

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ЮГОРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Индустриальный институт

СТРОИТЕЛЬСТВО И РЕМОНТ СКВАЖИН  
методические указания к выполнению практических работ и организации  
самостоятельной работы обучающихся

Составитель старший преподаватель Гагарина О.В.

Нефтеюганск, 2024

## Практическое занятие № 1

### **Тема. Изучение физико-механических свойств горных пород**

**Цель работы:** сформировать знания об основных природных свойствах горных пород и умение ими пользоваться при выборе способа разрушения массива при ведении горных работ.

**Оснащение занятия:** инструкции по выполнению практического занятия; презентации и учебный видеофильм об основных природных свойствах горных пород.

#### *Порядок выполнения работы*

### **1. Структурное строение породного массива**

Участки земной коры, характеризующиеся общими условиями образования и определенными инженерно-геологическими свойствами горных пород, называют **массивами горных пород**. Массивы отличаются: особенностями залегания и степенью нарушенности (трещиноватостью и блочностью) пород; минералогическим составом, структурой, текстурой и пористостью; наличием жидких и газообразных веществ (воды, нефти, рассолов, метана и др.); показателями геомеханического состояния (напряжения и деформации гравитационного, тектонического и техногенного происхождения). Характеристики состояний и свойства пород массива определяют условия ведения горных работ. При горнопромышленной деятельности предметом труда служат горные породы.

**Горные породы** – природные минеральные агрегаты, слагающие земную кору в виде самостоятельных геологических тел. В химическом составе земной коры наибольшую долю (82,58%) имеют три элемента: кислород, кремний и алюминий (табл. 1).

*Таблица 1. Химический состав земной коры*

Наименование химического элемента	Обозначение	Содержание в земной коре, (%)
Кислород	O	49,13
Кремний	Si	26,0
Алюминий	Al	7,45
Железо	Fe	4,2
Кальций	Ca	3,25
Натрий	Na	2,4
Калий	K	2,35
Магний	Mg	2,35
Водород	H	1,0
Прочие		1,87

**Минералы** – твёрдые тела, относительно однородные по составу и свойствам, возникшие в результате природных физико-химических процессов, протекающих на поверхности и в глубинах Земли.

Известно более 3000 минералов, из них всего лишь 40-50 являются породообразующими.

Поверхность Земли примерно за 4-5 млрд. лет прошла три стадии: газообразного, жидкого и твёрдого состояния. Земной шар состоит из нескольких концентрических оболочек-геосфер. Наиболее отчётливо выделяются три: земная кора, мантия и ядро. Толщина земной коры (литосферы) в океанах составляет около 5 км, а на материках – 70 км. Он кажется тонкой пленкой – в среднем её толщина составляет всего 0,6% от длины земного радиуса.

Под литосферой до глубины 2900 км располагается мантия. В её верхних слоях вещество находится в твёрдожидком состоянии с плотностью 3,3 г/см<sup>3</sup>. В интервале глубин от 900 до 2900 км вещество уплотняется и его плотность достигает 6-9 г/см<sup>3</sup>.

Ядро Земли охватывает всю внутреннюю область с глубины 2900 км. Вещество ядра напоминает густой, вязкий материал плотностью до 13 г/см<sup>3</sup>. Внутренняя часть ядра представлена железоникелевым соединением, а внешняя – сложена сверхплотными силикатами с высоким содержанием железа и никеля.

