

# ГЕОМЕХАНИКА

Курс лекций

# Рекомендуемая литература для курсов Геомеханика, Механика подземных сооружений

1. Баклашов И.В. Геомеханика: Учебник для вузов. В 2 т. – М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2004. – Т.1. Основы геомеханики. – 208с.
2. Баклашов И.В., Картозия Б.А., Шашенко А.Н., Борисов В.Н. Геомеханика: Учебник для вузов. В 2 т. – М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2004. – Т.2. Геомеханические процессы. – 249с.
3. Баклашов И.В., Картозия Б.А. Механика подземных сооружений и конструкции крепей. Учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1992. – 543с. репринт 2012 г.
4. Картозия Б.А., Борисов В.Н. Инженерные задачи механики подземных сооружений: Учебное пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2001. – 246с.
5. Булычев Н.С. Механика подземных сооружений в примерах и задачах: Учебное пособие для вузов. – М.: Недра, 1989. – 270с.
6. Зерцалов М.Г. Механика грунтов (введение в механику скальных грунтов): Учебное издание. – М.: Издательство ассоциации строительных вузов. – 2006. – 364с.
7. Бенявски З. Управление горным давлением: Пер. с англ. – М.: Мир, 1990. – 254с.

# Нормативные документы

1. Федеральный закон РФ ФЗ №384 от 30 декабря 2009г. «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».
2. СП 91.13330.2012. Подземные горные выработки. МНЦ ВНИМИ, 2012.
3. Руководство по проектированию подземных горных выработок и расчету крепи / ВНИМИ, 6. ВНИИОМШС Минуглепрома СССР. – М.: Стройиздат, 1983.
4. СП 16.13330.2011. Стальные конструкции.
5. СП 20.13330.2011. Нагрузки и воздействия.
6. СП 63.13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции.
7. СП 102.13330.2012. Туннели гидротехнические.
8. СП 120.13330.2011. Метрополитены.
9. СП 122.13330.2012. Тоннели железнодорожные и автодорожные.
10. СТО НОСТРОЙ 2.17.66-2012. Коллекторы и тоннели канализационные. Требования к проектированию, строительству, контролю качества и приемке работ. ОАО Мосинжпроект, 2012.
11. СТО НОСТРОЙ 2.16.65-2012. Коллекторы для инженерных коммуникаций. Требования к проектированию, строительству, контролю качества и приемке работ. ОАО Мосинжпроект, 2012.

Информационные системы: Стройконсультант; Кодекс; Norma CS.

Сайты: **gost.ru** – официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Snip-info.ru

Sk-info.ru

Stroyprog.ru

Dwg.ru

# Основные положения и определения

*Геомеханика как наука и научная дисциплина  
является фундаментальной базой  
строительной, подземной и открытой горных технологий  
В.В. Ржевский*

**Геомеханика** – наука о физико-механических свойствах горных пород, механических процессах в породных массивах и поведении горнотехнических объектов в поле сил горного давления.

Геомеханика как раздел механики (науки о движении материи) занимается изучением движения земной коры (литосферы) – механических процессов в земной коре под воздействием природных сил и инженерной деятельности человека в виде горных и строительных работ. В зависимости от вида и места этой деятельности выделяются:

**Горная геомеханика (механика горных пород, rock mechanics)**

**Механика грунтов (soil mechanics)**

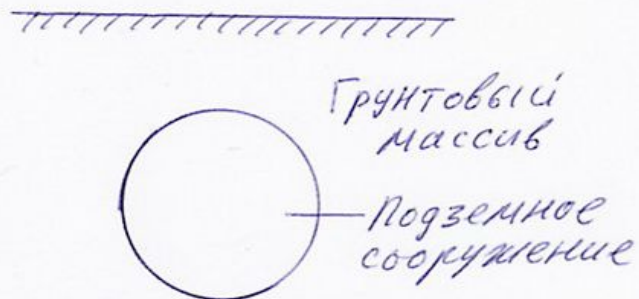
**Грунт** – горные породы, почвы и техногенные образования, представляющие собой многокомпонентную и многообразную геологическую систему и являющиеся объектом инженерно-хозяйственной деятельности человека.

**Грунт:** Любые горные породы, почвы, осадки и техногенные образования, рассматриваемые как многокомпонентные динамические системы и часть геологической среды и изучаемые в связи с инженерно-хозяйственной деятельностью человека.

