

ЛИТЕРАТУРА

1. Егер Э., Залкинд А. Методы измерения в электрохимии. Том I, М.: Мир, 1977, 585 с.
2. Захарян А. В. О природе электрохимических процессов на молибдените. Тезисы докладов Всесоюзного совещания по поляризационным электроразведочным методам. Ереван: Изд. АН АрмССР, 1985, с. 38—39.
3. Михайлов А. С. Экспериментальное исследование электрохимического окисления и растворения молибденита. Геохимия, № 9, 1962, с. 818—825.
4. Рысс Ю. С. Геоэлектрохимические методы разведки. Л.: Недра, 1983, 255 с.
5. Рысс Ю. С. Поиски и разведка рудных тел контактным способом поляризационных кривых. Л.: Недра, 1973, 168 с.
6. Юферева Л. П. Способ геоэлектроразведки. Авторское свидетельство СССР, № 857896, кл. G 01 V 3/02, 1981.

Известия АН АрмССР, Науки о Земле, XL1, № 1, 59—62, 1988.

УДК: 550.834

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

С. С. СИМОНЯН

ВЛИЯНИЕ ТРЕЩИНОВАТОСТИ НА ВЕЛИЧИНУ СЕЙСМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА

Тектонические напряжения и их вариации в связи с сейсмической активностью вызывают появление электрических потенциалов течения. Результаты, полученные путем прямых измерений потенциалов течения в горных породах, с достаточной точностью совпадают с коэффициентом электрофильтрационной активности, вычисленным теоретически [1].

При наблюдениях в буровых скважинах выявляется, что изменение гидростатического давления, возникающее вследствие тектонических напряжений в зонах подготовки землетрясений, достаточно для ожидания потенциалов течения в объеме Земли, поддающихся регистрации. Динамическим проявлением потенциалов течения является сейсмоэлектрический эффект второго рода. Изучение поведения этого эффекта в сейсмоактивных районах полезно для интерпретации возникающих геофизических полей в период подготовки землетрясения и после него там, где классические методы малоэффективны.

В формуле Френкеля Я. И., определяющей сейсмоэлектрический эффект, наряду с учетом ряда явлений, связанных с динамикой распространения упругих волн в среде, учитывается также степень пористости самой среды [4]:

$$E = i \frac{4\epsilon\zeta\lambda f^2}{\pi\sigma_3 r^2 \tau_{ж}} mP \left(\frac{k}{\rho} \frac{\beta}{\beta_1} \frac{1}{w_0^2} - 1 \right) L_x,$$

где $i = \sqrt{-1}$; L_x — смещение частиц почвы; ϵ — диэлектрическая проницаемость жидкой фазы; ζ — электрокинетический потенциал; λ — коэффициент проницаемости; f — частота колебаний; σ_3 — удельная электропроводность жидкости; r — радиус пор; $\tau_{ж}$ — вязкость жидкости; m — коэффициент пористости; $\rho = j/m$; j — средняя плотность жидкости в макроскопически малой области, содержащей большое число пор; P — плотность жидкости; k — модуль сжимаемости жидкости; w_0 — скорость распространения продольной волны; $\beta_1 = 1 + (\beta - 1)k/k_0$; $\beta = 1/(1 + \alpha)$, α — параметр, характеризующий механические свойства системы; k_0 — истинный модуль сжимаемости твердой фазы.

Предполагается, что при деформировании и разрушении образцов горных пород трещины, образующиеся в них, увеличивают поверхность соприкосновения твердой и жидкой фаз [3]. Именно количество трещин главным образом влияет на величину сейсмоэлектрического эффекта, который возбуждается в деформируемом образце.

Методика измерения сейсмоэлектрического эффекта при одноосном сжатии подробно описана в работе [2]. Отличие данной установки от предыдущей состоит в том, что прием акустического и сейсмоэлектрического сигнала осуществляется при помощи пяти приемников, расположенных на поверхности образца. Такое расположение приемников дает возможность изучить неоднородности проявления сейсмоэлектрического эффекта в различных частях образца. С помощью данного приемника осуществляется прием измеряющих параметров сейсмоэлектрического (E) и акустического (I) сигналов сразу по всем пяти каналам или по каждому каналу отдельно.

Сейсмоэлектрический эффект в образце возбуждается упругой волной частотой 10 кГц. Эксперименты выполнены на кубических образцах базальта размерами 0,04 м, с коэффициентом пористости $K_p = 0.08—0.14$.