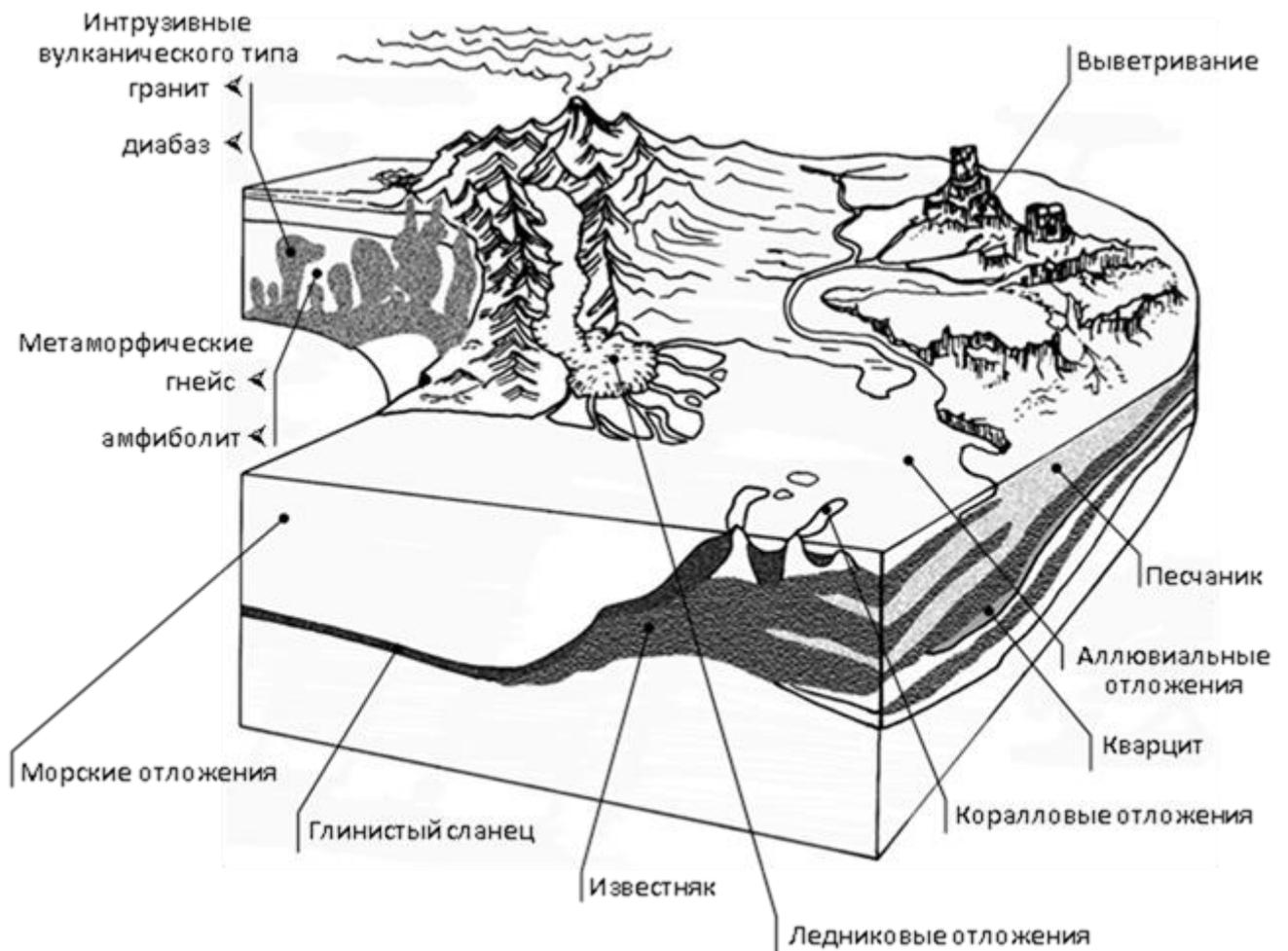


Рис. 1. Расположение горных пород и минералов в литосфере

Участки земной коры, характеризующиеся общими условиями образования и определенными инженерно-геологическими свойствами горных пород называют **массивами горных пород**.

Массивы горных пород отличаются:

- Ø особенностями залегания и степенью нарушенности (трещиноватостью и блочностью) пород;
- Ø минералогическим составом, структурой, текстурой и пористостью;
- Ø наличием жидких и газообразных веществ (воды, нефти, рассолов, метана и др.);
- Ø показателями геомеханического состояния (напряжения и деформации гравитационного, тектонического и техногенного происхождения).

