

**ОСОБЕННОСТИ СЕЙСМИЧЕСКОГО РЕЖИМА ЗОНЫ  
ЕРЕВАНСКОГО РАЗЛОМА ПО ДАННЫМ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО  
ПЕРИОДА НАБЛЮДЕНИЙ  
(1937-2017 гг.)**

**© 2017г. Л.С. Саргсян, А.С. Караханян, С.В. Баласанян**

*Институт геологических наук НАН РА  
0019, Ереван, пр. Маршала Баграмяна, 24а, Республика Армения  
E-mail: lilit\_geo@yahoo.com  
E-mail: karakhanyanarkady@gmail.com  
E-mail: sergeybalasanyan6@gmail.com  
Поступила в редакцию 21.11.2017г.*

Для уточнения сейсмического потенциала Ереванского разлома были исследованы все имеющиеся материалы по базе сейсмических событий для инструментального периода наблюдений (1937-2017гг.). Рабочая выборка из инструментального каталога землетрясений территории РА была подготовлена для площади современной сеймотектонической модели Ереванского разлома. Дальнейшие расчеты и графические построения было решено представлять в трех временных интервалах. Для выяснения особенностей сейсмического режима зоны Ереванского разлома выводы и обобщения делались на основании сравнительного анализа и максимальной идентификации промежуточных (поддиапазонных) результирующих материалов. Для большей достоверности получаемых результатов графические построения, направленные на прогнозную количественную оценку параметров сейсмической опасности в зоне сеймотектонической модели Ереванского разлома, проводились во временном диапазоне 1962 - 2017гг.

Одной из важных тектонических структур для оценки сейсмической опасности Приереванского региона является Ереванский разлом, протяженностью около 30км в направлении СЗ – ЮВ. По геологическим и геофизическим характеристикам – это правосторонний взбросо-сдвиг с углом падения  $80^{\circ}$ - $90^{\circ}$ , состоящий из трех сегментов: северо-западного (Армавирского), центрального (Паракарского) и юго-восточного (Двинского) (Karakhanyan et al., 2004).

По данным региональных каталогов землетрясений сейсмическая активность северо-западного и юго-восточного флангов была обусловлена сейсмическими событиями исторического периода времени. Однако, как показал реанализ всех имеющихся летописных материалов, а также учет результатов новых полевых макросейсмических обследований, реальность происхождения (Аручское землетрясение 972г.) или корректная параметризация землетрясений (Двинские землетрясения второй половины X века) не позволяют достоверно оценить максимальный сеймотектонический потенциал флангов Ереванского разлома.

Центральный сегмент в исторический период времени сильной сейсмической активности не проявлял – зафиксировано одно землетрясение 29.10.1846г. ( $M = 3,75$ ;  $J_0 = 5$  баллов;  $H = 10$ км.) (Карапетян, 1986). Согласно историческим данным: “В 1846г. 17 октября (по старому стилю) в полночь

произошло землетрясение в Ереване, которое сопровождалось сильными ударами и подземным гулом. К счастью, удары были непродолжительными и не имели серьезных последствий. Все боялись повторения катастрофы 1840г. Землетрясение повторилось 18-го числа того же месяца.” (Ստեփանյան, 1964; Бюс, 1948).

Напротив, в инструментальный период времени Паракарский участок Ереванского разлома характеризуется довольно высокой сейсмической активностью, фиксируемой регистрирующей сетью станций в виде большого количества слабых по энергетике событий. Следовательно, можно с большой долей уверенности говорить о криповом характере механизма очага на центральном сегменте Ереванского разлома. За период 1900-2000гг. здесь было зарегистрировано всего 7 средних по магнитуде землетрясений с  $M \geq 3,7$  (табл.1).

Таблица 1

N N	Дата	Координаты		J(балл)		Глубина H (км)	Магнитуда M <sub>S</sub>
		$\varphi$ N°	$\lambda$ E°	J <sub>0</sub>	J <sub>Ер.</sub>		
1	25.01.1910	40.06	44.25	6-7	6	9	4.5
2	07.01.1937	40.08	44.26	7	6-7	10	4.6
3	16.06.1973	40.15	44.31	5-6	4-5	10	4.0
4	25.02.1978	40.20	44.40	5	4	10	4.0
5	02.08.1984	40.18	44.33	6	5	5	4.1
6	09.10.1993	40.20	44.50	5-6	5	10	4.0
7	01.03.1997	40.12	44.50	5	4-5	15	3.7

