

3. Бабаян Т. О. О зоне Ахурянского сейсмогенного тектонического нарушения.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1984, XXXVII, № 5, с. 54—61.
4. Гзовский М. В. Основы тектонофизики. М.: Наука, 1975. 536 с.
5. Добровольский И. П. Механика подготовки тектонического землетрясения.—Тр. Института физики Земли АН СССР, М.: 1984, 189 с.
6. Назаретян С. Н. Глубинные разломы территории Армянской ССР. Ереван: Изд. АН АрмССР, 1984. 138 с.
7. Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древних времен до 1975 г. с картой. М.: Наука, 1977, 535 с.
8. Результаты комплексного исследования Зайгезурских землетрясений. Ереван: Изд. АН АрмССР, 1972. 263 с.
9. Ризниченко Ю. В. Размеры очага корового землетрясения и сейсмический момент.—В кн.: Исследования по физике очага землетрясений. М.: Наука, 1976. с. 9—15.
10. Стейси Ф. Физика Земли. М.: Мир, 1972. 342 с.
11. Тулиани Л. И. О соотношении общей структуры японских островов с мощностью литосферы.—Геотектоника, 1982, № 1, с. 115—120.
12. Шебалин Н. В. Очаги сильных землетрясений на территории СССР. М.: Наука, 1974. 54 с.

Известия АН АрмССР, Науки о Земле, XL, № 3. 56—59. 1987

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК: 550.834

С. С. СИМОНЯН

ЗАВИСИМОСТЬ СЕЙСМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ОТ ОДНООСНОГО ДАВЛЕНИЯ ПРИ НАСЫЩЕНИИ ОБРАЗЦОВ РАСТВОРАМИ ПОВАРЕННОЙ СОЛИ

Эксперименты по изучению поведения сейсмоэлектрического эффекта второго рода (эффект Е) [5], в зависимости от напряженного состояния водонасыщенных горных пород, в перспективе открывают реальную возможность для оценки напряженного состояния горных массивов, с целью прогноза землетрясений, горных ударов, оползней и др.

Возможность использования этого явления в разведочной геофизике пока ограничена [2, 3], ввиду невысокой интенсивности электрического поля, генерируемого упругими волнами, и его малоглубинности.

В настоящей работе изложены результаты серии экспериментов по изучению сейсмоэлектрического эффекта (СЭЭФ) в зависимости от напряженного состояния водосодержащих пород туфа, открытая пористость которых составляет $\sim 40\%$.

Для изучения СЭЭФ в лабораторных условиях применена установка, которая позволяет произвести измерения при одноосном давлении. Установка состоит из следующих узлов: излучатель упругих волн, пьезокерамический звуковой приемник для измерения амплитуды упругих волн и электроды. Звуковое воздействие на испытываемых образцах, для возбуждения СЭЭФ, осуществлено мощным сегнетоэлектрическим излучателем, с частотой 11 кГц, собственная частота которого $f = 25$ кГц. Необходимая для эксперимента нагрузка передается на остальной корпус, выдерживающий механические нагрузки до $\sigma = (100—120)$ МПа, внутри которого находится излучатель.

В качестве приемника упругих волн использована пьезокерамическая таблетка типа ЦТС, собственная частота которой равна $f = 1,5$ МГц. Большое отличие между частотой воздействия для возбуждения эффекта Е (11 кГц) и собственной частотой звукового приемника исключает образование параметрического возбуждения колебаний между ними. Пьезокерамическая таблетка приклеивалась в лунке легированного стального диска, защищающего ее от механической нагрузки. Для интегрального приема эффекта Е использованы медные электроды толщиной 2 мм, которые полностью покрывали поверхности верхней и нижней граней испытываемого образца и были расположены перпендикулярно распространению упругой волны. Измерения сейсмоэлектрического и акустического сигналов осуществлялись дискретно, с помощью милливольтметров переменного тока.

Для выполнения экспериментов были использованы образцы арктического туфа кубической формы, с размерами 40 мм. Перед испытанием они тщательно промывались в бидистиллированной воде три-четыре раза. После цикла промывания образцы высушивались до постоянного веса и насыщались растворами NaCl. Известно, что при деформировании и разрушении образцов горных пород, а также при воздействии упругой волны в них могут возникать: пьезоэлектрический эффект, эффект Сте-

панова, эффект контактов и другие механоэлектрические эффекты не сейсмоэлектрической природы [4]. Предварительные эксперименты, проведенные на сухих и влажных образцах, образцах разной длины в импульсном режиме позволили оценить величину указанных эффектов. Пьезоэлектрический эффект в исследуемой породе не обнаруживался, остальные вышеуказанные эффекты по сравнению с СЭЭФ имеют незначительную величину.

