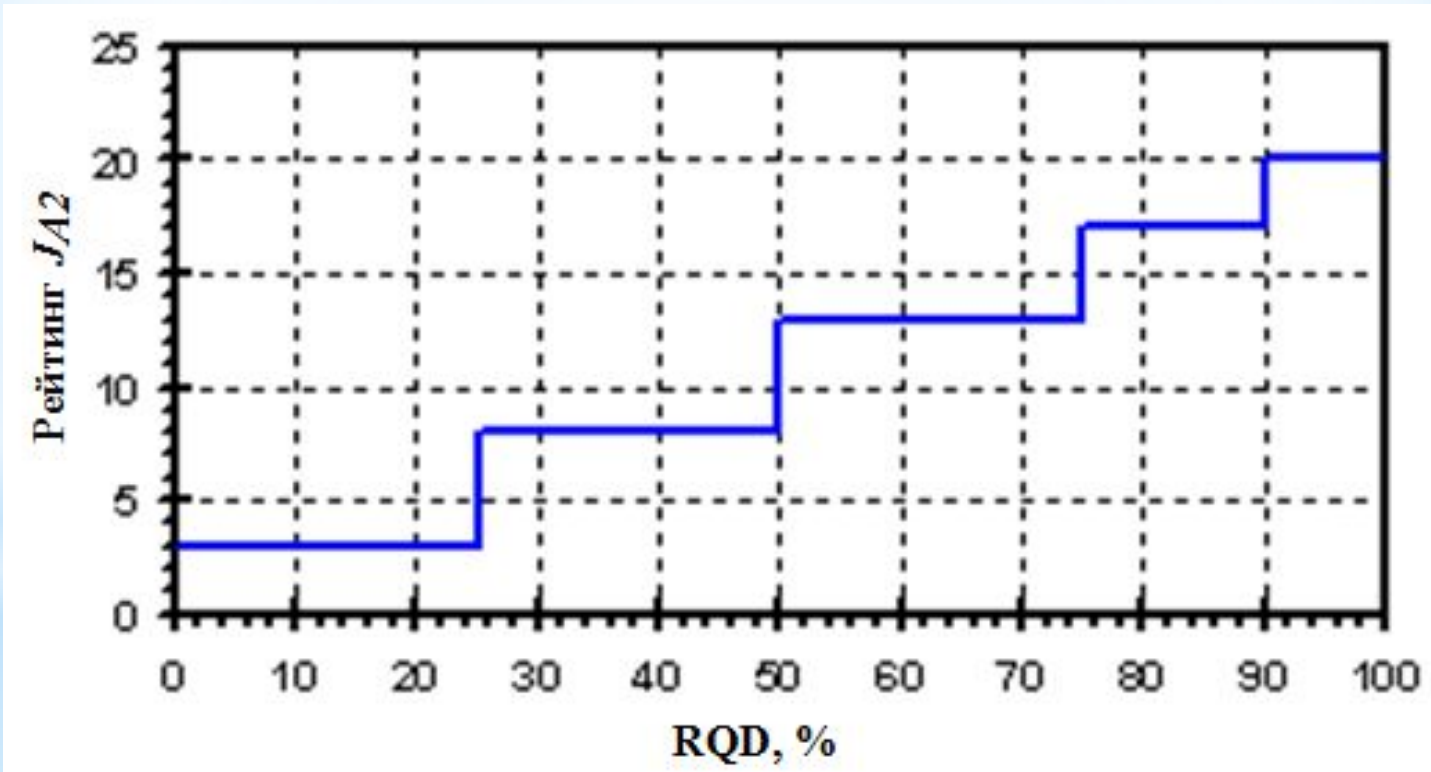
Показатель J_v определяется следующим образом

$$J_v = \sum_{i=1}^J \left(\frac{1}{S_i} \right)$$

где S_i - среднее расстояние между трещинами в метрах для каждой системы трещин; J - количество систем трещин.

Показатель качества породы RQD (рейтинг JA2)

По значению RQD согласно графика, представленной на рисунке, определяется рейтинг JA2.



Расстояние между трещинами (рейтинг JА3)

Расстояние между трещинами замеряются с помощью рулетки на обнажениях контура выработок.

Величины среднего расстояния между трещинами по каждой системе трещин сводятся в таблицу. Среднее расстояние определяется по количеству трещин на 1 м длины.

Рейтинг JА3 определяется по графику, представленной на рисунке.



