

ОПРОБАЦИЯ ТЕКТОНОМАГНИТНОГО МЕТОДА ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ ОБРАЗУЮЩЕГОСЯ ОЧАГА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ВАНСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

© 2014 г. С. Р.Оганесян, К.К.Петросян

*Северная служба сейсмической защиты ГНКО РА
3115, Гюмри, ул.В.Саргсяна, 5а, Республика Армения
E-mail: hovsam@mail.ru.
Поступила в редакцию 29.01.14г.*

В результате исследований тектономагнитного поля (ТМП) за период 1984-2013г.г. были обнаружены специфические вариации, связанные с изменением сейсмического режима. Они выражаются в виде активных циклов в ТМП, имеющих отдельные фазы развития и отражающих процессы, как в очаговых зонах землетрясений, так и в отдельно взятом очаге.

Обнаруженные закономерности предвестниковых изменений ТМП дают надежду на то, что есть реальная возможность для предсказания сильных землетрясений.

За период 2009-2012г.г. на территории Закавказье - Армянское нагорье - Иран имели место сильные землетрясения: Рачинское с $M=6.1$ 07.09.2009г. ($\square=42.63^{\circ}N$; $\square=43.33^{\circ}E$), Ванское с $M=7.3$ 23.10.2011г. ($\square=38.86^{\circ}N$; $\square=43.38^{\circ}E$), Агарское с $M=6.4$ 11.08.2012г. ($\square=38.40^{\circ}N$; $\square=46.84^{\circ}E$); с $M=7.8$ 16.04.2013г. ($\square=28.13^{\circ}N$; $\square=62.08^{\circ}E$).

Тектономагнитные предвестники выше перечисленных землетрясений проявились в тектономагнитных вариациях, зарегистрированных на геомагнитных станциях (гмс) Северной Армении. Они представляют собой интерес не только с научной точки зрения, но и имеют большое практическое значение в прогнозе сильных землетрясений. Закономерность образования тектономагнитных эффектов данных землетрясений позволила исследовать ход развития их очагов, где отражены отдельные фазы формирования. Результаты исследования каждой фазы и предвестников в целом говорят о том, что разработанный метод прогноза сильных землетрясений (Оганесян, 2008; Оганесян, 2009), правильный. Они показывают, что изучение закономерностей проявления тектономагнитных предвестников могут быть использованы как для долгосрочного, так и для краткосрочного прогноза сильных землетрясений.

Параметры образующихся очагов землетрясений рассчитываются по формулам, отражающим функциональные связи между физическими параметрами очагов и тектономагнитного поля (ТМП). Основные формулы расчетов представлены в работе (Оганесян, 2009).

Цель данной работы показать, что существует вполне реальная возможность спрогнозировать сильные землетрясения тектономагнитным методом в регионе Кавказ - Армянское нагорье.

1.Тектономагнитное поле и его вариация в период 1984-2013г.г.

Временные графики изменения ТМП на гмс «Бавра» и «Гюлагарак», построенные по среднемесячным данным, представлены на рис.1. Как видно из рисунка, после Спитакского землетрясения (M=7.1) ТМП имеет пониженный уровень и наблюдается вариация в пределах $\square 10\text{нТл}$.

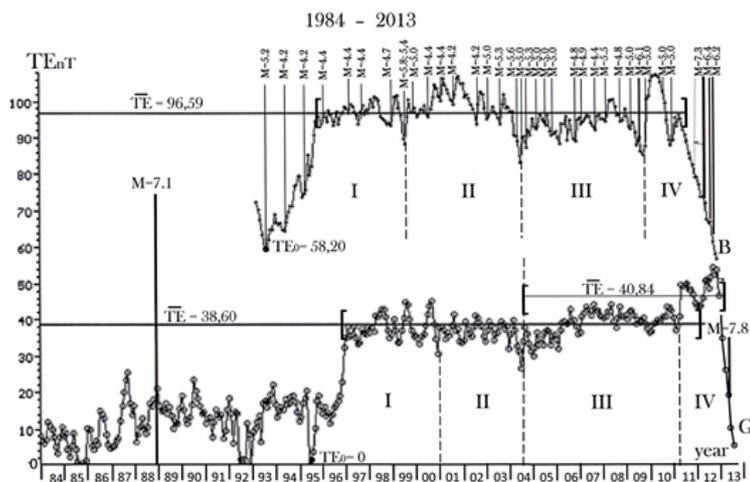


Рис.1. Главный цикл ТМП, построенный по среднемесячным данным гмс «Бавра» (В) и гмс «Гюлагарак» (Г).

