

## THE KHONARHASAR-TZEGHUK REGIONAL ZONE OF ACTIVE SHIFT DISLOCATIONS

### A b s t r a c t

The regional active zone of recent shift dislocations are described, which extends from the Khonarhasar volcano (the Vardenis highland) to the Tzaghuk volcanic massif. The right shifts are marked out along the dislocation, which are the most distinctly revealed in the Khonarhasar volcano area, the eastern part of which, earlier described as a separate volcano, is displaced to the right about 800 meters. The aerial and space imagery deciphering with the field investigations allow not only to determine the morphological and kinematical characteristics of the fracture, but to fix its activity age, as well as its connection with the recent lava flows centres and supposed seismic dislocations zone.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Сдвиговые тектонические нарушения и их роль в образовании месторождений полезных ископаемых. — Тезисы докладов Первого Всесоюзного совещания по сдвиговой тектонике. Выпуск 1, 2, 3, Л., 1988, 95 с., 108 с., 144 с.

Известия АН АрмССР, Науки о Земле, 1989, XLII, № 4, 49—58

УДК: 550.384

С. Р. ОГАНЕСЯН, А. О. СИМОНЯН, Г. А. ЛКОПЯН, В. С. ГАСПАРЯН

### ОБ ИЗУЧЕНИИ ГЕОМАГНИТНЫХ ПРЕДВЕСТНИКОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

В статье на материале трехлетних прямых наблюдений сделана попытка отделить магнитные предвестники землетрясений от природных помех переменного геомагнитного поля.

Сопоставление геомагнитных данных с сейсмичностью изучаемых районов показывает прямую зависимость локальных аномалий геомагнитного поля от состояния сейсмических событий. Проводимый эксперимент показывает перспективность регистрации геомагнитных предвестников.

На настоящем этапе исследований ведется активное изучение динамических процессов земной коры сейсмоактивных районов с помощью прецизионной магнитометрии. Успехи в этой области уже очевидны.

За последние 10 лет нам удалось решить ряд вопросов, позволяющих обнаружить геомагнитные предвестники землетрясений в сейсмоактивных районах Армении, а также при возбужденной сейсмичности районов больших водоемов.

Геомагнитные предвестники землетрясений должны появляться в изменениях постоянного поля. Чтобы выделить их надо из наблюдаемого поля отфильтровать вариации внешнего источника, а потом в изменениях постоянного поля искать нужные нам локальные аномалии тектономагнитной природы. Однако существует ряд тонких эффектов, которые по величине и по характеру возникновения не отличаются от локальных аномальных изменений геомагнитного поля, вызванных изменениями напряженного состояния в земной коре [4]. К числу таких

мешающих факторов относятся: эффекты изменения поля за счет электрокинетических явлений [5]; индукционные токи, вызванные переменными токами в ионосфере. Это обстоятельство заставило многих исследователей [1, 3] отрабатывать новые методы регистрации локальных аномалий геомагнитного поля в полигонах, расположенных далеко (более 300 км) от магнитных обсерваторий.

Геомагнитные предвестники землетрясений зарегистрированы в нашей стране и за рубежом многими исследователями [2, 6].

Однако, были случаи, когда до землетрясения непрерывно работающая станция не зарегистрировала изменения в геомагнитном поле [6]. Такие случаи указывают на неоднозначность и сложность характера возникновения и проявления предвестников в пространственно-временной структуре геомагнитного поля.

## 1. Геологические особенности района пунктов измерений

В образовании локальных аномалий существенную роль играют пьезомагнитные характеристики горных пород, подстилающих районы пунктов наблюдений и тектонические нарушения, создающие аномальные зоны электропроводности и формы накопившихся напряжений. Для учета влияния этих факторов детально изучена геология полигона магнитометрических исследований.

Магнитометрическая станция «Мармашен» находится на расстоянии 6 км к северу от г. Ленинакана. На территории станции залегают вулканогенные туфы ленинаканского типа четвертичного возраста. Значения остаточной намагниченности туфов находятся в пределах  $10^{-4}$ — $10^{-3}$  ед. СГСМ, а их пьезомагнитный коэффициент составляет  $10^{-5}$ — $10^{-4}$  см<sup>2</sup>/кг.

В окрестности пункта наблюдений горизонтальный и вертикальный градиенты геомагнитного поля не превышают 10—15 нТл. Анкаван-Зангезурский глубинный разлом проходит на расстоянии 6—10 км от пункта.

Станция «Кармрашен» находится на породах вулканогенной толщи Армянского нагорья, а точнее, на лавовых образованиях горы Арагац, которые представлены андезитами, андезито-дацитами, туфобрекчиями, туфоконгломератами, туфопесчаниками и долеритовыми базальтами. Изучение остаточной намагниченности горных пород района пункта показало, что она составляет  $10^{-5}$ — $10^{-3}$  ед. СГСМ, а пьезомагнитный коэффициент— $10^{-6}$ — $10^{-4}$  см<sup>2</sup>/кг. Разбросом значений остаточной намагниченности объясняется большой пространственный градиент геомагнитного поля на территории пункта. Например, горизонтальный градиент составляет 10—40 нТл/м, а вертикальный—15—50 нТл/м. При такой пространственной структуре поля требуется большая точность фиксации пунктов измерений. В окрестности пункта, по геологическим данным, нет значительных тектонических нарушений.