Характеристики трещин (рейтинг JA4)

Для определения характеристики трещин рейтинга RMR необходимо снять следующие данные при съемке трещиноватости горных пород:

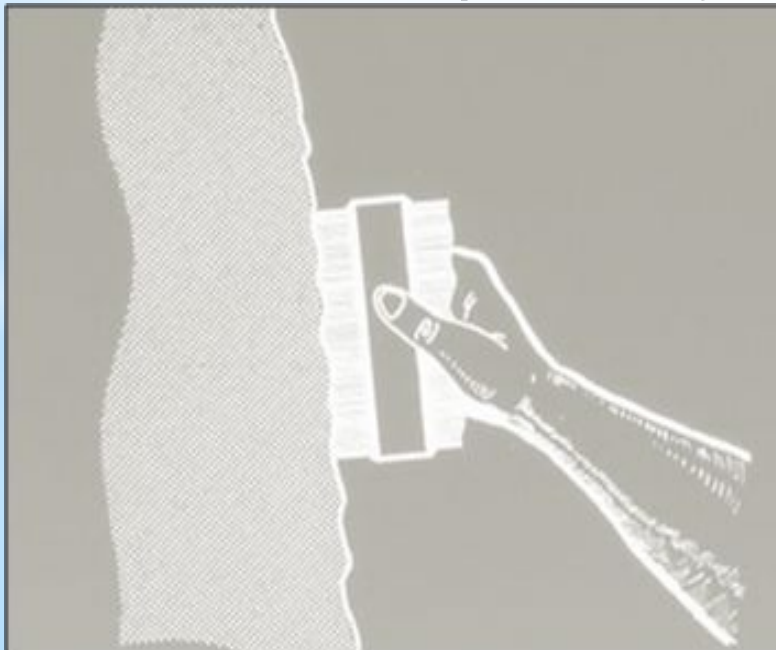
- Шероховатость трещин;
- Длина трещины;
- Раскрытие трещин;
- Заполнитель трещин;
- Выветрелость стенок трещин.

Шероховатость трещин	Длина трещин, м	Раскрытие трещин, мм	Заполнитель трещин	Выветрелость стенок трещин
Слегка шероховатые	от 3 до 10	от 0,1 до 1	Твердый заполнитель < 5 мм	Слегка выветрелые
Рейтинг - 5	Рейтинг - 2	Рейтинг - 4	Рейтинг - 4	Рейтинг - 5
Среднее значение по месторождению «Саяк»				Рейтинг JA4 - 20

Характеристики трещин (рейтинг JA4)

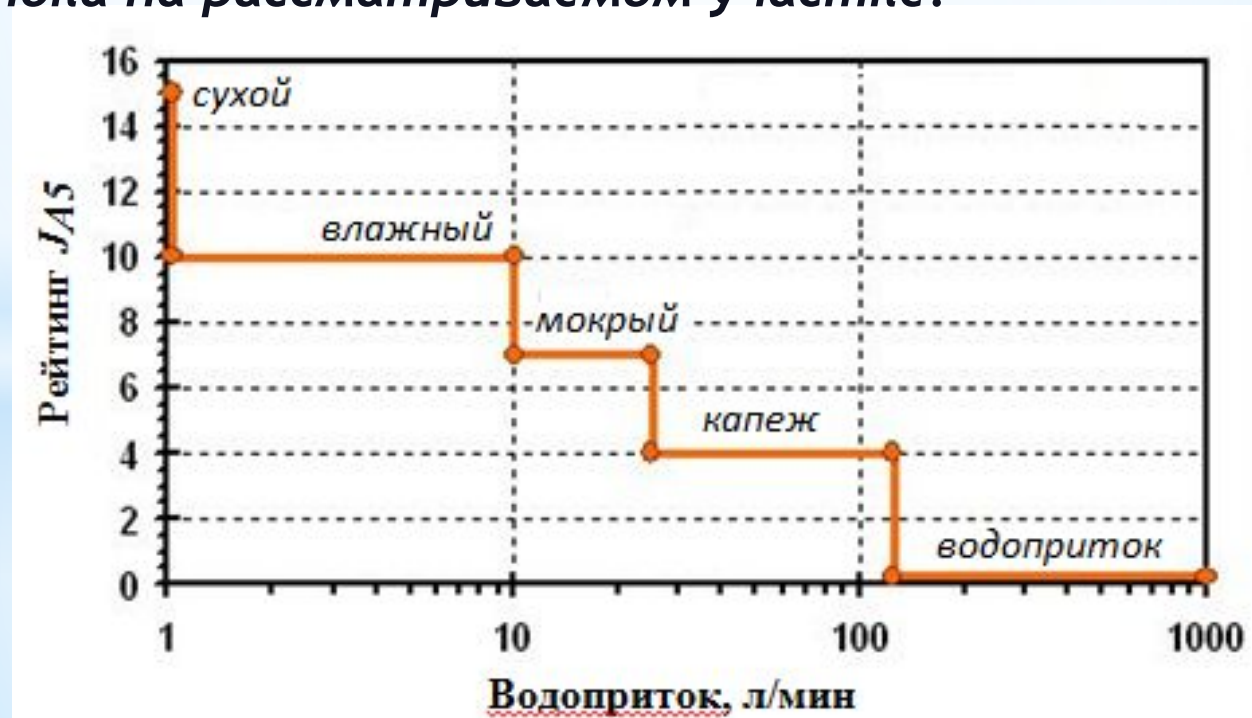
Порядок определения показателя шероховатости поверхности трещин

