



Негосударственное частное образовательное учреждение
высшего образования
«Технический университет УГМК»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К ВЫПОЛНЕНИЮ
ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

ФИЗИКА ГОРНЫХ ПОРОД

Специальность	<u>21.05.04 Горное дело</u>
Специализация	<u>Подземная разработка рудных месторождений</u>
Уровень высшего образования	<u>Специалитет</u> <i>(бакалавриат, специалитет, магистратура)</i>
Квалификация выпускника	<u>горный инженер (специалист)</u>

Автор - разработчик: Казак О. О., канд. техн. наук, доцент
Рассмотрено на заседании кафедры разработки месторождений полезных ископаемых
Одобрено Методическим советом университета 30 июня 2021 г., протокол № 4

г. Верхняя Пышма
2021

Основные задачи исследования физики горных пород: изучение свойств горных пород; прогнозирование изменчивости свойств пород в зависимости от их состава, строения и влияния физических полей; установление взаимосвязи свойств пород и их влияния на процессы горной технологии; исследование физических процессов горной технологии, связанных с воздействием на породный массив.

Практическая работа № 1.

Определение плотностных свойств горных пород

Плотностные параметры горных пород применяются в геомеханике для косвенного определения различных физических свойств и в практике горного дела для подсчета количества полезного ископаемого или породы в определенном объеме массива. Весовые параметры используются при расчетах горного давления, транспортных средств и др.

Определение минералогической плотности горных пород, характеризующей массу единицы объема твердой фазы минерального вещества (или породы без пор и пустот, т.е. в абсолютно плотном состоянии), сводится к нахождению массы пробы породы и объема жидкости, соответствующего объему твердой фазы породы в пробе. Для этого используют пикнометр – узкогорлый сосуд определенной емкости, имеющий метку на горлышке, до которой сосуд наполняют жидкостью перед взвешиванием.

Большинство горных пород имеют минералогическую плотность

$$\rho_0 = (2,5 \div 4,0) \times 10^3 \text{ кг/м}^3.$$

Кроме плотностных параметров твердой фазы пород широко используются плотностные параметры пород в их естественном состоянии, т.е. вместе с порами и пустотами, такие как средняя плотность (или просто плотность) породы и удельный вес породы в естественном состоянии.

Средняя плотность породы ρ , кг/м³, на образцах правильной формы определяется путем тщательного измерения размеров образцов и вычисления их объемов V , м³, и массы τ в естественном состоянии, то есть вместе с пустотами и порами, а вычисляется как частное от деления массы образца на его объем:

$$\rho = \tau/V.$$

Средняя плотность большинства горных пород находится в пределах от $1,5 \times 10^3$ до $3,5 \times 10^3$ кг/м³. Средняя плотность породы может быть определена на образцах неправильной формы методом гидростатического взвешивания. Для этого предварительно высушенные и взвешенные образцы насыщают водой или, если породы имеют значительную пористость либо растворимы в воде, образцы покрывают слоем парафина и затем взвешивают их на воздухе и в воде. По разности результатов этих взвешиваний определяют массу воды в объеме образцов, численно равную этим объемам, и, зная массу сухих образцов до водонасыщения или парафинирования, вычисляют среднюю плотность пород.

Практическое задание

Определить величину свойств горных пород по результатам измерений составляющих параметров.

Сравнить полученные результаты с кадастровыми характеристиками данных горных пород.

В соответствии с заданием рассчитать характеристики технологических процессов горного производства, используя полученные в опыте результаты.

Устные вопросы по теме практического задания:

Описать теоретические основы формирования исследуемых характеристик горных пород.

Охарактеризовать технологию и технику проведения эксперимента.

Дать анализ полученных результатов.

Результатом успешного выполнения практического задания считается умение выполнять экспериментальные исследования плотностных свойств горных пород.

Практическая работа № 2.

