

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гуревич Ю. М. Корреляция пластов высокоомных горных пород в разрезах скважин.—Геофизическая разведка. Вып. 15, М.: Недра, 1964, с. 144—152.
2. Козырин А. К. Электрическая корреляция разрезов скважин. М.: Недра, 1985. 132 с.
3. Меньшиков В. А., Шибанов В. И. Корреляция пластов высокого электрического сопротивления.—В кн.: Подземная геофизика при поисках и разведке минерального сырья. Ереван: Изд. АН АрмССР, 1983, с. 95—102.
4. Попов В. В. Определение мощности крутопадающих пластов высокого сопротивления по одноэлектродному методу.—Разведочная геофизика. Вып. 8. М.: Недра, 1968, с. 140—146.
5. Саковцев Г. П., Редозубов А. А. Методы скважинной электроразведки при поисках и разведке рудных месторождений. М.: Недра, 1968. 127 с.
6. Терехов Б. И., Терехова Р. В. Комбинированное профилирование в присутствии плохопроводящих объектов.—Зап. Ленинградского университета, вып. 28, Л.: 1980, с. 21—30.

Известия АН АрмССР, Науки о Земле, XL, 43—48, 1987

УДК 550.343.6 (479.25)

Х. В. КИРАКОСЯН, В. Б. ГАМОЯН

### ВОЗМОЖНЫЙ МЕХАНИЗМ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОТЕЛЛУРИЧЕСКИХ ПРЕДВЕСТНИКОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ АРМЯНСКОЙ ССР

На основании результатов лабораторных исследований рассматривается механизм аномальных изменений электротеллурического поля (ЭТП) вследствие его перераспределения, в зависимости от направления действующих тектонических напряжений. Для территории АрмССР проведен анализ зависимости аномального времени  $\Delta T$  предвестника ЭТП от эпицентрального расстояния  $R$  и энергетической классности землетрясения.

Известные в литературе данные [6, 3, 13, 14] указывают на обратимый бухтообразный характер изменения электротеллурического поля (ЭТП), связанный с сейсмическими событиями. Известны также данные, согласно которым аномальные изменения ЭТП перед землетрясениями в некоторых случаях наблюдаются только на одной из взаимоперпендикулярно расположенных приемных установок [5, 12, 13].

В отношении прогноза места, времени и силы землетрясений большой интерес вызывает изучение аномального времени предвестников землетрясений  $\Delta T$  в зависимости от эпицентрального расстояния и энергетического класса  $K = \lg E$  ( $E$ —энергия землетрясения в Дж). По всей вероятности, конкретный район, исходя из характерного геолого-тектонического строения и сейсмичности, вносит поправку в пространственно-временную зависимость проявления аномалий, связанную с сейсмическим событием.

В настоящей статье сделана попытка на основании данных режимных наблюдений и лабораторно-экспериментальных исследований рассматривать возможный механизм и некоторые особенности проявления предвестников ЭТП, а также, используя данные, полученные по территории АрмССР, найти связь между изменением параметров  $\Delta T$ ,  $K$ , средней амплитудой аномального изменения напряжения ЭТП ( $\Delta U_{\text{ср}}$ ) и эпицентральным расстоянием ( $R$ ).

#### Особенности проявления аномалий ЭТП

Известно, что возникновение предвестников землетрясений ЭТП объясняется изменением напряженного состояния в сейсмоактивной зоне: развитие процесса трещинообразования сопровождается механо-

электрическими преобразованиями, электрокинетическими явлениями, пьезо-, сейсмо- и трибоэлектрическими эффектами и т. п. [1, 3, 8, 11]. Помимо этих явлений в сейсмоактивных районах можно ожидать искажение ЭТП, за счет изменения тензора электропроводности горных пород, что эквивалентно проявлению фиктивного электрического источника в земной коре [3]. Исходя из этого, одним из возможных механизмов изменения напряженности ЭТП перед сейсмическим событием можно считать изменение анизотропии среды под влиянием тектонических напряжений. При таком предположении изменение поля, составляющие которого регистрируются на взаимоперпендикулярных приемных установках, в основном может быть обусловлено изменением направления полного вектора ЭТП [6] в зависимости от направления действующих тектонических напряжений.