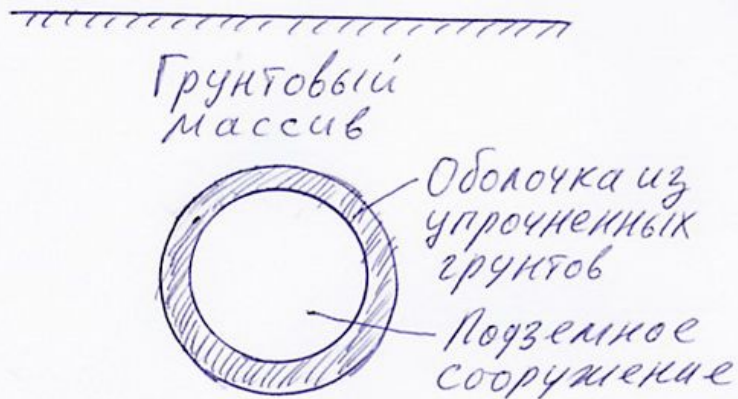
*ГОСТ 25100-2011 Грунты. Классификация.*



Основание зданий и сооружений



Среда для размещения сооружений



Материал самого сооружения



# Практическое назначение Геомеханики



# Проектирование инженерных конструкций подземных сооружений (геомеханика)

Оценка устойчивости подземного сооружения и определение характера проявлений горного давления

Выбор и технико-экономическое обоснование инженерной конструкции (крепь, обделка, породная конструкция)

Определение расчетных нагрузок на конструкцию (основная от горного давления)

# Проектирование инженерных конструкций подземных сооружений (механика подземных сооружений)

Выбор конструктивной схемы крепи и ее расчет  
Определение внутренних усилий (изгибающие моменты, продольные и поперечные силы)  
(сопротивление материалов, строительная механика)

Проверка прочности сечения  
(толщина крепи, класс и диаметр арматуры, номер профиля)  
(строительное дело, строительные нормы и правила)

Составление паспорта крепления подземного сооружения  
(сечение с крепью, применяемые материалы, их расход)



# ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

- **Горные породы** - естественные минеральные агрегаты более или менее постоянного состава, сформировавшиеся в результате геологических процессов и залегающие в земной коре в виде самостоятельных литологических разностей
- **Литологическая разность** - часть земной коры, сложенная одноименной горной породой.
- **Массив горных пород (породный массив)** - связанная часть земной коры, сложенная одной или несколькими литологическими разностями, в пределах которой локализуются все механические процессы, обусловленные горными работами.

- **Образец горной породы** - часть горной породы, изъятая из естественно залегающей литологической разности для экспериментального определения ее свойств, размеры которой больше элементарного объема горной породы.
- **Элементарный объем горной породы** - наименьший объем горной породы, который сохраняет все ее свойства.
- **Образец массива горных пород** - часть массива горных пород, изъятая из естественного залегания для экспериментального определения его свойств, технически доступные размеры которой обычно меньше размеров элементарного объема массива горных пород.

- **Элементарный объем** массива горных пород - наименьший объем массива, который сохраняет все его свойства.
- **Механические свойства горной породы** - это класс физических свойств, характеризующий поведение горной породы в условиях различных механических воздействий.
- **Механические свойства образца горных пород** - это механические свойства части горной породы, изъятая из естественно залегающей литологической разности и имеющей размеры не менее элементарного объема горной породы.

- **Механические свойства массива горных пород** - это класс физических свойств, которые характеризуют поведение массива в условиях различных механических воздействий и которые, как правило, не могут быть определены как механические свойства технически доступных образцов массива.
- **Механические свойства образца массива горных пород** - это механические свойства части массива, изъятая из естественного залегания и имеющего размер обычно меньше элементарного объема массива.
- **Геомеханические процессы** - это механические процессы деформирования, перераспределения напряжений и разрушения.

- **Проявления геомеханических процессов** - это инструментально или визуально наблюдаемые реализации геомеханических процессов в виде смещений, обрушений, горных ударов и т.д., как правило, осложняющие технологию горных работ, а в некоторых случаях используемые для ее совершенствования.
- **Геомеханическое состояние** - это совокупность показателей, характеризующих деформируемость, прочность и устойчивость массива при определенном силовом воздействии, т.е. характеризующих уровень развития геомеханических процессов деформирования, перераспределения напряжений и разрушения.
- **Устойчивость подземных сооружений** - это их способность сохранять заданную форму и размеры в течение всего срока службы.

# Классификации горных пород

## Особенности минерального строения

Минеральные агрегаты – полиминеральные (чаще всего) и мономинеральные (соли).

Породообразующие минералы в порядке убывания прочности

- Кварцевые (кварциты, песчаники)
- Силикатные (полево шпат, пироксен, слюда)
- Карбонатные и глинистые (кальцит, доломит)
- Легкорастворимые (гипс, галит)

Помимо минерального строения механические свойства горных пород зависят от их строения – прежде всего структуры и текстуры.