Построение паспорта прочности горных пород

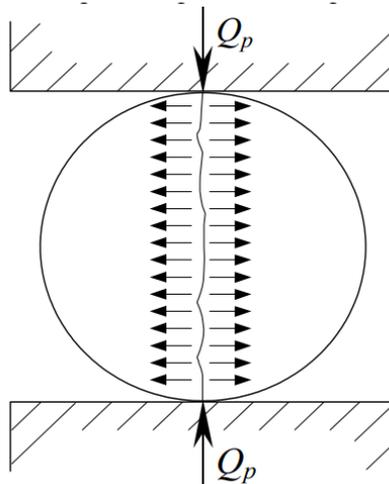
Прочность горных пород, характеризующая их способность сопротивляться разрушению, является важным разделом геомеханики и имеет решающее значение во многих процессах горного производства.

Прочность горных пород характеризуется пределами прочности, называемыми также сопротивлением пород: при сжатии – $\sigma_{сж}$, кН, растяжении – $\sigma_{р}$, кН, сдвиге – $\tau_{сдв}$, кН, и т.д. Пределы прочности представляют собой напряжения, равные отношению разрушающего усилия Q , кН, к начальной площади сечения S , см^2 .

Наиболее точными и распространенными методами определения пределов прочности горных пород являются методы испытаний образцов правильной формы. Но, вместе с тем, это наиболее трудоемкие методы.

Предел прочности горной породы при растяжении в соответствии с ГОСТ-21153.2-75 определяют методом диаметрального сжатия цилиндрического образца.

Метод диаметрального сжатия заключается в разрушении образцов усилиями, приложенными перпендикулярно противоположным образующим цилиндрического образца (рис. 1). При такой схеме нагружения в образце возникают растягивающие напряжения, разрывающие его по диаметральной плоскости в продольном сечении. Испытания, как при сжатии, так и при растяжении, проводят не менее чем на десяти образцах каждой породы.



Построение паспорта прочности

Паспорт прочности горной породы - это универсальное графическое построение, широко используемое в геомеханике для оценки прочности породы в сложном напряженном состоянии, анализа процессов механики подземных сооружений, управления массивами горных пород и горным давлением.

Согласно теории прочности Мора разрушение породы наступает тогда, когда либо касательные напряжения τ , действующие по площадке разрушения, превысят некоторое предельное значение τ_n , либо, когда при $\tau=0$ нормальные растягивающие напряжения превысят предел прочности при растяжении σ_r .

Графически зависимость между предельными нормальными σ_n и касательными τ_n напряжениями, действующими по площадке разрушения, изображается в виде линии, касательной ко всем наибольшим (предельным) кругам напряжений. Эта линия называется огибающей предельных кругов напряжений. Такое графическое построение и называют паспортом прочности горной породы.

Паспорт прочности может быть построен по результатам экспериментального определения пределов прочности данной породы при различных напряженных состояниях, в том числе и всесторонних. Однако этот метод требует большого числа сложных опытов.

Более простой способ - построение паспорта прочности по результатам экспериментального определения только двух пределов прочности породы: при одноосных сжатии $\sigma_{сж}$ и растяжении $\sigma_{р}$ и с использованием эмпирических уравнений, с достаточной точностью описывающих зависимость между предельными значениями $\sigma_{п}$ и $\tau_{п}$, МПа. Одно из таких уравнений огибающей в форме параболы имеет вид:

По результатам эксперимента вычисляют средние значения модулей полных, упругих и пластических деформаций, исходя из того, что полная деформация равна сумме упругих и пластических деформаций и происходит при нагружении образца; при разгрузке же происходит только упругая деформация, а величина пластической деформации равна разности деформаций нагружения и разгрузки.