Наиболее сильным из них было землетрясение 07.01.1937г. ( $M = 4,7$ ;  $J_0 = 7$  баллов). В г. Ереване интенсивность сейсмических сотрясений составила 6 – 7 баллов (по шкале MSK-64). До основного толчка произошли 4 форшока, первый из которых имел интенсивность 6 баллов, интенсивность последующих трех событий не превысила – 5 баллов. Далее утром (в 7ч.24м.), последовал основной сейсмический удар, эпицентр которого находился в селе Паракар – 140 домов было разрушено, еще 120 сооружений получили серьезные повреждения. В г. Ереване повреждения различной степени получили 3382 сооружения, из коих 372 серьезно пострадали, а некоторые полностью были разрушены (Карапетян, 1986; Ստեփանյան, 1964; Бюс, 1948). Афтершоки Паракарского землетрясения 07.01.1937г. продолжались до августа 1937г., из которых 7 событий с интенсивностью сотрясений  $J_0 \geq 5$  баллов, причем за первые 24 часа был зарегистрирован

лишь один афтершок в 5 баллов (в Ереване пострадали несколько сооружений) (Карапетян, 1986).

Рабочая выборка из инструментального каталога землетрясений территории РА была подготовлена для площади современной сеймотектонической модели Ереванского разлома (рис.1а). Следует отметить, что в данной модели ширина зоны разлома составляет по 15км. в обе стороны. Это решение призвано учесть возможные неопределенности по определению 2D и 3D геометрической формы разлома (Seismic Hazard Assessment, 2011).

Что касается самого каталога землетрясений на исследуемую территорию за период 1937-2017гг., то он составлен на основе сопоставительного анализа данных (Карапетян, 1986; Карапетян, 1990; Новый каталог, 1977; [www.isc.ac.uk](http://www.isc.ac.uk), [www.nssp.gov.am](http://www.nssp.gov.am)), а также каталога ИГН НАН РА (IGS) с приведением энергетической характеристики - магнитуды к  $M_s$  (Левонян и др., 2014).

Учитывая то, что в период 1937-2017гг. выделяется несколько этапов различной количественной плотности и технической оснащенности сети регистрирующих сейсмических станций, дальнейшие расчеты и графические построения было решено представлять в трех временных диапазонах: 1937-1961гг.; 1962-1992гг.; 1993-2017гг. Для окончательного выяснения особенностей сейсмического режима зоны Ереванского разлома, выводы и обобщения делались на основании сравнительного анализа и максимальной идентификации промежуточных (поддиапазонных) результирующих материалов.

Для определения активности Ереванской тектонической структуры были проанализированы все пространственно-временные характеристики сейсмического режима по базе сейсмических событий для периода 1937-2017гг. Попробуем сделать некоторые обобщения и выявить возможные функциональные закономерности между параметрами землетрясений по всему временному периоду в целом.

1. Картирование эпицентров сейсмических событий из каталога инструментальных землетрясений и анализ пространственного расположения, показывает их достаточно равномерное распределение по всей площади сеймотектонической модели Ереванского разлома (рис.1б).

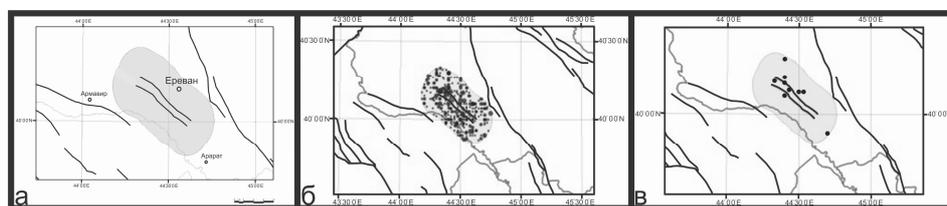


Рис.1. а - площадь современной сеймотектонической модели Ереванского разлома; б - карта эпицентров землетрясений за период 1937-2017гг., зарегистрированных на площади сеймотектонической модели Ереванского разлома; в - карта эпицентров землетрясений с  $M_s \geq 3.5$  за период 1937-2017гг., зарегистрированных на площади сеймотектонической модели Ереванского разлома.

Большинство эпицентров наиболее сильных землетрясений с  $M_s \geq 3.5$  сконцентрированы в срединной, осевой части Ереванского разлома (рис.1в). Глубина очагов этих сейсмических событий варьирует в пределах 5–10км. Общий анализ всех, зарегистрированных в Ереванской сеймотектонической зоне землетрясений показал, что большинство очагов располагаются на глубинах до 15км. (рис.2а).

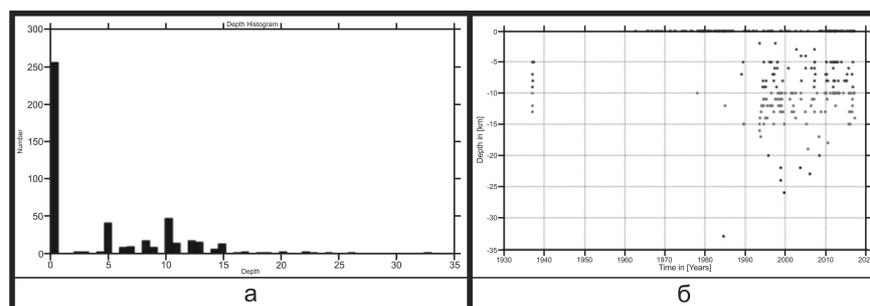


Рис.2. Распределение глубин очагов всех землетрясений за период 1937-2017гг., зарегистрированных на площади сеймотектонической модели Ереванского разлома: а - зависимость  $N \leftrightarrow H$ ; б - зависимость  $H \leftrightarrow T$ .

