



Физико-механические свойства горных пород

Классы физико-механических свойств горных пород

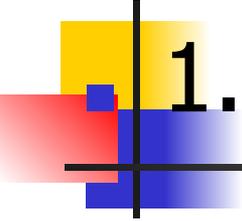
- **физико-геологические свойства** или **свойства состояния,** формирующиеся в процессе петрогенезиса, литогенеза
- **физико-технические свойства,** проявляющиеся при воздействии на породу физических или вещественных полей



КЛАСС

- **1.1 физико-геологические свойства или свойства состояния, формирующиеся в процессе петрогенезиса, литогенеза**

физико-геологические свойства или свойства состояния, формирующиеся в процессе петрогенезиса, литогенеза

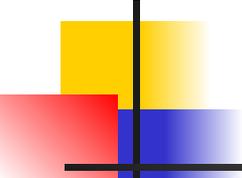


1.1.1 геолого-структурные свойства

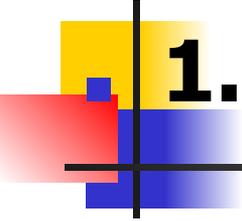
СВОЙСТВА

линейность, слоистость, отдельность,
сланцеватость, рассланцеватость,
трещиноватость, пористость,
кавернозность, раздробленность

ПОКАЗАТЕЛИ СВОЙСТВ

- 
- частота чередований плоскостей отдельности и сланцеватости; мощность слоев и т.д. густота и размеры трещин, пор или каверн, размер элементов, слагающих толщу несвязных пород

ГРУППА



1.2. геолого-технические свойства

СВОЙСТВА

плотность, удельный объем.

естественная влажность,

мерзлостность, льдистость.

естественная радиоактивность

пород. естественный магнетизм.

1.2.1. ПОКАЗАТЕЛИ СВОЙСТВ

— степень естественной влажности,
насыщенность пород льдом,
температура пород. число актов
распада в единицу времени,
концентрация радиоактивных
элементов, намагниченность пород,
напряженность магнитного поля,
остаточная намагниченность.



КЛАСС

- **2. физико-технические свойства, проявляющиеся при воздействии на породу физических или вещественных полей**

ГРУППА

- 2.1. механические свойства, проявляющиеся при воздействии на породу механических (силовых) полей

СВОЙСТВА

упругость, хрупкость, пластичность (вязкость), текучесть (ползучесть), прочность, абразивность, разрушаемость, разрыхляемость, сыпучесть, устойчивость.

2.1.1. ПОКАЗАТЕЛИ СВОЙСТВ

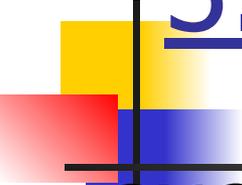
- модуль упругости, коэффициенты хрупкости и пластичности, временное сопротивление пород разрушению, показатели твердости и абразивности, буримость, делимость, дробимость, коэффициент, разрыхляемости, угол естественного откоса, угол внутреннего трения.

ГРУППА

3. акустические свойства,
проявляющиеся при воздействии
на породу динамического силового
поля (упругих волн)

СВОЙСТВА

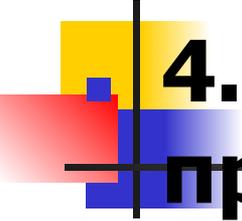
передача упругих колебаний,
поглощение упругих волн,
волновое сопротивление



3.1. ПОКАЗАТЕЛИ СВОЙСТВ

- скорость распространения упругих волн в массиве, коэффициент упругих волн, акустическое сопротивление пород.

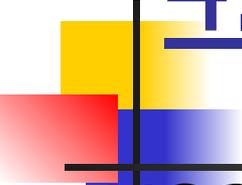
ГРУППА



**4. термические свойства,
проявляющиеся при воздействии
на породу температурного поля**

СВОЙСТВА

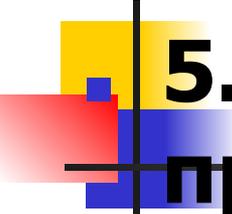
температуропроводность,
теплопроводность, теплоемкость,
расширяемость, температура
плавления.



4.1. ПОКАЗАТЕЛИ СВОЙСТВ

- коэффициенты теплопроводности, теплоотдачи, объемного или линейного расширения, удельные теплоемкость и теплота плавления.