При известных значениях $\sigma_{сж}$ и $\sigma_{р}$, МПа, уравнение (7) можно привести к более простому виду:

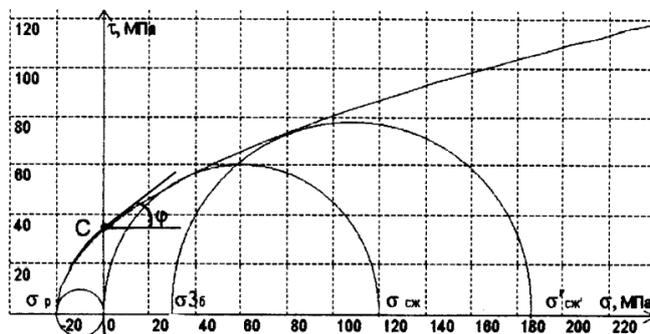
$$(\sigma_{п}, \tau_{п}) = K + \sigma_{р} \sigma_{сж} \sigma_{п} \tau_{п} = + \quad (8)$$

где K – постоянная для данной породы часть уравнения (7),

$$K = 2\sigma_{р} - 2\sigma_{р} (\sigma_{р} + \sigma_{сж}) + \sigma_{сж}.$$

После определения K , подставляют в формулу (8) различные значения $\sigma_{п}$ и вычисляют соответствующие значения $\tau_{п}$. Определив координаты $\sigma_{п}$ и $\tau_{п}$ для 12–15 точек огибающей, наносят их на координатную сетку, соединяют плавной кривой и, таким образом, получают паспорт прочности данной породы. При вычислениях величины $\tau_{п}$ следует принимать несколько фиксированных значений $\sigma_{п}$: $\sigma_{п1} = -\sigma_{р}$; $\sigma_{п2} = -0.5\sigma_{р}$; $\sigma_{п3} = 0$ и наибольшее значение $\sigma_{п} = 14 \cdot 2\sigma_{сж}$. Остальные величины $\sigma_{п}$ в диапазоне от 0 до $2\sigma_{сж}$ принимаются произвольно.

При построении графика огибающей необходимо принимать одинаковый масштаб по координатным осям $\sigma_{п}$ и $\tau_{п}$ (см. рис.2.).



Практическое задание

Определить величину свойств горных пород по результатам измерений составляющих параметров.

Сравнить полученные результаты с кадастровыми характеристиками данных горных пород.

В соответствии с заданием рассчитать характеристики технологических процессов горного производства, используя полученные в опыте результаты.

Устные вопросы по теме практического задания:

Описать теоретические основы формирования исследуемых характеристик горных пород.

Охарактеризовать технологию и технику проведения эксперимента.

Дать анализ полученных результатов.

Результатом успешного выполнения практического задания считается умение выполнять экспериментальные исследования прочностных свойств горных пород.

Практическая работа № 3.

Определение электрического сопротивления горных пород

Электропроводность определяет процесс переноса зарядов в горной породе. Показатель, характеризующий количество элементарных зарядов, проходящих через единичную площадку в единицу времени, называется плотностью электрического тока \vec{j} . Он складывается из тока проводимости $\vec{j}_{\text{пр}}$, определяемого направленным движением электронов и ионов, и тока смещения $\vec{j}_{\text{см}}$, обусловленного смещением электронных орбит под действием поля:

$$\vec{j} = \vec{j}_{\text{пр}} + \vec{j}_{\text{см}}.$$

Прохождение электрического тока через горные породы может осуществляться с переносом вещества (ионная проводимость) и без переноса вещества (электронная и дырочная проводимость). Ток проводимости – прямо пропорционален напряженности $E_{\text{э}}$ электрического поля:

$$\vec{j}_{\text{пр}} = \sigma_{\text{э}} \vec{E}_{\text{э}}$$

где $\sigma_{\text{э}}$ – удельная электропроводность, См/м (Сименс на метр).

Обратная величина называется удельным электрическим сопротивлением, Ом·м:

$$\rho_{\text{э}} = \frac{1}{\sigma_{\text{э}}} = R_{\text{v}} \frac{S}{h},$$

где R_{v} – полное электрическое сопротивление горной породы;

S – площадь сечения образца;

h – база измерения (толщина образца).