Методика проведения экспериментов

Из генератора гармонических или импульсных сигналов на вход излучателя подается постоянное по величине гармоническое или импульсное напряжение. Частота воздействия на испытываемый образец для возбуждения СЭЭФ составлена 5 и 10 кГц. Указанные частоты были выбраны экспериментально на основании измерений акустического сигнала J при разных уровнях давления. Для этого лобовые части излучателя и пьезоприемника, покрытых солидолом, прикладывались друг к другу. Система вставлялась между пуассонами пресса и испытывалась под одноосным давлением с $\sigma = 6,25\text{—}31,25$ МПа (σ —одноосное давление). Амплитуда акустического сигнала измерялась после каждого увеличения давления на величину $\sigma = 6,25$ МПа. Верхний предел давления на систему излучатель-пьезоприемник соответствовал максимальной разрушающей образец нагрузке. Исследования проводились в частотном диапазоне от 2 до 20 кГц. Полосы (4—5,5) кГц и (9—11) кГц отличались диапазонами хорошей повторяемости амплитуды акустического сигнала J , которая почти не зависит от нагрузки пресса. В указанных полосах частот разброс результатов J не превышал (3—4%) от среднего его значения.

Образцы для испытания прижимались к центральной части излучателя. Влажность в испытываемом образце в течение эксперимента сохранялась постоянной с помощью тонкой полиэтиленовой пленки, неплотно прижимающейся к свободной поверхности образца. Как сейсмоэлектрический эффект, так и акустический сигнал измерялись дискретно во время нагружения, вплоть до момента разрушения образцов.

Для создания одноосной нагрузки была использована жесткая механическая машина типа ЧМЭ—10ТМ, имеющая 10 строго постоянных скоростей перемещения рабочего столика. В основном в нижеописанном эксперименте была использована скорость деформирования $\Delta l = 5 \cdot 10^{-2}$ мм/мин. Измерительный сигнал СЭЭФ усиливался и подавался на регистрирующий прибор.

Исследования проведены на образцах, насыщенных раствором с концентрациями 0,08, 0,16 и 0,32%. В качестве растворителя использована бидистиллированная вода. Для каждого типа растворов проведено испытание при полностью и наполовину насыщенных ими образцах.

Для выявления зависимости эффекта E от процентного содержания NaCl, разбавленной в абсорбционном растворе, первоначально проведены эксперименты на образцах при наличии постоянного давления $\sigma = 2,5$ МПа. При этом в каждом последующем эксперименте процентное содержание NaCl увеличивалось в вышеуказанном порядке. В каждом отдельном случае эксперимент повторялся для трех значений амплитуды акустической волны, воздействующей на образец.

Результаты экспериментов

На рис. 1 представлены результаты экспериментов, полученные на образцах туфа, полностью (E_1) и наполовину (E_2) насыщенных растворами NaCl при воздействии звукового сигнала частотой $f = 10$ кГц, с напряженностью 25 В (а), 20 В (б) и 10 В (в).

Из рисунка следует, что напряженность СЭЭФ-а находится в прямой зависимости от амплитуды возбуждающей упругой волны, от насыщенности образца раствором. При всех амплитудах упругой волны и насыщенности образцов раствором, кривые зависимости E от содержания раствора (c) плавно падают. Аналогичные испытания проведены на частоте $f = 5$ кГц. Полученные результаты качественно не отличаются от результатов, представленных на рис. 1. Однако амплитуда СЭЭФ получается значительно меньше, что обусловлено уменьшением мощности излучателя при его возбуждении низкой частотой.

