

ет надежной расшифровке аномалий, обусловленных изменениями электропроводности и поляризуемости исследуемой среды.

Институт геофизики и инженерной сейсмологии  
Академии наук АрмССР

Поступила 30.1.1984.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Блох И. М. Электропрофилирование методом сопротивлений. М.: Недра. 1971, 221 с.
2. Джавахишвили Л. Г., Семенов А. С., Азарова Л. Ф. Поле дипольной установки с различной величиной тока в питающих заземлениях. Вопросы геофизики. Вып. 28. Л.: Изд. ЛГУ, 1980. с. 3—20.
3. Комаров В. А. Электроразведка методом вызванной поляризации. Л.: Недра, 1980. 391 с.
4. Матевосян А. К. О возможности применения трехэлектродной экранированной установки при исследованиях методами сопротивлений и вызванной поляризации.—Изв. АН АрмССР. Науки о Земле, 1983, № 1, с. 85—89.
5. Семенов А. С., Джавахишвили Л. Г. Поле  $\rho_k$  многоэлектродных установок в электроразведке постоянным током.—Вестник ЛГУ, № 6, 1979. с. 45—56.
6. Гархов А. Г., Бондаренко В. М., Никитин А. А. Принципы комплексирования в разведочной геофизике. М.: Недра, 1977. 290 с.
7. Электроразведка. Справочник геофизика. М.: Недра, 1980. 580 с.

Известия АН Арм. ССР, Науки о Земле, XXXVIII, № 6, 76—80, 1985.

УДК 550.348:550.834

## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Х. В. КИРАКОСЯН

### ИЗМЕНЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОТЕЛЛУРИЧЕСКОГО ПОЛЯ ПРИ СЕЙСМИЧЕСКИХ СОБЫТИЯХ

Согласно известным моделям механизма очага, при землетрясениях происходят физико-механические изменения горных пород больших объемов. Вследствие этого, в процессе назревания землетрясений и особенно на последнем его этапе, в числе других изменяются также электрические поля и параметры, в частности электротеллурическое поле (ЭТП) [4, 5].

Уровень ЭТП может меняться вследствие изменения структуры двойных электрических слоев, удельного электрического сопротивления пород, появления связанных электрических зарядов в пьезоэлектрических породах и возникновения токов компенсации этих зарядов и др. [1, 7]. Видимо, при одновременном действии перечисленных явлений, связанных с сеймотектоническими процессами, вызванные электрические поля суперпозируются.

Исходя из вышеуказанного, в пункте геофизических наблюдений «Гюлагарак» в Степанаванском районе АрмССР с 1981 года ведутся стационарные наблюдения с целью изучения аномальных изменений напряженности ЭТП, связанных с сеймотектоническими процессами, как предвестника землетрясений. Регистрация ЭТП проводится потенциометром КСП—4 при четырех приемных установках размерами  $M_1N_1 = 200$  м,  $M_2N_2 = 400$  м,  $M_3N_3 = 200$  м и  $M_4N_4 = 600$  м. Установки ориентированы  $M_1N_1$  и  $M_2N_2$ —С—Ю,  $M_3N_3$  и  $M_4N_4$ —В—З. В качестве заземлителей используются неполяризующиеся электроды длительного дейст-

вия. С целью избежания влияния суточного колебания температуры, вызывающего на поверхности земли изменяющиеся во времени естественные электрические поля [3], приемные электроды закопаны на глубине 1,8 м. Полученные результаты сопоставляются с атмосферными осадками для учета их влияния на ЭТП.

