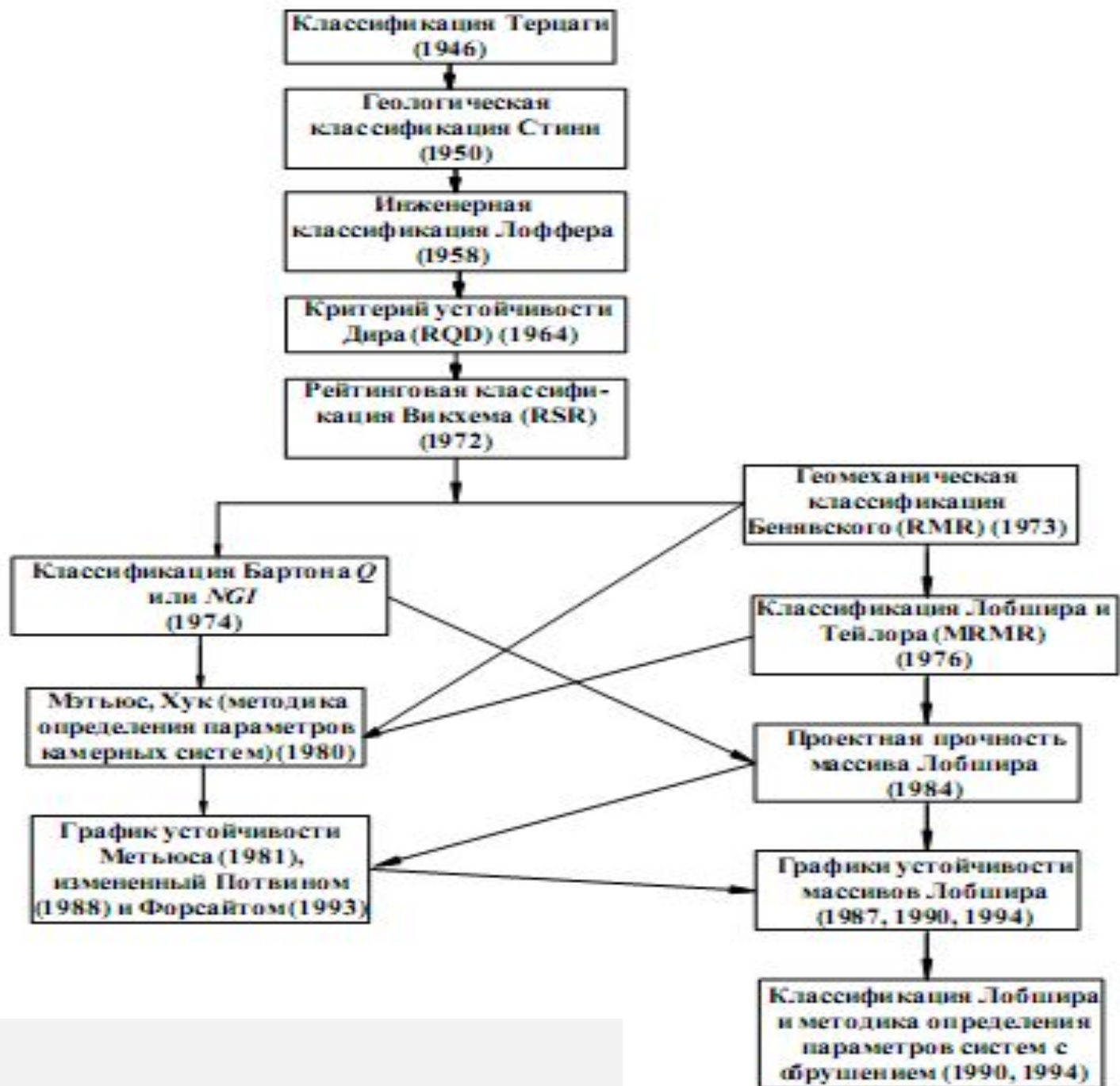


***Классификация массива пород  
по Терцаги, Протодьяконову,  
Булычева***

**Использование рейтинговых (количественных) систем классификации массива горных пород получили широкое применение в Австрии, Южной Африке, США, Европы и Индии по следующим причинам:**