Следующий цикл экспериментов проведен при наличии одноосного давления. Как видно из рис. 2, при постепенном увеличении напряженного состояния образцов наблюдается закономерное увеличение $U_1 = E_1/J$ и $U_2 = E_2/J$ до момента разрушения. При сравнении величин U , полученных на образцах, полностью и наполовину насыщенных 0,08% раствором NaCl, устанавливается, что перед разрушением в первом случае величина U получается больше, чем во втором, т. е. $U_1 > U_2$. При насыщении испытанных образцов 0,16 и 0,32% растворами NaCl вышеуказанные закономерности ($U_1 > U_2$) до момента разрушения полностью сохраняются (рис. 2б, в). В аналогичных экспериментах, выполненных на частоте воздействия звукового сигнала $f = 5$ кГц, полученные результаты U_1 и U_2 качественно не отличались от результатов вышеописанных экспериментов.

Из рис. 3 следует следующая особенность: при полном насыщении образцов более концентрированным раствором NaCl (0,32%) график $U = f(\sigma)$ получается более плавным (кривые с оцифровкой 3).

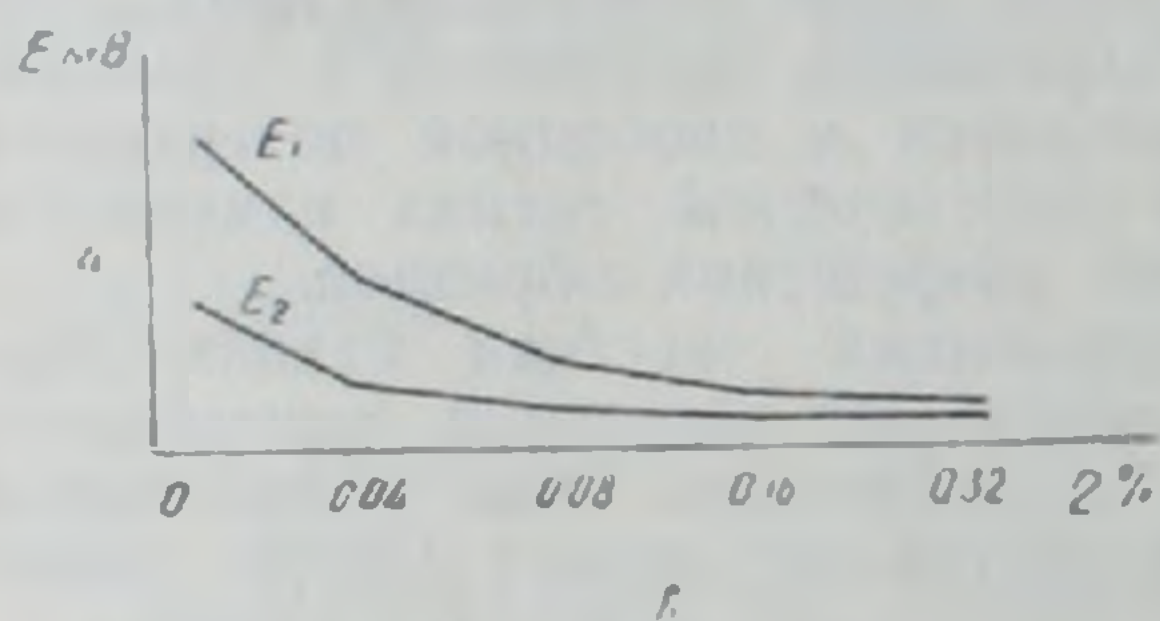
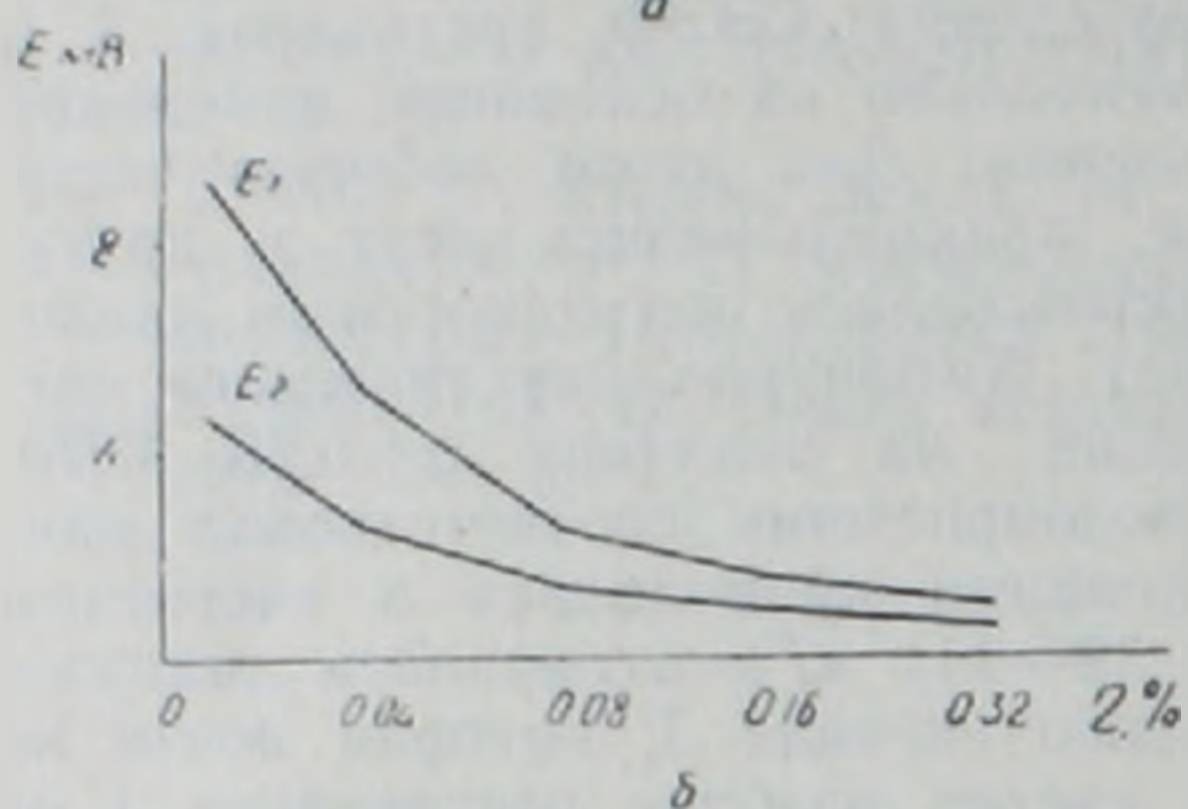
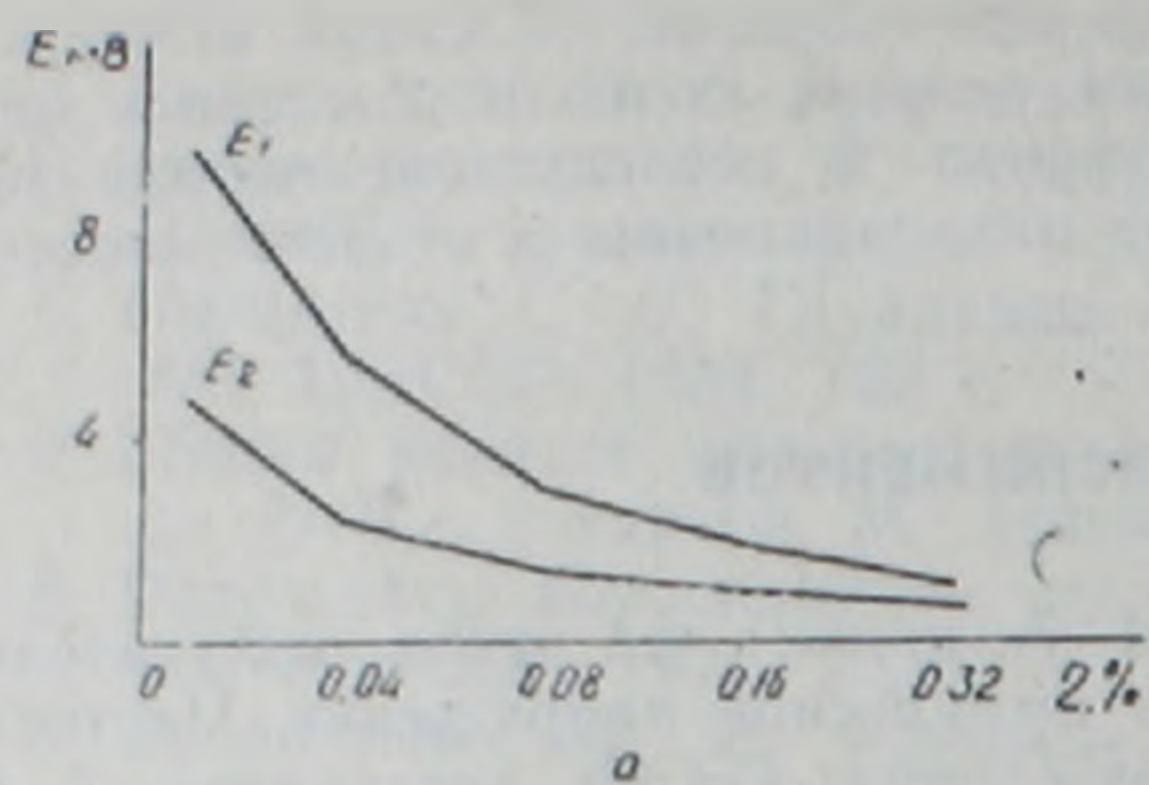