С целью подтверждения вышесказанного на образцах пород (туф, базальт), насыщенных дистиллированной водой, проведены лабораторно-экспериментальные исследования. Основной задачей эксперимента было изучение изменения электрического поля во взаимоперпендикулярных направлениях при одноосном сжатии.

Применяемая установка состоит из ручного пресса, прессных подушек из непроводящего материала, электродной установки из оргстекла с камерами, которые заполняются раствором медного купороса и снизу закрываются войлоком, что и дает возможность избавиться от контактных потенциалов (рис. 1). Сверху камеры закрываются с помощью специальных винтиков из меди, которые осуществляют контакт с образцом через раствор медного купороса и войлок. Применяемая электродная установка позволяет избавиться как от контактных, так и электрохимических потенциалов.

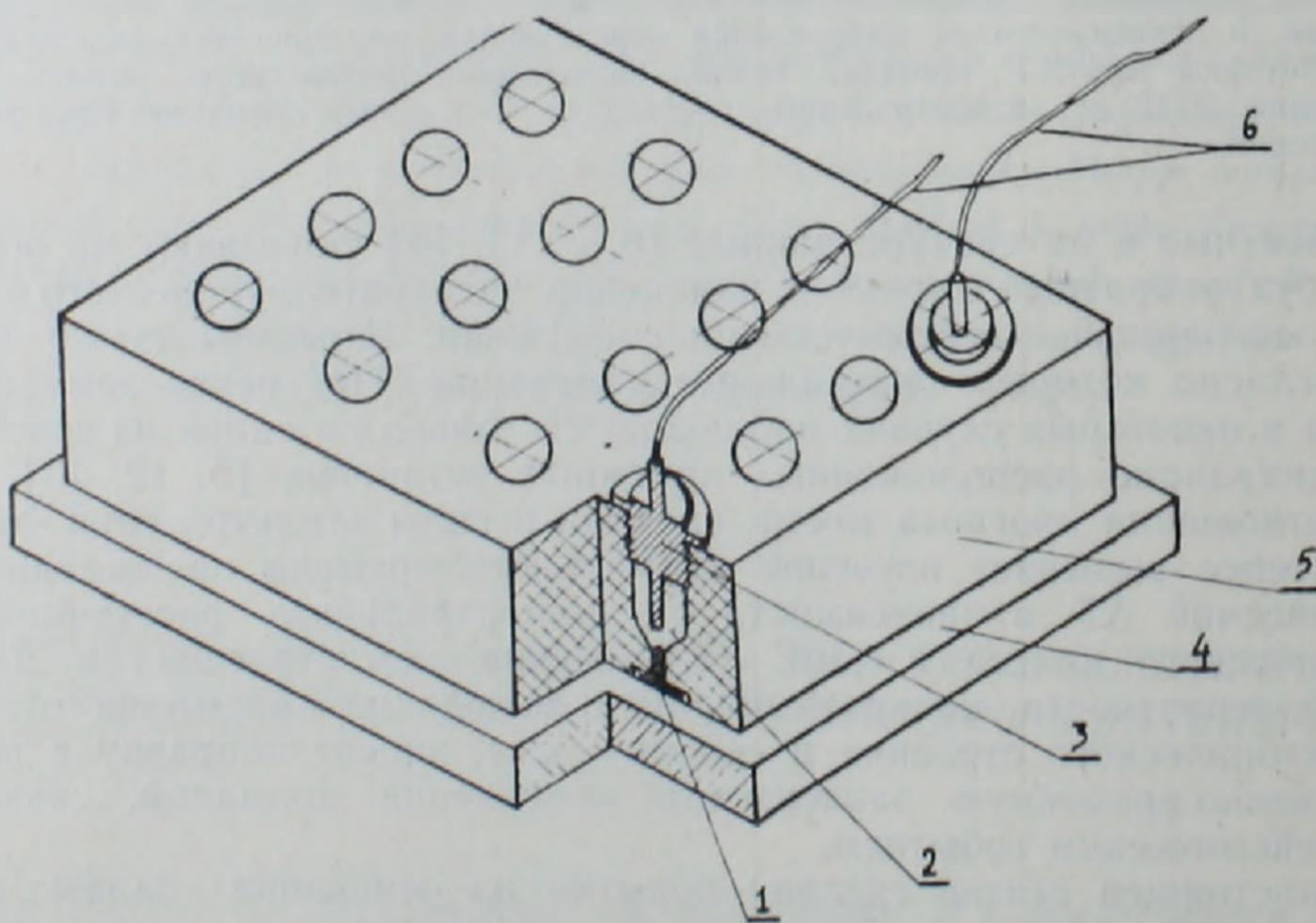


Рис. 1. Электродная установка для измерения электрического поля на образце. 1—войлок, осуществляющий контакт с образцом; 2—раствор медного купороса с желатином; 3—медные винтики; 4—образец; 5—корпус электродной установки (оргстекло); 6—соединительные провода.

Образец размером  $12 \times 8 \times 2,5$  см, заранее насыщенный дистиллированной водой, закрепляется к электродной установке специальными жгутами и производится одноосное сжатие с помощью ручного пресса. Разность потенциалов на взаимоперпендикулярно расположенных электродах одновременно записывается на самопишущих милливольтметрах типа Н-339, в диапазоне чувствительности  $0,05$  мВ/мм. На

приемной установке, параллельной оси сжатия, наблюдается скачкообразное изменение напряженности электрического поля в среднем на  $0,65-0,7$  мВ/см для туфов и  $0,25-0,3$  мВ/см для базальтов, при сжатии образца до появления макротрещин. На перпендикулярной к оси сжатия установке изменения напряженности  $E$  пренебрежительно малы. После снятия нагрузки, напряженность электрического поля также скачкообразно возвращается на фоновый уровень. В некоторых случаях, особенно у туфов, наблюдаются небольшие остаточные явления при появлении макротрещин.