Пункт «Бюракан» также находится из лавовых образованиях горы Арагац, но здесь преобладают мощные туфовые образования, у которых остаточная намагниченность имеет значение порядка  $10^{-4}$  ед. СГСМ, а пьезомагнитный коэффициент— $10^{-4}$  см<sup>2</sup>/кг. Пространственные градиенты невысокие, как вертикальный, так и горизонтальный градиенты не превышают 10 нТл/м, что облегчает выбор пунктов измерений и уменьшает допущенные ошибки за градиентность местности. Южнее пункта находится глубинный разлом, который простирается с запада на восток (от реки Аракс до Гегамского нагорья).

Станция «Нор-Кесария» находится на нерасчлененных образованиях, в состав которых входят прелювиальные, делювиальные, водно-ледниковые глины, пески и галечники. Их остаточная намагниченность имеет очень малые значения— $10^{-7}$ — $10^{-6}$  ед. СГСМ, а пьезомагнитные коэффициенты незначительны. Несмотря на такие маленькие значения остаточной намагниченности на территории пункта «Нор-

Кесария» пространственный градиент имеет очень большое значение — от 40 до 200 нТл/м. Исходя из этих данных, можно предполагать, что на большой глубине (до 1 км) залегают сильномагнитные породы, создающие неоднородность в геомагнитном поле. Большие пространственные градиенты создают трудности в изучении пространственно-временной структуры геомагнитного поля.

Вышеуказанный глубинный разлом от реки Аракс до Гегамского нагорья проходит к северу от пункта на территории 10—15 км.

## 2. Особенности протекания суточной вариации на пунктах измерений

Для изучения особенностей протекания суточной вариации геомагнитного поля на пункте «Мармашен» были организованы круглосуточные наблюдения значений полного вектора поля квантовым магнитометром М—33. Суточные записи геомагнитного поля дали возможность определить благоприятный интервал времени в сутках, когда синхронные записи между пунктами наблюдений согласуются по амплитуде и по частоте изменений. Именно в этом интервале времени в синхронных измерениях отсутствуют существенные изменения геомагнитного поля за счет индукционных эффектов, снижается фоновое значение в пространственных градиентах между пунктами за счет естественных помех.

Для уточнения интервала записей, производимые на пункте «Мармашен» (М) были сопоставлены с записями, производимыми ОМСЭ ИГИС АН АрмССР на пунктах «Джрэдзор» (Дж) и «Товуз» (Т) (рис. 1).