- решение об степени устойчивости горного массива принимается на основе наблюдений геологической, маркшейдерской, геотехнической служб рудника;**
- рейтинговая система основана на опыте проведения горных выработок;**
- рейтинговая классификация упрощает процесс выбора крепи в зависимости от различных горно-геологических и горнотехнических условий;**
- внедрение рейтинговой классификации для оценки состояния массива позволяет аккумулировать и использовать опыт проведения выработок.**



**Классификации массивов являются основой эмпирического подхода к проектированию различных сооружений в скальных массивах, и нашли в этой области широкое распространение. Инженеры предпочитают численные значения качественным описаниям, и поэтому количественные классификации являются полезными при проведении изысканий и проектировании горных работ.**

**Способ представления степени устойчивости в рейтинговой системе основан на простых положениях: минимальные значения рейтинга соответствуют менее устойчивому, а максимальные значения рейтинга наиболее устойчивому состоянию массива горных пород.**

**Практический опыт показывает, что существует широкий диапазон разброса в количественных параметрах классификаций.**

**Из постсоветских ученых профессором Н.С. Булычевым предложена методика балльной оценки устойчивости трещиноватых пород в горных выработках по их склонности к вывалообразованию, где в качестве критерия используется показатель**

$$S = f \frac{K_M K_r K_W}{K_n K_t K_A K_\alpha}$$

$f$  – коэффициент, характеризующий влияние нарушенности пород и определяемый в зависимости

$K_r$  от модуля относительной трещиноватости;

$K_W$

$K_n$

$K_t$

$K_A$  – коэффициент, учитывающий ориентировку выработки и принимающий значения в зависимости

от угла  $\alpha$  между осью выработки и поверхностью трещин.

Значение показателя $S$	Категория устойчивости пород	Допустимое время обнажения пород
$>70$	I	Практически не ограничен
5-70	II	До 6 мес.
1-5	III	10-15 <u>сут.</u>
0,05-1,00	IV	Не более 1 <u>сут.</u>
$<0,05$	V	Обрушение вслед за обнажением

**Наиболее распространенная классификация горных пород по крепости, составленная профессором М.М. Протодьяконовым в начале XX века.**

**При разработке подобной шкалы М. М. Протодьяконов ввел понятие крепость горной породы. В отличие от принятого понятия прочность материала, оцениваемой по одному из видов напряженного её состояния, например, временном сопротивлении на сжатие, на растяжение, на кручение и т. д., параметр крепость позволяет сравнивать горные породы по трудоемкости разрушения, по добываемости. Он полагал, что с помощью этого параметра возможно оценить совокупность действующих при разрушении породы различных по характеру напряжений, как это и имеет место, например, при разрушении взрывом. Ориентировочно коэффициент крепости равен 0,01 от предела прочности горной породы при одноосном сжатии в кгс/см<sup>2</sup>.**