### Классификация горных пород

**Горные породы делят на магматические, метаморфические и осадочные.**

Магматические горные породы образовались в результате кристаллизации или затвердевания магмы как на глубине, как внутри земной коры, так и на ее поверхности. Породы, образовавшиеся внутри земной коры, называются *интрузивными*. Они обладают полнокристаллической структурой и чаще всего массивной текстурой. Излившаяся на поверхность, остывшая и

затвердевшая магма образует *эффузивные горные породы*. Их структура – стекловатая и сравнительно редко – полнокристаллическая. Текстура обычно флюидалная (со следами течения) или же миндалекаменная. К магматическим горным породам относятся *граниты, сиениты, диабазы, базальты, габбро, порфиры, андезиты и ряд других*. Эти породы используются как строительные (туфы, лабрадориты и др.), абразивные (пемза) и теплоизоляционные (пемза, перлит) материалы, как сырьё для извлечения ценных компонентов (например, алюминия из нефелиновых сиенитов). С кислыми магматическими породами связаны *руды олова, вольфрама, золота*; с основными – *титаномагнетит, медные руды, исландский шпат*; с ультраосновными – *руды хрома, платины, никеля*, а со щелочно-ультраосновными – *руды титана, фосфора, циркония, редкоземельных элементов*.

Метаморфические горные породы образовались из магматических и осадочных пород при воздействии на них высокой температуры, давления и химически активных растворов. В результате такого воздействия в недрах литосферы изменяется минеральный состав, размер и текстура пород. Каждый минерал переходит в иное соединение, иной материал, устойчивый при новых условиях. Так, глины преобразовываются в глинистые сланцы, а последние превращаются в различные роговики; известняки переходят в мрамор, песчаники в кварциты. Метаморфические горные породы могут иметь сланцеватую или полосчатую текстуру (*сланцы, гнейсы*), а также массивную (*мраморы, кварциты, роговики*).