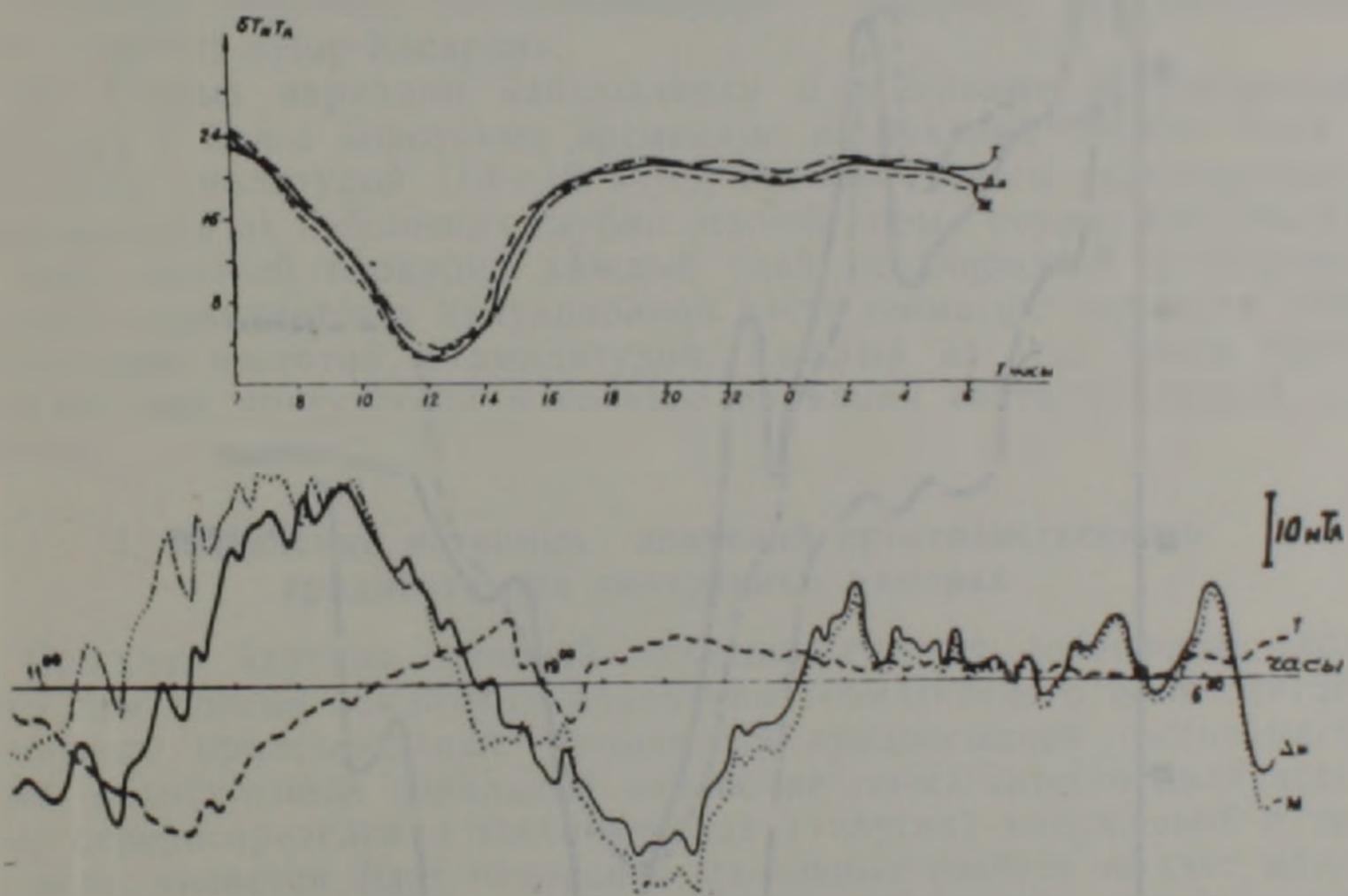


Рис. 1. Запись Sq вариации 7 апреля 1985 г. на станциях «Мармашен», «Джрэдзор» и «Товуз» (верхний) и запись Sd вариации 23 апреля 1985 г. (нижний).

Видно, что записи суточной вариации хорошо коррелируют между собой на указанных трех пунктах при спокойном состоянии поля. Основной ход суточной вариации начинается около 7<sup>00</sup> часов и кончается около 16<sup>00</sup> часов местного времени. С 16<sup>00</sup> ч до следующего утра происходят изменения поля с незначительной амплитудой в виде маленьких бухтообразных вариаций. Минимум значения поля регистрируется в интервале времени 12—14 ч местного времени. Во время спокойного хода разброс в значениях пространственных градиентов может составлять 3—6 нТл. При возмущенном состоянии поля в течение суток наблюдается изменение поля амплитудой порядка 50 нТл.

При этом наблюдается фазовый сдвиг в изменениях поля на разных станциях, что может привести к изменению пространственного градиента между соответствующими пунктами магнитных наблюдений до 24 нТл. Относительно спокойный ход наблюдается в течение нескольких часов среди полуночи, после чего возмущение повторяется. Если фазовый сдвиг изменения поля на разных пунктах близок к нулю, а амплитуды согласуются между собой, то можно считать, что синхронные разности наблюдаемых значений на разных пунктах представляют истинные пространственные градиенты. В противном случае в синхронные разности включаются индукционные эффекты верхних, магнитоактивных слоев земной коры.

Анализ пространственно-временной структуры солнечно-суточной вариации показал, что на территории Армянской ССР она идет существенно по-разному. Особенно сильное отличие в кривых вариаций наблюдается между точками наблюдений, находящимися в разных геологических условиях. При возмущенном состоянии поля разница синхронных значений составляет 10–15 нТл, а при спокойном состоянии поля эта разность находится в пределах ошибки измерений. Так, синхронная запись между временными станциями «Бюракан», «Нор-Кесария» и «Мармашен» показала, что при бухтообразном изменении поля амплитудой 40 нТл продолжительностью 3 ч наблюдается расхождение синхронных значений до 14 нТл между станциями «Бюракан»—«Нор-Кесария» и до 8 нТл между станциями «Бюракан»—