ГРУППА



**5. электрические свойства,
проявляющиеся при воздействии
на породу электрического поля**

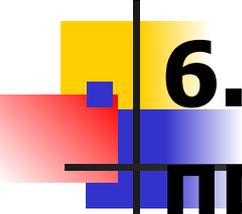
СВОЙСТВА

электропроводность,
поляризуемость породы,
диэлектрические потери,
электрическая прочность

5.1. ПОКАЗАТЕЛИ СВОЙСТВ

- объемное электрическое сопротивление, относительная диэлектрическая проницаемость, удельные диэлектрические потери, тангенс угла диэлектрических потерь, пробивная напряженность

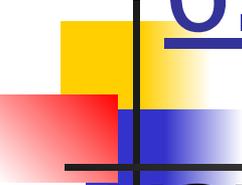
ГРУППА



**6. магнитные свойства,
проявляющиеся при воздействии
на породу магнитного поля**

СВОЙСТВА

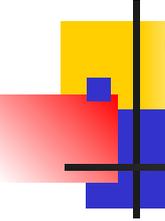
диамагнетизм, парамагнетизм



6.1. ПОКАЗАТЕЛИ СВОЙСТВ

- магнитная восприимчивость,
проницаемость, коэрцитивная
сила

ГРУППА



**7. радиоактивные свойства,
проявляющиеся при воздействии
на породу радиоактивного поля**

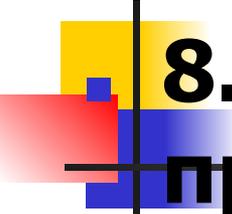
СВОЙСТВА

поглощающая и рассеивающая
способность горных пород

7.1. ПОКАЗАТЕЛИ СВОЙСТВ

- линейный коэффициент поглощения лучей, эффективная площадь сечения поглощения или рассеивания электронов

ГРУППА



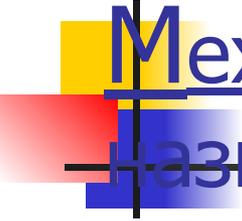
**8. водно-коллоидные свойства,
проявляющиеся при воздействии
на породу жидкой среды**

СВОЙСТВА

смачиваемость, влагоемкость,
водопоглощение, водонасыщение,
водопроницаемость, водоотдача,
набухаемость, размокаемость,
пывучесть, тиксотропность,
растворимость и др.

8.1. ПОКАЗАТЕЛИ СВОЙСТВ

■ способность пород к смачиванию, водопоглощению, степень водонасыщения, коэффициент водонасыщения, коэффициент фильтрации, коэффициент водоотдачи, степень увеличения объема пород, время размокания, коэффициент размягчаемости, угол естественного откоса под водой, способность породы растворяться и др.



Механическими свойствами твердого тела называются его специфические признаки, проявляющиеся при механических процессах и обусловленные природой и внутренним строением тела.

Механическими свойствами твердого тела являются: упругость, пластичность, вязкость, прочность и др.

Механические свойства и классификация горных пород



Твердость горных пород

Определяют по ГОСТ 12288-66 на стандартизованном приборе (УМПГ-3, УМПГ-4) путем вдавливания в образец породы штампа, имеющего плоскую опорную поверхность ($S=1-10 \text{ мм}^2$).

Применяют штампы двух видов: стальной и с твердосплавной вставкой.

Площадь штампа зависит от размера минеральных зерен, структуры и текстуры породы.

Твердость горных пород

По характеру деформации под штампом все породы разделены на три класса:

• упруго-хрупкие

• пластично-хрупкие

• высокопластичные

Хрупкие породы

Твердость (твердость по штампу) $P_{ш}$ (МПа) - критическое давление под штампом на контакте с породой, соответствующее первому скачку разрушения.

