

УДК 550.344.385

DOI: [10.23671/VNC.2020.1.59064](https://doi.org/10.23671/VNC.2020.1.59064)

Оригинальная статья

Отклик локального геомагнитного поля на геодинамические процессы при подготовке Спитакского землетрясения 1988 г.

А. Г. Григорян , Д. А. Лиходеев

Институт Физики Земли им. О. Ю. Шмидта Российской академии наук, Большая
Грузинская ул. 10, Москва 123995, Российская Федерация, e-mail: ag-grig@ifz.ru

Статья поступила: 11.12.2019, после рецензирования: 21.02.2020, принята к публикации: 28.02.2020

Резюме: Актуальность работы. Изучение изменений локального геомагнитного поля с целью выявления предвестников сильных землетрясений, особенно в сейсмоактивных регионах, где расположены большие города и объекты особо важного значения (АЭС, водохранилище и т.п.) остается одной из главных задач современной науки. В разных странах мира, используя магнитометрические методы, проводятся исследования по поиску предвестников сильных землетрясений. **Цель.** Однако, за первую половину XX века, несмотря на отдельные попытки ученых Японии и других стран, серьезных результатов достичь не удалось. Установлено, что с развитием геодинамических процессов в земной коре, особенно при подготовке сильных землетрясений, происходят изменения в магнитных свойствах горных пород (электропроводности, диэлектрической и магнитной проницаемости). Геомагнитные вариации, создаваемые внешним источником, несут в себе важную информацию об изменениях в физических свойствах в земной коре и верхней мантии, а так же позволяют оценить эти изменения. **Методы.** Представлена методика, которая позволяет с помощью изучения вариаций локального геомагнитного поля, создаваемых внешним источником, выявить изменения в электропроводности на разных глубинах земной коры и верхней мантии, связанные с развитием геодинамических процессов. С этой целью использован расчетный параметр $N(A)$, который является отношением амплитуд вариаций геомагнитного поля внешнего происхождения, измеренных синхронно на разных парах станций. Изучены вариации с периодами 10–25, 30–60 минут и Sq-вариации. Метод применяется в низкоширотных областях Земли, где вариации переменного геомагнитного поля хорошо выделяются. **Результаты.** Используя предлагаемую методику, на территории Армении были выявлены аномальные изменения локального геомагнитного поля перед Парванийским 1986 г. ($M=5,4$) и Спитакским 1988 г. ($M=7,0$) землетрясениями. Предполагается, что причинами изменений в физических свойств геологической среды в частности электропроводности, являются дегазация Земли и вертикальная фильтрация флюидов в верхние слои земной коры.

Ключевые слова: геомагнитное поле, геодинамические процессы, бухтообразные вариации, синхронная разность, антиклинорий.

Для цитирования: Григорян А.Г., Лиходеев Д.А. Отклик локального геомагнитного поля на геодинамические процессы при подготовке Спитакского землетрясения 1988 г. *Геология и геофизика Юга России*. 2020. 10(1): 43–54. DOI: 10.23671/VNC.2020.1.59064.

DOI: [10.23671/VNC.2020.1.59064](https://doi.org/10.23671/VNC.2020.1.59064)

Original paper

The response of the local geomagnetic field to geodynamic processes during the preparation of the 1988 Spitak earthquake

A. G. Grigoryan, D. A. Likhodeev

Institute of Physics of the Earth, Russian Academy of Sciences, 10/1 B. Gruzinskaya Str.,
Moscow 123995, Russian Federation, e-mail: ag-grig@ifz.ru

Received: 11.12.2019, revised: 21.02.2020, accepted: 28.02.2020

Abstract: Relevance. The study of local geomagnetic field changes in order to identify harbingers of strong earthquakes, especially in seismically active regions where large cities and especially important objects (nuclear power plants, a storage reservoir, etc.) are located remains one of the main tasks of modern science. In different countries studies are being conducted to search for precursors of strong earthquakes, using magnetometric methods. **Aim.** However, for the first half of the 20th century, despite some attempts by scientists from Japan and other countries, no serious results were obtained. It has been established that with the progress of geodynamic processes in the earth's crust, especially during the preparation of strong earthquakes, changes in the magnetic properties of rocks (electrical conductivity, dielectric and magnetic permeability) occur. However, geomagnetic variations created by an external source carry important information about changes in physical properties, in particular, electrical conductivity in the earth's crust to the upper mantle, and make it possible to evaluate these changes. **Methods.** A technique that allows to identify changes in electrical conductivity at different depths of the earth's crust and upper mantle associated with the development of the geodynamic process, using the study of local geomagnetic field variations created by an external source, is presented. For this purpose, parameter $N(A)$, which is the ratio of the amplitudes of variations of the geomagnetic field of external origin, measured synchronously at different pairs of stations, was used. Variations with periods of 10-25, 30-60 minutes and Sq-variations were studied. The method is used in low latitude areas of the Earth, where variations of the variable geomagnetic field stand out well. **Results.** Anomalous changes in the local geomagnetic field were revealed in Armenia before the Parvania 1986 ($M = 5.4$) and Spitak 1988 ($M = 7.0$) earthquakes, using the proposed methodology. It is assumed that the causes of changes in the physical properties of the geological environment, in particular, electrical conductivity, are most likely to be the degassing of the Earth and the vertical filtration of fluids into the upper layers of the earth's crust.

Keywords: geomagnetic field, geodynamic processes, magnetic bays, synchronous difference, anticlinorium.

For citation: Grigoryan A.G., Likhodeev D.A. The response of the local geomagnetic field to geodynamic processes during the preparation of the 1988 Spitak earthquake. *Geologiya i Geofizika Yuga Rossii = Geology and Geophysics of Russian South*. (in Russ.). 2020. 10(1): 43-54. DOI: 10.23671/VNC.2020.1.59064.

