

В. В. НАГАШЕТАН

## ИССЛЕДОВАНИЯ НЕКОТОРЫХ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГОРНЫХ ПОРОД АРМЯНСКОЙ ССР В ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЯХ

В работе приводятся результаты изменения удельного электрического сопротивления, диэлектрической проницаемости и потерь в горных породах Армянской ССР в высокотемпературных полях.

Установлено, что электропроводность горных пород в основном примесная и с повышением температуры увеличивается, а неравномерное увеличение диэлектрической проницаемости с повышением температуры объясняется образованием в породах новых квазидиполей с достаточно большими электрическими моментами. Диэлектрические потери имеют релаксационный характер, максимумы в области больших температур обусловлены образованием квазидиполей с большими электрическими моментами.

Проблема прогноза землетрясений требует всестороннего изучения физических свойств горных пород сейсмоактивных зон с целью установления их физических особенностей, взаимосвязей между различными свойствами горных пород и их геологическими особенностями.

Настоящая статья посвящена результатам исследований характера изменений электрических свойств горных пород в высокотемпературных полях.

§ 1. Исследования электрических свойств горных пород Армянской ССР.

1. Методика измерений электрических свойств горных пород при их нагреве.

а) Электропроводность.

Большинство горных пород являются плохими проводниками электрического тока, их можно включить в класс твердых ионных диэлектриков.

Электропроводность горных пород зависит от многих факторов: структуры, текстуры, влаги, температуры, давления и т. д. При выяснении электрических процессов, протекающих в горных породах, в каждом отдельном случае следует учитывать характерные (в электрическом отношении) особенности породы. Хотя из-за неравномерного распределения породообразующих минералов в блоках горной породы электрические параметры различных образцов, вырезанных из одного и того же блока, в количественном отношении могут сильно отличаться друг от друга, однако характер того или иного электрического процесса может быть одинаков.

В данных исследованиях использовались в основном породы: базальты, порфиристы и туфы Армянской ССР. Для измерения электропроводности использовались образцы в виде кубиков  $2,4 \times 2,4 \times 2,4$  см<sup>3</sup>. Исследовано 50 образцов горных пород.

Удельное электрическое сопротивление измерялось обычным методом, без использования охранных колец, поскольку предварительные измерения показали, что расхождение экспериментальных данных при использовании охранных колец и без них пренебрежимо мало. Внешние электроды, между которыми помещается образец, изготовлены из стальных пластин. Поверхности образцов, контактируемые с электродами, тщательно отшлифовывались. Плотный контакт электродов с образцом осуществлялся при помощи стальной струбцины, а электроды от выжимающей струбцины изолировались фарфоровыми изоляторами толщиной по 20 мм. Образец помещался в нагревательную печь типа ШП—1, дающую температуру до 1200°C.

Сопротивление образца измерялось омметром Е6—3 с диапазоном измерения  $1\text{K}\Omega \div 10\text{G}\Omega$ , а температура—обычной термпарой.

Как указывалось ранее, породы типа базальт, порфириты и туф можно рассматривать как твердые диэлектрики, поэтому при теоретических расчетах будем подходить к горным породам, как к обыкновенным твердым диэлектрикам [6].

Известно, что

$$\rho_T = \rho_\infty e^{\frac{\Theta}{KT}}, \quad (1)$$

где  $\rho_T$  — удельное электрическое сопротивление при температуре  $T$ ;  $\rho_\infty$  — удельное электрическое сопротивление при бесконечной температуре;  $\Theta$  — ширина запрещенной зоны (или энергии активизации);  $K$  — постоянная Больцмана ( $K = 1,38 \times 10^{-23}$  Дж/град);  $T$  — температура породы по Кельвину.

Имея экспериментальную зависимость  $\rho_T = f(1/T)$  и пользуясь теоретической зависимостью (1), можно определить как  $\rho_\infty$ , так и  $\Theta$ .

Действительно, логарифмируя (1), имеем:

$$\ln \rho_T = \ln \rho_\infty + \frac{\Theta}{KT}. \quad (2)$$

Дифференцируя (2) по  $1/T$ , получим

$$\frac{d \ln \rho_T}{d(1/T)} = \frac{\Theta}{K} \quad \text{или} \quad \Theta = K \frac{d \ln \rho_T}{d(1/T)}. \quad (3)$$

Следовательно, по экспериментальным данным, построив график зависимости  $\ln \rho_T$  от  $1/T$  по тангенсу угла наклона в любой точке, можно определить  $\Theta$ .

$$\Theta = \text{tg} \alpha. \quad (4)$$

Зависимость (2) показывает, что при  $\Theta = \text{const}$  от  $1/T$  зависит линейно, т. е. при любой температуре  $\text{tg} \alpha = \text{const}$ .

Поскольку горная порода является многофазным телом со сложной структурой, то возможно, что  $\Theta$  зависит от  $T$ . Следует отметить, что в последнем случае в некотором смысле  $\rho_\infty$  теряет смысл, однако в большинстве случаев зависимость  $\rho$  от  $1/T$  линейная, а расхождение от линейности практически очень мало.

Так что, во всех случаях в пределах экспериментальной точности можно положить  $\rho_\infty = \text{const}$ .

Таким образом, по (3) или (4), вычисляя  $\Theta$  и используя (2), можно определить  $\rho_\infty$ .  $\rho_\infty$  не является существенным параметром, поэтому мы ограничивались определением  $\Theta$  для каждой породы.