Крупномасштабная шероховатость измеряется от масштаба: дециметра к метру и измеряется путем укладки метровой линейки на поверхность трещины для определения амплитуды большого масштаба шероховатости. Термины ступенчатая, волнистая и плоская используются для крупномасштабной шероховатости. Масштабность шероховатости должна быть рассмотрена в связи с размером блока, а также к вероятному направлению скольжения.



Обводненность выработки (рейтинг JA5)

Параметры, подсчитываемые для оценки влияния воды, определяются на базе информации о количестве притока воды или на оценке давления воды. Вода может смягчить или промыть минеральный заполнитель, тем самым уменьшить трение совместных трещин. Давление воды может снизить нормальную составляющую напряжения на стенки трещин и вызвать более легко сдвиг блока. Показатель влияния воды определяется гидрогеологом рудника в зависимости от водопритока на рассматриваемом участке.



Ориентация трещин (рейтинг JB)

Правила, по которым определяется рейтинг JB, характеризующий влияние на устойчивость выработок направления трещин относительно оси выработки и угла их падения, приведены в таблице.

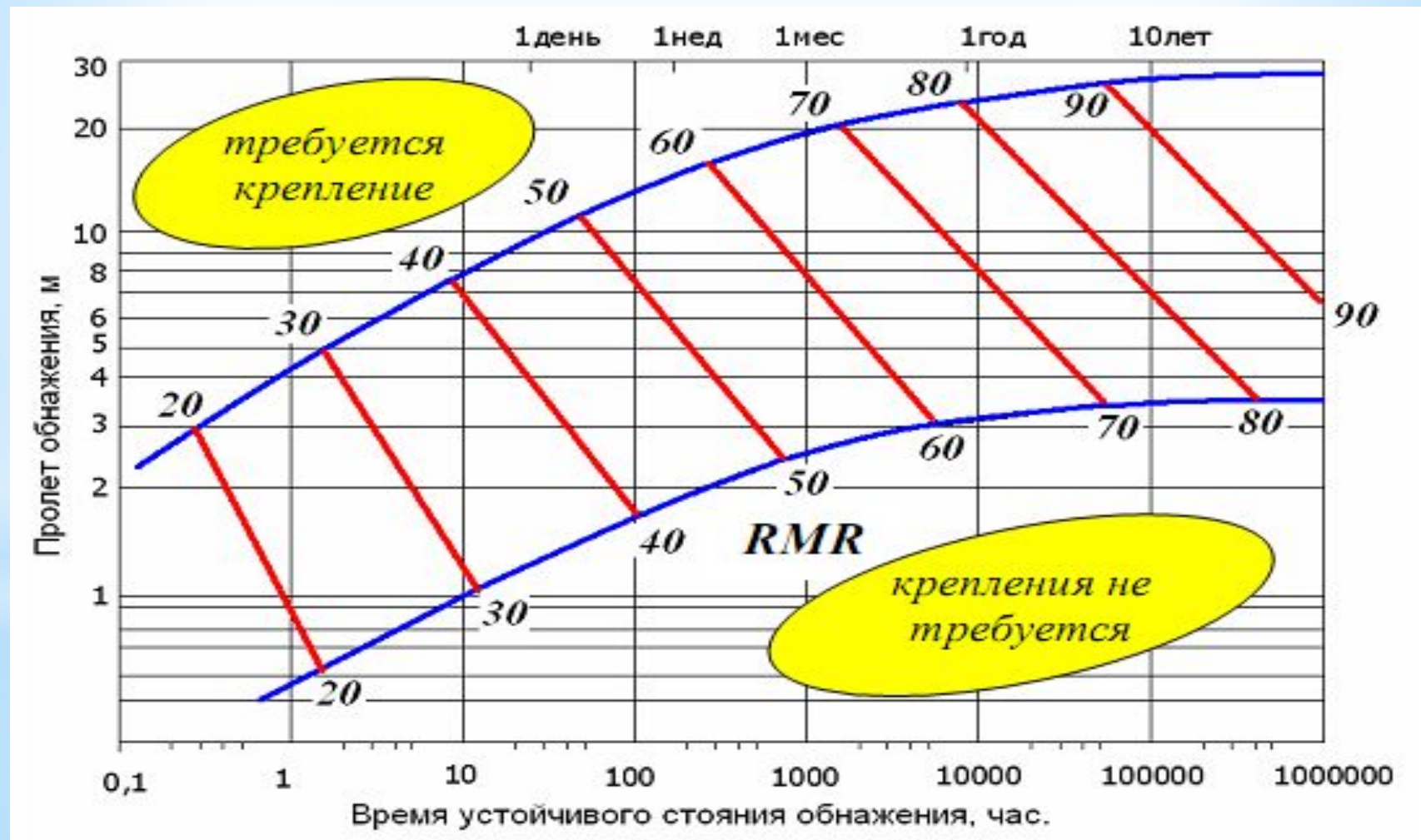
Простираение трещин вкрест оси выработки		Простираение трещин параллельно оси выработки	
Проходка выработки ведется по падению трещин с углами падения 45-90°	Проходка выработки ведется по падению трещин с углами падения 20-45°	Углы падения трещин 45-90°	Углы падения трещин 20-45°
Очень благоприятные	Благоприятные	Неблагоприятные	Очень неблагоприятные
Проходка выработки ведется против падения трещин с углами падения 45-90°	Проходка выработки ведется против падения трещин с углами падения 20-45°	Углы падения трещин 0-20° независимо от простираения	
Благоприятные	Неблагоприятные	Неблагоприятные	