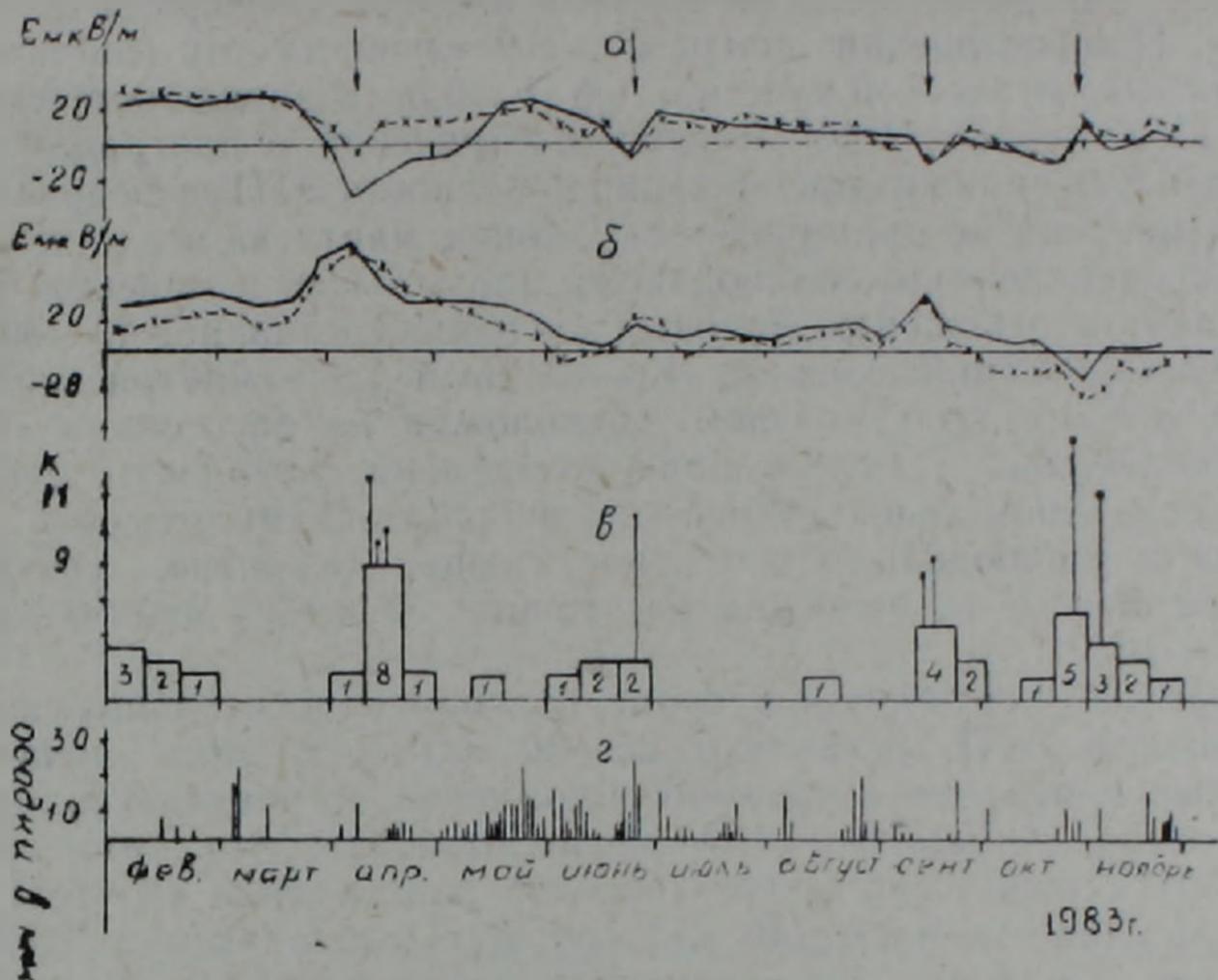


Рис. 1. Изменение напряженности ЭТП в сопоставлении с сейсмичностью и осадками, а) изменение напряженности ЭТП на приемных установках  $M_1N_1$  и  $M_2N_2$ , ориентированных СЮ, б)  $M_3N_3$ ,  $M_4N_4$ , ВЗ, в) число землетрясений по декадам с  $K \geq 8,5$ , в квадрате  $\varphi = 40^\circ \div 41^\circ 40'$ ,  $\lambda = 43^\circ \div 44^\circ 40'$ , г) осадки в мм по данным Степанаванской метеорологической станции.