**Коэффициент крепости пород по М. М. Протодьяконову рассчитывается по формуле:**

$$f = 0,1\sigma_{сж} ,$$

**где  $\sigma_{сж}$  - предел прочности на одноосное сжатие в МПа.**

Категория породы	Степень крепости	Породы	Коэффициент крепости, f
I	В высшей степени крепкие	Наиболее крепкие, плотные и вязкие кварциты и базальты. Исключительные по крепости другие породы	20
II	Очень крепкие	Очень крепкие гранитные породы. Кварцевый порфир, очень крепкий гранит, кремнистый сланец. Менее крепкие, нежели указанные выше кварциты. Самые крепкие песчаники и известняки	15
III	Крепкие	Гранит (плотный) и гранитные породы. Очень крепкие песчаники и известняки. Кварцевые рудные жилы. Крепкий конгломерат. Очень крепкие железные руды	10
IIIa	Крепкие	Известняки (крепкие). Некрепкий гранит. Крепкие песчаники. Крепкий мрамор. Доломит. Колчеданы	8
IV	Довольно крепкие	Обыкновенный песчаник. Железные руды	6
IVa	Довольно крепкие	Песчанистые сланцы. Сланцеватые песчаники	5
V	Средней крепости	Крепкий глинистый сланец. Некрепкий песчаник и известняк, мягкий конгломерат	4
Va	Средней крепости	Разнообразные сланцы (некрепкие). Плотный мергель	3
VI	Довольно мягкие	Мягкий сланец, очень мягкий известняк, мел, каменная соль, гипс. Мерзлый грунт, антрацит. Обыкновенный мергель. Разрушенный песчаник, сцементированная галька, каменистый грунт	2
VIa	Довольно мягкие	Щебенистый грунт. Разрушенный сланец, слежавшаяся галька и щебень. Крепкий каменный уголь. Отвердевшая глина	1,5
VII	Мягкие	Глина (плотная). Мягкий каменный уголь. Крепкий нанос, глинистый грунт	1
VIIa	Мягкие	Легкая песчанистая глина, лесс, гравий	0,8
VIII	Землистые	Растительная земля. Торф. Легкий суглинок, сырой песок	0,6
IX	Сыпучие	Песок, осыпи, мелкий гравий, насыпная земля, добытый уголь	0,5
X	Плывучие	Плывуны, болотистый грунт, разжиженный лесс и другие разжиженные грунты	0,3

**Классификация массива горных пород по К. Терцаги вероятно первая успешная попытка использованная при строительстве подземных сооружений. К. Терцаги предположил, что высота зоны ослабленных пород над кровлей выработки (тоннеля) является фактором нагрузки пород  $H_p$ .**

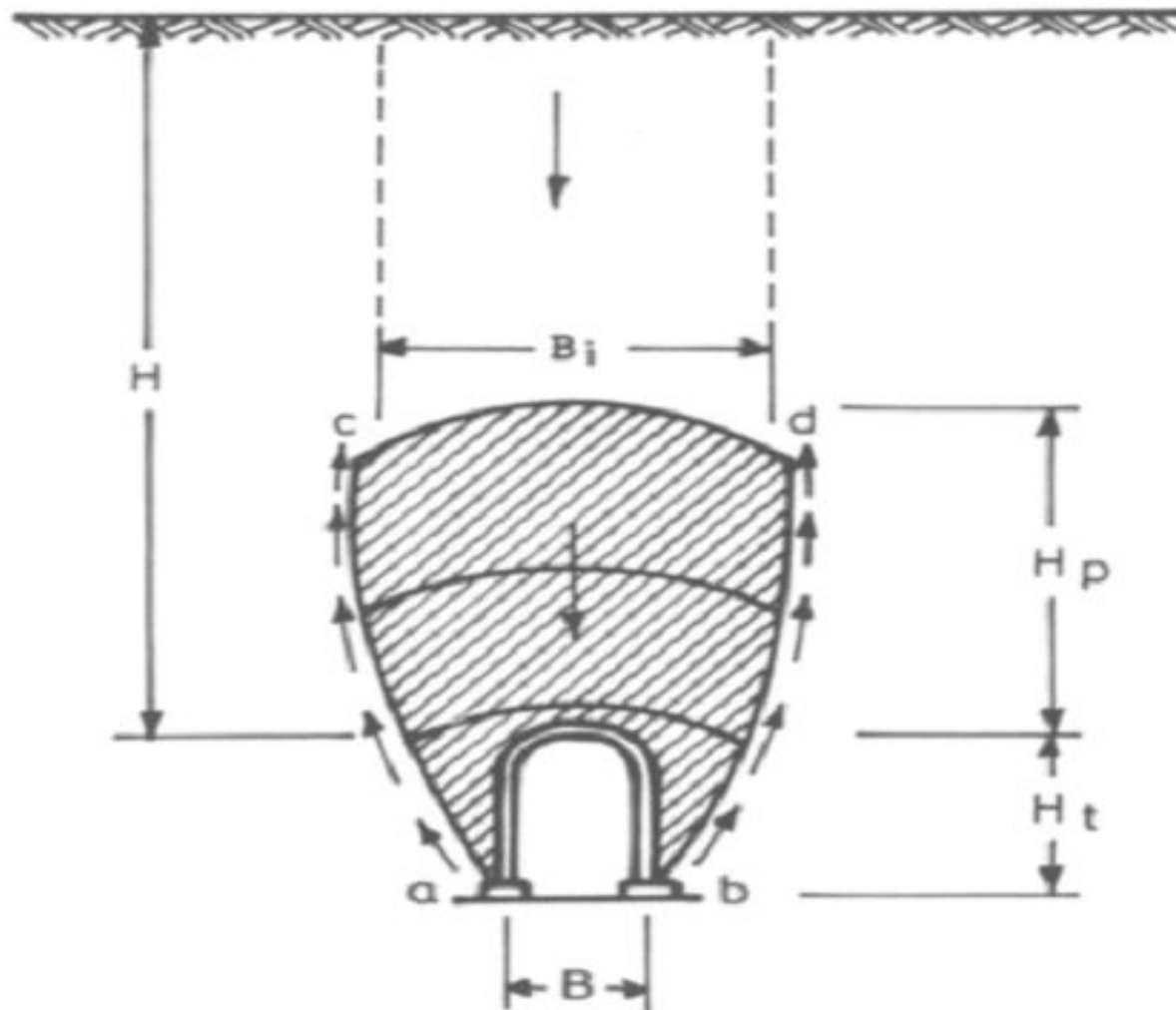
**Подход К.Терцаги учитывает структурные разрывы в массиве горных пород и они классифицируются качественно по состоянию пород в девяти категориях.**