Для деформирования образцов использован жесткий механический одноосный пресс типа УЭ—10ТМ. С его помощью можно деформировать образец со строго постоянной скоростью. На каждой скорости деформирования выполнено по 12 экспериментов. При этом одна половина образцов была насыщена до влажности $W=70\%$, а другая половина— $W=100\%$ дистиллированной водой. Для выявления влияния ориентировки трещин на величину сейсмoeлектрического эффекта проведены аналогичные эксперименты, где регистрация измеряемых параметров E и J произведена вдоль и поперек направления одноосного сжатия. Для краткости назовем, соответственно, для первого случая—первое, а для второго—второе направление. С этой целью была изготовлена специальная струбцина, с помощью которой возможно обеспечить необходимое расположение как излучателя, так и приемников упругой волны и сейсмoeлектрического эффекта (рис. 1). В этом случае кроме изменения направления возбуждения эффекта относительно оси сжатия, остальные условия вышеописанных экспериментов полностью сохранились.

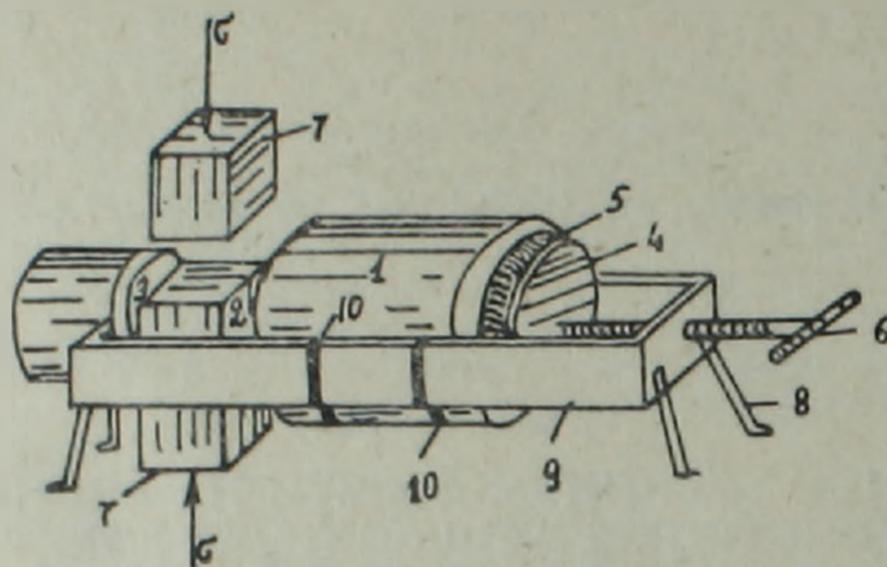


Рис. 1. Общий вид установки для бокового прозвучивания образца.

1—излучатель продольных акустических волн; 2—образец; 3—приемник звуковых волн; 4—прижимающий пистон струбцины; 5—резинка; 6—винт; 7—пуансоны прессы, передающие усилие; 8—ножки струбцины; 9—струбцина; 10—подвеска излучателя. Стрелки обозначают направление усилия.

Предварительные эксперименты показали, что при изменении скорости деформирования образцов приблизительно в 100 раз насыщенные водой образцы базальта разрушаются неодинаковым образом. Судя по форме разрушения (см. ниже), предполагается, что количество трещин в образцах, деформированных со скоростью $\Delta_1=8,3 \cdot 10^{-5}$ м/с и $\Delta_2=8,3 \cdot 10^{-7}$ м/с, разное, следовательно, сейсмoeлектрический эффект должен зависеть от скорости деформирования. Выявление данной зависимости и явилось целью нижеописанных экспериментов.

Опыты на образцах, проведенные на двух скоростях деформирования— $\Delta_1=8,3 \cdot 10^{-5}$ м/с и $\Delta_2=8,3 \cdot 10^{-7}$ м/с для разных направлений регистрации, показали, что сравнительно высокие значения U (где $U=E/J$) выявляются именно в тех местах образцов, где происходит интенсивное трещинообразование, структура которого зависит от скорости деформирования.

Экспериментально установлено, что как при полном, так и при насыщении образцов $W=70\%$ дистиллированной водой, закономерность изменения U одинакова. Отличие состоит лишь в том, что при полном насыщении образцов U получается значительно больше. На основании результатов (рис. 2,3) можно предположить, что трещины на первом участке деформации образцов или не образуются, или их количество незначительно, что не ускоряет роста U . При деформировании образцов со скоростью Δ_1 и Δ_2 , независимо от процентного содержания воды как для первого направления, так и для второго, можно выделить два характерных участка зависимости $U=f(\sigma)$, где σ —одноосное давление (рис. 2,3).