Проведенные лабораторные исследования показывают, что перераспределение электрического поля вследствие действующих напряжений зависит от направления сил сжатия. Исходя из этого, можно предполагать, что амплитуда аномальных вариаций на взаимоперпендикулярных приемных установках находится в зависимости от направления действующих сил. Видимо, этим и объясняются известные в литературе [13, 14] и полученные нами в пункте наблюдения «Гюлагарак» аномальные изменения ЭТП, в связи с землетрясением 17 января 1982 года с  $K=11$  [5], когда аномальные изменения наблюдались только на одной из взаимоперпендикулярно расположенных приемных установках.

Исходя из результатов лабораторных исследований, можно предполагать, что в таких случаях действующие тектонические напряжения могут быть направлены параллельно к одной приемной установке и перпендикулярно к другой. Амплитуда аномальных изменений на взаимоперпендикулярных приемных установках, в теоретическом случае (если среду считать однородной) будет распределена равномерно, при направлении тектонических напряжений под углом  $45^\circ$  по отношению приемных установок.

### Особенности проявления аномалий ЭТП

Для проведения анализа зависимости аномального времени предвестника  $\Delta T$  и амплитуды аномального изменения напряжения ЭТП от параметров землетрясений использованы данные по аномальному изменению ЭТП, полученные нами по территории АрмССР.

На рис. 2 представлена зависимость функции  $\lg \Delta TR$  от энергетического класса землетрясений, аппроксимированная прямой методом наименьших квадратов [2]. Как видно из рисунка, с увеличением энергетической классности  $\lg \Delta TR$  увеличивается по формуле:

$$\lg \Delta TR = 0,116K + 1,32.$$

Коэффициент корреляции прямой с реальными значениями составляет  $r=0,71$ , дисперсия точек  $S_0^2=0,035$ .

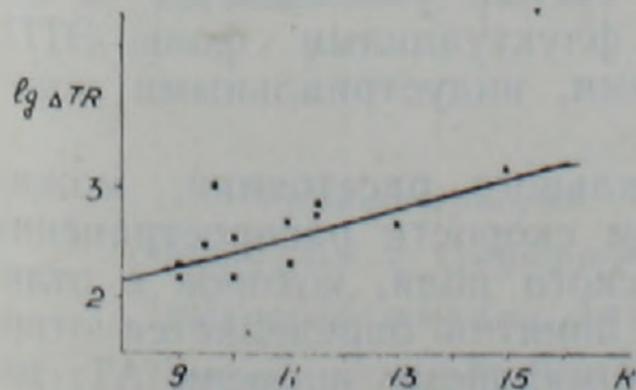


Рис. 2. График зависимости функции  $\lg \Delta TR$  от энергетического класса землетрясений.