Введение

Предпосылки для применения методики в Армении является тот факт, что изучаемая территория относится к весьма активным с геологической точки зрения регионам Закавказья. Геомагнитные вариации, создаваемые внешним источником, позволяют выявить пространственно-временные изменения электромагнитной индукции в земной коре [Ваньян, Хайдман, 1996; Сквородкин, 1985].

Для изучения изменений геомагнитного поля часто применяется методика синхронной разности ΔT между различными парами станций, при высокоточных модульных измерениях [Кузнецова, Мельничук, 1973; Кузнецова, Максимчук, 1979; Сковородкин и др., 1985]. Но аномальные вариации ΔT являются суммарными. Выделить изменения электропроводности из суммарных вариаций геомагнитного поля только с помощью ΔT почти не возможно. Решение этой задачи рассмотрено в работах Ю. П. Сковородкина [Сковородкин, Тоноян, 1986].

Метод исследования

В 1986 г. Ю. П. Сковородкиным был предложен расчетный параметр $N(A)$, с помощью которого можно было оценить изменения электропроводности земной коры до верхней мантии и выделить, зоны, где могут сформироваться очаги будущих крупных землетрясений [Григорян, Сковородкин, 1998]. Расчетный параметр $N(A)$ является отношением амплитуд вариаций геомагнитного поля внешнего происхождения, измеренных синхронно на разных парах станций.

$$N(A) = A_i/A_j \quad (1)$$

где A_i и A_j являются амплитудами синхронно измеренных вариации в фиксированных пунктах (i, j).

Изучены S_q и бухтообразных вариаций компонент (δZ , δH , δD) геомагнитного поля. [Григорян, Сковородкин, 1998, 1999; Григорян, 2007].

Для решения многих научных и прикладных задач, связанных с изучением геомагнитного поля, необходимо разделять его на части, обусловленные различными источниками. Установлено, что в слое E ионосферы на высотах между 90 и 130 км текут электрические токи, которые вызывают вариации магнитного поля спокойных типов (солнечно- и лунно-суточные). Их эффекты заметны на поверхности Земли в средних и низких широтах. Эти токовые системы являются **внешними** – δH^e . Переменное магнитное поле внешнего происхождения во всем спектре геомагнитных вариаций индуцирует внутри проводящей Земли электрические токи, которые, в свою очередь сами становятся источниками изменения магнитного поля. Вариации полей этих источников принято называть **внутренними** – δH^i . Показано, что в среднем 2/3 амплитуды вариаций геомагнитного поля на поверхности Земли обусловлены внешними, а 1/3 внутренними источниками.

Вариации переменного геомагнитного поля, зарегистрированные на поверхности земли δH_n , являются суммой внешней индуцирующей δH^e и внутренней индуцированной δH^i составляющих:

$$\delta H_n = \delta H^e + \delta H^i \quad (2)$$

Так как внешний источник геомагнитных вариаций (токовые системы) находится в ионосфере на широте примерно $20^\circ N$, а пункты наблюдения в Армении на широтах от 38° до $40^\circ N$, то можно предполагать, что суточный ход S_q и бухтообразных вариаций на расстояниях, указанных на рисунке 1 между пунктами наблюдений, существенно не должны различаться.

С помощью сферических и гармонических функций были рассчитаны отличия в прохождении этих вариаций для δX , δY и δZ компонент полного вектора δT геомагнитного поля [Безуглая и др., 1986]. Расчеты были выполнены для широт, охватывающих всю территорию Таджикской ССР ($\Delta \Theta = \Theta - \Theta_0 = 2,5^\circ$). С помощью расчетов авторы вышеуказанных работ показали, что пространственно-временную

Таблица 1. / Table 1.

**Расчетные значения параметра N(A) для бухтообразных вариаций. /
The calculated values of the parameter N (A) for bay variations.**

N(A) для бухтообразных вариаций между ст. / N(A) for bay variations between station	Джрадзор–Товуз / Dzhradzor–Tovuz	Джрадзор–Гарни / Dzhradzor–Garni	Гарни–Товуз / Garni–Tovuz
Расч. N(A) _H / Calc. N(A) _H	0,997	1,05	0,95
Расч. N(A) _Z / Calc. N(A) _Z	0,999	1,0257	0,9739

структуру поля Sq-вариаций (поля внешнего происхождения) можно считать однородной.

Это показывает, что для уровня магнитной активности $K_p \leq 4$ внешнее поле для территории, где расположены магнитовариационные станции Армении, однородно, а изменения δH^n главным образом вызваны индуцированной δH^i составляющей [Григорян, Сквородкин, 1999].

В таблице 1 представлены результаты расчетов, которые показывают, что пространственно-временная структура поля бухтообразных вариаций также можно считать однородной [Григорян, Сквородкин, 1999].

Период вариаций (T) определяет глубину проникновения поля вариации [Kissin, Ruzajkin, 1997; Parkinson, 1959; Yamazaki, Rikitake, 1970; Mazzella, Morrison, 1974]. Для определения глубины проникновения поля вариаций, авторы работ [Безуглая и др., 1986] использовали известную в электроразведке зависимость

$$\delta = 159 \cdot \sqrt{10\rho T} \quad \text{в системе SI,} \quad (3)$$

где ρ – сопротивление, T – период геомагнитной вариации. В результате получилось, что глубина проникновения поля Sq-вариаций достигает до 280 км. Использование Sq-вариаций позволило авторам работы [Безуглая и др., 1986] изучить изменение электропроводности всей земной коры и верхней мантии. Выбор периодов использованных гармоник бухтообразных вариаций таков, что временной ход параметра N(A) позволяет отражать изменения электропроводности на глубинах: для Sq-вариаций до 280 км, вар. 10-25 мин. 5-10 км, вар. 30-60 мин. 10-30 км.