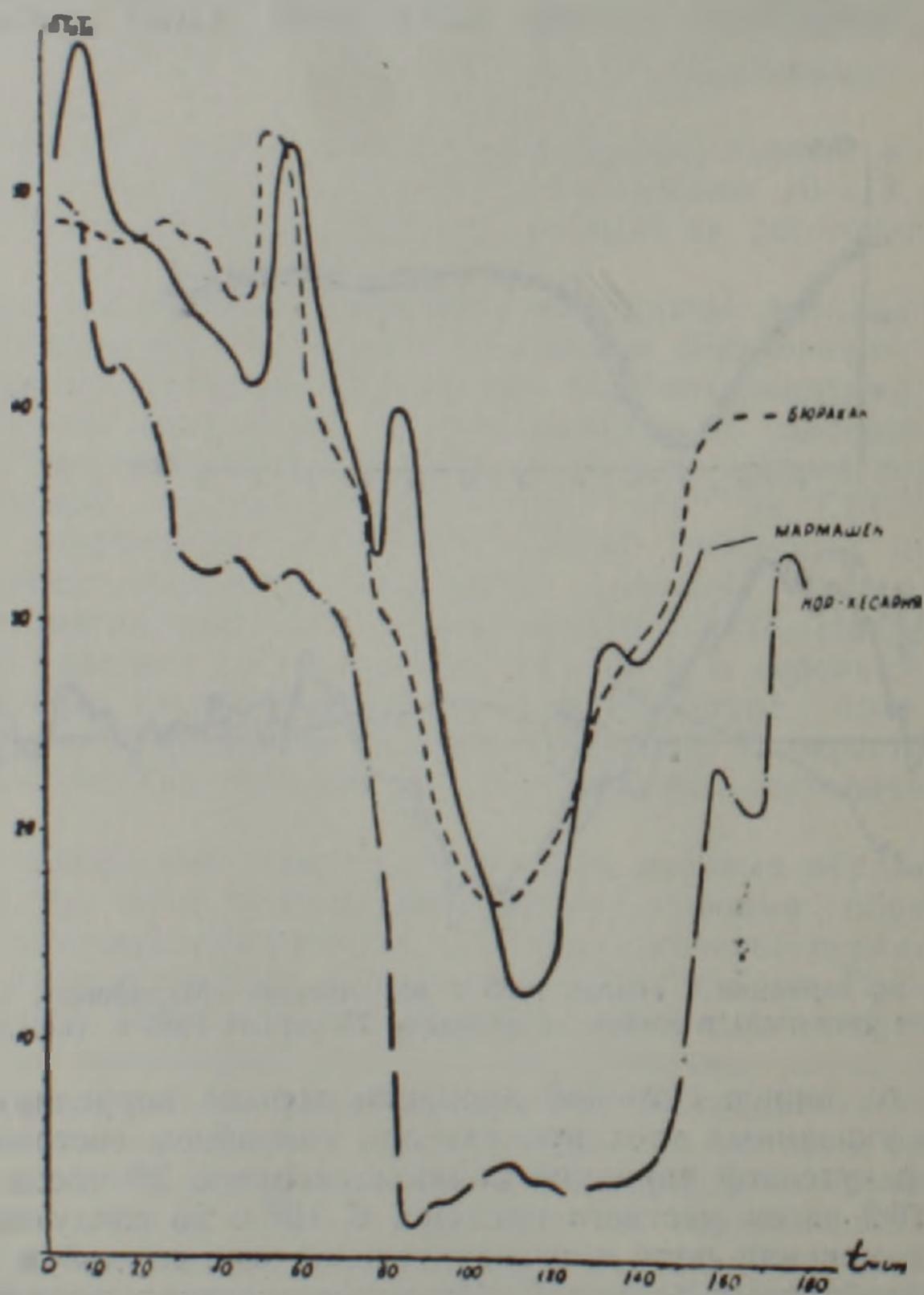


Рис. 2. Запись  $S_d$  вариации (14 сентября 1985 г.).

«Мармашен» (рис. 2). Главную роль в формировании таких разниц играет неоднородность электропроводности земной коры, вследствие чего пункты по-разному реагируют на единое внешнее переменное поле (на суточный ход). Чем больше скорость изменения переменного поля, тем больше разниц в индукционных амплитудах. Так, если минимум значений поля на пунктах «Мармашен» и «Бюракан» держится 10 и 15 минут амплитудами 42 и 32 нТл соответственно, то на станции «Нор-Кесария» он держится 70 минут амплитудой 46 нТл. Из рис. 2 видно, что на пункте «Нор-Кесария» наблюдается весьма своеобразный ход геомагнитного поля. Аналогичная закономерность наблюдается почти на всех пунктах.

Сопоставление графиков солнечно-суточной вариации модуля полного вектора геомагнитного поля на пунктах «Бюракан», «Мармашен» и «Нор-Кесария» с графиками вертикальной (Н) и горизонтальной (Z) составляющих вариаций на пункте «Джрадзор» показывает, что обнаруженные на станциях синхронные бухты являются откликами возмущенного состояния внешнего источника. На это указывает также большое, около 110 нТл, изменение горизонтальной составляющей геомагнитного поля при сравнительно маленьких изменениях—около 25 нТл вертикальной составляющей. Естественно, что такая большая скорость вариации должна породить значительный рост индукционных явлений в электропроводящих слоях земной коры. С этой точки зрения благоприятные условия существуют на территории пункта «Нор-Кесария». Араратская котловина богата подземными грунтовыми водами, поэтому надо ожидать, что нижележащие водонасыщенные породы должны обладать большим значением электропроводности, т. е. индукционные явления здесь могут создать относительно мощные токовые системы, обуславливающие задержку восстановления поля на пункте «Нор-Кесария».

На кривых вариации наблюдаются и отдельные бухтообразные изменения с более короткими временами протекания (10—20 мин) и с меньшей амплитудой (10—12 нТл), которые строго индивидуальны и отражаются от небольших глубин земной коры—первые единицы км.

При внешней вариации каждый слой неоднородной электропроводности проявляется в индукционной части геомагнитного поля своей характерной частотой и амплитудой. Каждый из этих слоев может работать при присутствии в спектре вариации соответствующей ему частоты.