### Результаты измерений

На рис. 1,2 приведены графики изменения  $\ln \rho_T$  от  $T$  пород типа базальта и туфа Ленинаканского района. Как видно из приведенных графиков, экспериментальные кривые расходятся от теоретической зависимости (2) в области температур от комнатной до  $150 \div 200^\circ\text{C}$ . В области же больших температур ( $200^\circ\text{C}$  и выше) экспериментальные результаты находятся в хорошем согласии с предсказанием теории (зависимость (2)). В области температур до  $200^\circ\text{C}$  происходит полное удаление влаги, что влечет за собой увеличение удельного электрического сопротивления породы.

Действительно, электрическое сопротивление влаги гораздо меньше\*, чем сопротивление скелета породы и удаление влаги гораздо

\* Следует иметь в виду, что в горных породах в большинстве случаев влага находится в виде раствора.

сильнее влияет на увеличение суммарного удельного электрического сопротивления, чем уменьшение по закону (2). Правильность данного объяснения утверждают графики повторных испытаний, при которых не наблюдается указанное увеличение  $\rho$ , поскольку при повторном испытании в образце влага почти отсутствует. Если даже при некоторых испытаниях в области малых температур наблюдается незначительное увеличение  $\rho$ , то опять таки это является результатом гигроскопичности пород. Проводимость таких горных пород как базальт и туф можно считать ионной, а следовательно, основную роль в процессе протекания электрического тока играют примеси слабосвязанных ионов. Из-за сложного минерального состава каждой породы невозможно привести детальное количественное объяснение всех экспериментальных результатов, однако качественные характеристики приведенных кривых могут служить основой для объяснения основных процессов, протекающих в горных породах.

В таблице 1 приведены величины энергии активации  $\theta$  базальта и туфа, вычисленные по графикам зависимости  $\rho_r$  от  $1/T$ . Очевидно, что в данном случае мы ограничивались уменьшением  $\rho$  выше температур  $200^\circ\text{C}$ , когда вклад влаги в величину электропроводности пренебрежимо незначителен.

Таблица 1

Значения энергии активации

Тип породы	Энергия активации в дж. 1-е испытание	Энергия активации в дж. 2-е испытание
Базальт	$0,949 \times 10^{-19}$	$1,65 \times 10^{-19}$
Туф	$1,4 \times 10^{-19}$	$0,58 \times 10^{-19}$

Естественно было ожидать, что  $\theta \sim KT$ , поскольку ионы активизируются (превращаются в электропроводящие частицы именно за счет тепловой энергии).

По современным представлениям, электропроводность кристаллов в основном обусловлена примесными ионами, присутствие которых в материнском кристалле приводит к искажению кристаллической решетки, а следовательно, и энергия взаимодействия между ионами. Энергия активации примесных ионов немного меньше, чем энергия активации основных ионов, поэтому в низкотемпературной области проводимость кристаллов в основном примесная, тогда как в высокотемпературной области из-за тепловых флуктуаций основные ионы также могут участвовать в процессе электропроводности.

Однако, горные породы содержат достаточное количество примесей для того, чтобы их высокая концентрация всегда брала на себя внешне подводимую энергию. При больших концентрациях примесей электропроводность до температуры  $500^\circ\text{C}$  можно считать примесной.

Таким образом, мы можем предполагать, что электропроводность полностью обусловлена примесными ионами\*.

Результаты, приведенные в таблице 1, показывают, что при повторном нагревании энергия активации изменяется. Видимо, такое изменение обусловлено окислением или образованием новых примесных ионов внешних электродов. В первом случае энергия активации увеличивается, во втором — уменьшается. Изменение энергии активации математически эквивалентно изменению числа электропроводящих ионов.

Исходя из экспериментального значения энергии активации, можно вычислить число окисленных или вновь образовавшихся ионов.

\* Отметим, что при приблизительно равном содержании нескольких порообразующих минералов вообще трудно выделить материнский кристалл.

По теории Больцмана.

$$n_1 = n_0 e^{-\frac{\theta_1}{KT}}$$

$$n_2 = n_0 e^{-\frac{\theta_2}{KT}},$$

где  $n_0$ —число ионов в единице объема,

$n_1, n_2$ —число электропроводящих ионов в единице объема, имеющих энергию активации  $\theta_1$  и  $\theta_2$  соответственно

$$\Delta n = n_1 - n_2 = n_0 (e^{-\frac{\theta_1}{KT}} - e^{-\frac{\theta_2}{KT}})$$

или

$$\Delta n = n_0 e^{-\frac{\theta_1}{KT}} (1 - e^{-\frac{\theta_2 - \theta_1}{KT}}), \quad (5)$$

поскольку  $\theta_2 - \theta_1 \ll KT$ , то  $e^{-\frac{\theta_2 - \theta_1}{KT}}$  можно разложить в ряд по  $\frac{\theta_2 - \theta_1}{KT}$  и ограничиться первыми двумя членами. Получим:

$$\Delta n = n_0 e^{-\frac{\theta_1}{KT}} \cdot \frac{\theta_2 - \theta_1}{KT}.$$

Если  $\theta_2 > \theta_1$ , то  $\Delta n < 0$ , т. е. имеет место окисление, если же  $\theta_2 < \theta_1$ , то в породе образуются новые электропроводящие примесные ионы.