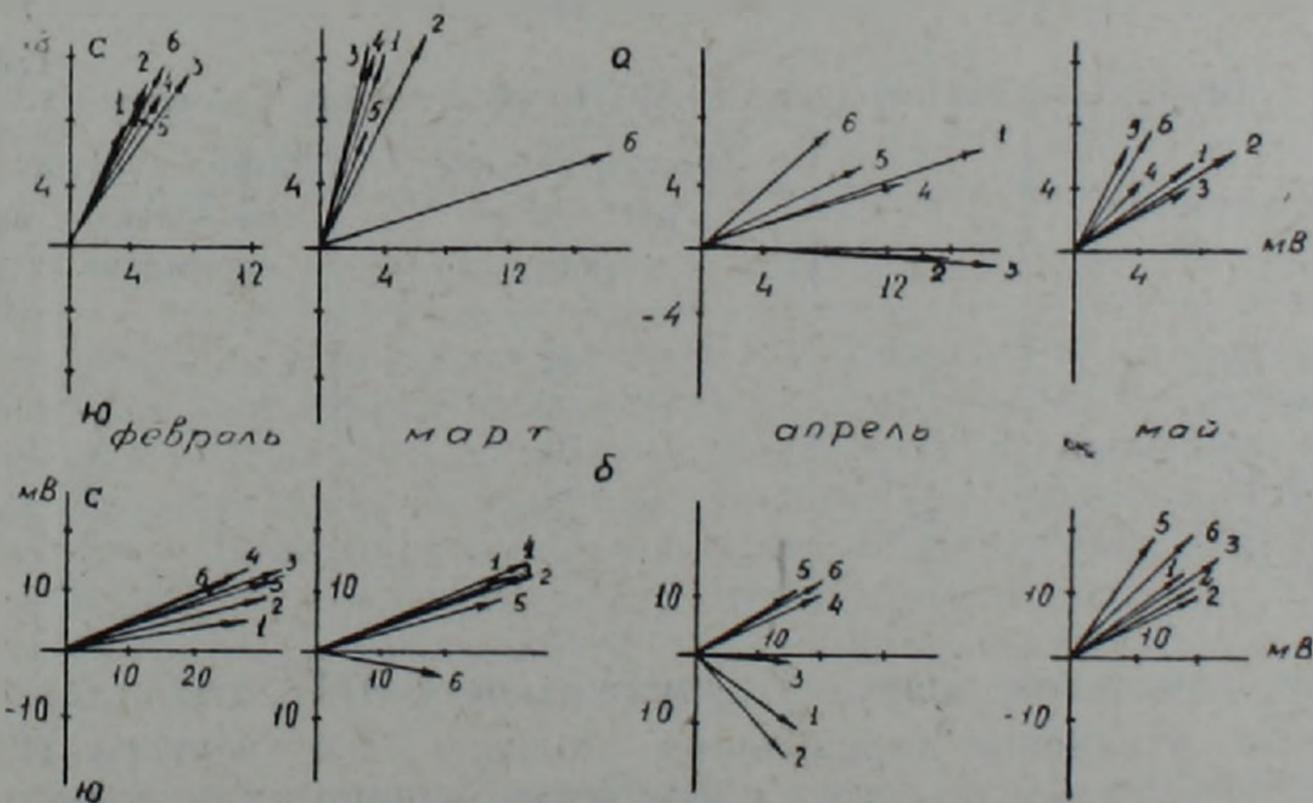


Рис. 2. Изменение направленности полного вектора напряженности ЭТП в период землетрясения 14 апреля, построенное значениями поля на взаимоперпендикулярных приемных установках. а)  $M_1N_1$ —СЮ,  $M_3N_3$ —ВЗ, б)  $M_2N_2$ —СЮ,  $M_4N_4$ —ВЗ, 1. направление вектора 1 по 5 число, 2. 5—10, 3. 10—15, 4. 15—20, 5. 20—25, 6. 25—30.