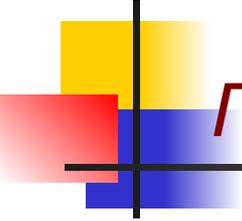
$$P_{ш} = P_p / S,$$

где

P_p – нагрузка в момент хрупкого разрушения, Н;

S – поверхность контакта, м²

Для упруго пластичных пород определяют



Предел текучести

$$p_0 = P_0/S$$

Коэффициент пластичности $K = A_{пд}/A_{упр.д}$,

где

$A_{упр.д}$ - работа упругого деформирования;

$A_{пд}$ - работа полного деформирования (до момента разрушения).

$$1 < K \leq 6.$$

Для пластичных пород определяют

Твердость по штампу **не определяется.**

Коэффициент пластичности

$$K = \infty$$

Предел текучести

$$p_o = P_o/S$$

Механические свойства горных пород

Удельная объемная работа разрушения – затрата энергии на разрушение единицы объема горной породы под штампом
($A_{уд}$, Дж/см³)

Закон Гука для продольной деформации (линейное растяжение или сжатие):

$$\sigma = E (\Delta l / l),$$

σ – напряжение линейного растяжения или сжатия, Па;

E – **модуль Юнга** (модуль продольной упругости), Па;

$\Delta l / l$ – относительное изменение линейного размера тела.

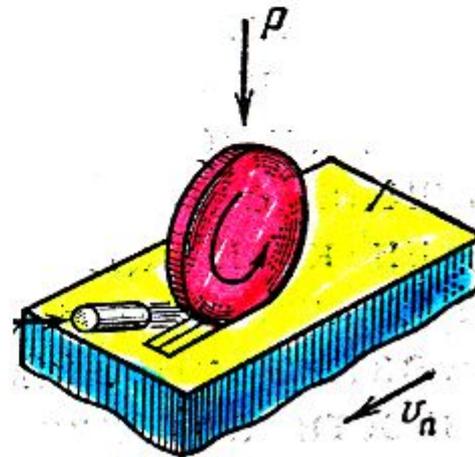
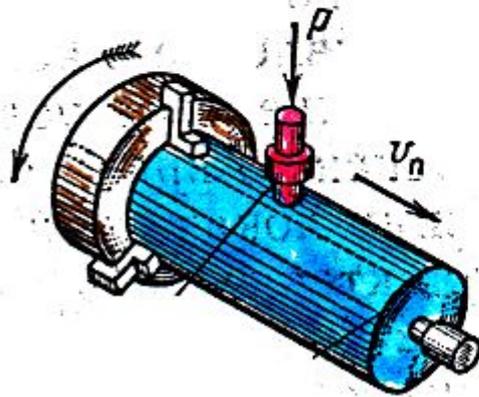
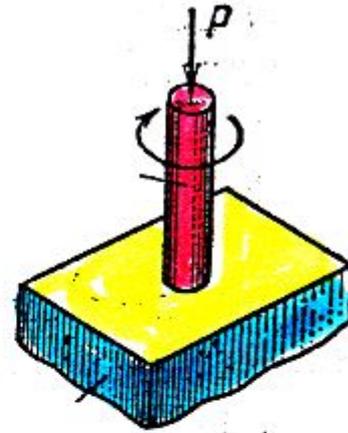
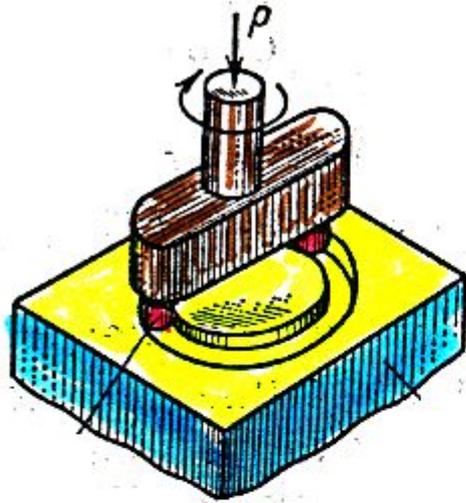
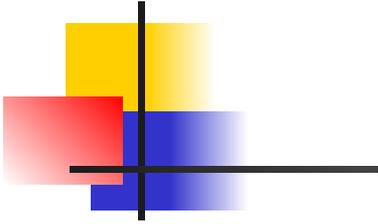
Абразивность горных пород

Абразивность горной породы характеризует ее способность изнашивать породоразрушающий инструмент.

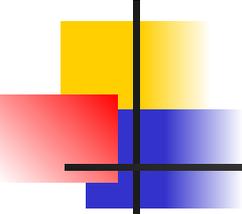
Оценивается по интенсивности износа эталонного образца при взаимодействии с породой.

Показатель абразивности зависит от того, какой материал принят за эталонный (сталь, твердый сплав и т.д.).