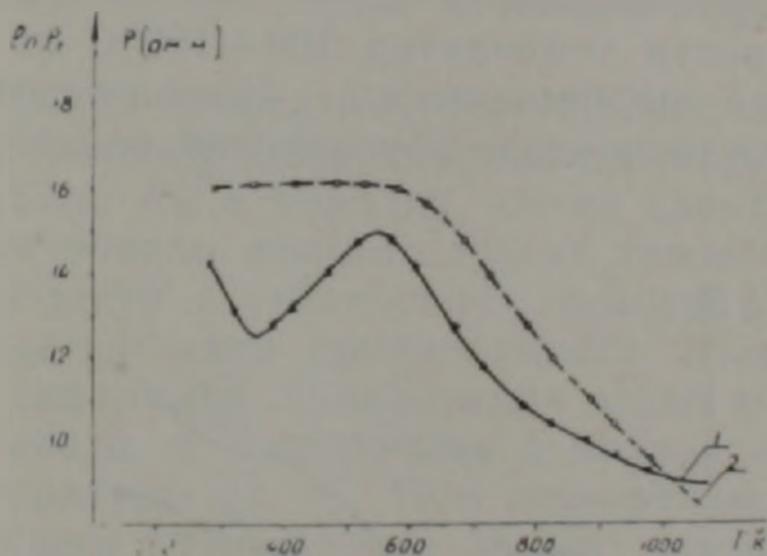


Рис. 1. Зависимость  $\rho_{sp}$  от  $T^{\circ}K$  (базальт).  
1—Первое испытание; 2—повторное испытание.

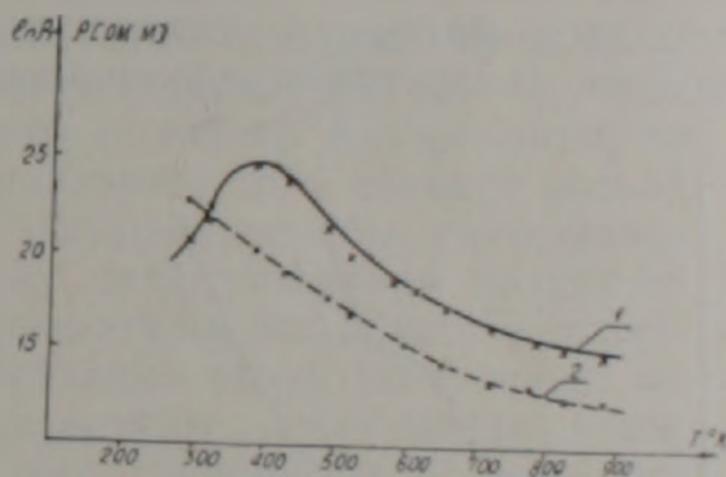


Рис. 2. Зависимость  $\rho_{sp}$  от  $T^{\circ}K$  (туф).  
1—Первое испытание; 2—повторное испытание.

Вышеизложенное наглядно видно из графиков (рис. 1 и 2). На рис. 1 увеличению энергии активации соответствует уменьшение удельного электрического сопротивления (повторное испытание), что математически можно истолковать как уменьшение числа электропроводящих ионов. Для туфа имеет место обратная картина. Выражение (5) показывает, что с повышением  $T$ ,  $\Delta n$  уменьшается. Это значит, что с увеличением  $T$  должно наблюдаться уменьшение  $\rho_T - \rho_{повт.}$ , что действительно имеет место (рис. 1 и 2).

## § 2. Диэлектрическая проницаемость и диэлектрические потери

Как электропроводность, так и диэлектрическая проницаемость и потери в горных породах зависят от многих факторов. На диэлектрические свойства породы сильно влияет влага. Диэлектрические свойства (диэлектрическая проницаемость и потери) часто измеряют обычными резонансными методами. Принцип работы резонансного метода заключается в следующем. Измеряем добротность ( $Q_0$ ) и емкость ( $C_0$ )

колебательного контура без образца, приведенного в резонанс с питающим генератором при помощи настроечного конденсатора  $C$ . Затем измеряются аналогичные величины ( $Q_1, C_1$ ) при параллельном соединении конденсатора с образцом к контуру. Диэлектрическая проницаемость и тангенс угла диэлектрических потерь вычисляются по формулам:

$$\varepsilon = \frac{\Delta C \cdot d}{\varepsilon_0 \cdot S} \quad \text{и} \quad \operatorname{tg} \delta = \frac{C_0 \cdot \Delta Q}{\Delta C \cdot Q_0 Q_1},$$

где  $\Delta C = C_0 - C_1$ ;  $\Delta Q = Q_0 - Q_1$ ,

где  $d$  — толщина образца,  $S$  — площадь образца,  $\varepsilon_0$  — диэлектрическая постоянная воздуха ( $\varepsilon_0 = 8,885 \times 10^{-12} \text{ Ф}$ ),  $Q_0$  — добротность контура без образца,  $Q_1$  — добротность контура с образцом,  $C_0$  — емкость контура без образца,  $C_1$  — емкость контура с образцом.

Измерителем параметров контура служил  $Q$ -метр типа Е9—4.

Образцы вырезались в виде пластин толщиной 5—6 мм и площадью  $24 \times 24 \text{ мм}^2$  и  $15 \times 15 \text{ мм}$ . При таком выборе размеров образцов можно пренебречь краевыми эффектами и образец с внешними электродами считать плоским конденсатором [4].