Применение методики или магнитовариационный мониторинг на территории Армении

Для применения данной методики в Армении, была создана сеть геомагнитных исследований. В 1986 г. в трех наблюдательных пунктах «Джрадзор», «Гарни» и «Товуз» были установлены трехкомпонентные магнитовариационные станции, которые круглосуточно регистрировали компоненты геомагнитного поля.

Сеть станций была создана в 1986 г. Станция «Джрадзор» (рис. 1) находится в зоне высокой контрастности новейших тектонических движений с дифференцированными блоковыми поднятиями и относительными опусканиями, выраженными в рельефе преимущественно обращенными формами, и является одной из крупных и сложных зон разрывных нарушений мегантиклинория Малого Кавказа [Габриелян и др., 1981]. Станция «Гарни» расположена в Веди-Айоцзорской подзоне дифференцированных, унаследованных с олигоцена и миоцена и отражённых в рельефе в прямой форме антиклинальных (горст – антиклинали) и (грабен – синклинали) поднятий.

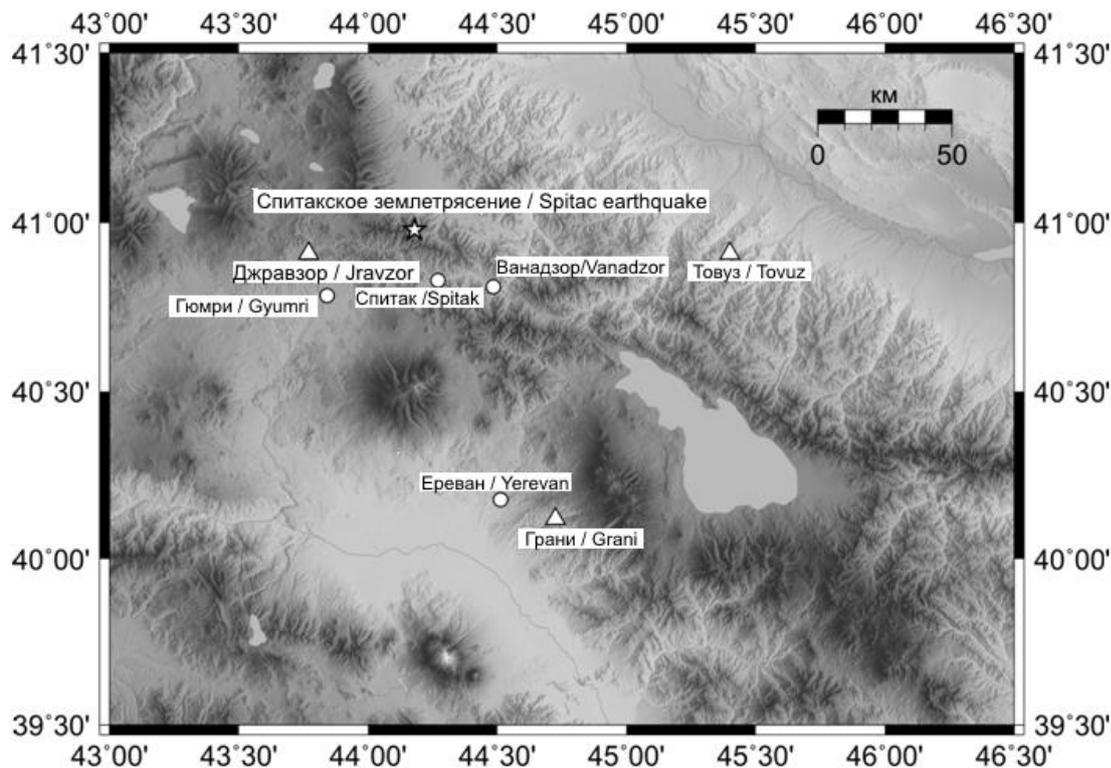


Рис. 1. Расположение магнитовариационных станций на территории Армении.

Δ – Магнитовариационные станции. /

Fig. 1 Location of magnetovariational stations in Armenia. Δ – Magnetovariational stations.

Станция «Товуз» находится на блоке Шамшадинского антиклинория, который относится с сейсмической точки зрения к спокойной зоне, что и позволяет использовать её как базисную станцию.

После Спитакского землетрясения станции работали с существенными перерывами, тем не менее, нами были обработаны все доступные записи за 1986-1993 гг.

Полученные результаты представлены в таблицах и на графиках. Максимальные изменения параметра N (A) достигают 35% (рис. 2, 4). Самые значительные изменения зафиксированы для N_1 (A) z – между парами станций Джравзор – Товуз. Изменения между парами станций Джравзор – Гарни (N_2 (A) z) за данный период составляет не более 0,1, а между парами станций Товуз – Гарни (N_3 (A) z) они были в пределах ошибок. Это позволило считать, что источники аномальных изменений параметра N (A) находится в области расположения станции Джравзор, то есть непосредственно в эпицентральной зоне Парванийского (13.05.1986 г) и Спитакского (07.12.1988 г) землетрясений. Аналогичные результаты получены для вариаций с периодами 30-60 минут рис. (3). N_1 (A) z – между парами станций Джравзор – Товуз. Изменения между парами станций Джравзор – Гарни (N_2 (A) z) за данный период составляет не более 0,1 (рис. 2) между парами станций Товуз – Гарни (N_3 (A) z). В течение 2-3-х лет после Спитакского землетрясения значение отношений амплитуд (параметра N (A)) достигли почти исходного уровня (рис. 4), т.е. наблюдаемый эффект является в значительной мере обратимым.