По величине и характеру электропроводности все горные породы делятся на проводники, полупроводники и диэлектрики. С позиций квантовой механики такое деление объясняется различием в энергетической схеме кристаллов. В проводниках (рудах металлов) с энергетической точки зрения зона проводимости непосредственно примыкает к валентной зоне. Поэтому внешние электроны легко переходят в зону проводимости и участвуют в переносе зарядов. В этом случае плотность тока определится выражением:

$$\vec{j} = q n V,$$

где q – величина заряда электрона;

n – концентрация электронов проводимости в породе;

V – средняя скорость дрейфа электронов.

$$V = \alpha r = \frac{q E_{\text{э}}}{m} r,$$

где α – ускорение электрона в электрическом поле;

r – время релаксации, т.е. половина времени между двумя последовательными столкновениями электронов;

m – эффективная масса электрона.

Тогда из последних двух выражений:

$$\vec{j} = \frac{q^2 n r}{m} \vec{E}_3 .$$

Это уравнение представляет собой закон Ома в дифференциальной форме, где коэффициентом пропорциональности между плотностью тока и напряженностью поля служит *удельная электропроводность*:

$$\sigma_3 = \frac{q^2 n r}{m} .$$

Отсюда следует, что электропроводность проводников прямо пропорциональна времени релаксации r , которое зависит от рассеивания электронов на тепловых колебаниях решетки (фононах), примесях, точечных и линейных дефектах. С увеличением температуры горных пород число дефектов возрастает, время релаксации уменьшается и, следовательно, электропроводность проводников падает.

Подавляющее большинство горных пород относится к классу полупроводников. Здесь ширина запрещенной зоны, т.е. энергия, необходимая для перехода электрона из валентной зоны в зону проводимости, составляет от 1 до 3 эВ. Отдельные электроны за счет флуктуации энергии оказываются способными преодолеть этот барьер и перейти в зону проводимости. При этом в валентной зоне остается свободный уровень – «дырка», которая также участвует в процессе электропроводности. Такой механизм носит название собственной проводимости.

Для горных пород, имеющих, как правило, сложный состав, большую роль играет примесная проводимость. Она заключается в том, что примесный атом (донор) поставляет лишний электрон или (акцептор) забирает его из любой соседней насыщенной связи, образуя «дырку» в валентной зоне. При этом достаточно энергии в сотые доли эВ, чтобы такой электрон или «дырка» могли участвовать в процессе электропроводности. Такая проводимость определяется концентрацией соответствующих зарядов n и их подвижностью u :

$$\sigma_3 = q n u .$$

В горных породах – диэлектриках запрещенная зона имеет ширину от 3 до 8 эВ, что препятствует проникновению электронов в зону проводимости. Поэтому проводимость диэлектриков чисто ионная, т.е. сопровождается переносом массы.

При нагревании горных пород - полупроводников и диэлектриков за счет повышения энергии концентрация носителей заряда возрастает, что приводит к повышению величины электропроводности.

Существует большое разнообразие методов измерения электрического сопротивления горных пород, различающихся по величине приложенного к образцу электрического напряжения, по его виду (постоянное или переменное), по форме исследуемого образца, по числу измерительных электродов и т.д.

Наибольшее распространение получил двухэлектродный потенциометрический способ, позволяющий вести измерения в широком диапазоне электросопротивлений с помощью серийно выпускаемой аппаратуры (омметры) как в лабораторных, так и в производственных условиях.

Схема измерений представлена на рис. Образец горной породы в виде диска или пластины закрепляется в специальном зажиме с измерительными электродами. При высоком удельном электросопротивлении пород существенную роль могут играть поверхностные токи, проходящие между электродами по поверхности образца. Чтобы исключить влияние поверхностных токов, на образец накладываются дополнительные электроды – охранные кольца.