### Обсуждение результатов

Результаты измерений приведены на графиках рис. 3, 4, 5, где показаны зависимости  $\varepsilon$  и  $\operatorname{tg} \delta$  от  $T$  пород типа порфирит Кафанского района. Кривые 1 относятся к первому испытанию, а кривые 2 — ко второму. Из графиков диэлектрической проницаемости видно, что во всех случаях при первом испытании в области температур  $100 \div 150^\circ \text{C}$  наблюдается максимум диэлектрической проницаемости. Повышенное значение диэлектрической проницаемости породы обусловлено влагой,

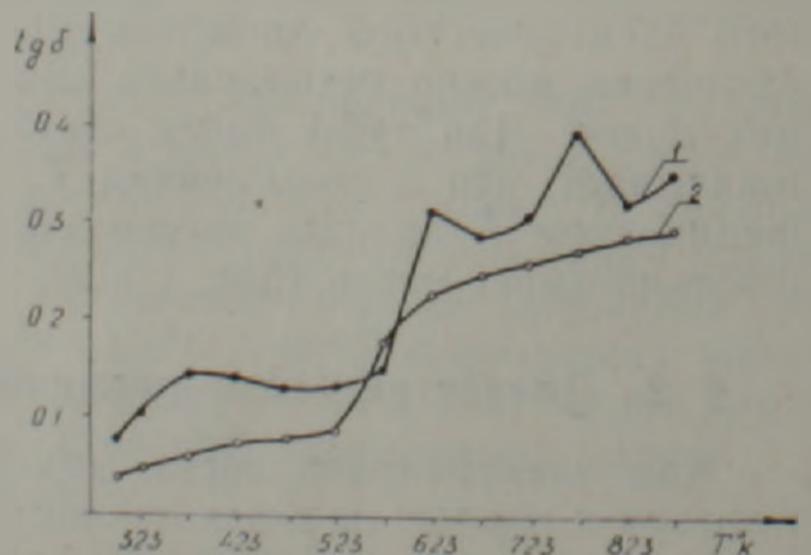
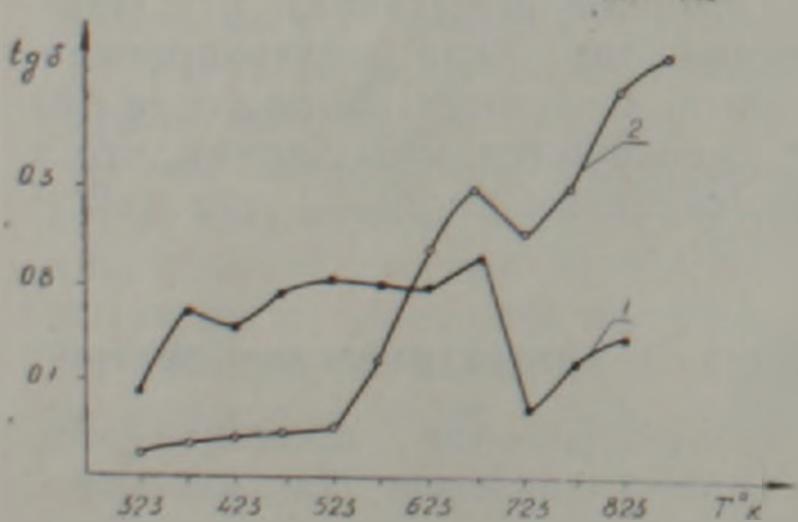
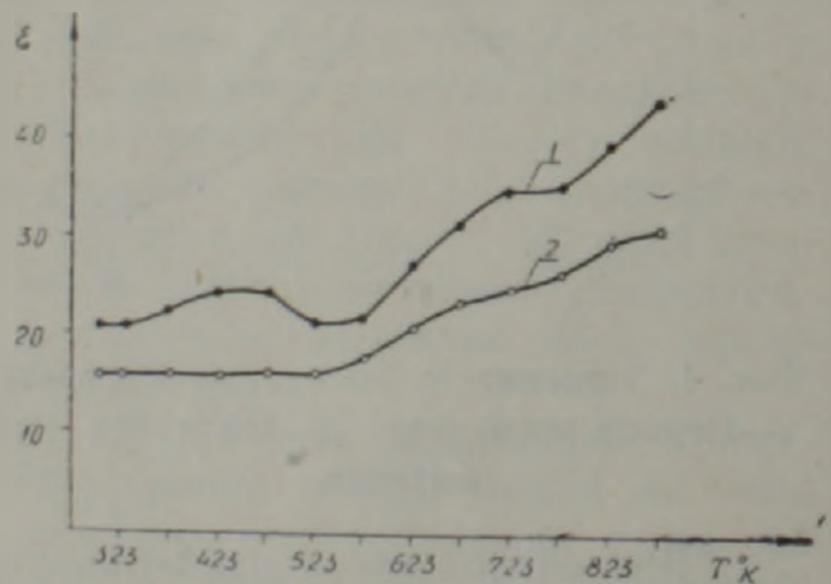
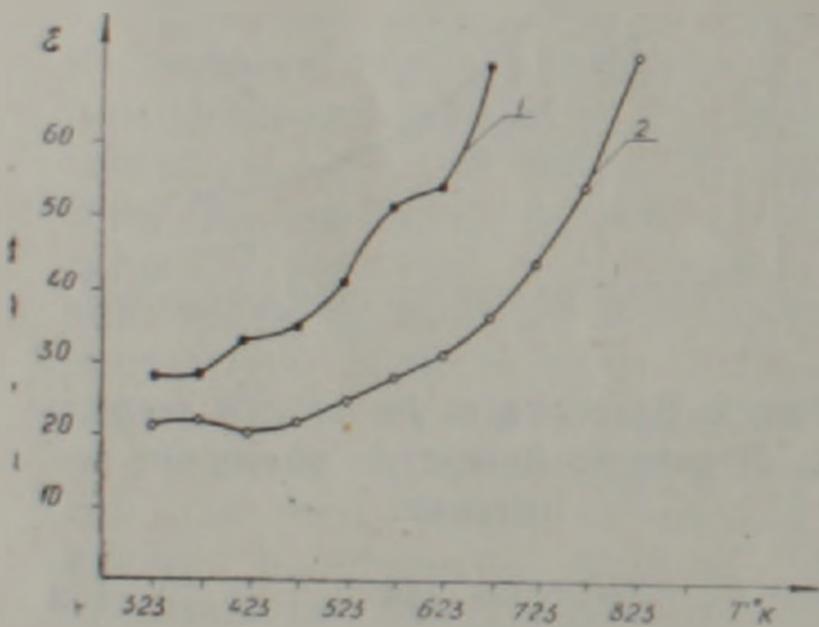