Рис. 2. соответствует значению $\sigma=0,5P$, где P —разрушающее давление, рис. 3— $\sigma=(0,85-0,90)P$. На обоих участках наблюдается ускорение роста U . Существенная сторона результатов—значительно большее изменение U при быстром деформировании. Предполагается, что это отличие связано с различным характером протекания процесса разрушения образцов, деформируемых со скоростями Δ_1 и Δ_2 . В первом случае все образцы разрушались с образованием пирамиды, основание которой прилегало к подвижному пуансону прессы, а вершина находилась у середины грани, прилегающей к неподвижному пуансону. При этом возникли крупные трещины, ограничивающие боковые грани пирамиды. В то же время для образцов, деформируемых с малой скоростью, был характерен иной тип разрушения. В этом случае возникло большое количество мелких трещин, довольно равномерно распределенных по объему образца, так что образец расплющивался. Отмеченный в результате эксперимента эффект возрастания U может быть связан с ростом пористости по мере развития дилатансии и трещинообразования на последних стадиях нагружения образцов.

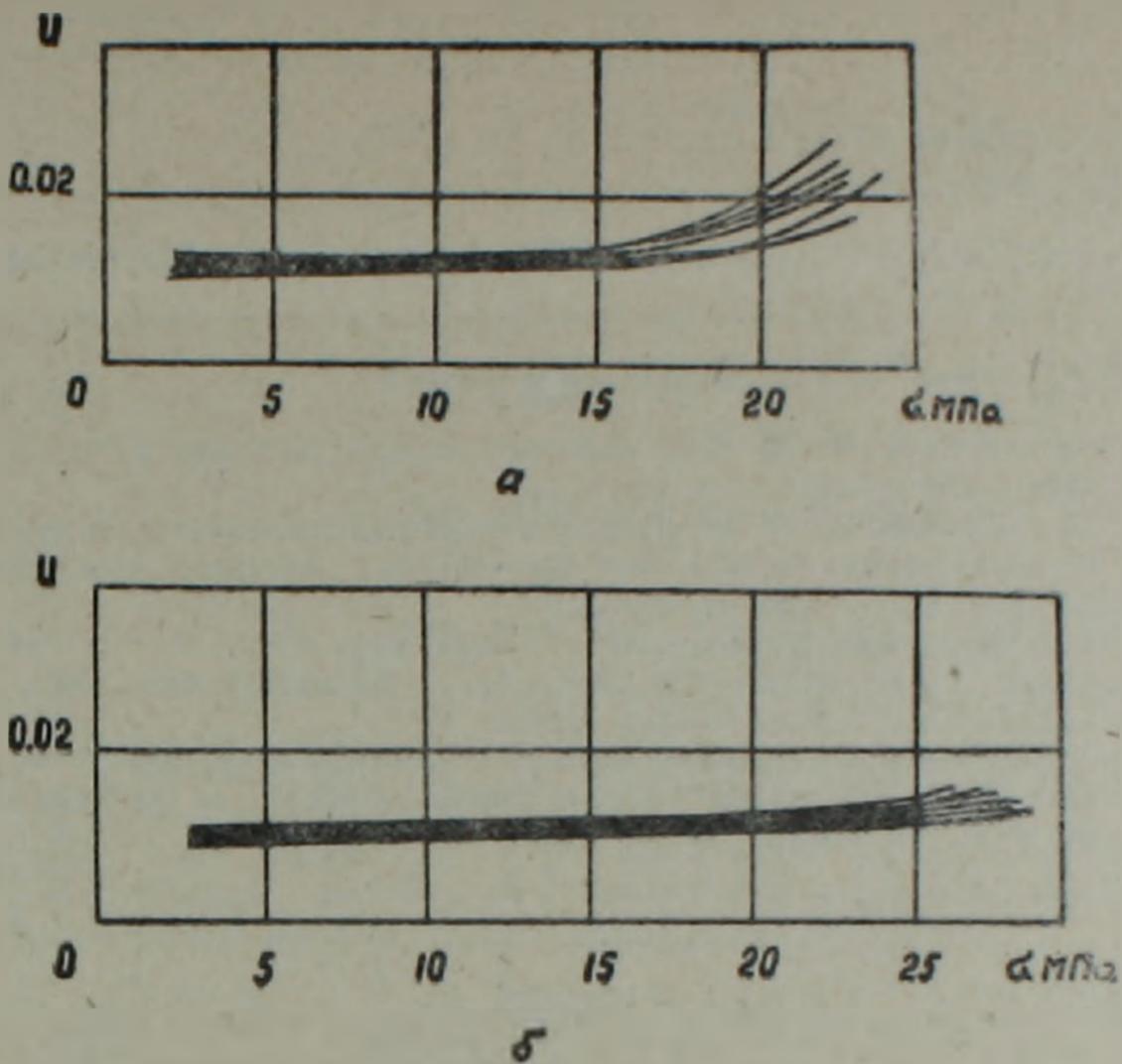


Рис. 2. Зависимость величины $U=E/J$ от одноосного сжимающего напряжения при скоростях деформирования $\dot{\Delta}_1 = 8,3 \cdot 10^{-5} \text{ м/с}$ (а) и $\dot{\Delta}_2 = 8,3 \cdot 10^{-7} \text{ м/с}$ (б). Степень насыщения образца $W=70 \%$

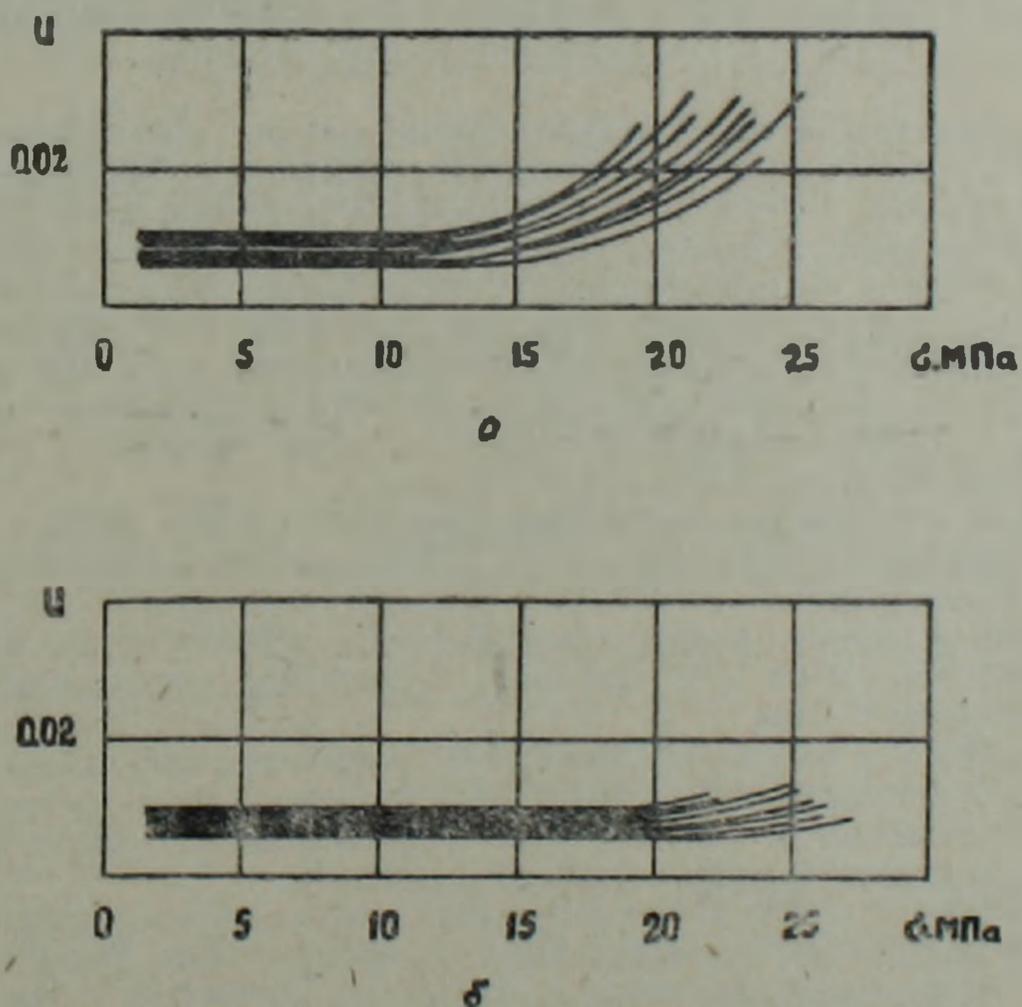


Рис. 3. Зависимость величины $U=E/J$ от одноосного сжимающего напряжения при скоростях деформирования $\dot{\Delta}_1 = 8,3 \cdot 10^{-5} \text{ м/с}$ (а) и $\dot{\Delta}_2 = 8,3 \cdot 10^{-7} \text{ м/с}$ (б). Степень насыщения образца $W=100 \%$.