Рис. 1. Амплитудные характеристики эффекта E в зависимости от процентного содержания NaCl . Частота возбуждения эффекта E . (E_1) $f=10$ кГц. (E_2) $f=5$ кГц. Полностью насыщенный образец. Выходное напряжение 3ω — генератора соответственно составляет 25 в, 20 в, 10 в.

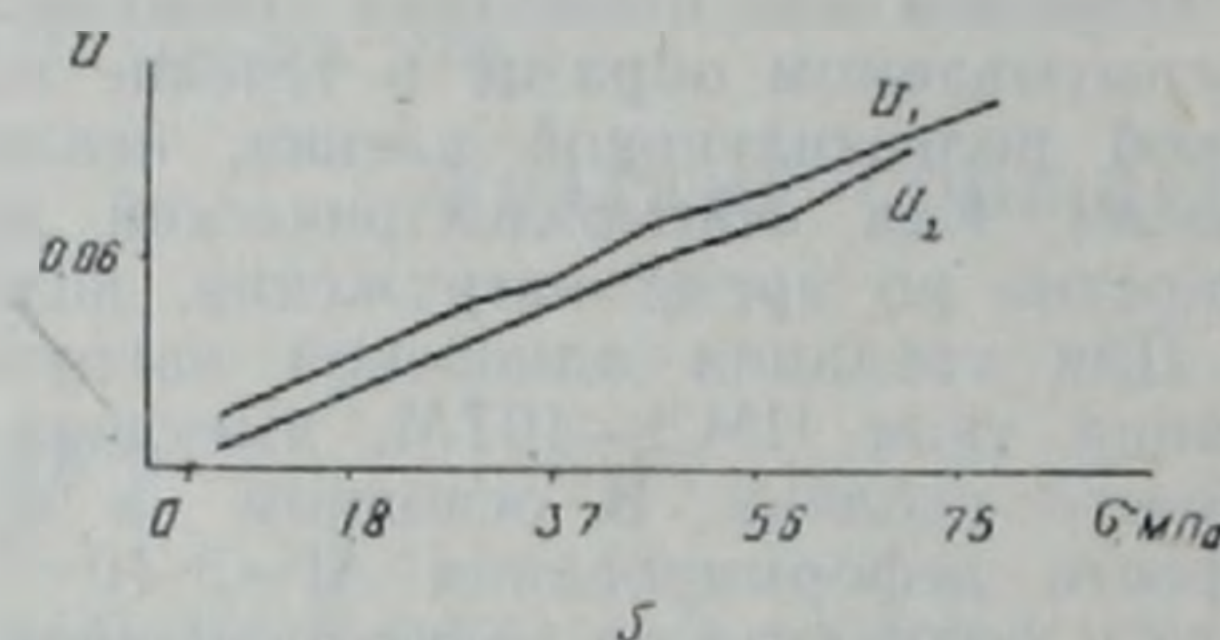
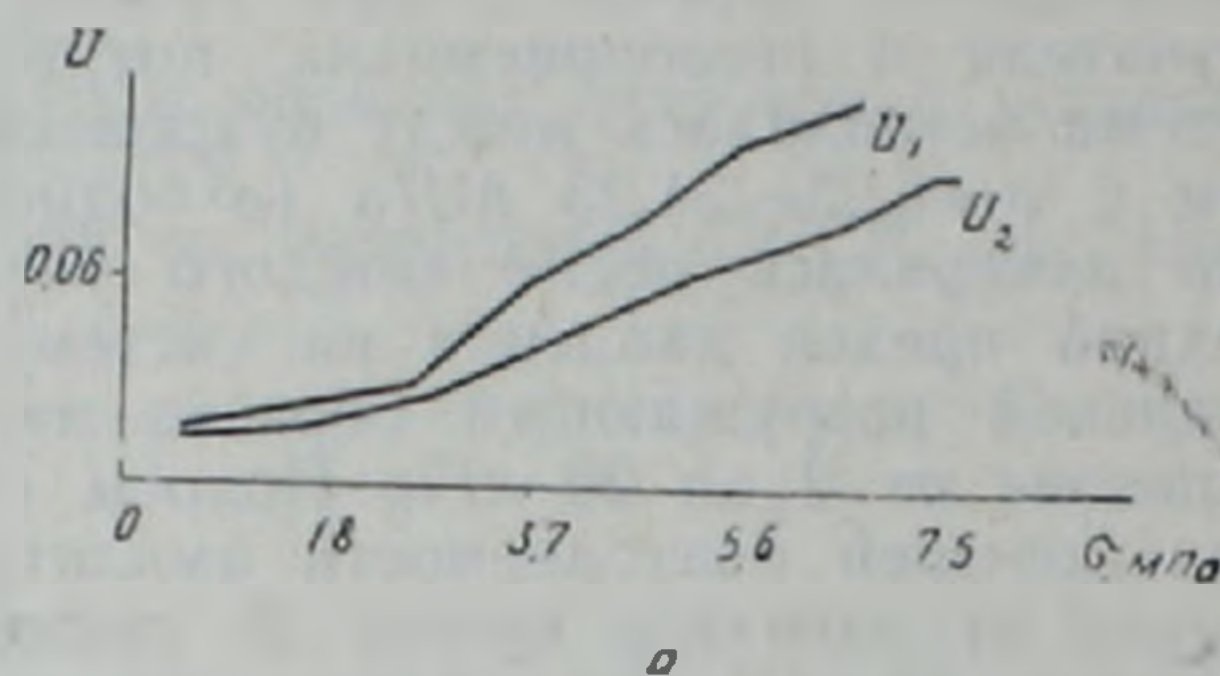