Рис. 3. Зависимость  $\varepsilon$  и  $\operatorname{tg} \delta$  от температуры (порфирит).

Рис. 4. Зависимость  $\varepsilon$  и  $\operatorname{tg} \delta$  от температуры (порфирит).

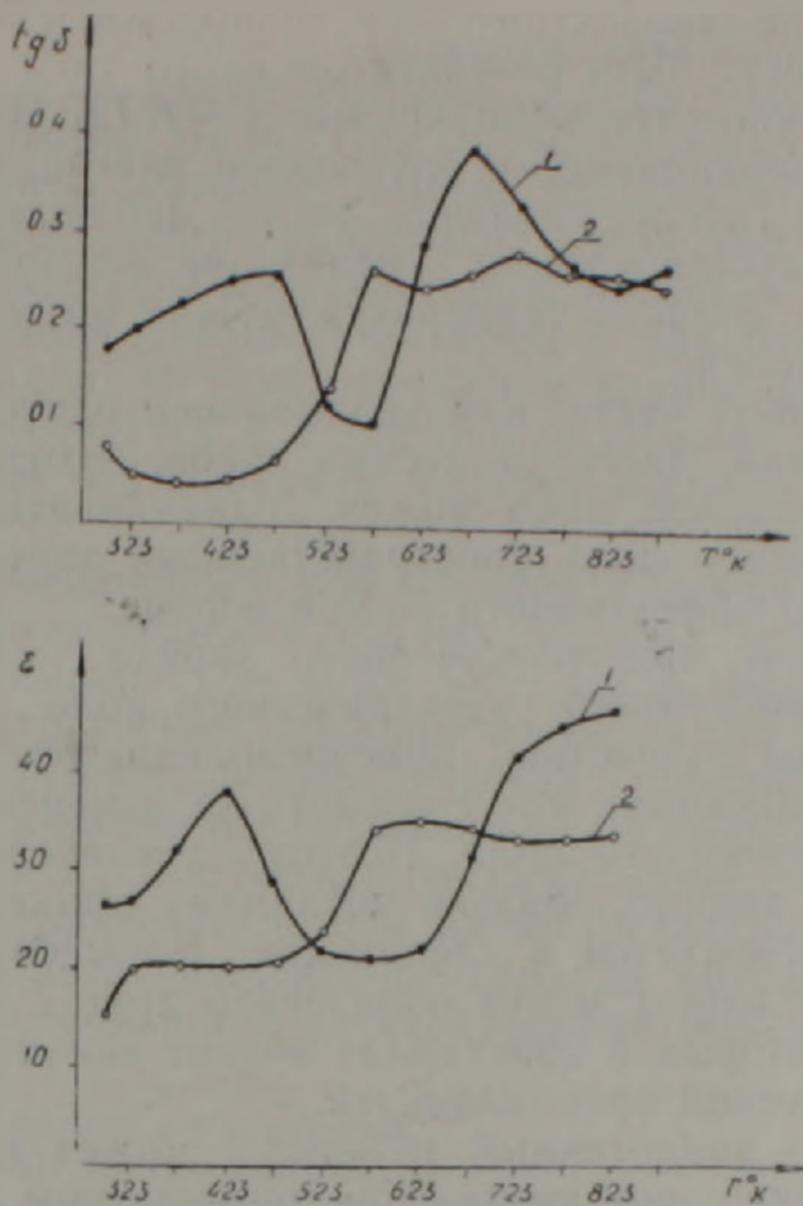


Рис. 5. З висимось  $\epsilon$  и  $\text{tg}\delta$  от температуры (порфирит).

поскольку диэлектрическая проницаемость влаги гораздо превышает (80) диэлектрическую проницаемость скелета породы (10, 15).

Если бы в породах, кроме электронной и ионной поляризации, не существовало никаких других типов поляризации, то в области низких температур с увеличением температуры наблюдалось бы уменьшение диэлектрической проницаемости, поскольку ориентационная поляризация (например, поляризация воды) с температурой находится в обратной связи, а электронная и ионная поляризации почти не зависят от температуры [1, 7]. При повышении температуры может наблюдаться частичное увеличение  $\epsilon$  за счет термического расширения образца (за счет уплотнения электродов с образцом и деформирования кристаллической решетки). Такое увеличение должно быть в прямой зависимости от коэффициента термического расширения.