- TE₀ – значения первичного минимума главного цикла ТМП
- TE- среднее значение амплитуды главного цикла ТМП
- M = 7.8 - значение магнитуды землетрясения в очаге
- I; II; III; IV- активные циклы ТМП первой степени
- [] - границы осреднения временного интервала

В период 1993-96г.г. на геомагнитной станции (гмс) «Бавра» (В) и в период 1995-97г.г. на гмс «Гюлагарак» (Г) образуются процессы роста значений амплитуд ТМП, после чего на обеих гмс наблюдается уравновешенное состояние с вариацией $\square 10\text{нТл}$ вплоть до 2011г. (рис.1). С 2005г. до конца октября 2009г. на гмс «Бавра» наблюдается отдельный цикл (III), в конце которого 07.09.2009г., происходит Рачинское землетрясение с M=6.1 (Հովհաննիսյան և Վրուսեթրը, 2009). С ноября 2009г. до конца 2010г. образуется длиннопериодное горбообразное изменение с амплитудой $\sim 22\text{нТл}$, после чего следуют землетрясения 08.03.2010г. и 24.03.2010г. с магнитудами M=5.0. После появления второго длиннопериодного горбообразного изменения (декабрь 2010г.-июнь 2011г.) с амплитудой $\sim 8\text{нТл}$ начинается непрерывный спад ТМП. Во время этого спада, как и следовало ожидать, 23.10.2011г., 11.08.2012г., 16.04.2013, имели место сильные землетрясения с M=7.3, M=6.4 и M=7.8 соответственно.

Так как в начале роста ТМП кривая Г (рис.1) отстает от кривой В на 1.5года, то можно было предположить, что спад на гмс «Гюлагарак» должен начаться в 2013г., что и было на самом деле.

Описанную картину: рост - уравновешенное состояние - спад, как отличающуюся вариацию в ТМП, назовем главным активным циклом. Как видно, в состав активного цикла 1993-2013г.г. входят подобные циклы с периодами от 4 до 6 лет (рис. 1, I; II; III; IV), в конце которых происходят землетрясения с $M \sim 5.0$. Детальное изучение последних указывает на наличие в их структурах более короткопериодных циклов. Результаты исследований активных циклов ТМП с сочетанием сейсмических событий показывают, что длительность периодов активных циклов пропорциональна величине магнитуды землетрясения как закономерность, имеющая место в конце цикла.

Важными параметрами изменения ТМП являются его скорость и ускорение, так как по их значениям определяется гипоцентральное расстояние образующихся очагов землетрясений.

На рис.2 представлены временные графики динамики скоростей положительных (кривая *dip*), отрицательных (кривая *dim*) и общих изменений (кривая *diz*) в период активного цикла ТМП по данным гмс «Бавра» за период 1992-2012г.г. Как видно, большие скорости изменения ТМП располагаются в интервалах роста и спада. Умеренные значения располагаются в центральной части (1999-2005г.г.), а минимальные значения в интервалах кривых 1996-1998г.г. и 2005-2008г.г.