**К.Терцаги объединил результаты своих экспериментов для вычисления фактора нагруженности пород  $H_p$ , т.е. высоту ослабленной горной массы над кровлей выработки (тоннеля), который нагружает средства поддержания. Величина предельной нагрузки на единицу площади  $P$  в зависимости от глубины выработки (тоннеля)  $H$  выражается следующим уравнением**

$$P = H_p \cdot \gamma \cdot H$$

**где  $\gamma$  – объемный вес горных пород ( $\text{т}/\text{м}^3$ ),  $H$  – глубина расположения выработки (тоннеля) (м).**





***Недостатком теории К.Терцаги является то, что она не применима для тоннелей шириной более 9 м. В настоящее время теория К.Терцаги практически не используется, так как не дает достаточной количественной информации о свойствах массива горных пород.***

Категория пород	Состояние пород	Фактор <u>нагруженности</u> пород $H_2$	Примечание
I	Весьма крепкий (устойчивый)	-	При отслаивании требуется легкое поддержание
II	Трудно расслаиваются или сланцеватый	$0-0,5B$	Легкое поддержание в основном для защиты от отслаивания. Нагрузка может <u>изменяться</u> <u>неравномерно</u>
III	Массив умеренно трещиноватый	$0-0,25B$	Отсутствует нагрузка
IV	Умеренно блочный и трещиноватый	$0,25B-0,35(B+H_2)$	Отсутствует нагрузка
V	<u>Очень блочный</u> и трещиноватый	$(0,35-1,1)(B+H_2)$	Мало или <u>практический нет</u> бокового давления
VI	Полностью раздробленный	$1,1(B+H_2)$	Значительное давление по контуру выработки. Слабые породы в <u>приконтурной</u> части массива. Требуется постоянная крепь
VII	Сдавленные породы на умеренной глубине	$(1,1-2,1)(B+H_2)$	Большое давление по контуру выработки. Требуются закругленные стойки крепи
VIII	Сдавленные породы на большой глубине	$(2,1-4,5)(B+H_2)$	То же
IX	Набухание пород	$(B+H_2)$	Требуются закругленные стойки крепи