Сопоставление количества выпадавших осадков, по данным Степанаванской метеорологической станции, с изменениями напряженности ЭТП, показывает отсутствие корреляционной связи этих величин (рис. 2). Следовательно, искажение ЭТП с выпадением осадков пренебрежительно мало.

На рис. 2 представлены кривые напряженности ЭТП на приемных установках, диаграммы сейсмичности и осадков с февраля по декабрь 1983 года. При построении диаграммы сейсмичности учитывались землетрясения с энергетической классностью  $K \geq 8,5$ , возникающие в квадрате  $\varphi = 40^\circ \div 41^\circ 40'$ ,  $\lambda = 43^\circ \div 44^\circ 40'$ . Число землетрясений на диаграмме указано по декадам. Как видно из рисунка, напряженность ЭТП за февраль и март особых изменений не претерпевает. С конца марта на всех 4-х установках почти одновременно наблюдаются аномальные изменения. Величина аномалий, по отношению фоновых значений, составляет 40—60 мкВ/м. Эти изменения начинаются за 13—15 дней до землетрясения—14-го апреля с  $K=11,5$ , очаг которого расположен на расстоянии 70 км от пункта наблюдений. Пик аномалии по времени совпадает с сейсмическим толчком. Аномальные изменения небольшой амплитуды и продолжительности наблюдаются и в конце июня, вероятно, связанные с землетрясением 27-го июня, на расстоянии 52 км от пункта наблюдений с  $K=10,5$ .

В середине сентября и в конце октября относительные аномалии напряженности ЭТП составляют 25—30 мкВ/м. В этом случае также аномальные изменения изучаемого параметра по времени совпадают с сейсмическими событиями. Интересно отметить, что землетрясению 18 сентября с небольшой энергетической классностью ( $K=9,5$ ) и эпицентральным расстоянием (40 км) соответствует аномалия ЭТП приблизительно с одинаковой амплитудой и продолжительностью, что и сильному Эрзерумскому землетрясению с классностью  $K=17$ , но с большим эпицентральным расстоянием—235 км. Продолжительность и амплитуда аномалии, видимо, находятся в нелинейной зависимости от параметров землетрясений. На это указывают и данные наблюдаемых аномальных изменений ЭТП перед землетрясениями, приведенные в таблице [6].

Таблица 1

Опережение начала аномалии ЭТП сейсмического события

Дата землетрясения	K	Эпицентральное расстояние (км)	Разность между моментом толчка и началом аномалии (сутки)
18.01.82 г.	12	36	17
25.05.82 г.	11,5	56	15
14.04.84 г.	11,5	70	15
27.06.84 г.	10,5	52	3
18.09.84 г.	9,5	40	4
30.10.84 г.	17	235	4

Кроме изменения значений напряженности ЭТП, представляет интерес также изменение направления полного его вектора ( $\vec{E}$ ). На рис. 2 представлены диаграммы изменения направления полного вектора ( $\vec{E}$ ), полученные путем суммирования значений составляющих, снятых на взаимоперпендикулярных приемных установках  $M_1N_1—M_3N_3$  (рис. 2а) и  $M_2N_2—M_4N_4$  (рис. 2б). Как видно из диаграмм, в феврале и марте общий вектор ориентирован на северо-восток. Перед землетрясением 14-го апреля с конца марта вектор вращается к юго-востоку приблизительно на  $90^\circ$ .

Важно отметить, что начала аномальных изменений уровня напряженности ЭТП и направления его полного вектора совпадают. Это дает основание предполагать, что причиной, вызывающей изменения, являются сейсмотектонические процессы, предшествующие землетрясению. Глубокий анализ данной связи в дальнейшем может дать возможность предсказать направление землетрясений