Рассчитаны среднемесячные значения синхронной разности $\Delta\delta T$ между станциями Джравзор и Товуз, для вариаций с периодами а) 5-25, б) 30-60 минут за период 1986-1988 гг., что позволило судить о направлении (снизу вверх) (рис. 4) развития

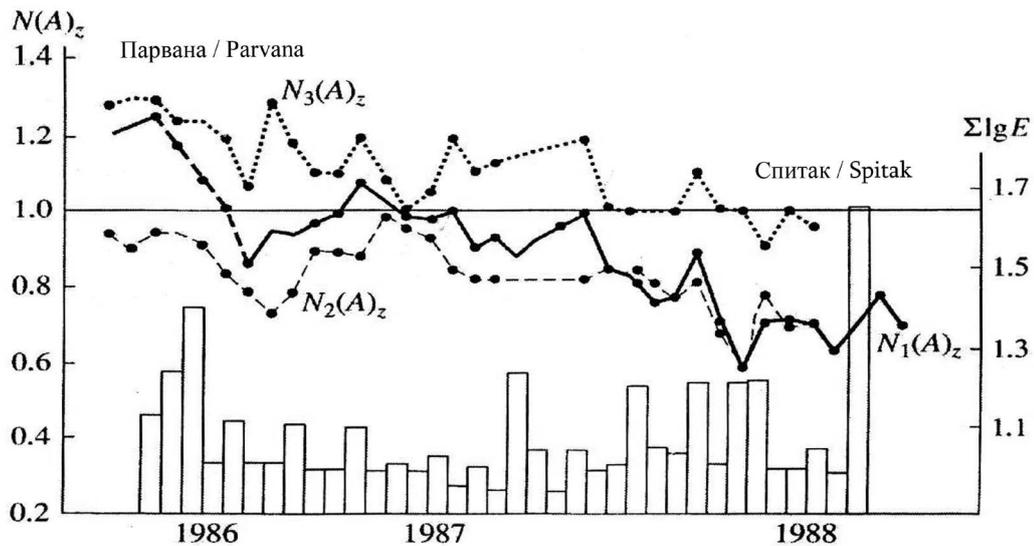


Рис. 2. Изменение параметра $N(A)$ для Sq -вариаций поля δH между станциями $N_1(A) z$ – между Джерадзор – Товуз, $N_2(A) z$ – между Джерадзор – Гарни, $N_3(A) z$ – между Товуз – Гарни. /
 Fig. 2. Change of the parameter $N(A)$ for Sq -variations of the field δH between stations $N_1(A) z$ – between Dzhradzor – Tovuz, $N_2(A) z$ – between Dzhradzor – Garni, $N_3(A) z$ – between Tovuz – Garni.

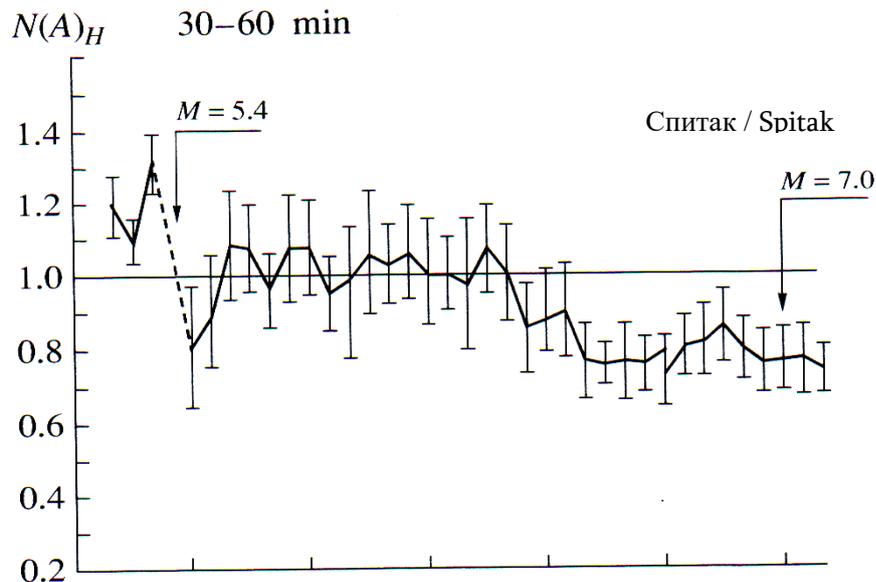


Рис. 3. Изменение параметра $N(A)$ для вариаций 30-60 мин. поля δH между станциями Джерадзор и Товуз. /

Fig. 3 Change in the parameter $N(A)$ for variations of 30-60 min. field δH between the stations Dzhradzor and Tovuz.

процесса в земной коре [Григорян, Сквородкин, 1998], и на фоне региональных изменений выделить локальные изменения в отклике магнитного поля, которые совпадают по времени с местными сильными землетрясениями: Параванское ($M=5,4$) и Спитакское ($M=7,0$) [Габриелян и др., 1981; Mazzella, Morrison, 1974]. По рисунку 3 можно судить об обратимости процесса, который происходил на изучаемой территории до Спитакского землетрясения.