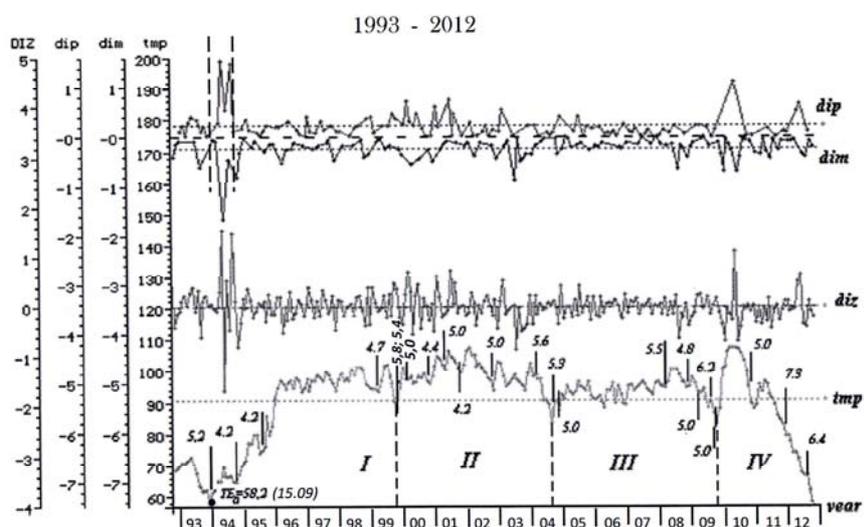


Рис.2. Временные графики главного активного цикла и его скорости изменений на гмс «Бавра». tmp, diz, dip, dim - временные графики ТМП, его скорости, скорости положительных и отрицательных изменений соответственно. 5.0 – значения магнитуды землетрясений

Представленное описание поведения ТМП и его вариаций, как показано в работах (Оганесян, 2008; Оганесян, 2009), является следствием

динамики сейсмотектонической активности региона Кавказ - Армянское нагорье - Северный Загрос.

2. Определение величины магнитуды

Для определения величины магнитуды используем экспериментально полученное равенство (Оганесян, 2009) расчета величины магнитуды

$$M = \frac{TE}{c} \quad (1)$$

Усредняя среднемесячные значения амплитуд TE_i ($i=1; 2; \dots; n$), полученные по данным гмс «Бавра» (рис.1 кривая **В**) и расположенных в периоде уравновешенного состояния ТМП (выделен скобками), получим среднее значение абсолютных величин амплитуд

$$\overline{TE} = \frac{TE_1 + TE_2 + \dots + TE_n}{n} = 96.59 \text{ нТл}$$

Для оценки величины амплитуды TE возьмем разницу

$$TE = \overline{TE} - TE_0 = 96.59 \text{ нТл} - 58.2 \text{ нТл} = 38.39 \text{ нТл}$$

где $TE_0=58.2$ - абсолютное значение начального минимума главного активного цикла на гмс «Бавра» (рис. 1 кривая **В**).

Согласно (1) получим

$$M = \frac{38.39 \text{ нТл}}{5.3 \text{ нТл/маг}} = 7.24 \text{ магнитуд}$$

Таким образом, по данным гмс «Гюлагарак» (рис.1 кривая **Г**) получим

$$M = \frac{38.6 \text{ нТл}}{5.3 \text{ нТл/маг}} = 7.28 \text{ магнитуд}$$

Истинное значение по сейсмологическим данным $M=7.3$ маг.

3. Определение величины гипоцентрального расстояния

Для определения величины гипоцентрального расстояния используем равенство (1).

$$R = \frac{c \cdot h \cdot M}{TE_L} \quad (2)$$

Величину TE_L определим из данных первой фазы, находящихся в интервале роста ТМП (рис.2). Видно, что активность динамики интенсивно наблюдается в 1994г. (она разделена вертикальной пунктирной линией), которая выделяется как начальная частотно-амплитудная пачка динамики очага с $M=7.3$. При линейной аппроксимации положительных, а затем отрицательных амплитуд, отмеченных вертикальными пунктирными линиями, получим:

$$TE_L^1 = 0,113 \Delta t + 1,19 \quad (3)$$

и

$$TE_L^2 = -0,0959\Delta t - 1,38$$

В равенстве (3) Δt - количество суток во временном интервале аппроксимации имеют значения, соответственно, 82 и 85. Подставив их в (3), получим:

$$TE_L^1 = 10,46нТл$$

$$TE_L^2 = -9,54нТл$$

Локальное эффективное значение TE_L^e в пункте наблюдения будет:

$$TE_L^e = TE_L^1 + TE_L^2 = 0,92нТл$$

Согласно (2)

$$R_1 = \frac{5,3 \frac{нТл}{маг} \cdot 6,3км \cdot 7,24маг}{0,92нТл} = 263км$$

Истинное значение по сейсмологическим данным $R=247км$.