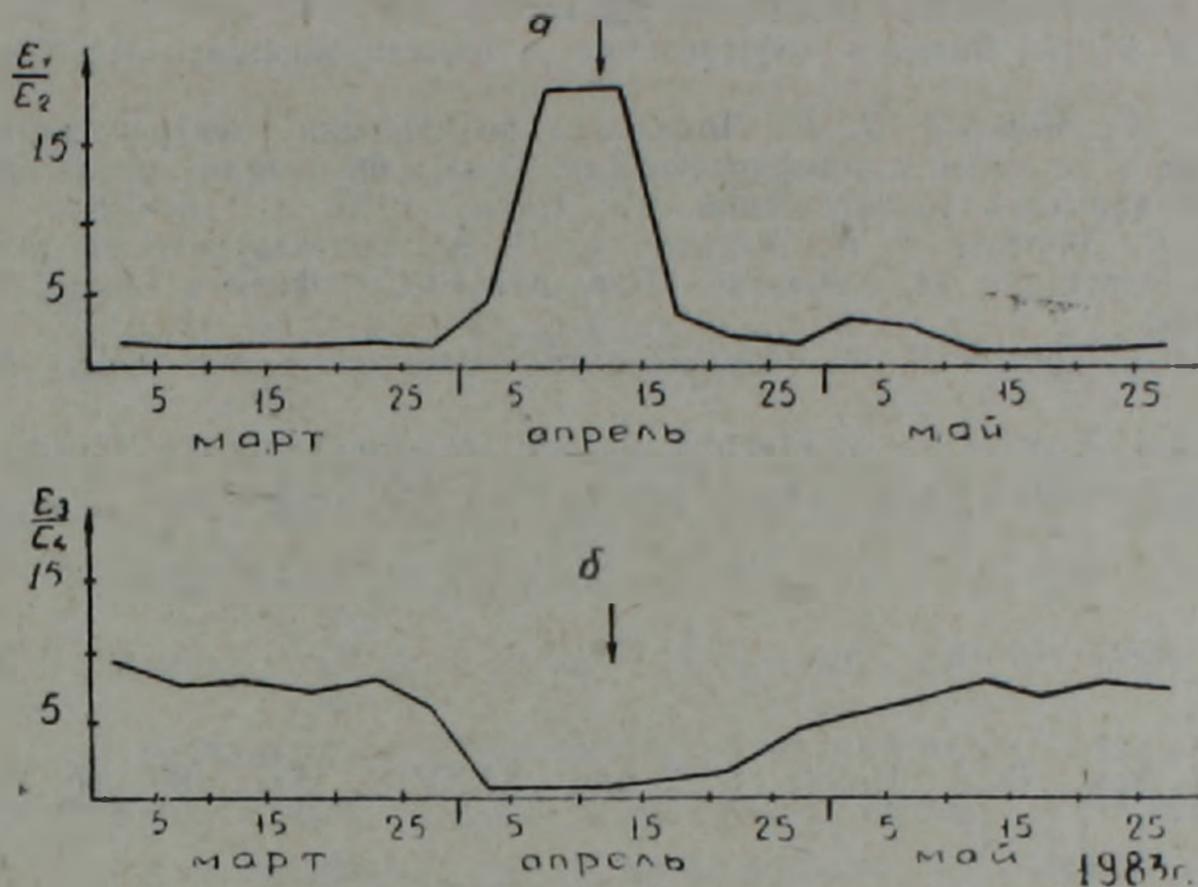


Рис. 3. Изменение соотношения напряженностей ЭТП на параллельных установках а)  $\frac{M_1 N_1}{M_2 N_2}$  — СЮ, б)  $\frac{M_3 N_3}{M_4 N_4}$  — ВЗ.

На рис. 3 приводятся графики изменения соотношения напряженностей ЭТП на параллельных установках. Как видно из графика, изменения соотношения напряженностей  $\left(\frac{E_1}{E_2}, \frac{E_3}{E_4}\right)$ , снятых на параллельных установках в период отсутствия сейсмических событий (с 1-го марта до 5-го апреля), незначительны. Во время аномального изменения напряженности ЭТП наблюдается резкое изменение значений  $\frac{E_1}{E_2}, \frac{E_3}{E_4}$ . Большие отклонения изучаемых соотношений, видимо, вызваны геологической неоднородностью, установленной методом ВЭЗ.