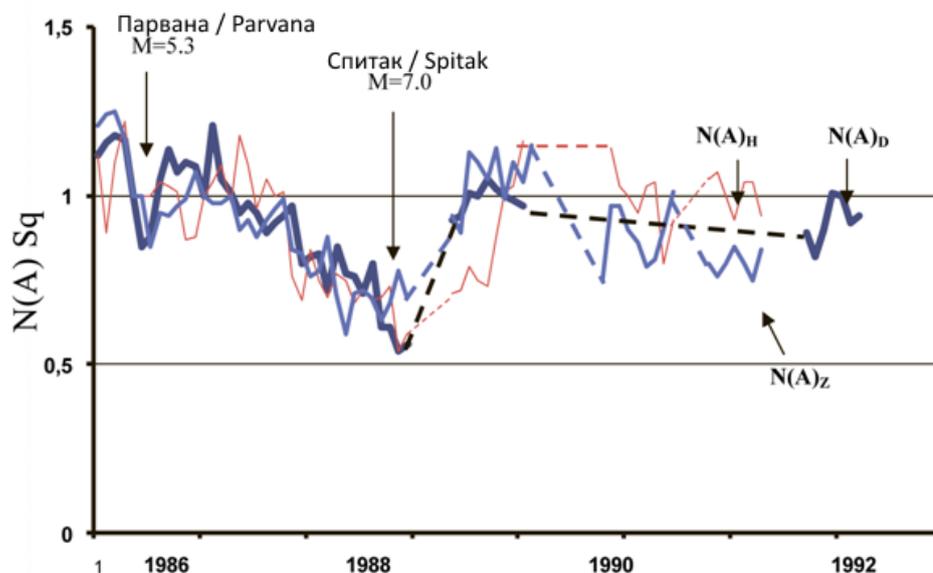


Рис. 4. Изменение среднемесячных значений параметра $N(A)$ для Sq-вариаций компонентов δD , δH и δZ геомагнитного поля между станциями Джэрадзор – Товуз за период 1986-1993 гг. /
 Fig. 4 Change in the monthly average values of the parameter $N(A)$ for the Sq variations of the components δD , δH and δZ of the geomagnetic field between the Dzhradzor – Tovuz stations for the period 1986-1993.

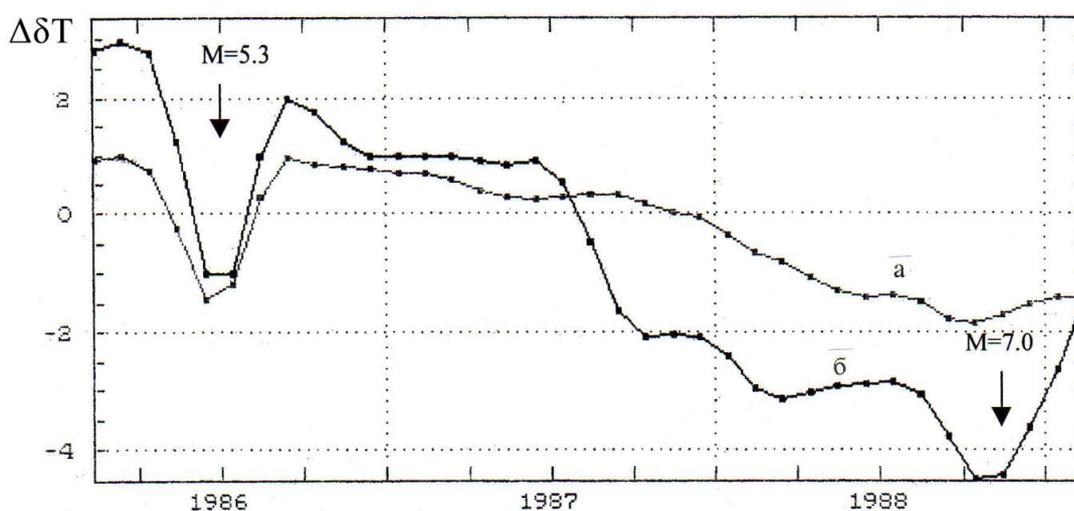


Рис. 5. Сглаженные временные ряды среднемесячных значений синхронной разности $\Delta\delta T$ между станциями Джэрадзор и Товуз, для вариаций периодами а) 5-25, б) 30-60 минут за период 1986-1988 гг. /
 Fig. 5 Smoothed time series of monthly average values of the synchronous difference $\Delta\delta T$ between Dzhradzor and Tovuz stations, for variations a) 5-25, b) 30-60 minutes for the period 1986-1988.

Для обсуждения использованы результаты гравиметрических [Оганесян и др., 1989], геохимических и сейсмических наблюдений [Игумнов, 1998; Игумнов, Степанян, 1989].

Сопоставление полученных сейсмических, магнитометрических, гравиметрических и геохимических данных показало, что наиболее контрастные изменения параметра $N(A)$, силы тяжести и концентраций гелия коррелируются во времени

[Григорян, Сковородкин, 1998; Григорян и др., 1999]. Исходя из результатов исследований, можно предполагать, что локальные изменения изученных параметров обусловлены главным образом геодинамическим процессом, происходящим в земной коре в зонах активных глубинных разломов.

Обсуждение результатов

Возникает естественный вопрос, какие же процессы в земле могли бы вызвать, достаточные по величине изменения локального геомагнитного поля за периоды от месяцев до нескольких лет?

1. Возникновение локальных дополнительных электрических полей, которые могут быть вызваны изменением гидрорежима и, как следствие, возникновением электрокинетических эффектов. Однако, как следует из результатов полевых наблюдений [Сковородкин, 1985; Сковородкин, Безуглая, 1980, 1981; Сковородкин и др., 1985], натурного моделирования и теоретических построений, даже в предельном случае, вклад возникающих токов течения на глубинах от метров до километров, в амплитуды использованных нами вариаций, не будет зарегистрирован [Авагимова и др., 1986].

2. Изменение магнитной проницаемости за счет изменения напряженного состояния горных масс (пьезомагнитный эффект). Здесь также в предельном случае не будут наблюдаться значимые изменения в амплитудах вариаций [Сковородкин, Безуглая, 1981].