Из полученной пространственно-временной зависимости предвестников ЭТП от энергии землетрясения  $K$  следует, что для конкретной  $K$ ,  $\lg \Delta TR = \text{const}$ . Следовательно, для землетрясений с конкретным энергетическим классом можно находить зависимость  $\Delta T$  от эпицентрального расстояния (рис. 3). Исходя из этой зависимости, по имеющимся в настоящее время данным для территории АрмССР, можно

оценить как зону проявления предвестников ЭТП, так и соответственно время проявления аномальных изменений. Однако, особенно для такого сложного в геологическом отношении региона как АрмССР в дальнейшем следует учитывать возможность несимметричности пространственно-временного распределения предвестников относительно эпицентра готовящегося землетрясения и другие факторы отклонения от полученных зависимостей.

Полученные результаты показывают, что (рис. 3, 4) при увеличении эпицентрального расстояния длительность и амплитуда аномального сигнала уменьшаются.

Наглядным примером сказанного является график зависимости амплитуды аномального сигнала от эпицентрального расстояния соответствующего землетрясения (рис. 4). Для землетрясений с  $K > 10$

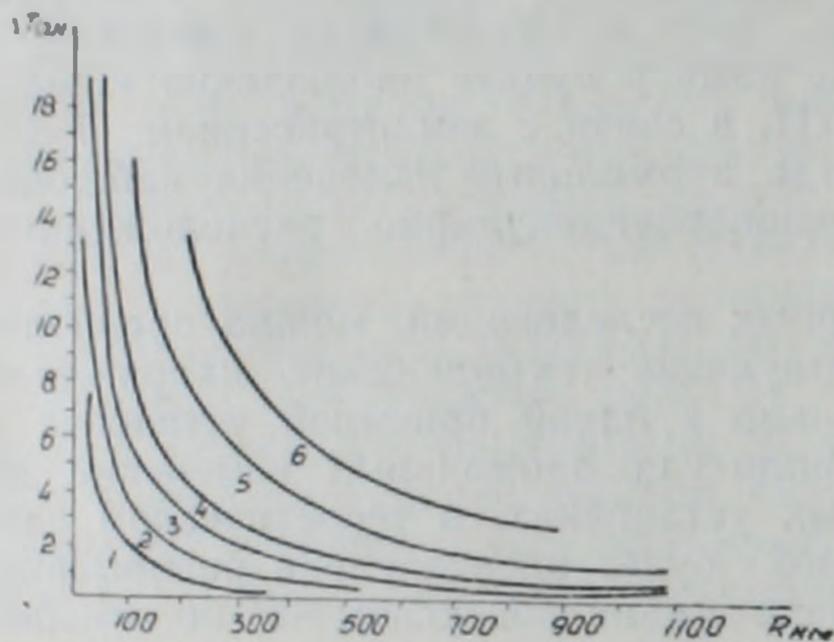


Рис. 3. График зависимости аномального времени  $\Delta T$  от эпицентрального расстояния: 1—для землетрясений с энергетическим классом  $K=9$ , 2— $K=10$ , 3— $K=11$ , 4— $K=12$ , 5— $K=13$ , 6— $K=14$ .