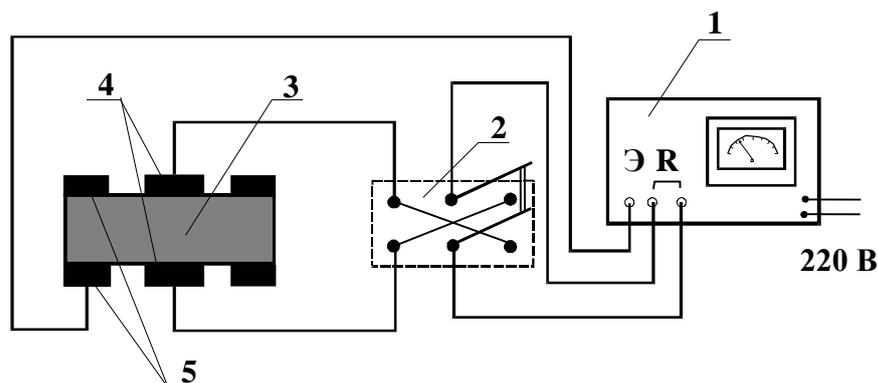


Рис. Схема измерения удельного электросопротивления горных пород:
 1 – омметр; 2 – переключатель полярности; 3 – образец породы;
 4 - измерительные электроды; 5 – охранные кольца

На точности измерений электросопротивления заметно сказывается качество контакта между электродами и исследуемым образцом. Наивысшая точность достигается при нанесении в качестве электродов на поверхность образца серебряного или алюминиевого слоя путем распыления соответствующего материала в вакууме. Хорошие результаты можно получить также путем использования графитовых электродов, нанесенных на поверхность образца.

Протекание тока через образец в начальный момент связано с поляризационными процессами. Это вызывает появление токов смещения. Кроме того, у поверхности электродов со стороны образца в некоторых случаях образуются так называемые слои высокого сопротивления, обусловленные перемещением зарядов за счет контактной разности потенциалов на границе двух разнородных материалов (электрода и образца). Ток смещения и наличие слоев высокого сопротивления искажают результаты определения истинного сопротивления горных пород.

Чтобы исключить эти погрешности, измерения производят при двух взаимно противоположных направлениях протекания тока через образец. При этом первый отсчет берут через несколько минут после включения схемы при установившемся поле. Величина тока проводимости в этом случае определяется выражением:

$$I_{\text{пр}} = \frac{I_{(+)} + I_{(-)}}{2} = \frac{U}{R_V}$$

или

$$\frac{U}{R_V} = \frac{U / R_{(+)} + U / R_{(-)}}{2},$$

где $I_{(+)}$ и $R_{(+)}$ – электрический ток и сопротивление при прямой полярности после установления поля;

$I_{(-)}$ и $R_{(-)}$ – то же после переключения полярности на обратную;

U – приложенное к образцу напряжение;

R_V – электрическое сопротивление образца.

Из последнего выражения, учитывая постоянство приложенного к образцу напряжения, следует:

$$R_V = \frac{2 R_{(+)} \cdot R_{(-)}}{R_{(+)} + R_{(-)}}.$$

По величине электрического сопротивления горные породы чрезвычайно изменчивы – от хорошо проводящих до практически идеальных диэлектриков. Причем даже тонкие

пропластки рудного материала могут сделать горную породу-диэлектрик хорошим проводником тока.

Практическое задание

Определить величину свойств горных пород по результатам измерений составляющих параметров.

Сравнить полученные результаты с кадастровыми характеристиками данных горных пород.

В соответствии с заданием рассчитать характеристики технологических процессов горного производства, используя полученные в опыте результаты.

Устные вопросы по теме практического задания:

Описать теоретические основы формирования исследуемых характеристик горных пород.

Охарактеризовать технологию и технику проведения эксперимента.