3. Изменение электрической проводимости мог бы вызвать, достаточные по величине изменения локального геомагнитного поля [Григорян и др., 1999].

Предполагается, что причинами изменений в электропроводности геологической среды являются дегазация Земли и вертикальная фильтрация флюидов в верхние слои земной коры [Гуфельд, 2012; Киссин, 2011; Игумнов, Степанян, 1989]. Участие флюидов в сейсмических процессах в настоящее время получает определенное признание, как одного из главных факторов развития сейсмических процессов. Сейсмические деформации вызывают интенсивные изменения фильтрационного поля и, соответственно, путей миграции флюидов, влияют на РТ-условия (давление и температура) флюидных систем, усиливают взаимодействие флюидов с вмещающими породами.

Основным источником флюидов в консолидированной коре является восходящая миграция флюидов из глубоких частей коры и из верхней мантии, причем масштабы мантийной миграции неоднозначно оцениваются разными исследователями [Киссин, 2013].

Из мантии в кору могут также поступать восстановленные газы, которые при окислении пополняют флюидные системы. На окраинах континентов, в зонах субдукции, существует еще один источник флюидов – погружающиеся слои, которые уплотняются по мере опускания на глубину и выделяют избыточные флюиды. Потоки таких флюидов устремляются вверх, в сторону меньшего давления. Они являются главным фактором поступления флюидов в сейсмоактивные зоны субдукции и определяют широкое распространение сильных землетрясений в этих зонах [Киссин, 2013, 2015].

Прохождение разломов вблизи очага, определяет поступление в его зону высоконапорного флюида. Связь этих сетей с очагом усиливается при образовании магистрального разрыва и сопутствующего развития трещин.

Приток флюидов извне в зону очага относится к основным источникам повышения флюидного давления в этой зоне. Соответственно возрастает роль такого притока как триггерного фактора сейсмических деформаций. Возможность притока и влияния флюидов на напряжения в зоне очага подтверждается фактами увеличения фильтрационной сети при подготовке землетрясений [Киссин, 2013; Назаретян и др., 2015].

Состав и свойства флюидов в глубоких сейсмогенных зонах еще во многом неясны. Петрологи свидетельствуют о наличии мантийных флюидов и проводят исследования взаимодействия в системе порода – флюид. Под термином «флюид» понимают надкритическую, главным образом гидротермальную фазу, содержащую CO_2 , Cl , F , CO и ряд других компонентов [Grigorian et al., 1999].

В работе рассматривается реакция дегидратации, приводящая к увеличению общего объема продуктов. Этот процесс сопровождается увеличением порового пространства и объема флюидов. Повышение порового давления приводит к гидроразрывам и впрыскиванию флюида в разломную зону. Полагали, что такой процесс является спусковым для проявления КР.

Выводы

1. Полученные результаты показывают, что используя расчетный параметр N (A), можно выявить аномальные изменения электромагнитной индукции геологической среды, которые связаны с развитием геодинамических процессов в земной коре.
2. Изучение локальных изменений параметра N (A), позволяет оценить изменение электромагнитной индукции в наиболее сейсмоактивных районах Армении и выявить предвестники двух крупных землетрясений: Парванийское ($M=5,4$, 1986 г.) и Спитакское ($M=7,1$, 1988 г.) [Григорян, Сковородкин, 1998]
3. Предложить параметр N (A) для выявления предвестников сильных землетрясений.
4. Показано, что параметр N (A) можно использовать для определения района будущего сильного землетрясения.

Литература

1. Авагимов А. А., Атаев А. К., Жуков В. С., Лагутинская Л. П., Сантурян В. А. Локальные вариации геомагнитного поля токовой природы. // В кн.: Прогноз землетрясений, №7. Предвестники землетрясений магнитной, электрической и электромагнитной природы. – Душанбе – Москва: Дониш, 1986. – С. 181-185.
2. Безуглая Л. С., Прохоров А. А., Сковородкин Ю. П., Тоноян Е. П. Использование S_q -вариаций для изучения сейсмотектонического процесса. // Докл. АН Арм. ССР. – 1986. – Т. LXXXII. №1. – С. 33-37.
3. Ваньян Л. Л., Хайдман Р. Д. О природе электропроводности. // Физика Земли. – 1996. – №4. – С. 5-11.
4. Габриелян А. А., Саркисян О. А., Симонян Г. П. Сейсмотектоника Армянской ССР. – Ереван: Ереванский университет, 1981. – 284 с.
5. Григорян А. Г. Изменения локального геомагнитного поля внешнего происхождения на примере Армении. // Физика Земли. – 2007. – №6. – С. 88-95.
6. Григорян А. Г., Сковородкин Ю. П. Магнитовариационный мониторинг на территории Армении за 1986-1988 гг. // Научно-практическая конференция. Опыт Комплексного Изучения Геофизических полей для целей сейсмопрогноза 13-15 мая 1998 г. Геоинформ-марк. – Москва. – 1998. – С. 39-40.