Структура - степень кристаллизации пород, размеры и форма минеральных зерен и характер связей между ними.

По степени кристаллизации – полнокристаллические, неполнокристаллические, стекловатые, порфиоровые, обломочные.

По размерам минеральных зерен – от гигантозернистых (слюдяные пегматиты с размерами зерен свыше 100 мм) до мелкозернистых с размерами зерен до 1 мм (углевмещающие породы – песчаники, алевролиты, аргиллиты).

Характер структурных связей между минеральными связями (прежде всего состав цементирующего вещества) – кремнистый, железистый, известковистый, глинистый в порядке убывания прочностных свойств.

Текстура – взаимное расположение структурно-однотипных частей породы. Текстура упорядоченная (формирует анизотропию прочностных свойств) и неупорядоченная – породы квазиизотропные (почти изотропные) с показателями механических свойств, не зависящими от направления силового воздействия. Массивная, пористая

# Общие сведения о классификации горных пород

Общая геомеханическая классификация горных пород (на классы)

- I. Твердые, в которых минеральные частицы жестко связаны между собой, обычно с помощью цементирующего вещества, что обеспечивает сохранение формы. *Граниты, базальты, песчаники, известняки, аргиллиты, алевролиты.*
- II. Связные или пластичные, в которых минеральные частицы связаны водно-коллоидной связью, что изменяет степень их пластичности при насыщении водой. *Глины, суглинки, слабые глинистые сланцы.*
- III. Раздельно-зернистые или сыпучие, в которых связи между минеральными частицами отсутствуют или ничтожно малы. *Пески, гравийно-галечные отложения, техногенные отвалы пород.*
- IV. Текучие, в которых минеральные частицы разобщены водой и способны перемещаться с этой водой. *Насыщенные водой пески, глины или суглинки.*

Геомеханическая классификация горных пород по коэффициенту крепости

$f = R/10$  (прочность образца горной породы на одноосное сжатие  $R$  в МПа) в первом приближении. Все породы разделены на 10 категорий.

I и II категории - породы высшей крепости с  $f > 15$ . *Кварциты, базальты.*

III и IV категории – крепкие породы с  $f = 8-15$ . *Граниты, песчаники.*

V категория – породы средней крепости с  $f = 3-8$ . *Крепкие глинистые сланцы, некрепкие известняки и песчаники, конгломераты.*

VI и VII категории – мягкие породы с  $f = 0.8-2$ . *Уголь, глины, соли, мягкие сланцы.*

VIII – X категории – *землистые, сыпучие и плавучие грунты с  $f = 0.3-0.6$ . Торф, лесс.*

# КЛАССИФИКАЦИЯ ГРУНТОВ ПО М. М. ПРОТОДЬЯКОНОВУ

Таблица 1

Грунты	Коэффициент крепости, $f$	Плотность $\rho$ , т/м <sup>3</sup>
Наиболее крепкие плотные и вязкие кварциты и базальты, исключая по крепости другие породы	20	2,8—3
Очень крепкие гранитовые породы, кварцевый порфир, очень крепкий гранит, кремнистый сланец; менее крепкие, чем указанные выше, кварциты, самые крепкие песчаники и известняки	15	2,6—2,7
Гранит (плотный) и гранитовые породы, очень крепкие песчаники и известняки, кварцевые рудные жилы, крепкий конгломерат, очень крепкие железные руды	10	2,5—2,6
Известняки (крепкие), некрепкий гранит, крепкие песчаники, крепкий мрамор, доломит, колчеданы	8	2,5
Обыкновенный песчаник, железные руды	6	2,4
Песчанистые сланцы, сланцеватые песчаники	5	2,5
Крепкий глинистый сланец, некрепкий песчаник и известняк, мягкий конгломерат	4	2,8
Разнообразные сланцы (некрепкие), плотный мергель	3	2,5
Мягкий сланец, мягкий известняк, мел, каменная соль, гипс, мерзлый грунт, антрацит, обыкновенный мергель, разрушенный песчаник, цементированная галька и хрящ, каменистый грунт	2	2,4
Щебенистый грунт, разрушенный сланец, слежавшиеся галька и щебень, крепкий каменный уголь, отвердевшая глина	1,5	1,8—2
Глина (плотная), средний каменный уголь, крепкий насос, глинистый грунт	1	1,8
Легкая песчанистая глина, лёсс, гравий, мягкий уголь	0,8	1,6
Растительный грунт, торф, легкий суглинок, сырой песок	0,6	1,5
Песок, осыпи, мелкий гравий, насыпной грунт, добытый уголь	0,5	1,7
Плывуны, болотистый грунт, разжиженный лёсс и другие разжиженные грунты	0,3	1,5—1,8