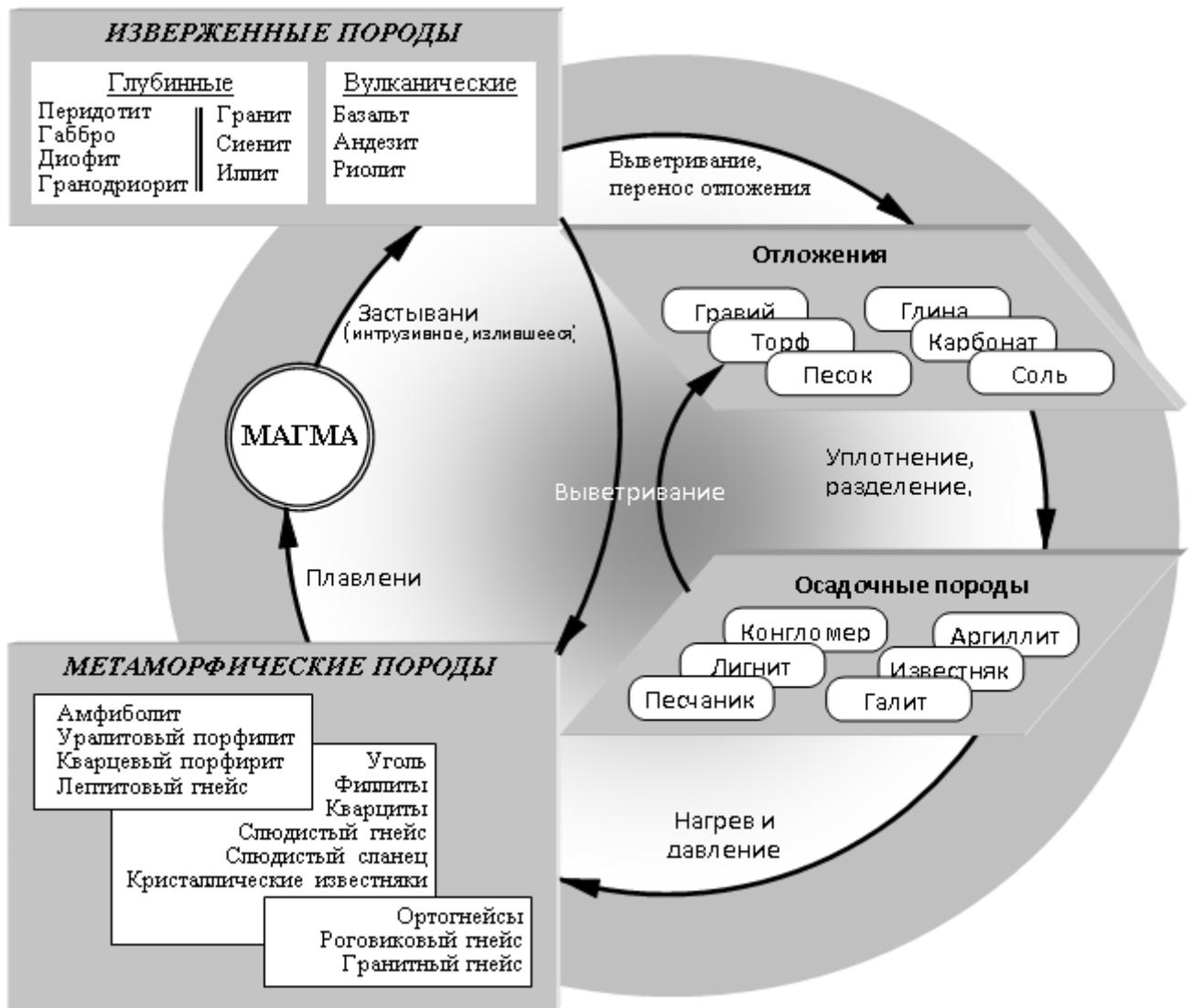


Рис. 2. Схема формирования минералов и горных пород

Осадочные горные породы образовались путём осаждения частиц вещества в водной среде или из воздуха, а также в результате деятельности ледников и вулканов. Источником вещества для образования осадочных пород служат: продукты выветривания магматических, метаморфических и более древних осадочных пород; растворённые в природных водах компоненты; газы и различные вещества, возникающие в результате жизнедеятельности организмов; вулканогенный материал, выбрасываемый при извержении вулканов; органические остатки растительного и животного происхождения. Осадочные горные породы образуют *пласты, слои, линзы и другие геологические тела*. В зависимости от состава и генезиса осадочные горные породы делятся на:

- механические или обломочные (*пески, песчаники, гравий, щебень, глины*);
- химические осадки, образующиеся при выпадении из растворов (*каменная соль, гипс, ангидрит, бораты, барит, руды железа, марганца, бокситы*), а также некоторых цветных и редких металлов (*медь, молибден, ванадий, уран*);

- органогенные, образовавшиеся вследствие жизнедеятельности организмов (*известняки, уголь, горючие сланцы, трепел, фосфориты*, а также некоторые *железные и марганцевые руды*).

Свыше 75% всех полезных ископаемых, извлекаемых из недр Земли, заключено в осадочных горных породах.

## 2. *Ископаемый уголь*

**Ископаемые угли** – твёрдые горючие горные породы, образовавшиеся из отмерших растений. Они залегают в виде пластов, прослоев и мощных линзообразных залежей. Угленакопление и формирование угольных бассейнов происходило на протяжении почти полутора миллиарда лет, начиная с девонского периода палеозойской эры и кончая третичным периодом кайнозойской эры.

Угольные пласты Донецкого бассейна образовались в каменноугольный период палеозойской эры - 300-320 млн. лет назад.

Процесс углеобразования состоит из трех стадий:

- образование торфа и его захоронение;
- покрытие образовавшегося пласта отложениями наносов с опусканием толщи и развитием метаморфизма угля;
- участие угленосной толщи в горообразовательных процессах, связанных с интрузивными и тектоническими явлениями, а также выветриванием обнажившегося угля.

Погребенный под осадками торф вступал в фазу *углефикации* – последовательного превращения в *бурый*, затем в *каменный уголь и антрацит*.

*Горючая часть угля* представляет собой в основном органический материал, образованный из пяти химических элементов: *углерода, водорода, серы, кислорода и азота*.

*Балласт угля* состоит из влаги W и негорючей минеральной части M, образующей при сгорании топлива золу A.

*Все угли неоднородны по цвету, блеску, твёрдости и другим внешним отличиям*. Знание петрографических характеристик состава углей позволяет более основательно решать ряд практических вопросов, в частности прогнозировать теплоту сгорания углей, их спекаемость, коксуюемость, обогатимость, пригодность для получения жидкого, газообразного топлива и др.

## 3. *Природные свойства пород*

Существенное влияние на выбор технологии ведения горных работ оказывают природные свойства горных пород: трещиноватость, твердость, крепость, вязкость, хрупкость, абразивность.