Во время нарастания тектонических напряжений, неоднородность или разлом может вносить поправку в общее распределение поля. Вследствие искажения поля измеряемое напряжение электрического поля претерпевает изменения в зависимости от расположения электродов по отношению данной неоднородности. Видимо, вследствие срабатывания такого механизма и наблюдается изменение соотношения напряженностей (рис. 3) на параллельных установках в период землетрясения 14 апреля.

Полученные данные по аномальному изменению ЭТП по длительности, интенсивности и форме достаточно хорошо сходятся с аналогичными результатами, полученными Г. А. Соболевым и др. на территории Камчатки [2, 8].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Барсуков О. М. Возможная причина электрических предвестников землетрясений. Известия АН СССР, Физика Земли, № 8, стр. 85—90.
2. Зубков С. И., Мигунов Н. И. О времени возникновения электромагнитных предвестников землетрясений.—Геомagnetизм и Аэрономия, 1975, т. 15, № 6, с. 1070—1074.
3. Лашихи Л. С. Влияние атмосферных осадков на земные электрические токи. Тр. Ин-та геофизики АН СССР. т. 22.
4. Пархоменко Э. И. Явления электризации в горных породах. М.: Наука, 1968. с. 48.
5. Соболев Г. А., Морозов В. Н. Локальные возмущения электрического поля на Камчатке и их связь с землетрясениями. В кн.: Физические основания поисков методов прогноза землетрясений. М.: Наука, 1970, с. 110—121.
6. Соболев Г. А., Морозов В. Н., Мигунов Н. И. Электротеллурическое поле и сильное землетрясение на Камчатке.—Изв. АН СССР, Физика Земли, 1972, № 2, с. 73—80.
7. Соболев Г. А., Демин В. М. Механоэлектрические явления в Земле, М.: Наука, 1980.
8. G. A. Sobolev, Application of Electric Method to the Tentative Short-Term Forecast of Camchatka Earthquakes. Pageoph, Vol 113, 1975. Basel.

Известия АН Арм. ССР, Науки о Земле, XXXVIII, № 6. 80—81, 1985.

УДК:551.242

Н. Е. САРАФЯН

### ОБ УСТОЙЧИВОСТИ И СТАБИЛИЗИРУЮЩИХ МЕХАНИЗМАХ ЗЕМЛИ

При анализе движения и развития Земли, нелинейность и нестационарность взаимодействий порождают серьезные трудности. Для оценки динамики параметров системы (например, эйлеровы углы, изменения полуосей орбиты и обусловленные ими регулярные геодинамические перестройки и т. д.) в произвольно больших промежутках времени, аналитические методы непригодны. Это объясняется тем, что воздействие уже трех тел приводит к сложному движению, уравнение которого не только не может быть проинтегрировано, но вообще не описывается в конечном виде. Согласно теории для некоторых начальных условий оно оказывается стохастическим или «случайным».

Обычно при исследовании движения Земли, которое подвергается серии возмущений, используются различные маятниковые модели. Эти возмущения, разные по длительности, интенсивности, промежуткам между двумя последовательными воздействиями, будто не вызывают отклонения устойчивого режима движения Земли, по крайней мере в рассматриваемом интервале времени. Точнее, всякое отклонение, с позиций механики, непременно и бесследно восстанавливалось. Так, предполагалось, что скорость разрядки и ликвидации напряжений соответствует скорости ее поступления. Отсюда следует, что Земля до наступления очередного возмущения (порции энергии) каким-то образом минимизирует ее воздействие и накопление, т. е. настраивается на возмущение. Эти ответные приспособительные реакции и обеспечивают устойчивый режим движения Земли. Постоянное приспособление Земли ко всем изменениям, происходящим в космической среде, является необходимым условием ее существования и развития. Так как возмущения подчиняются сложным пространственным и временным закономерностям, то в соответствии с этим поведение и строение Земли ока-