Рис. 2. Графики изменения U_1 и U_2 в зависимости от одноосного давления. Содержание NaCl в абсорбционной воде: а) — 0,08 %, б) — 0,16 %, частота воздействия $f=10$ кГц, насыщенность образцов $w=100\%$ (U_1) и $w=50\%$ (U_2).

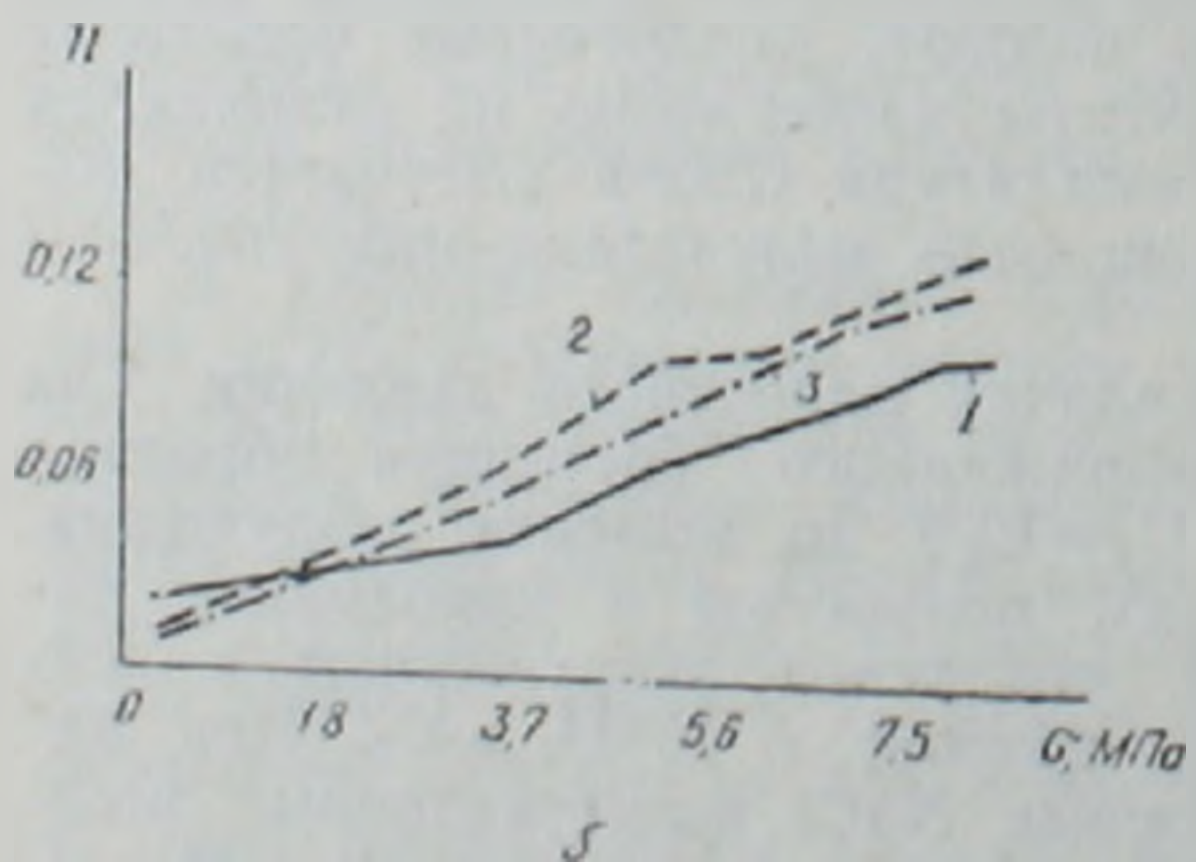
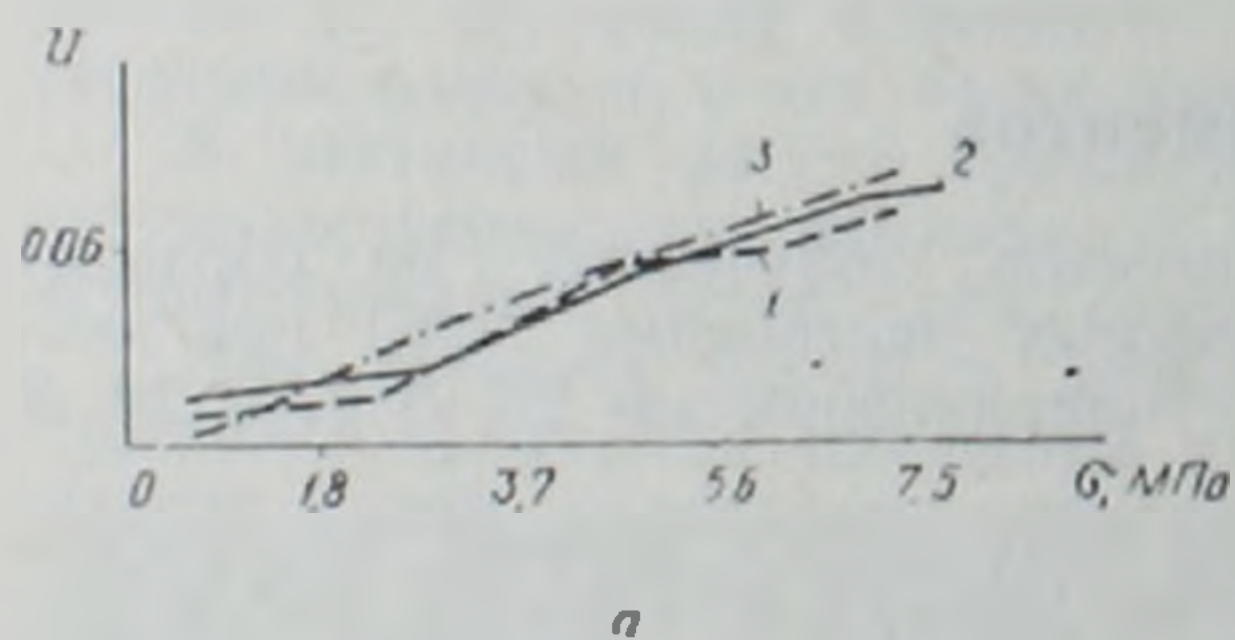


Рис. 3. Результаты U_1 и $U_2=f(\sigma)$ при насыщении образцов: 1) 0,08 %, 2) 0,16 % и 3) 0,32 % растворами NaCl , $f=10$ кГц.