Дать анализ полученных результатов.

Результатом успешного выполнения практического задания считается умение выполнять экспериментальные исследования электрического сопротивления горных пород.

Практическая работа № 4.

Определение диэлектрических характеристик горных пород

Главной характеристикой электрического поля является его напряженность, которая представляет собой отношение силы, действующей на заряд, к величине этого заряда $E_{\Sigma} = F/q$, В/м. В свою очередь, в соответствии с законом Кулона сила взаимодействия двух зарядов q_1 и q_2 обратно пропорциональна квадрату расстояния r между ними:

$$F = \frac{q_1 q_2}{4\pi \epsilon_a r^2}.$$

Абсолютная диэлектрическая проницаемость:

$$\epsilon_a = \epsilon \epsilon_0,$$

Здесь $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м является электрической постоянной, а ϵ - называется относительной диэлектрической проницаемостью, характеризующей свойства среды (горной породы), в которой взаимодействуют заряды. В вакууме $\epsilon = 1$. Если рассмотреть силовые характеристики электрического поля в вакууме (о) и в горной породе (гп), то из предыдущих уравнений следует:

$$\epsilon = \frac{F_o}{F_{гп}} = \frac{E_o}{E_{гп}}.$$

Таким образом, относительная диэлектрическая проницаемость показывает, во сколько раз напряженность электрического поля в горной породе меньше, чем в вакууме. Уменьшение напряженности поля в горной породе вызвано процессами ее поляризации и в этом качестве относительная диэлектрическая проницаемость является мерой поляризации горных пород:

$$\epsilon = 1 + \frac{\vec{P}}{\epsilon_0 E_{\Sigma}},$$

где P – вектор поляризации.

Под поляризацией понимают процесс разделения зарядов, в результате которого образуется объемный дипольный электрический момент горной породы. Вектор этого момента направлен против внешнего поля и тем самым ослабляет его. В горных породах выделяют следующие виды поляризации.

1. Электронная поляризация определяется смещением электронных орбит в поле относительно положительно заряженного ядра (рис. 4.2). Она происходит в любых телах практически мгновенно. Время срабатывания данного механизма (время релаксации) $t_э = 10^{-15}$ с.

2. Ионная поляризация обусловлена смещением разноименно заряженных ионов в электрическом поле в пределах упругости решетки. Время срабатывания $t_и = 10^{-14} - 10^{-12}$ с.

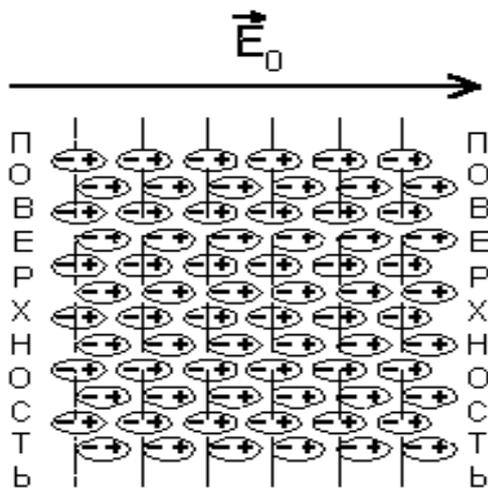


Рис. Схема электронной поляризации

3. Дипольная поляризация определяется ориентированием полярных молекул (например, молекул воды) в электрическом поле, за счет чего создается суммарный электрический момент, направленный против внешнего поля. Данный механизм присущ горным породам, молекулы которых уже имеют дипольный момент, но в отсутствие внешнего поля хаотично ориентированный. Электрическое поле разворачивает такие молекулы на некоторый (очень небольшой) угол (рис.). Время релаксации – $t_д = 10^{10} - 10^7$ с.