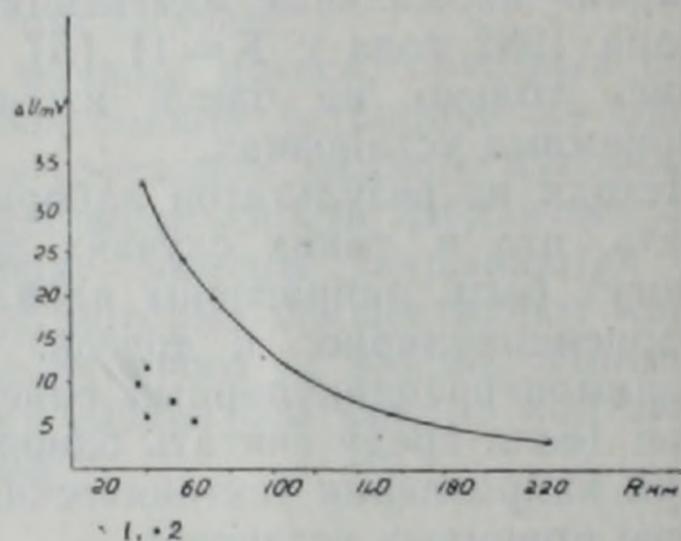


Рис. 4. График зависимости амплитуды аномального сигнала от эпицентрального расстояния: 1—для землетрясений  $K > 10$ , 2— $9 \leq K \leq 10$ .

наблюдается экспоненциальная зависимость изменения амплитуды аномального сигнала от эпицентрального расстояния. При  $K=9 \div 10$ , эпицентральные расстояния которых не превышают 50 км от пункта наблюдений, четкого закономерного распределения не наблюдается. Видимо, это объясняется тем, что приведенные на графике землетрясения (рис. 4) с  $K \leq 10$  имеют приблизительно одинаковые эпицентральные расстояния (40–55 км) и энергию ( $K=9 \div 9,5$ ).

Полученные результаты для землетрясений с  $K > 10$  показывают, что с увеличением расстояния полезный сигнал уменьшается и его возникновение существенно искажается флуктуациями фона ЭТП, обусловленными геомагнитными вариациями, промышленными помехами и т. п.

Поскольку  $\Delta T$  зависит от эпицентрального расстояния, можно пользоваться уже введенным [4] понятием скорости распространения предсейсмического возмущения геофизического поля, которое в отличие от принятого в работе [4] этого же понятия определяется отношением эпицентрального расстояния к аномальному времени  $\Delta T$ , зарегистрированного в пункте наблюдения, а не к  $\Delta T_0$  [4], что представляет собой отрезок времени от момента регистрации предвестника в эпицентре до момента землетрясения. Такое изменение понятия скорости распространения предсейсмического возмущения геофизического поля вызвано тем, что инструментальное определение  $\Delta T_0$  почти невозможно, а его теоретическое определение, видимо, имеет субъективный характер и определенную неточность. По предвестникам ЭТП для АрмССР и сопредельных районов она составляет 22 км/сутки. Ин-

тересно отметить, что, по мировым данным [4], скорость распространения предвестников ЭТП составляет в среднем 30 км/сутки. Некоторое несоответствие в значениях скорости распространения предвестников ЭТП может быть обусловлено как некоторым изменением этого понятия в нашем случае, так и геологическими и геоэлектрическими особенностями в различных регионах.

Представленные результаты в дальнейшем, с накоплением статистики, подлежат уточнению и дополнению, а пока на основании имеющихся данных можно сделать приведенные ниже первые приближенные оценки пространственно-временных закономерностей распределения предвестников ЭТП для территории АрмССР.

1. Перераспределение электрического поля в образце при одноосном сжатии является обратимым процессом с небольшими остаточными явлениями, в случае сжатия образца до появления макротрещин.

2. Аномальное изменение ЭТП перед сейсмическими событиями, наряду с другими причинами, видимо, может происходить вследствие изменения анизотропии среды под влиянием тектонических напряжений.

3. Амплитуда изменений электрического поля на взаимоперпендикулярных установках как на образце, так и в естественных условиях, находится в зависимости от направления действующих напряжений по отношению к их ориентации.

4. Как аномальное время  $\Delta T$ , так и амплитуда  $\Delta U$  аномальных изменений предвестников ЭТП находятся в экспоненциальной зависимости от эпицентрального расстояния  $R$  землетрясений.

5. При сопоставлении полученных для территории АрмССР пространственно-временных закономерностей предвестников ЭТП с аналогичными результатами для отдельных регионов [12, 13, 14] и по мировым данным [4, 7, 9] выявляются различия, что, видимо, обусловлено геологическим строением.