Однако опыты показывают, что увеличение диэлектрической проницаемости пород с повышением температуры настолько велико, что его нельзя объяснить только термическим расширением. Интенсивное увеличение диэлектрической проницаемости с повышением температуры приводило к предположению, что кроме трех типов поляризации (электронной, ионной и ориентационной) в горных породах должен существовать и другой тип поляризации. Увеличение релаксационных потерь ( $\text{tg}\delta$ ) с повышением температуры при частоте внешнего поля 150 кГц возможно объяснить, предположив, что кроме обычных трех типов поляризации в горных породах должны существовать квазидиполи с большими электрическими моментами. Эти квазидиполи должны быть настолько тяжелыми, что температурные флуктуации не оказывают существенного влияния на их ориентацию во внешнем поле. Если энергия взаимодействия внешнего электрического поля, приходящаяся на один диполь, недостаточна для смещения квазидиполей в сторону поля, то остается предполагать, что при увеличении температуры образование новых квазидиполей настолько интенсивно, что их вклад в величину поляризации больше, чем эффект увеличения хаоти-

ческой дезориентации за счет увеличения температуры. Во всяком случае, сильное увеличение диэлектрической проницаемости и релаксационные максимумы могут быть результатом иного типа поляризации.

Анализируем экспериментальные кривые  $\epsilon \sim f(T)$ . Первый максимум диэлектрической проницаемости обусловлен влагой; как видно из приведенных графиков, после удаления влаги наблюдается резкий спад диэлектрической проницаемости. Увеличение же диэлектрической проницаемости во всей области температур можно объяснить образованием новых квазидиполей.

В низкотемпературной части, как указывалось ранее, электропроводность чисто примесная. Часть примесных ионов, доходя до внешних электродов, либо окисляется, либо может накапливаться в области электродов, образуя своего рода пространственный заряд, что может привести к уменьшению эффективного поля в породе.

Однако, образование пространственного заряда мало вероятно, поскольку частота приложенного электрического поля (150 кГц) настолько мала, что ионы полностью приспособляются к полю, т. е. они без опозданий (релаксации) могут следить за изменениями направления внешнего электрического поля. Поэтому увеличение диэлектрической проницаемости, видимо, обязано механизму Брикенриджа [2, 5], сущность которого заключается в следующем. Примесные ионы или вакансии (или их скопления) могут образовать друг с другом квазидиполи, присутствие которых в кристаллах вносит значительный вклад в величину диэлектрической проницаемости.

Предположим, что аналогичный механизм может иметь место в горных породах, а именно: при увеличении температуры увеличивается число освободившихся ионов. Образовавшиеся при этом микроскопические полосы (вакансии) образуют друг с другом своего рода квазидиполи, параметры которых (плечо и заряд) зависят от места положения освободившихся ионов и их заряда.

Такое объяснение находится в прямой связи с экспериментальными результатами. Естественно, что с повышением температуры увеличение диэлектрической проницаемости неравномерно. Во-первых, с увеличением температуры увеличивается число вновь образовавшихся квазидиполей, во-вторых, при больших тепловых энергиях (КТ) образуются квазидиполи, обладающие большими электрическими моментами. Поскольку в кристаллах существует ограниченное количество примесей, то при очень больших температурах может иметь место насыщение диэлектрической проницаемости. Характер изменения  $\text{tg} \delta$  от температуры явно свидетельствует о релаксационном характере поляризации, происходящей в данных породах. Как показывают графики  $\epsilon \sim f(T)$ ,  $\text{tg} \delta \sim f(T)$ , в некоторых случаях наблюдаются релаксационные максимумы и изменение  $\text{tg} \delta$  не следует за изменениями  $\epsilon$ .

Кроме описанного процесса релаксационных потерь, из-за неоднородностей горных пород может иметь место и междуслоевая поляризация [3]. В неоднородных веществах, состав которых таков, что проводящие части, входящие в них, не связывают непрерывным образом два электрода между собой, установившийся ток в постоянном поле равен нулю, поэтому наличие проводящих областей в веществе не всегда очевидно. Они проявляются, однако, при установлении стационарного состояния и в переменном поле. Заряды движутся через проводящие области и оседают на поверхностях, которые отделяют эти области от непроводящей среды. Поэтому каждая проводящая область в действительности представляет собой электрический диполь, момент которого добавляется к моментам, обусловленным поляризацией молекул [3]. При очень низких частотах заряды, расположенные на поверхностях раздела областей, находятся приблизительно в статическом равновесии с полем в каждый момент времени, и поэтому их моменты изменяются почти в фазе с полем. В этом случае потери энергии пренебрежимо малы. При высоких частотах время между двумя последо-

вательными изменениями направления тока так мало, что на поверхностях раздела образуется только очень небольшое количество зарядов. В этом случае величина момента, обусловленная зарядами на поверхности раздела, также очень мала, и поэтому снова рассеяние энергии пренебрежимо мало. При промежуточных частотах создаются большие моменты, которые заметно отстают от поля, так что в этом случае рассеяние энергии происходит с заметной скоростью.

Для количественных расчетов и проверки наших рассуждений, кроме приведенного нами качественного анализа, нужны дополнительные исследования. В этом отношении крайне важно исследовать частотную характеристику  $\epsilon$  и  $\text{tg}\delta$  при различных температурах, а также дополнительные исследования влияния внешних воздействий на изменение  $\epsilon$  и  $\text{tg}\delta$ .