7. Григорян А. Г., Сквородкин Ю. П., Ахвердян Л. А. Изучение геомагнитных предвестников сильных землетрясений. // Изв. Науки о Земле НАН РА. 27-28 октября 1998 г. Спец. выпуск. – Ереван. – 1999. – №4. – С. 35-37.
8. Григорян А. Г., Сквородкин Ю. П. Пространственно-временные изменения переменного магнитного поля при изучении геодинамических процессов в земной коре на территории Армении. // Труды науч. конф. посвящ. памяти Бабаджаняна А. Г. – Гюмри. – 1999.
9. Гуфельд И. Л. Геологические следствия аморфизации структуры литосферы и верхней Мантии, вызванные водородной дегазацией. // Геодинамика и тектонофизика. – 2012. – Т. 3. №4. – С. 417-435.
10. Игумнов В. А. Сейсмогеохимические исследования в Армении. // Изд. НАН РА, Сборник научных трудов конференции, посвященной 90-летию со дня рождения основателя ИГИС НАН РА, академика А. Г. Назарова 1-4 июня 1998 г. – Гюмри. – 1998. – С. 262-266.
11. Игумнов В. А., Степанян З. Г. Некоторые гидрогеохимические аспекты Спитакского землетрясения. // Изв. АН Арм. ССР, Науки о Земле. – 1989. – Т. XL. №3. – С. 24-33.
12. Киссин И. Г. О влиянии флюидных систем консолидированной коры на дегазацию Земли и образовании нефти. // Доклады РАН. – 2011. – Т. 440. №1. – С. 72-76.
13. Киссин И. Г. О взаимосвязи сейсмичности и фильтрационного поля земной коры. // Доклады РАН. – 2013. – Т. 448. №5. – С. 583-587.
14. Киссин И. Г. Флюиды в земной коре. – М.: Наука, 2015. – 330 с.
15. Кузнецова В. Г., Мельничук М. Н. Магнитометрические наблюдения на Карпатском геодинамическом полигоне. // Материалы IX конференции по постоянному геомагнитному полю и палеомагнетизма. Ч. I. – Баку. – 1973. – С. 84-85.
16. Кузнецова Г. В., Максимчук М. Н. Возможность выделения аномалий электропроводности по повторным высокочастотным наблюдениям геомагнитного поля. // Геофиз. сб. АН УССР. Вып. 98. – 1979. – С. 53-58.
17. Назаретян С. Н., Дургарян Р. Р., Мирзоян Л. Б., Григорян А. Г., Шахбемян Т. А. Региональные разломы территории Армении по геофизическим данным и их сейсмичность. – Ереван: Издательство «Гитутюн» НАН РА, 2015. – 183 с.
18. Оганесян А. О., Оганесян С. М., Бабаджанян А. Г. О результатах проведенных исследований по неприливным изменениям силы тяжести на Ширакском геодинамическом полигоне. Международный симпозиум, Ереван, 2-6.10.1989 Тезисы докладов. – М. – 1989. – С. 135-136.
19. Сквородкин Ю. П. Изучение тектонических процессов методами магнитометрии. – М.: ИФЗ АН СССР, 1985. – 197 с.
20. Сквородкин Ю. П., Безуглая Л. С. Связь геомагнитных вариаций с гидрорежимом на Гармском полигоне. // Изв. АН СССР, Физика Земли. – 1980. – №4. – С. 104-109.
21. Сквородкин Ю. П., Безуглая Л. С. Пьезомагнитные свойства горных пород (сводные данные). // В. кн.: Тез. докл. II Всесоюзного съезда по геомагнетизму. Ч. I. – Тбилиси: ТГУ, 1981. – С. 121.
22. Сквородкин Ю. П., Тоноян Е. П. Временные изменения электромагнитной индукции на прогностических полигонах. // В кн.: Сейсмический мониторинг земной коры. – М.: ИФЗ АН СССР, 1986. – С. 199-203.
23. Сквородкин Ю. П., Гусева Т. В., Безуглая Л. С., Тоноян Е. П. Исследование геомагнитных вариаций с целью изучения геодинамики и глубинного геологического строения в сейсмоопасных зонах Таджикской ССР. // Фонды ЮГФЭ УГ Тадж. ССР. – М. 1985. – 60 с.
24. Grigorian A. G., Skovopodkin Yu. P., Nazaretian S. N. Local geomagnetic fields changes and seismicity of Armenian for 1981-1993. Proceedings Third International Conference on seismology and earthquake engineering see-3 May 17-19, 1999. – Tehran: IIEES, 1999. – P. 229.
25. Kissin I. G., Ruzajkin A. I. The relation between seismically active and electrically conductive zones. // Annali di geofisica. – 1997. – Vol. XL. №2. – Pp. 261-268.
26. Mazzella A., Morrison H. F. Electrical resistivity variations associated with earthquakes on the San-Andreas fault. // Science. – 1974. – V. 185. – Pp. 855-857.

27. Parkinson W.D. Directions of rapid geomagnetic fluctuations. // *Geophys. J.* – 1959. – No. 2. – Pp. 1-14.
28. Yamazaki Y., Rikitake T. Local anomalous changes in the geomagnetic field at Matsushiro. // *Bull. Earthq. Res. Inst.* – 1970. – V. 48. Part 4. – Pp. 637-643.