При этом следует учесть, что анализ функциональной зависимости ( $H \leftrightarrow T$ ) вполне достоверен в наиболее представительном с точки зрения качества регистрации временном диапазоне: 1993-2017гг. (рис.2б), когда были задействованы телеметрические сейсмостанции и новые цифровые регистраторы.

2. На рис.3а отчетливо проявляется качественная неоднородность сейсмической базы данных для разных временных отрезков. Так, в интервалах 1980-1985гг. и 1995-2000гг. резко увеличивается количество регистраций с магнитудой 1,0-2,0. А начиная с 2010г., в связи с техническим переоснащением сети сейсмических станций РА появляется возможность фиксировать множество микроземлетрясений в магнитудном интервале 0,1-1,0 (рис.3а).

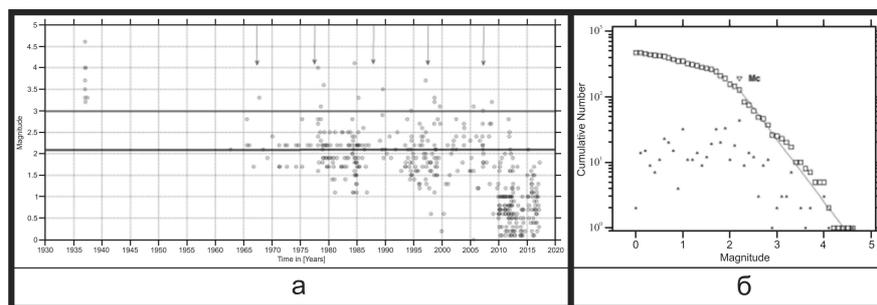


Рис.3. а - распределение значений магнитуд всех землетрясений за период 1937-2017гг., зарегистрированных на площади сеймотектонической модели Ереванского разлома ( $M \leftrightarrow T$ ); б - график зависимости магнитуды от кумулятивного количества землетрясений. ( $N \leftrightarrow M$ ).

Учитывая вышеизложенное, расчетная магнитудная оценка предстательности землетрясений в зоне сеймотектонической модели Ереван-

ского разлома принимается равной  $M = 2,2$  (рис.3а). Этот вывод подтверждается анализом функциональной зависимости магнитуды от кумулятивного количества землетрясений (рис.3б). Кроме того, эта зависимость позволяет рассчитать значение угла наклона графика повторяемости землетрясений –  $b=0,952$ , а также предположить, что ожидаемое землетрясение по магнитуде может иметь значение  $M_{\max} = 4,5$  (рис.3б).

3. Для большей достоверности получаемых результатов все дальнейшие графические построения, направленные на прогнозную количественную оценку параметров сейсмической опасности в зоне сеймотектонической модели Ереванского разлома, проводились во временном интервале 1962 - 2017гг.

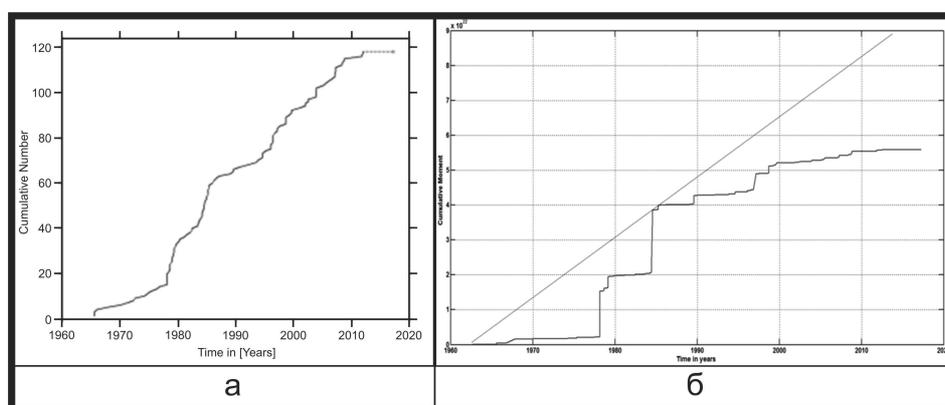


Рис.4. а - график распределения кумулятивного количества землетрясений ( $M \geq 2,2$ ) за период 1962- 2017гг.; б - график распределения кумулятивной деформации землетрясений ( $M \geq 2,2$ ) за период 1962-2017гг.