**Трещиноватость** горных пород – нарушение их сплошности совокупностью трещин различной протяженности, формы и

пространственной ориентации. По происхождению трещиноватость различают на: эндогенную – результат растрескивания горных пород в процессе охлаждения и усадки вещества, дегидратации; экзогенную – результат нарушения равновесия естественно сложившегося массива под воздействием тектонических процессов и планетарных явлений (изменение частоты вращения и формы Земли, влияние приливных сил); техногенную, вызванную нарушениями естественного состояния массива в результате горных работ.

**Твердость** – свойство горных пород оказывать сопротивление внедрению в них других тел при сосредоточенном контактном силовом воздействии. Она характеризует прочность горных пород и определяется различными методами (*Шкала относительной твердости минералов по Моосу*).

**Крепость.** Полагая, что разрушение горных пород происходит в основном путем преодоления их прочности на сжатие, профессор М.М. Протоdjяконов предложил оценивать прочность пород **коэффициентом крепости  $f$** .

Значение этого коэффициента для каждого вида породы численно равно частному от деления величины временного сопротивления одноосному сжатию  $\sigma_{сж}$  на 100, т.е.

$$f = \frac{\sigma_{сж}}{100}$$

Согласно предложенной классификации, все горные породы подразделены на 10 категорий от  $f = 20$  – для высшей степени крепких пород до  $f = 0,3$  – для слабых плавучих пород (табл. 1).

*Таблица 1. Классификация крепости пород по М.М.*

*Протоdjяконову*

Категория крепости породы	Степень крепости породы	Породы	Коэффициент крепости, $f$
I	В высшей степени крепкие	Наиболее крепкие, плотные и вязкие кварциты, базальты. Исключительные по крепости другие породы	20
II	Очень крепкие	Порфир, очень крепкий гранит, кремнистый сланец, менее крепкие, нежели указанные выше, кварциты. Самые крепкие песчаники и известняки	15
III	Крепкие	Гранит (плотный) и гранитовые породы. Очень крепкие песчаники и известняки. Кварцевые рудные жилы. Крепкий конгломерат. Очень крепкие	10

		железные руды	
III	То же	Известняки (крепкие). Некрепкий гранит. Крепкие песчаники. Крепкий мрамор, доломит. Колчеданы	8
IV	Довольно крепкие	Обыкновенный песчаник. Железные руды	6
IVa	То же	Песчанистые сланцы. Сланцеватые песчаники	5
V	Средней крепости	Крепкий глинистый сланец. Некрепкий песчаник и известняк; мягкий конгломерат	4
Va	То же	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	То же	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	1,0
VIIa	То же	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 лёсс и другие разжиженные грунты	0,3

**Вязкость** – свойство пород оказывать сопротивление внешним силам, стремящимся отделить куски породы от массива. Это сопротивление препятствует взаимному движению частиц породы относительно друг друга под действием внешних сил. Вязкость горных пород характеризуется *коэффициентом относительной вязкости*, который определяют как отношение усилия, требуемого для отделения некоторой части породы от массива, к величине усилия, необходимого для отделения от массива известняка, принятого за эталон. Величина этого коэффициента изменяется от 0,5 до 3 (например, для мрамора 0,7; песчаника 1,2; гранита 1,3; кварцита 1,9; базальта 2,2). Вязкость углей зависит от степени их метаморфизма. Наибольшей вязкостью и, следовательно, сопротивляемостью разрушению обладают угли ранних стадий метаморфизма марок Д и Г.

**Хрупкость** – способность горных пород к разрушению под воздействием внешних сил без заметных пластических деформаций (не более 5% от деформации разрушения), выражаемая коэффициентом хрупкости  $K_{хр}$ . Его значения определяются как отношение удельной энергии упругого деформирования породы к удельной энергии разрушения при одноосном сжатии.

**Абразивность** – способность породы изнашивать контактирующие с ней поверхности горных машин или оборудования в процессе их работы. Ее оценивают показателем абразивности  $r$ , выражающем среднюю потерю в весе (в миллиграммах) тупого стального цилиндрического стержня при его истирании о породу во время вращения с определенными параметрами скорости и времени вращения при заданной осевой нагрузке. Все горные породы по абразивности разделяются на 8 классов (*классификация горных пород по абразивности*).