References

1. Avagimov A.A., Ataev A.K., Jukov V.S., Lagutinskaya L.P., Santuryan V.A. Local variations of the geomagnetic field of a current nature. In *Earthquake forecast. No. 7. Earthquake precursors magnetic, electrical and electromagnetic nature. Dushanbe– Moscow. Donish. 1986. Pp. 181-185.*
2. Bezuglaya L.S., Prohorov A.A., Skovorodkin YU.P., Tonoyan E.P. The use of Sq-variations to study the seismotectonic process. *Reports Dokl. AN Arm. SSR. 1986. T. LXXXII. No. 1. pp. 33-37. (In Russ.)*
3. Vanyan L.L., Haydman R.D. The nature of electrical conductivity. *Earth Physics. 1996. No. 4. pp. 5-11. (In Russ.)*
4. Gabrielyan A.A., Sarkisyan O.A., Simonyan G.P. *Seismotectonics of the Armenian SSR. Yerevan. Yerevan University. 1981. 284 p. (In Russ.)*
5. Grigoryan A. G. Changes in the local geomagnetic field of external origin on the example of Armenia. *Earth Physics. 2007. No. 6. pp. 88-95. (In Russ.)*
6. Grigoryan A.G., Skovorodkin YU.P. Magnetovariational monitoring in the territory of Armenia for 1986-1988. Scientific and practical conference. Experience in the Comprehensive Study of Geophysical Fields for the Purpose of Seismic Forecast May 13-15, 1998. *Geoinformark. Moscow. 1998. pp. 39-40. (In Russ.)*
7. Grigoryan A.G., Skovorodkin YU. P., Ahverdyan L.A. The study of geomagnetic harbingers of strong earthquakes. *News of Earth Science NAS RA. October 27-28, 1998 Special. release. Erevan. 1999. No. 4. pp. 35-37. (In Russ.)*
8. Grigoryan A.G., Skovorodkin YU.P. Spatio-temporal changes in the alternating magnetic field of the study of geodynamic processes in the earth's crust on the territory of Armenia. *Proceedings of the scientific conference. initiation in memory of A. Babadzhanyan Gyumri. 1999. (In Russ.)*
9. Gufeld I.L., Geological consequences of amorphization of the lithosphere and upper Mantle structure caused by hydrogen degassing. *Geodynamics and tectonophysics. 2012. T. 3. No. 4. pp. 417-435. (In Russ.)*
10. Igumnov V.A. *Seismogeochemical studies in Armenia. Edition of the NAS RA, Collection of scientific papers of the conference dedicated to the 90th birthday of the founder of ISIS NAS RA, academician A. G. Nazarova June 1-4, 1998. Gyumri. 1998. pp. 262-266. (In Russ.)*
11. Igumnov V.A., Stepanyan Z.G. Some hydrogeochemical aspects of the Spitak earthquake. *News of Earth Science NAS RA. 1989. T. XL. No. 3. pp. 24-33. (In Russ.)*
12. Kissin I.G. On the effect of fluid systems of the consolidated crust on the degassing of the Earth and the formation of oil. *RAS reports. – 2011. T. 440. No. 1. pp. 72-76. (In Russ.)*
13. Kissin I.G. On the relationship of seismicity and the filtration field of the earth's crust. *RAS reports. 2013. T. 448. No. 5. pp. 583-587. (In Russ.)*
14. Kissin I.G. *Fluids in the earth's crust. Moscow. Nauka, 2015. 330 pp. (In Russ.)*
15. Kuznetsova V.G., Melnichuk M.N. Magnetometric observations at the Carpathian geodynamic test site. *Materials of the IX conference on the constant geomagnetic field and paleomagnetism. Part I. Baku. 1973. pp. 84-85. (In Russ.)*
16. Kuznetsova G.V., Maksimchuk M.N. The possibility of detecting electrical conductivity anomalies from repeated high-precision observations of the geomagnetic field. *Geophys. collection of Academy of Sciences of the Ukrainian SSR. Vol. 98. 1979. pp. 53-58. (In Russ.)*
17. Nazaretyan S.N., Durgaryan R.R., Mirzoyan L.B., Grigoryan A.G., Hahbekyan T.A. *Regional faults of the territory of Armenia according to geophysical data and their seismicity. Yerevan. «Gitutyun». 2015. 183 p. (In Russ.)*

18. Oganessian A. O., Oganessian S. M., Babadjanyan A. G. On the results of studies on non-tidal changes in gravity at the Shirak geodynamic test site. International Symposium, Yerevan, 2-6.10.1989 Abstracts. Moscow. 1989. pp. 135-136. (In Russ.)
19. Skovorodkin Yu. P. The study of tectonic processes by magnetometry. Moscow. IPZ RAS USSR. 1985. 197 p. (In Russ.)
20. Skovorodkin Yu. P., Bezuglaya L. S. The relationship of geomagnetic variations with the hydraulic mode at the Garm landfill. *Izvestiya AN SSSR, Physics of the Earth*. 1980. No. 4. pp. 104-109. (In Russ.)
21. Skovorodkin Yu. P. Bezuglaya L. S. Piezomagnetic properties of rocks (summary data). In book Abstracts of the II All-Union Congress on Geomagnetism. Part I. Tbilisi. TGU. 1981. 121 pp. (In Russ.)
22. Skovorodkin YU.P., Tonoyan E.P. Temporary changes in electromagnetic induction at prognostic test sites. In book Seismic monitoring of the earth's crust. Moscow. IPZ RAS USSR. 1986. pp. 199-203. (In Russ.)
23. Skovorodkin Yu. P., Guseva T. V., Bezuglaya L. S., Tonoyan E. P. The study of geomagnetic variations in order to study the geodynamics and deep geological structure in seismic zones of the Tajik SSR. Funds of the Southern State Pharmaceutical University of the Tajik SSR Moscow. 1985. 60 p. (In Russ.)
24. Grigorian A. G., Skovopodkin Yu. P., Nazaretian S. N. Local geomagnetic fields changes and seismicity of Armenian for 1981-1993. Proceedings Third International Conference on seismology and earthquake engineering see-3 May 17-19, 1999. Tehran. IIEES. 1999. P. 229.
25. Kissin I. G., Ruzajkin A. I. The relation between seismically active and electrically conductive zones. *Annali di geofisica*. 1997. Vol. XL. No. 2. Pp. 261-268.
26. Mazzella A., Morrison H. F. Electrical resistivity variations associated with earthquakes on the San-Andreas fault. *Science*. 1974. V. 185. Pp. 855-857.
27. Parkinson W. D. Directions of rapid geomagnetic fluctuations. *Geophys. J*. 1959. No. 2. Pp. 1-14.
28. Yamazaki Y., Rikitake T. Local anomalous changes in the geomagnetic field at Matsushiro. *Bull. Earthq. Res. Inst.* 1970. V. 48. Part 4. Pp. 637-643.