Институт геофизики и инженерной сейсмологии  
АН Армянской ССР

Поступила 11.IX.1986

Խ. Վ. ԿՐԱՎՈՍՅԱՆ, Վ. Բ. ԳԱՄՈՅԱՆ

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԲՆԱՏԱՐԱԾՔՈՒՄ ԵՐԿՐԱՇԱՐԺԵՐԻ ԷԼԵԿՏՐԱԹԵԼՈՒՐԱԿԱՆ  
ՆԱԽԱՆՇԱՆՆԵՐԻ ԱՐՏԱՀԱՅՏՄԱՆ ՕՐԻՆԱԶԱՓՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ ԵՎ  
ՀՆԱՐԱՎՈՐ ՄԵԽԱՆԻԶՄԸ

Ա մ փ ո փ ու մ

Փորձարարական հետազոտությունների արդյունքների հիման վրա բրննարկվում է էլեկտրաթելուրիկ դաշտի (էՔԴ) վերաբաշխման հետևանքով առաջացած անոմալ փոփոխությունների մեխանիզմը՝ կախված ազդող տեկտոնական լարվածություններից: Հայկական ՍՍՀ բնատարածքի համար վերլուծված է էՔԴ-ի նախազուշակի անոմալ  $\Delta T$  ժամանակի կախվածությունը էպիկենտրոնային  $R$  հեռավորությունից և երկրաշարժերի էներգետիկ դասից:

# A POSSIBLE MECHANISM AND DISPLAYING REGULARITIES OF THE EARTHQUAKES ELECTRIC-TELLURIC PRECURSORS ON THE ARMENIAN SSR TERRITORY

## A b s t r a c t

On the basis of laboratory investigations results the mechanism of electric-telluric field (ETF) anomalous changes is considered due to its redistribution depending on the direction of acting tectonic stresses. For the Armenian SSR territory dependence of the ETF precursor anomalous time  $\Delta T$  on the epicentral distance  $R$  and the earthquake magnitude is revealed.

## Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Барсуков О. М. Электропроводность низкопористых горных пород и трещинообразование.—Изв. АН СССР, Физика Земли, № 4, 1983.
2. Зайдель А. Н. Ошибки измерений физических величин. Л.: Наука, 1974.
3. Зубков С. И., Мигунов Н. И. О времени возникновения электромагнитных предвестников землетрясений.—Геомagnetизм и аэрономия. Том XV, 1975, № 6.
4. Зубков С. И. О зависимости времени возникновения и радиуса зоны проявления электротеллурического предвестника от энергии землетрясения.—Изв. АН СССР, Физика Земли, 1983, № 4.
5. Киракосян Х. В., Саргсян Г. В. Изменение геофизических параметров в связи с сейсмической активизацией Джавахетского нагорья.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1985, № 1.
6. Киракосян Х. В. Изменение параметров электротеллурического поля при сейсмических событиях.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1985, № 6.
7. Мячкин В. И., Зубков С. И. Сводный график предвестников землетрясений.—Изв. АН СССР, Физика Земли, 1973, № 6.
8. Пономарев А. В., Соболев Г. А. Изменение естественного электрического поля в условиях Кавказа и сопоставление его изменений с местными землетрясениями.—Изв. АН СССР, Физика Земли, 1981, № 9.
9. Сидорин А. Я. Зависимость времени проявления предвестников землетрясений от эпицентрального расстояния.—Докл. АН СССР, 1979, т. 245, № 4.
10. Соболев Г. А., Славина Л. Б. Быстрые изменения электрических и сейсмических свойств среды в сейсмоактивном районе.—Докл. АН СССР, 1974, том 215, № 5.
11. Соболев Г. А., Семерчан А. А., Салов Б. Г. и др. Предвестники разрушения большого образца горной породы.—Изв. АН СССР, Физика Земли, 1982, № 8.
12. Янагихара К., Иосимацу Т. Локальные изменения теллурических токов в Какюке перед землетрясениями.—В кн.: Предсказание землетрясений. М.: Мир, 1968.
13. Varotsos P. and Alexopoulos K. Physical Properties of the Variations of the Earth Preceding Earthquakes. Tectonophysics, 110: 72—98.
14. Varotsos P., Alexopoulos K. and Nomikos K. Electric Signals preceding Earthquakes. 4th. Int. Conf. on Basement Tectonics. Oslo, August 1981.