Разница в 16км (пределы допустимой ошибки $\pm 5км$) возникает из-за некондиционности данных измерений.

4. Определение даты землетрясения

Известно, что в начале фазы разрушения консолидированной области очаговой зоны, а также отдельного очага землетрясений рост упругих тектонических напряжений прекращается (Добровольский, 1991), в результате чего поля упругих деформаций уступают место пластическим деформациям, которые сопровождаются развитием процесса трещинообразования. Во время этого процесса, согласно теории магнитоупругости (Вонсовский и др., 1948) и результатам работы (Трухин, 1973), в динамике ТМП и его суточных скоростях должно наблюдаться уменьшение величин амплитуд, доказывающих, что перед толчком, значения ТМП возвращаются к исходному значению TE_0 (Оганесян, 2009; Оганесян, 2008), а составляющие TE_L ; TE_R и ускорение USK стремятся к нулю, т.е.

$$\begin{aligned} TE &\rightarrow TE_0 \\ (TE_L; TE_R) &\rightarrow 0 \\ USK &\rightarrow 0 \end{aligned} \quad (4)$$

На основе этих условий определим дату сейсмического толчка очага землетрясений. На рис. 3 представлены графики ускорения ТМП (USK), положительное ускорение (USP) и отрицательное ускорение (USM). Видно, что начиная с мая 2010г. значения ускорений со временем резко падают, и этот процесс протекает отдельными импульсообразными пучками 1; 2; 3; 4; 5 (кривая USK). При этом наблюдается линейное уменьшение величин главных амплитуд пучков (на рисунке они соединены прямыми линиями). Аппроксимируя эти значения, получим прямые, которые стремятся к точке пересечения с осью $USK=0$ (момент толчка). Для определения этого момента (дата землетрясения) рассчитаем величину тангенса падения линий. Возьмем интервал с начала импульса 1 до точки 05.09.2011г., где $USP=0$. В результате аппроксимации получим

линию bc (рис.3), расположенную в интервале 01.06-05.08. Из треугольника abc рассчитаем $tg \alpha = 0.084$.

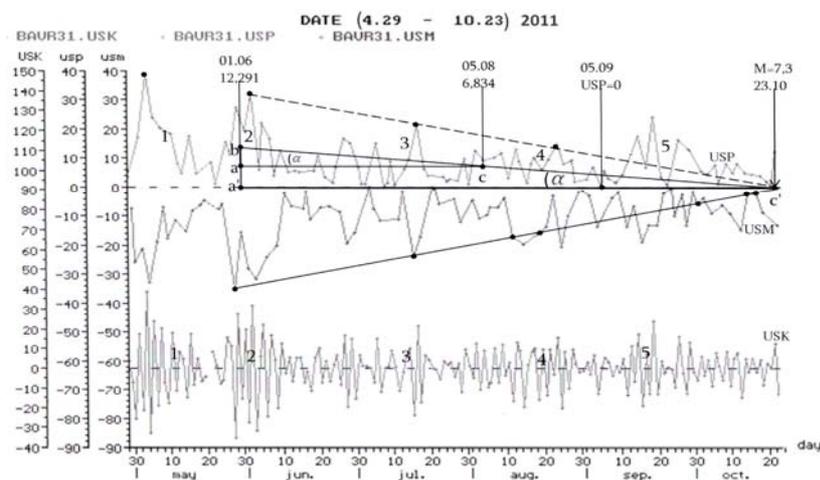


Рис.3. Процесс убывания ускорений изменения ТМП перед Ванским землетрясением. 1; 2; 3...убывание амплитуд импульсообразных пучков ускорений; bc – отрезок прямой, полученный в результате аппроксимации; USP, USM, USK – временные кривые положительных, отрицательных и общих компонент ускорения.

Из треугольника a'bc' определим количество суток Δt , находящихся в интервале с 01.06 до точки пересечения линии bc' с осью времени:

$$\Delta t = 12.291 \cdot 0.084 = 146 \text{ суток.}$$

Если к дате 01.06.2011 прибавим 146 суток - получим 24.10.2011г.. А землетрясение имело место 23.10.2011г..