### 3. Выделение истинных значений пространственного градиента при синхронных замерах

Сложная картина суточной вариации создает добавочные сложности при поиске локальных изменений геомагнитного поля тектономагнитного происхождения. Физической предпосылкой тектономагнетизма, объясняющей локальные изменения геомагнитного поля вследствие перераспределения тектонических (упругих) напряжений в земной коре, является факт изменения магнитных свойств за счет магнитоупругого эффекта. При нашей методике измерений локальные изменения поля выявляются в изменениях пространственного градиента между двумя точками синхронных измерений. Поэтому нами отработан новый простой подход для определения истинных значений пространственных градиентов геомагнитного поля как возможных геомагнитных предвестников землетрясений.

Сущность его заключается в следующем: по временному ряду синхронных значений исследуемых пунктов строится график в координатной системе, на оси абсцисс которой ставятся значения наблюдаемого поля по данным первого пункта, а по оси ординат—соответствующее синхронное значение второго из исследуемых двух пунктов. В результате получаем ряд точек, число которых равно числу членов

ряда, и которые располагаются либо по прямой, пересекающей ось координат под  $45^\circ$  (рис. 3), если вариации геомагнитного поля на двух пунктах одинаковы, т. е. на обоих пунктах отсутствуют индукционные явления, либо рассеиваются по полосе шириной  $\Delta$ , в плоскости, которой присущи индукционные явления. При этом учитывается, что за период, в течение которого построен график, отсутствуют тектономагнитные явления из-за его краткости (не более суток) (рис. 3). При поиске предвестников целесообразно воспользоваться данными при малых  $\Delta$ , которые наблюдаются в магнитоспокойные дни. На территории Армении должно соблюдаться соотношение  $\Delta \leq 3 \text{ нТл}$ , так как эффект составляет 10—15 нТл.

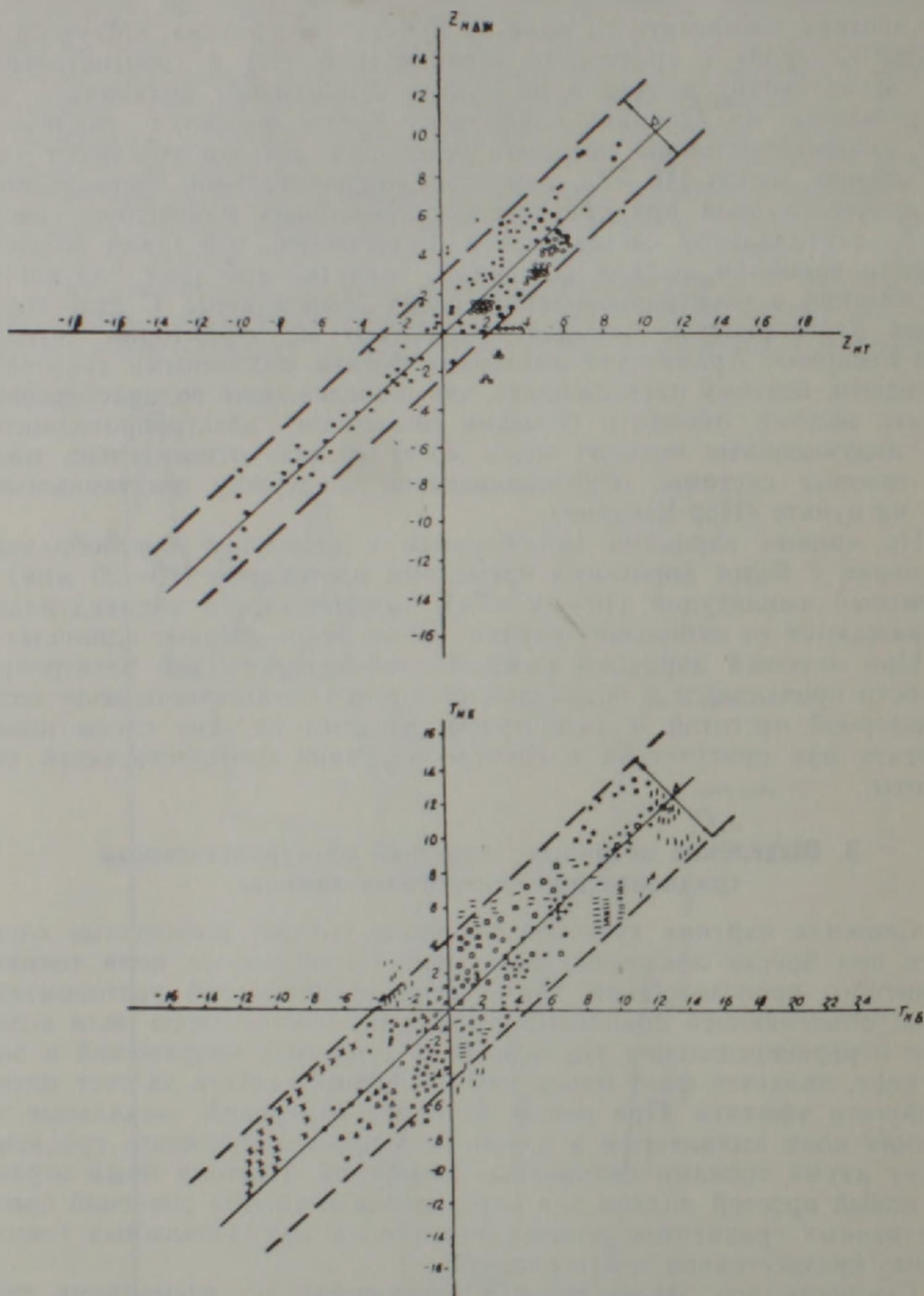


Рис. 3. Полоса рассеяний ( $\Delta$ ) синхронно наблюдаемых значений на станциях «Джрадзор» и «Товуз» (7 апреля 1985 г.) (верхний) и полоса рассеяний значений синхронных наблюдений на пунктах станций «Кармрашен» и «Бюракан» 25—28 сентября 1984 г. и 10—13 июля 1985 г. (нижний)