Эффективность разрушения горных пород и угля существенно зависит от их сопротивляемости при механическом воздействии в процессах бурения шпуров и скважин и выемки полезного ископаемого, т.е. от буримости и сопротивляемости угля резанию.

**Буримость** – сопротивляемость породы проникновению в нее бурового инструмента. Ее характеризуют скоростью бурения (мм/мин), реже – продолжительностью бурения 1 м шпура (мин/м) при стандартных условиях проведения измерений для каждого типа буровой машины.

**Сопротивляемость резанию** – характеристика сопротивления, оказываемого горной породной разрушению режущим инструментом. За показатель сопротивляемости угля резанию  $A$  (кН/см) принято приращение силы резания на 1 см толщины стружки.

Для пород в качестве критерия сопротивляемости резанию используют показатель *контактной прочности*, измеряемый в кН/мм<sup>2</sup> при вдавливании цилиндрического стального стержня в образец породы до момента ее хрупкого разрушения в стандартных условиях. Классификация углей по разрушаемости приведена в табл. 2.

*Таблица 2. Классификация углей Донецкого бассейна по разрушаемости*

Категория углей по разрушаемости	Классы углей по сопротивляемости резанию, А		Марки углей и наиболее представительные районы их распространения
	хрупких	вязких	
Весьма слабые	I	-	Угли коксовых марок и весьма слабые антрациты Донбасса
Слабые	II	-	Некоторые антрациты и угли коксовых марок Донбасса
Средней крепости	III	II	Антрациты и некоторые угли коксовых марок Донбасса
Выше средней крепости	IV	III	Угли марок Г, Д и некоторые антрациты Донбасса
Крепкие	V	IV	Угли марок Г, Д Донбасса
Весьма крепкие	-	V-VI	Угли марок Г, Д Донбасса
Особо крепкие	-	VII-VIII	Некоторые угли марок Г, Д Донбасса; угли марок Г, Д Донбасса

*Выбор технологии разрушения горных пород предопределяется совокупностью природных свойств этих пород. Знание основных свойств позволяет применять наиболее эффективные и безопасные способы разрушения.*

#### ***Контрольные вопросы***

1. На какие виды трещиноватости разделяются горные породы?
2. В чем заключается положительное и отрицательное значение трещиноватости?
3. Какими показателями характеризуются твердость и крепость горных пород?
4. Что такое хрупкость и вязкость горных пород и каково их значение для процесса раз-рушения пород?
5. В чем заключается сущность абразивности горных пород и ее роль в процессах разрушения пород при их транспортировке?
6. Какие свойства горной породы характеризуют ее сопротивляемость проникновению инструмента?

## Литература

1. Егоров П.В. Основы горного дела: Учебник для вузов. / П.В. Егоров, Е.А. Бобер, Ю.Н. Кузнецов, Е.А. Косьминов, С.Е. Решетов, Н.Н. Красюк. М.: Изд-во МГГУ, 2006.
2. Кузьмин Е.В.. Основы горного дела. Учебник для вузов / Е.В. Кузьмин, М.М. Хайрутдинов, Д.К. Зенько М.: МГГУ, 2007.
3. Килячков А. П. Технология горного производства: Учеб. Для вузов.- 4-е изд., перераб. и доп.- М.: Недра, 1992.
4. Килячков А. П., Брайцев А. В. Горное дело. М.: Недра, 1989.
5. Заплавский Г.А., Лесных В.А. Горные работы, проведение и крепление горных выработок, М. Недра, 1986.
6. Борисов С. С. Горное дело. М.: Недра, 1988.
7. Васючков Ю.Ф. Горное дело. М: Недра, 1990.
8. Брылов С.А. Горное дело, М. Недра, 1975.
9. Заплавский Г.А. Технология подготовительных и очистных работ: М.,Недра, 1989.
10. Некрасовский Я.З. «Основы технологии горного производства», М. Недра, 1981.
11. Кашеев В.Д. Ковальчук А.Б. «Горное дело», М. Недра, 1979