Оценка абразивности горных пород



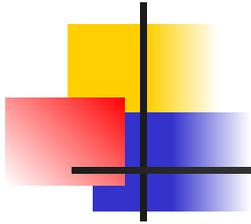
Способы разрушения горных пород на забое скважины



Резание – непрерывный процесс отделения и снятия тонкого слоя горной породы (ГП) с забоя.

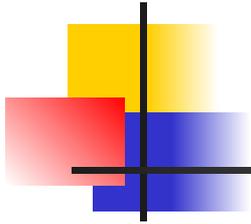
Разрушению резанием поддаются очень слабосвязные пластичные ГП с низкой контактной прочностью

Способы разрушения горных пород



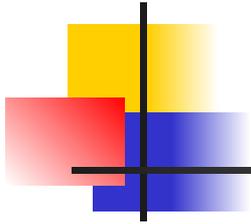
Раздавливание – процесс разрушения ГП под воздействием контактного давления породоразрушающего инструмента, перемещающегося в постоянном контакте с забоем

Способы разрушения горных пород



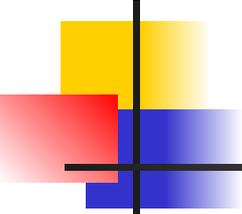
Дробление – дискретный процесс РГП под воздействием контактного давления, появившегося в момент соприкосновения рабочего органа с забоем (ударная нагрузка)

Способы разрушения горных пород



Скальвание – периодический процесс отделения частиц ГП от забоя под воздействием усилия сдвига со стороны внедрившегося в забой инструмента. Скальванию предшествует раздавливание или дробление ГП под рабочим органом инструмента

Способы разрушения горных пород



Истирание (микроскалывание) – специфическое РГП, когда в результате применения рабочих органов очень малых размеров (мелкие алмазные зерна и т.п.) удается создать чрезвычайно **высокое контактное давление** и вызвать **пластическое деформирование** ГП под индентором с **одновременным микроскалыванием** в прилегающей зоне.

Классификация породоразрушающего инструмента

По назначению:

- *Для сплошного бурения (долота)*
- *Для отбора керна (бурильные головки)*
- *Для специальных работ (калибраторы, расширители и т.д)*

По основному механизму РГП:

- *дробящие;*
- *скалывающие;*
- *дробяще-скалывающие;*
- *режущие;*
- *режуще-скалывающие;*
- *истирающие.*

Классификация долот

По конструкции:

Опорные

На опоре закреплена шарошка - вращающаяся относительно корпуса часть долота, оснащенная вооружением.

Безопорные

Долото не имеет вращающихся частей

Опорные долота

Вооружение - совокупность элементов, непосредственно разрушающих породу.

Тип вооружения:

зубья
зубки (штыри)
комбинированное

Количество шарошек: *1, 2, 3*

Система смазки опоры долота:

- *не герметизированная*
- *герметизированная*

Система промывки:

- *центральная*
- *периферийная (боковая, гидромониторная)*

Безопорные долота

- ***Лопастные:***
 - **длиннолопастные**
 - **коротколопастные**
- ***Матричные***
- ***Комбинированные (гибридные)***