Следует отметить, что теория сейсмoeлектрического эффекта построена для изотропной среды [3, 4]. Из нее не следует выявленного в ходе настоящей работы резкого различия величины эффекта, измеряемого вдоль и поперек прикладываемой механической нагрузки, т. е. сейсмoeлектрической анизотропии.

На основании результатов данных экспериментов можно предполагать, что явление сейсмoeлектрического эффекта второго рода можно использовать для контроля напряженного состояния горных массивов с целью прогноза землетрясения.

Институт геофизики и
инженерной сейсмологии
АН АрмССР

Поступила 28. XI. 1986.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Соболев Г. А., Демин В. М.* Механoeлектрические явления в Земле. М.: Наука, 1985, с. 145—159.
2. *Соболев Г. А., Симонян С. С.* Изменение сейсмoeлектрического эффекта при деформации и разрушении горной породы.—В кн.: Прогноз землетрясений, Изд. ДОНИИШ, 1984, № 4, с. 257—265.
3. *Мигунов Н. И.* О распространении продольных упругих волн в грунтах с электрокинетическими свойствами.—Изв. АН СССР, Физика Земли, 1981, № 3, с. 47—54.
4. *Френкель Я. И.* К теории сейсмических и сейсмoeлектрических явлений во влажной почве.—Изв. АН СССР, серия географическая и геофизическая, 1944, т. VIII, № 4, с. 134—149.

Известия АН АрмССР, Науки о Земле, XLI, № 1, 62—65, 1988

УДК 550.343.4

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

А. Х. БАГРАМЯН

МЕХАНИЗМ ОЧАГОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ЗАГРОССКОЙ СЕЙСМОАКТИВНОЙ ЗОНЫ

С сейсмoтектонической точки зрения особый интерес представляет тот факт, что в провинции Ахваз, в отличие от Хормозской провинции, обнаружено наличие Главного молодого разлома. Этот разлом был выявлен и изучен Д. С. Чаленко и др. [3] в районе 33—35° северной широты. Он является совершенным примером правосторонней сдвиговой зоны на сравнительно ранней стадии своей структурной эволюции, протягивается по северо-восточной периферии Загроса и в принципе совпадает с Главным надвигом Загроса. Для определения ориентаций двух возможных плоскостей разрывов, компонентов подвижек в этих плоскостях и ориентации осей главных напряжений в очагах землетрясений Загросского региона наряду с сейсмичностью использовались также геолого-геофизические данные.

Механизмы очагов землетрясений определены по знакам первых вступлений продольных волн, данные которых брались из Международного сейсмического бюллетеня. Рассмотрены землетрясения с $M \geq 4,5$.

Определение механизма очагов землетрясений осуществлялось на ЭВМ по алгоритму, описанному в работе [1]. Данные о механизмах очагов использованных землетрясений приведены в табл. 1.

Анализ механизмов очагов землетрясений, расположенных вдоль Загросской сейсмоактивной зоны показал, что во всех землетрясениях одна из возможных плоскостей разрыва наклоняется в юго-восточном направлении под углом в среднем 70°, и все они являются правосторонними сдвигами (табл. 1).

Изучение механизма очагов землетрясений этого района показывает, что правосторонние сдвиговые смещения наблюдаются и юго-восточнее Главного молодого разлома по всей северо-восточной границе Ахвазской провинции и соединяются с Казерунской разломной зоной правых сдвигов.

С северной стороны Загросская зона ограничена Северо-Тебризским разломом, дугообразно окаймляющим с севера оз. Резайе и простирающимся в юго-восточном направлении (рис. 1). Согласно исследованиям М. Берберяна [2] Северо-Тебризский разлом также представляет собой правосторонний сдвиг.

В юго-восточной части Загросского хребта ярко выраженная высокая сейсмичность и разнообразный характер механизмов очагов землетрясений, несомненно, указывают на сложную тектоническую ситуацию данного района. Однако, при интерпретации данных о механизме очагов землетрясений удалось выявить определенные закономерности—наблюдаются северо-западная и северо-восточная зоны правых сдвигов. Первая соответствует Неирис-Бендер-Аббасской линии сдвигов. Вторая соот-