Из вышесказанного можно сделать выводы:

1. Электропроводность горных пород в основном примесная и с повышением температуры выше  $150-200^\circ\text{C}$  увеличивается.

2. Диэлектрическая проницаемость также увеличивается; неравномерное увеличение диэлектрической проницаемости с повышением температуры объясняется образованием в породах новых квазидиполей с достаточно большими электрическими моментами.

3. Диэлектрические потери имеют релаксационный характер, максимумы в области больших температур обусловлены образованием квазидиполей с большими электрическими моментами.

Институт геофизики и инженерной сейсмологии АН Армянской ССР

Поступила 18.IX.1987.

#### Վ. Վ. ՆԱՀԱՊԵՏՅԱՆ

### ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԱՊԱՐՆԵՐԻ ՈՐՈՇ ՖԻԶԻԿԱԿԱՆ ՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՌԻՍՈՒՄՆԱՍԻՐՐՈՒԹՅՈՒՆԸ, ԲԱՐՁՐ ԶԵՐՄԱՍՏԻՃԱՆԱՅԻՆ ԴԱՇՏԵՐՈՒՄ

#### Ա մ փ ո փ ու մ

Հողվածում բերված է ապարների դիմադրության, դիէլեկտրիկ թափանցելիության և ուլտրասոնիկ կորուստների փոփոխությունների ուսումնասիրման արդյունքները բարձր ջերմաստիճանային դաշտերում: Հաստատված է, որ ապարների էլեկտրահաղորդականությունը հիմնականում խառնուրդային բնույթ ունի և ջերմաստիճանի բարձրացմամբ աճում է: Հաշվված է բազալտի և տուֆի ակտիվացման էներգիայի մեծությունը, հաշվարկված օ. կախվածությունը  $1/T$ -ի գրաֆիկներից:

Ուսումնասիրությունները ցույց են տալիս, որ երկրորդ տաքացման ժամանակ ակտիվացման էներգիան փոփոխվում է: Այդ փոփոխությունը պայմանավորված է արտաքին էլեկտրոդների օքսիդացմամբ, կամ էլ նոր խառնուրդային իոնների սուաչացմամբ: Առաջին դեպքում ակտիվացման էներգիան մեծանում է, երկրորդում՝ փոքրանում: Ակտիվացման էներգիայի փոփոխությունը մաթեմատիկորեն համարված է էլեկտրահաղորդիչ իոնների քանակի փոփոխությանը:

Ելնելով ակտիվացման էներգիայի փորձարարական արժեքներից, հաշվարկված է օքսիդացած և նոր սուաչացած իոնների քանակը: Զերմաստիճանի բարձրացմանը զուգընթաց ստացված է դիէլեկտրիկ թափանցելիության ոչ համաչափ աճ: Դիէլեկտրիկ թափանցելիության խտանասիվ աճը բարձր ջերմաստիճաններում բերում է այն նյարակացությունը, որ բացի երեք տեսակի բևեռացումներից (էլեկտրոնային, իոնային և կողմնորոշված), ապարներում պետք է գոյություն ունենա նաև մեկ այլ տիպի բևեռացում: Ռելաքսացիոն

կորուստների աճը ջերմաստիճանի բարձրացմամբ 150 կ.ց արտաքին դաշտի պայմաններում կարելի է բացատրել միայն ույն ենթադրությամբ, որ բացի նշված երեք տեսակի բևեռացումներից, ապարներում պետք է գոյություն ունենան մեծ էլեկտրական մոմենտներ ունեցող քվազիդիպոլներ: Վերջիններս պետք է այնքան ծանր լինեն, որ ջերմաստիճանային ֆլուկտուացիան արտաքին դաշտում նրանց կողմնորոշումը վրա էսկան ազդեցություն չսործի: Ենթադրվում է, որ դիէլեկտրիկ թափանցելիությունն աճը ջերմաստիճանի բարձրացմանը զուգընթաց կարելի է բացատրել Բրիկենբրիջի մեխանիզմով, որի էությունը կայանում է հետևյալում: Խառնուրդային իոնները կամ խոռոչները (կամ նրանց կուտակումը) կարող են միմյանց հետ առաջացնել քվազիդիպոլներ, որոնց առկայությունը բյուրեղներում իր ավանդը կներդնի դիէլեկտրիկ թափանցելիության մեծության մեջ: Ենթադրվում է, որ ապարներում կարող է գոյություն ունենալ նույնատիպ մեխանիզմ: Այսինքն, ջերմաստիճանի բարձրացմամբ ավելանում է առաջացած իոնների թիվը, դրանք առաջացնում են միկրոսկոպիկ խոռոչներ, որոնք միմյանց հետ ստեղծում են քվազիդիպոլներ և որոնց պարամետրերը (լիցք և բազուկ) կախված են ազատ իոնի դիրքից և նրա լիցքից:

Ռելաքսացիոն կորուստների մեխանիզմի այս բացատրությունից բացի, ապարների սևհամասեռության հետևանքով կարող է տեղի ունենալ նաև միջշերտային բևեռացում: Աշխատանքում բացատրված է միջշերտային բևեռացման էությունը:

Այսպիսով, վերը բերվածից կարելի է անել հետևյալ եզրակացությունները՝

1. ապարների էլեկտրահաղորդականությունը հիմնականում խառնուրդային բնույթ ունի և ջերմաստիճանի բարձրացմամբ աճում է:

2. դիէլեկտրիկ թափանցելիությունը նույնպես աճում է. վերջինիս ոչ համաչափ աճը ջերմաստիճանի բարձրացմամբ բացատրվում է մեծ էլեկտրական մոմենտներ ունեցող քվազիդիպոլների առաջացմամբ:

3. դիէլեկտրիկ կորուստներն ունեն ռելաքսացիոն բնույթ. բարձր ջերմաստիճաններում ռելաքսացիոն մաքսիմումները պայմանավորված են մեծ էլեկտրական մոմենտներ ունեցող քվազիդիպոլների առաջացմամբ:

V. V. NAJAPETIAN

## THE ARMENIAN SSR ROCKS SOME PHYSICAL PROPERTIES INVESTIGATIONS IN HIGH TEMPERATURE FIELDS

### A b s t r a c t

The investigation results of the Armenian SSR rocks specific resistance, dielectric constant and losses changes in high temperature fields are brought in this paper. It is established the rocks conductivity to be mainly an additive one and it increases when the temperature raises and the irregular increase of dielectric constant when the temperature raises is explained by forming of new quasi-dipoles with high enough electrical moments. Dielectric losses have a relaxation character, their maxima in the higher temperatures are stipulated by forming of quasi-dipoles with high electrical moments.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Александров А. И. и др. Физика диэлектриков. М.: Гостехиздат, 1939, 320 с.
2. Бердов Г. П. К теории диэлектрических потерь — Изв. высших уч. зав., физика, 1962, вып. 3, 9, с. 47—56.
3. Браун В. Диэлектрики. М.: Изд. иностранной литературы, 1961, 326 с.
4. Брандт А. А. Исследование диэлектриков на сверхвысоких частотах. М.: Гос. инд. физико-механической литературы, 1963, 403 с.
5. Паченко В. В. О диэлектрической проницаемости и потерях в щелочно-галлоидных кристаллах. Журнал Ф.Т.Т., вып. 11, 1727, 1959.
6. Полупроводники. (Под ред. Хеннея). Перевод с английского, под ред. проф. Б. Ф. Орманто. М.: Изд. иностр. лит., 1962, 410 с.
7. Сканави Г. И. Физика диэлектриков (область слабых полей). М.: Гостехтеоретиздат, 1949.—500 с.

Известия АН АрмССР, Науки о Земле, 1989, XLII, № 1, 55—58

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК: 556.332.4.01

С. Р. МЕСЧЯН, Т. Л. ПЕТРОСЯН

### ФИЛЬТРАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИОННЫХ ГРУНТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Создание противофильтрационных экранов в гидротехническом строительстве вообще, из грунтовых материалов в частности, имеет исключительно важное значение в деле борьбы с потерями воды из водохранилищ [1].

С целью получения материала для устройства противофильтрационных экранов авторами были исследованы различные составы бентонито-грунтовых набухающих смесей и даны рекомендации для выбора их оптимального состава, плотности-влажности в зависимости от величины пригрузки от веса грунтового защитного слоя. Учитывая технологические трудности, связанные с получением указанных составов было решено рассмотреть вопрос о возможности создания противофильтрационных композиционных (слоистых) грунтовых экранов с использованием бентонита и местного грунта в чистом виде. Основная задача в этом случае сводилась к правильному выбору плотности-влажности бентонита, обладающего заданными значениями набухаемости, давления свободного набухания и фильтрационных свойств.

Чтобы осуществить исследование указанного выше вопроса в лабораторных условиях были созданы и испытаны модели трехслойных

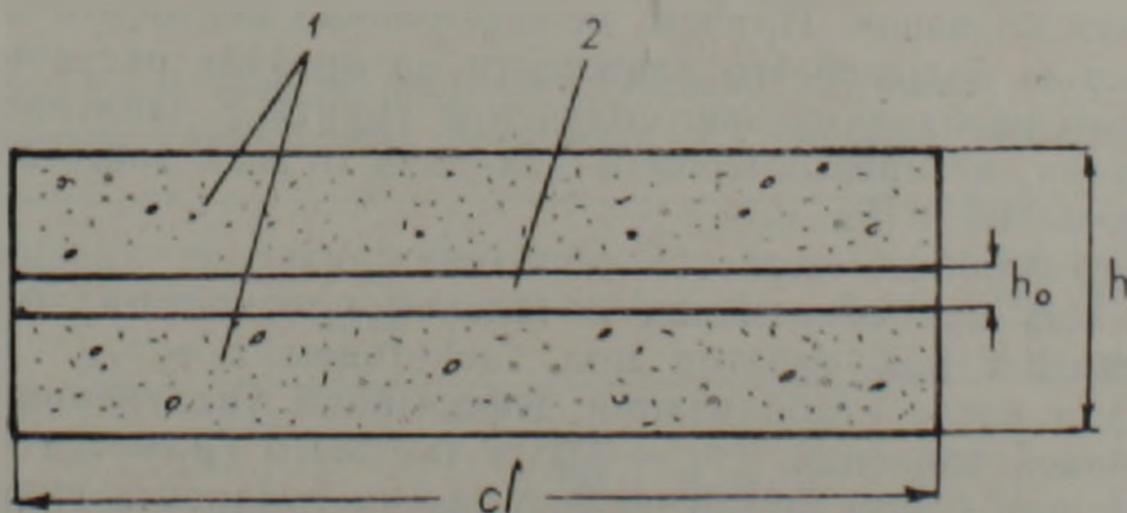


Рис. 1. Схема испытанных образцов. 1—песок, 2—бентонитовая глина.