Механизм РГП на забое скважины

P_c - давление в скважине

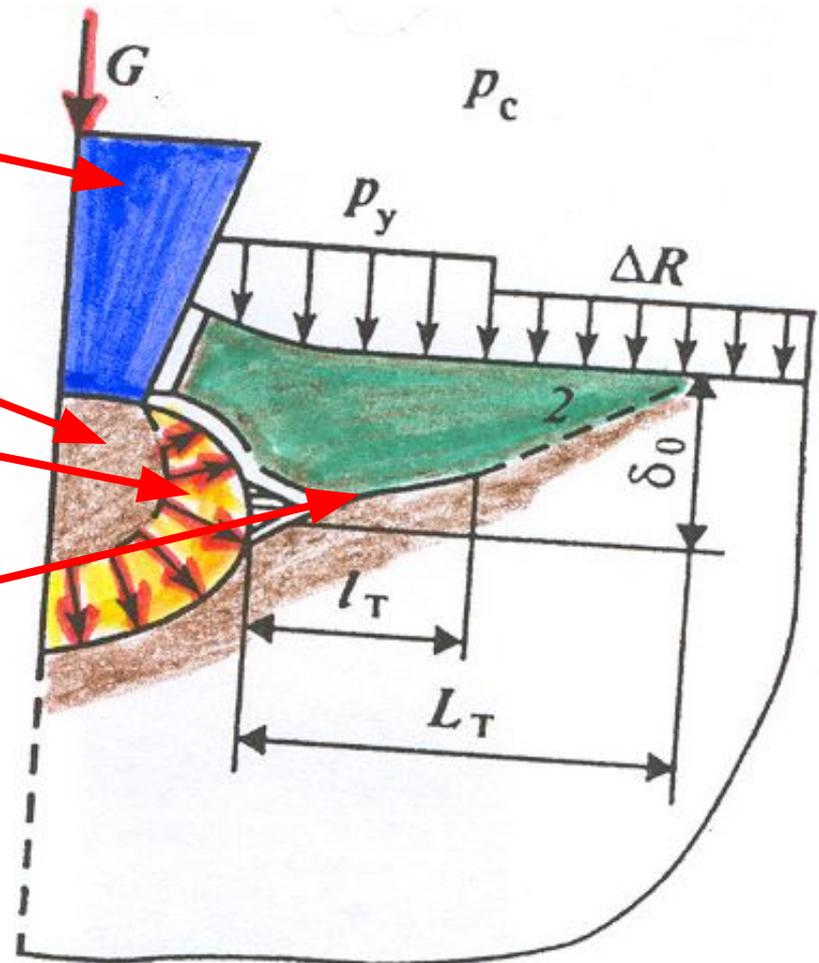
P_y - угнетающее давление

Зуб долота

Зона предельного
состояния ГП

Радиальные трещины

Магистральная
трещина



Динамика долота

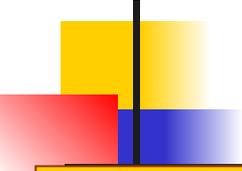
Характер взаимодействия вооружения шарошки с забоем, и следовательно, специфика РГП на забое зависят от:

- размеров и плотности размещения вооружения в венце;
- конфигурации шарошек;
- расположения их осей.

В зависимости от этих факторов шарошечное долото может быть отнесено к породоразрушающему инструменту **дробяще-скалывающего** или **дробящего действия**.

У шарошечного долота, в отличие от лопастного, с забоем одновременно взаимодействует лишь небольшая часть вооружения.

Размеры шарошечных долот



В соответствии с ГОСТ 20692–75 шарошечные долота выпускаются 39 различных номинальных диаметров – от **46** до **508** мм.

ШИФРЫ УСЛОВНОГО ОБОЗНАЧЕНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ДОЛОТ

Г – боковая гидромониторная промывка;

Ц - центральная промывка;

А - опоры шарошек на концевых и периферийном подшипниках скольжения и одном подшипнике качения,

Н - опоры шарошек на концевых подшипниках скольжения и двух подшипниках качения;

В - опоры шарошек на подшипниках качения;

У - конструкция долота с герметизированными маслонаполненными опорами.

ШИФРЫ УСЛОВНОГО ОБОЗНАЧЕНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ДОЛОТ

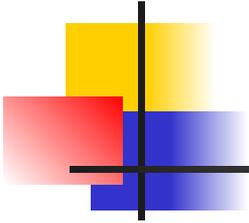
Число шарошек	Диаметр долота, мм	Тип олоота	Система промывки	Вид опор	Герметизация опор
		Д			
III	190,5	МЗ	Г	А	У
III	215,9	ТКЗ	Г	Н	У
III	215,9	С	Г	Н	-
III	269,9	М	Г	В	-
III	295,3	Т	Ц	В	-

*

арошек

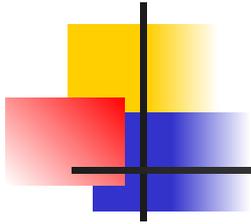
III 215,9 ТКЗ-ГНУ - трехшарошечное долото диаметром 215,9 мм для бурения твердых абразивных пород с пропластками крепких; боковая гидромониторная промывка; опоры шарошек на концевых подшипниках скольжения и двух подшипниках качения, с герметизацией и смазкой

Долота с фиксированным вооружением



Лопастные долота относятся к инструменту режущего или режуще-скалывающего действия. Предназначены для бурения в породах мягких и средней твердости.

Бурильные головки



Используются в составе **колонкового набора** (колонкового долота).

Бурильные головки трех типов:

- лопастные
- шарошечные
- матричные.