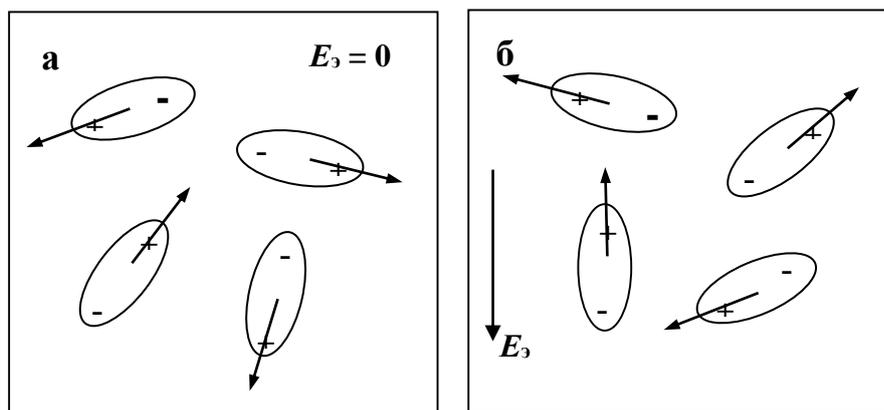


Рис. Ориентирование полярных молекул

4. Макроструктурная (миграционная) поляризация происходит вследствие элементарных токов в токопроводящих включениях горной породы (рис.). В отдельных зернах проводников (металлов) или полупроводников имеются свободные носители заряда (электроны или ионы). Под действием электрического поля эти заряды перемещаются за счет механизмов электропроводности в пределах отдельного зерна. За счет этого каждое такое зерно приобретает дипольный момент, т.е. проявляет себя как большой диполь. Время завершения этого вида поляризации составляет $t_{МС} = 10^{-6} - 10^{-3}$ с.

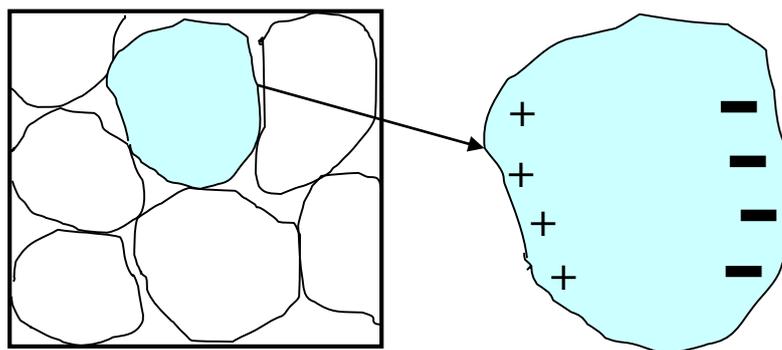


Рис. Механизм макроструктурной поляризации

5. Электрохимическая поляризация вызывается любыми химическими процессами, возникающими при прохождении тока по горным породам и связанными с разделением зарядов. К таким процессам можно отнести окислительно-восстановительные реакции, электролиз, электроосмос и др. Это самый медленный вид поляризации, для завершения которого требуются, подчас, десятки минут.

Способность горных пород поляризоваться во многом зависит от их состава. Так, повышенной диэлектрической проницаемостью обладают руды металлов, где заметный вклад вносит макроструктурная поляризация. Резко возрастает диэлектрическая проницаемость при увлажнении пород поскольку для воды $\epsilon = 80$, что на порядок превышает данную величину для горных пород – диэлектриков.

Практическое задание

Определить величину свойств горных пород по результатам измерений составляющих параметров.

Сравнить полученные результаты с кадастровыми характеристиками данных горных пород.

В соответствии с заданием рассчитать характеристики технологических процессов горного производства, используя полученные в опыте результаты.

Устные вопросы по теме практического задания:

Описать теоретические основы формирования исследуемых характеристик горных пород.

Охарактеризовать технологию и технику проведения эксперимента.

Дать анализ полученных результатов.

Результатом успешного выполнения практического задания считается умение выполнять экспериментальные исследования диэлектрических характеристик горных пород.