#### 4. Обнаруженные локальные изменения геомагнитного поля тектономагнитной природы

Как уже было отмечено, возможные локальные изменения геомагнитного поля тектономагнитной природы мы ищем в синхронных разностях значений поля между двумя пунктами измерений. Осредненные графики синхронных разностей за месяц имеют вид периодически изменяющихся кривых с определенными периодами и амплитудами изменений. На них выделяются общие для всех пар пунктов аномалии со специфическими особенностями. Амплитуды аномалий имеют величину порядка 15 нТл. Период изменений находится в пределах от двух до шести дней. Такой характер типичен для локальных изменений тектономагнитной природы, которые в основном разделяются на две части. Аномалии, которые носят общий характер, наблюдаются на всех возможных синхронных разностях значений поля. Наблюдаются также отдельные аномалии, которые выявляются только для одной пары точек измерений.

Сопоставление графика синхронных измерений с сейсмическими событиями на территории Армянской ССР и сопредельных районов с  $K=6-11$  не выявляет однозначной корреляции с одним каким-нибудь сейсмическим событием. Дело в том, что картина сильно запутана из-за сложной тектонической ситуации. Критерием отражения сейсмического события на геомагнитное поле является обратимое изменение пространственного градиента.

Выбранная нами методика регистрации изменений геомагнитного поля такова, что в основном исключаются изменения поля за счет внешних источников. Но при возмущенном состоянии поля в синхронных разностях может появляться индукционная составляющая. В общем, применяемая методика является фильтром, который может пропускать или локальные изменения тектонической природы, или часть локальных изменений индукционной природы.

Значит, полученные нами кривые, осредненные по среднедневным значениям синхронных разностей, могут содержать как магнитные предвестники, так и, в частности, информацию о неоднородностях электропроводности земной коры в виде индукционных эффектов. Чтобы их разделить, все локальные изменения подвергаются анализу по схеме I, путем сопоставления обнаруженных локальных аномалий с зарегистрированными за тот же интервал времени сейсмическими событиями. Однако из-за сложного геологического строения территории Армянской ССР изменение пространственно-временной структуры поля происходит весьма сложно. В условиях больших пространственных градиентов изменение действующих упругих напряжений приводит к значительным неоднородным изменениям поля даже на небольших расстояниях (порядка 1 км). Как показал многолетний опыт исследований, вместе с этим наблюдаются и так называемые «инертные объемы», в которых перераспределение напряжений либо не приводит к численным изменениям поля, либо проявляется в пределах ошибки измерений. В таких точках очень затруднено обнаружение геомагнитного предвестника. Чаще всего «инертные объемы» находятся в полях с однородными структурами. Если к этому добавим тот факт, что накопившиеся напряжения не всегда создают локальные изменения поля из-за малой величины пьезомагнитного коэффициента горных пород, залегающих в зонах образования очагов землетрясений, малой величины действующих напряжений и т. п., то получится, что даже после долголетних исследований пункты измерений могут оказаться непригодными для обнаружения магнитного предвестника.

Сопоставление локальных аномалий с конкретными событиями показывает, что не всегда на всех пунктах измерений проявляется землетрясение. Отметим, что каждый пункт хорошо реагирует на определенную группу землетрясений. Этот факт, наверно, можно объяснить