Обсуждение полученных результатов

При измерении СЭЭФ при постоянной нагрузке на образец туфа, насыщенного растворами разной концентрации NaCl (0,08, 0,16, 0,32%), наблюдается, что по мере увеличения процентного содержания NaCl в растворе амплитуды E уменьшаются. Предполагается, что уменьшение E обусловлено изменением диэлектрической проницаемости, вязкости, электропроводности абсорбционного раствора и электрокине-

ческого потенциала. Согласно существующей теории Я. И. Френкеля [5], изменение вышеуказанных параметров приводит к изменению СЭЭФ.

Увеличение U с ростом давления обусловлено трещинами, возникающими в образце, при их деформировании и разрушении. При полном насыщении образцов слабыми растворами NaCl (0,08 и 0,16%) графики $U=f(\sigma)$ имеют более изрезанный вид. Причина этого, вероятно, следующая: с увеличением концентрации NaCl вязкость раствора увеличивается, что приводит к снижению ее проницаемости. Вследствие этого вода медленно поступает в очаг внутреннего разрушения [1], которое образуется в ходе деформирования образцов. Можно предполагать, что остальные параметры раствора в данном случае существенной роли не играют.

Институт геофизики и инженерной
сейсмологии АН АрмССР

Поступила 30.IV.86.

ЛИТЕРАТУРА

1. Микаелян А. О. Некоторые особенности влияния внутрипорового давления на скорости упругих волн и электросопротивления известняков в условиях гидростатического сжатия.—В кн.: Механизм и физические процессы в структуре и веществе литосферы. Мат. Международной конференции. Потсдам: 1977, с. 56—64.
2. Нейштадт Н. М. Использование сейсмометрических и пьезоэлектрических явлений в разведочной геофизике. Л.: Недра, 1970, с. 75—81.
3. Соболев Г. А., Демин В. М. Механоэлектрические явления в Земле. М.: Наука, 1985, с. 145—159.
4. Френкель Я. И. К теории сейсмических и сейсмоэлектрических явлений в влажной почве.—Изв. АН СССР, серия географическая и геофизическая, 1944, том VIII, № 4, с. 134—149.
5. Martner S. T., Sparks W. R. The elektrostatic effect Geophys., 1959, 24, № 2, p.p. 149—157

Известия АН АрмССР, Науки о Земле, XL, № 3, 59—63, 1987

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК: 550.837.21

С. А. БАРЫШЕВ, С. Г. МУРАДЯН

ОЦЕНКА СЕЙСМОПРОГНОСТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОРОВОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ В РАЙОНЕ АРМЯНСКОЙ АЭС

Армянская атомная электростанция (АрмАЭС) расположена в срединной части Еревано-Игдырского сейсмогенного узла в восьмибалльной зоне, что определяет необходимость проведения на АЭС дополнительных мероприятий перед сильными сейсмическими воздействиями. Сейсмическая опасность для сооружений АЭС в основном определяется землетрясениями Еревано-Игдырской зоны [1], очаги которых, согласно гистограмме (рис. 1), построенной по данным [6], в подавляющем большинстве сосредоточены на глубинах от 5 до 25 км.

Область подготовки сильного землетрясения характеризуется размерами порядка десятков километров [7], поэтому для заблаговременного обнаружения очагов землетрясений, потенциально опасных для АрмАЭС, необходимо контролировать состояние вещества земной коры до глубины 20—25 км на удалении до 50—70 км от электростанции. Одним из наиболее чувствительных к изменениям интегральных свойств вещества прогностическим параметром является удельное электрическое сопротивление (ρ). По данным советских и зарубежных исследователей (Воларович М. П., Авчян Г. М., Пархоменко Э. И., Brace W. F., Morrison H. F. и др.), степень относительного изменения ρ горных пород может в 100—100.000 раз превышать степень их деформации, изменения температуры и давления, пористости, трещиноватости, влагонасыщенности и минерализации поровой жидкости.

Для определения удельного электрического сопротивления горных пород, залегающих на больших глубинах, используются методы электромагнитного зондирования. Среди методов, применяемых в настоящее время для целей прогноза землетрясений, наибольшей эффективностью обладает зондирование на постоянном токе с дипольным источником поля [7]. Определяемая в результате зондирования величина «кажущегося сопротивления» (ρ_k) является сложной, но однозначной (вне пределов действия принципа эквивалентности) функцией параметров геоэлектрического разреза [4].