Практическая работа № 5.

Определение магнитных свойств горных пород

Магнитные свойства горных пород широко используют при разведке железорудных месторождений, обогащении магнитных руд, разрушении ферромагнитных горных пород, оценке напряженного состояния массивов и целиков на железорудных горных предприятиях. Их применяют также для контроля вещественного состава и влажности магнитных руд.

Магнитные свойства горных пород оказывают большое влияние на распространение в них электромагнитных волн.

Основными параметрами (характеристиками) магнитных свойств горных пород (веществ) являются магнитная проницаемость μ и магнитная восприимчивость H пород.

Все горные породы и минералы обладают в той или иной степени магнитными свойствами, т.е. они являются магнетиками. При внесении во внешнее магнитное поле они

намагничиваются и приобретают магнитный момент M , последний, в свою очередь, обусловлен наличием в породе элементарных магнитных моментов m_i .

По магнитным свойствам минералы и горные породы делят на диамагнитные (диамагнетики), парамагнитные (парамагнетики) и ферромагнитные (ферромагнетики).

Диамагнитными называют горные породы, у которых при отсутствии внешнего магнитного поля ($H = 0$) магнитный момент атомов и молекул равен нулю. Магнитная проницаемость диамагнетиков меньше единицы, т.е. $\mu < 1$.

Парамагнитными называют горные породы, атомы которых обладают магнитным моментом при отсутствии внешнего магнитного поля. Магнитная проницаемость парамагнитных горных пород (веществ) $\mu \geq 1$, $H > 0$.

Ферромагнитными называют горные породы, у которых целые объемы (домены) обладают магнитным моментом при отсутствии внешнего поля, у них $\mu \gg 1,0$; $H > 0$.

Магнитная проницаемость диамагнитных минералов и пород находится в пределах $\mu = 0,999836 \div 1,0$; парамагнитных $\mu = 1,0 \div 1,0064$; ферромагнитных $\mu = 1,0064 \div 6,5$.

Магнитные свойства горных пород зависят от их минерального состава (содержания ферромагнитных минералов), формы, размеров и взаимного расположения зерен, температуры, напряженности и частоты магнитного поля и других факторов.

При измерении магнитной восприимчивости ее истинные значения можно получить только на образцах кольцевой формы. Однако изготовление их из горных пород связано с техническими трудностями, поэтому на практике исследуют образцы цилиндрической или призматической формы. У таких образцов проявляется анизотропия магнитных свойств, определяемая их формой. Анизотропию объясняют действием размагничивающего поля, наведенного в образце.

Практическое задание

Определить величину свойств горных пород по результатам измерений составляющих параметров.

Сравнить полученные результаты с кадастровыми характеристиками данных горных пород.

В соответствии с заданием рассчитать характеристики технологических процессов горного производства, используя полученные в опыте результаты.

Устные вопросы по теме практического задания:

Описать теоретические основы формирования исследуемых характеристик горных пород.

Охарактеризовать технологию и технику проведения эксперимента.

Дать анализ полученных результатов.

Результатом успешного выполнения практического задания считается умение выполнять экспериментальные исследования магнитных свойств горных пород.

Практическая работа № 6.

Анализ исследования свойств горных пород и породных массивов

Практическое задание

Рассчитать доверительный интервал физико-механических характеристик горных пород.

Определить величину критериев проверки гипотез о равенстве дисперсий и средних значений свойств горных пород.

Установить взаимосвязь указанных в задании свойств горных пород.

Устные вопросы по теме практического задания:

Описать стандартные процедуры анализа экспериментальных исследований.

Охарактеризовать вероятностные оценки свойств горных пород.

Пояснить процедуру установления взаимосвязей свойств горных пород и породных массивов.

Результатом успешного выполнения практического задания считается умение выполнять анализ результатов исследования свойств горных пород и породных массивов.