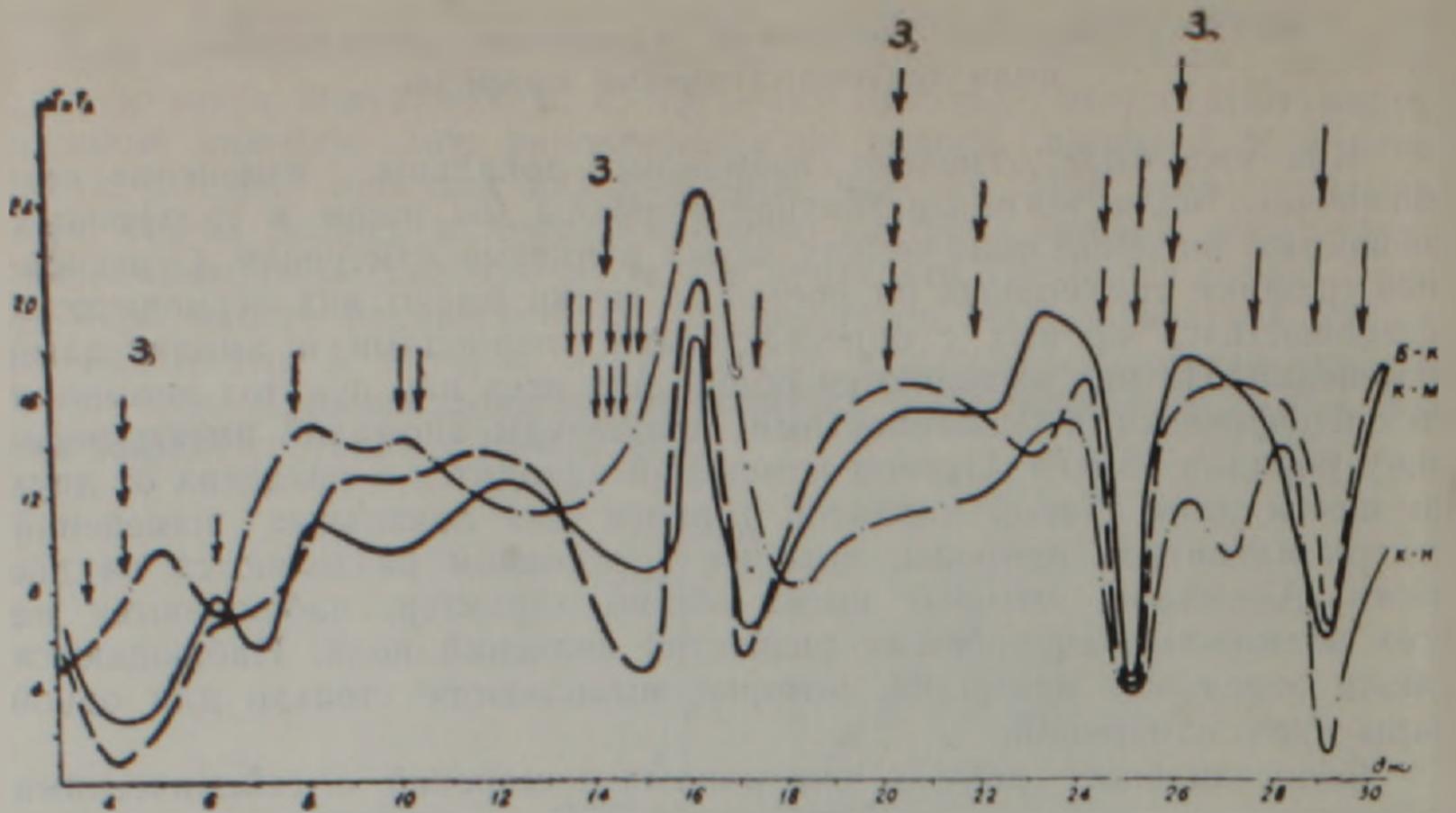


Рис. 4. Локальные изменения пространственных градиентов геомагнитного поля между пунктами измерений временных станций (сентябрь 1985 г.). На рисунке буквой З обозначены землетрясения.

Таблица 1

Наблюдавшиеся локальные изменения геомагнитного поля	Состояние поля внешнего источника	Синхронность вариации с локальными изменениями	Эффект	Возможность обнаружения геомагнитного предвестника
Совпадает по времени с землетрясением	Спокойное	1. Наблюдается 2. Не наблюдается	Сейсмотектономагнитный. Действуют тектонические напряжения до или после события. Обычно наблюдается рои землетрясений.	Есть
	Мало возбужденное	Наблюдается	Сейсмотектономагнитный. Действуют тектонические напряжения.	Есть
		не наблюдается	Возможно присущи вторичные эффекты (индукционные явления, токи электрического происхождения).	?
Не совпадает с землетрясением	Возбужденное	наблюдается	Сейсмотектономагнитный. эффект Вторичный эффект	?
		не наблюдается	Вторичный эффект Вероятно и сейсмотектономагнитный эффект.	Нет
	Спокойное	наблюдается	Действуют тектонические напряжения, период изменений которых больше суток.	Есть
		не наблюдается	Действуют тектонические напряжения, период изменений которых меньше суток	Есть

сложной тектонической структурой территории Армянского нагорья. Если это так, то придется на каждом блоке тектоноструктуры иметь по крайней мере несколько пунктов измерений, т. е. придется выбрать пункты измерений по более густой сети.

### З а к л ю ч е н и е

Локальные изменения геомагнитного поля сопровождаются роением нескольких землетрясений и наблюдается закономерный спад активности геомагнитного поля перед землетрясением. Однако, в сейсмоактивных районах Армении из-за большого количества землетрясений возникают трудности при привязке локального магнитного эффекта к одному определенному сейсмическому событию. Картина более осложняется при неоднородности протекания солнечно-суточной вариации, что проявляется в изменениях синхронных разностей геомагнитного поля индукционного происхождения. Сложная геологическая ситуация территории республики обуславливает неоднородность электропроводности, чем и объясняется указанное изменение пространственных градиентов между пунктами измерений. Измерение индукционной части поля тоже может быть предвестником.

С целью фильтрации полезного сигнала от индукционных помех, возникающих в земной коре, нами отработана новая методика, которая указывает на благоприятные условия для выявления локальных изменений поля тектономагнитной природы—геомагнитных предвестников землетрясений.