Тем же способом определяем дату землетрясения по данным USM.

Проанализировав полученные результаты, сделаем следующие выводы:

1. Каждый активный цикл состоит из фаз: I-начальное разряженное регулярное состояние ТМП; II-приращение; III-заряженное регулярное состояние; IV-спад ТМП; V-окончательное разряженное состояние.
2. В IV- V фазах происходит главный толчок разрыва очага землетрясения, создающего данный активный цикл ТМП.
3. С помощью тектономагнитного метода, можно заранее обнаружить долгосрочные и краткосрочные предвестники сильных землетрясений и, используя значения параметров активного цикла ТМП, рассчитать параметры образующихся очагов предстоящих землетрясений.

ЛИТЕРАТУРА

Вонсовский С.В., Шур Я.С. Ферромагнетизм. Москва:1948, 695с.
Добровольский И.П. Теория подготовки тектонического землетрясения. Москва: 1991, 39с

Оганесян С.Р. Оценка сейсмической опасности на основе изучения динамики тектонического магнитного поля. Известия НАН РА. Науки о Земле, 2009, LXII, 1, с. 40-47.

Оганесян С.Р. Определение параметров образующихся очагов землетрясений. Проблемы сейсмологии в Узбекистане, N5. Материалы международной конференции, Ташкент, 2008, с. 103-106.

Трухин В.И. Введение в магнетизм горных пород. Изд-во МГУ, 1973, 240с.

Հովհաննիսյան Ս. Ռ., Ղուկասյան Օ. Գ., Արզումանյան Լ. Ա. Ռաչայի 07.09.2009թ., 6.1 մագնիտոլոգիկ երկրաշարժի կանխատեսման փորձը: Կիրառական երկրաբանության և աշխարհագրության արդի հիմնահարցերը, պրոֆեսոր Պ. Ս. Բոշնալյանի ծննդյան 90-ամյակին նվիրված գիտաժողովի հոդվածների հավաքածու, ԵՊՀ հրատարակչություն, Երևան 2011, էջ 250-258:

Рецензент С.Оганесян

**ԵՐԿՐԱՇԱՐՃԻ ԿԱԶՄԱՎՈՐՎՈՂ ՕԶԱԽԻ ՊԱՐԱՄԵՏՐԵՐԻ
ԳՆԱՀԱՏՄԱՆ ՏԵԿՏՈՆԱՄԱԳՆԻՍԱԿԱՆ ԵՂԱՆԱԿԻ
ՓՈՐՁԱՐԿՈՒՄԸ ՎԱՆԻ ԵՐԿՐԱՇԱՐՃԻ ՕՐԻՆԱԿՈՎ**

Ս.Ռ.Հովհաննիսյան, Կ.Կ.Պետրոսյան

Ամփոփում

1984-2013թ.թ. ընթացքում տեկտոնամագնիսական դաշտի (ՏՄԴ) ուսումնասիրության արդյունքում հայտնաբերվել են յուրահատուկ վարիացիաներ, որոնք կապված են սեյսմիկ ռեժիմի հետ: Նրանք ՏՄԴ-ում արտահայտվում են ակտիվ ցիկլերի տեսքով, առանձին ֆազերով, արտացոլելով գործընթացները երկրաշարժերի օջախային գոտիներում և առանձին օջախներում:

ՏՄԴ դաշտի օրինաչափ նախանշանային փոփոխությունները հույս են ներշնչում, որ կա իրական հնարավորություն ուժեղ երկրաշարժերի կանխատեսման համար:

**TESTING OF THE TECTONOMAGNETIC METHOD OF
ESTIMATION OF THE PARAMETERS OF FORMING EARTHQUAKE
SOURCE BY THE EXAMPLE OF THE VAN EARTHQUAKE**

S. R. Hovhannisyan and K. K. Petrosyan

Abstract

The investigation of the tectonic magnetic field (TMF) in 1984-2013 revealed specific variations directly connected with the seismic regime of the region. In the TMF they appear in the form of active cycles having individual phases that reflect processes developing in earthquake source zones and within individual sources.

Regular precursory changes of the TMF inspire hope that there is a real possibility for prediction of strong earthquakes.