Классификация массивов по рейтингу RMR

Рейтинг массива RMR	Класс скального массива	Оценка устойчивости	Среднее время устойчивости	Сцепление в массиве, МПа	Угол внутреннего трения, град.
100 - 81	I	Весьма устойчивые породы	20 лет при пролете 15 м	> 0,4	> 45
80 - 61	II	Устойчивые породы	1 год при пролете 10 м	0,3 - 0,4	35 - 45
60 - 41	III	Породы средней устойчивости	1 неделя при пролете 5 м	0,2 - 0,3	25 - 35
40 - 21	IV	Неустойчивые породы	10 часов при пролете 2,5 м	0,1 - 0,2	15 - 25
< 21	V	Весьма неустойчивые породы	30 мин. при пролете 1 м	< 0,1	< 15

Значение рейтинга варьируются от 8 до 100, при этом горные породы по категориям устойчивости делятся на 5 классов.

Характеристика времени устойчивого стояния обнажений в зависимости от пролета и рейтинга массива RMR



Определение нагрузки на крепь по рейтингу RMR

Классификация RMR может быть использована для оценки таких параметров устойчивости массива как: устойчивый пролет обнажения, время стояния от действия нагрузки на выработанное пространство, а также для выбора типа и параметров крепи.

Нагрузку на кровлю выработки в зависимости от RMR можно определить, используя следующее уравнение

$$P_v = (100 - RMR/100) \cdot \gamma \cdot B$$

где γ - объемный вес горных пород, т/м^3 ;

B - ширина (пролет) выработки, м.

В рейтинговую классификацию Бенявского вносились различные изменения в процессе опытных данных и анализа массива горных пород.

Контрольные вопросы

1. История развития рейтинговых классификации массива горных пород;
2. Классификация массива пород по Терцаги, Протодьяконову, Булычева;
3. Определение индекса качество пород RQD по Диру в условиях рудника Ушкатын-3;
4. Определение индекса качество пород RQD по Диру в условиях рудника Артемьевский;
5. Определение индекса качество пород RQD по Диру в условиях рудника Нурказган;
6. Рейтинг горных пород RMR по Бенявскому в условиях рудника Укатын-3;
7. Рейтинг горных пород RMR по Бенявскому в условиях рудника Артемьевский;
8. Рейтинг горных пород RMR по Бенявскому в условиях рудника Нурказган.

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.