Обобщая полученные нами результаты, приходим к выводу, что для доведения до конца решения поставленной перед нами задачи необходимо создать сеть режимных наблюдений на территории Армянской ССР и оперативно обрабатывать данные модульных и компонентных наблюдений.

Необходимо также обеспечить статистический набор данных с увеличением как частоты, так и пунктов наблюдений геомагнитного поля, сопоставить данные о локальных изменениях геомагнитного поля с вариациями земных токов с целью определения природы локальных аномалий.

Институт геофизики и инженерной сейсмологии АН АрмССР

Поступила 22 III. 1989.

Ս. Ռ. ՀՈՎՀԱՆՆԻՍՅԱՆ, Ա. Հ. ՍԻՄՈՆՅԱՆ, Հ. Ա. ՀԱԿՈՔՅԱՆ, Վ. Ս. ԳԱՍՊԱՐՅԱՆ  
ԵՐԿՐԱՇԱՐՔԵՐԻ ԵՐԿՐԱՄԱԿՆԻՍԱԿԱՆ ՆԱԽԱՆՇԱՆՆԵՐԻ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՄԱՆ  
ՎԵՐԱՅԵՐՅԱԿ

### Ս. մ փ ո փ ու մ

Մագնիսական դաշտի գրանցված շարժերի մեջ երկրաշարժերի մագնիսական նախանշանների որոնման լնխույցրում սեյսմաստեկտոնամագնիսական երևույթի մեծությունը համարժեք գրանցվում են նաև այլ աղբյուրներից եկած ազդանշաններ, որոնք հաճախ բնորոշվում են որպես «կեղծ» նախանշաններ, վերջիններս երկրաշարժերի նախանշաններից առանձնացնելու համար հարկ եղավ մշակել շափումների նոր մեթոդներ, որի կիրառումը ցույց տվեց, որ երկրի մագնիսական դաշտի օրական փոփոխության մեջ առկա են նշանակալի մեծության անհամասեռություններ: Հայտնաբերված փաստը հակասում է այն պնդմանը, որի համաձայն փոքր հեռավորությունների վրա (մինչև 150 կմ) օրական փոփոխությունը պետք է իր ամպլիտուդա-հաճախային և տարածա-ժամանակային կառուցվածքով նույնը լինի նման հակա-

սությունը հնարավոր է բացատրել միայն երկրակեղևում գոյություն ունեցող ֆիզիկա-մեխանիկական անհամասեռությունների առկայությամբ, որոնցից մեկը կարող է տարբեր շերտերի անհամասեռ էլեկտրահաղորդականությունը հանդիսանալ:

Կենտրոնական Հայաստանի տարածքում տեղադրված ժամանակավոր մագնիսական կայանների երկամյա գրանցումներից ստացված փաստաթղթի նյութը հնարավորություն տվեց մշակելու երկրաշարժերի նախանշանների առանձնացման մի որոշակի մեթոդ և անելու հետևյալ ենթադրությունները:

Նախանշանների գրանցման համար անհրաժեշտ է.

1. Որոշակի ցանց ստեղծել Երկրի մագնիսական դաշտի անընդհատ գրանցման համար,
2. Դաշտի մոլորակային և բաղադրիչային շափումների օպերատիվ մշակում,
3. Ունենալ տվյալների մեծաքանակ վիճակագրություն,
4. Համեմատել ստացված տվյալները էլեկտրական դաշտերից ստացված տվյալների հետ:

S. R. HOVHANNISIAN, A. H. SIMONIAN, H. A. HAKOPIAN, V. S. GASPARIAN

## ON THE EARTHQUAKES GEOMAGNETIC PRECURSORS INVESTIGATION

### A b s t r a c t

To detect the earthquakes geomagnetic precursors the spatial-temporal and amplitude-frequency character of the geomagnetic field along the Gueghard-Sevan profile has been investigated. A strong heterogeneity in field variations has been detected at the profile measurement points. Some conclusions are made in consideration of which the geomagnetic precursors detection and registration will be possible.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Безуглая Л. С., Прохоров А. А., Тоноян Е. П. Изучение вариаций при тектономагнитных наблюдениях. В кн.: III Всесоюзный съезд по геомагнетизму, Киев, 1986, с. 70—71.
2. Каталог геомагнитных предвестников землетрясений. М.: ИФЗ АН СССР, 1984.
3. Оганесян С. Р., Симонян А. О. О возможности выделения вторичных эффектов при оценке тектономагнитного эффекта. — Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, т. XXXVII, 1984, № 5, с. 61—66.
4. Оганесян С. Р., Симонян А. О. Методика фильтрации полезного сигнала тектономагнитных явлений. В кн.: III Всесоюзный съезд по геомагнетизму, Киев, 1986, 85 с.
5. Сковородкин Ю. П., Безуглая Л. С. Связь геомагнитных вариаций с гидрорежимом на Гармском полигоне. Изв. АН СССР, Физика Земли, 1980, № 4.
6. Шапиро В. А., Абдуллабеков К. Н. Наблюдения вариаций геомагнитного поля во время Газлийского землетрясения 17 мая 1976 г. — Геомагнетизм и аэронавигация, 1978, № 1, с. 177—183.