Учет уровня представительности землетрясений ( $M = 2,2$ ) позволил сократить количество анализируемых землетрясений в рабочей выборке каталога до 120 единиц. Функциональная зависимость ( $N \leftrightarrow T$ ), представленная на графике распределения кумулятивного количества землетрясений (рис.4а), позволяет утверждать, что в зоне сеймотектонической модели Ереванского разлома дефицита числа сейсмических событий не наблюдается.

В то же время реконструкция напряженно-деформационного поля во временном интервале 1962-2017гг. (рис.4б) показывает, что образовался дефицит энергии выделяемой землетрясениями, который может быть восполнен как одним сейсмическим событием с  $M_{\max} = 5,0$ , так и рядом средних и слабых землетрясений с той же суммарной энергией, что более характерно для сейсмодинамики зоны Ереванского разлома.

## ВЫВОДЫ

1) Картирование эпицентров сейсмических событий из каталога инструментальных землетрясений во временном диапазоне 1937 – 2017гг. показывает их достаточно равномерное распределение по всей площади сеймотектонической модели Ереванского разлома. При этом большая часть очагов располагается на глубинах до 15км.

2) Большинство эпицентров наиболее сильных землетрясений с  $M_s \geq 3.5$  сконцентрировано в срединной, осевой части Ереванского разлома. Глубина очагов этих сейсмических событий варьирует в пределах 5 – 10км.

3) Общий анализ пространственно-временных закономерностей распределения основных характеристик землетрясений, зарегистрированных на площади сеймотектонической модели Ереванского разлома, позволил оценить уровень представительности землетрясений ( $M = 2.2$ ), значение угла наклона графика повторяемости землетрясений -  $b=0.952$ , а также возможное землетрясение с  $M_{max} = 4.5$ .

4) Можно утверждать, что в исследуемом районе дефицита числа сейсмических событий не наблюдается, однако образовался дефицит энергии, который может быть восполнен как одним сейсмическим событием с  $M_{max} = 5.0$ , так и рядом средних и слабых землетрясений с той же суммарной энергией, что более вероятно и характерно для сейсмодинамики зоны Ереванского разлома.

## ЛИТЕРАТУРА

- Бюс Е.И.** Сейсмические условия Закавказья. Часть 1. Хронология землетрясений в Закавказье. Тбилиси, изд. АН Груз.ССР, 1948, 304с.
- Карпетян Н.К.** Механизм возникновения землетрясений Армянского нагорья. Изд. АН Арм.ССР, Ереван, 1986, с.21-70, 228с.
- Карпетян Н.К.** Сейсмогеодинамика и механизм возникновения землетрясений Армянского нагорья. Изд. АН Арм.ССР, Ереван, 1990, 264с.
- Левонян А.Ф., Саркисян Л.С., Саакян Э.Э., Дургарян Р.Р.** «Геодинамическая сеть и сейсмологические наблюдения в институте геологических наук НАН РА» Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы девятой международной сейсмологической школы, ОБНИНСК-2014, с.205-208.
- Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975года. /под ред. Н.В. Кондорской и Н.В. Шебалина / Наука, Москва, 1977, 536с.
- Ստեփանյան Վ.** Երկրաշարժերը Հայկական լեռնաշխարհում և նրա Մերձակայքում: Երեվան, “Հայաստան” հր., 1964, 247էջ:
- Karakhanian A., Trifonov V., Philip H., Avagyan A., Hessami K., Jamali F., Bayraktutan M., Bagdassarian H., Arakelian S., Davtian V., and Adilkhanyan A.** Active faulting and natural hazards in Armenia, eastern Turkey and north-western Iran. Tectonophysics, 2004, 380, p.189–219.
- Seismic Hazard Assessment for the Construction Site of a New Power Unit of the Armenian NPP, February, 2011, “NorAtom” Consortium, Final Report, Annex 2, Yerevan.
- [www.isc.ac.uk](http://www.isc.ac.uk)
- [www.nssp.gov.am](http://www.nssp.gov.am)

*Рецензент А. Аракелян*

**ԵՐԵՎԱՆՅԱՆ ԽՉՎԱԾՔԱՅԻՆ ԳՈՏՈՒ ՍԵՅՍՄԻԿ ՌԵԺԻՄԻ  
ԱՌԱՆՁՆԱՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ ՍԱՐՔԱՅԻՆ ԺԱՄԱՆԱԿԱՀԱՏՎԱԾԻ  
(1937-2017թթ.) ԴԻՏԱՐԿՈՒՄՆԵՐԻ ՏՎՅԱԼՆԵՐՈՎ**

**Լ.Ս. Սարգսյան, Ա.Ս. Կարախանյան, Ս.Վ. Բալասանյան**

Ամփոփում

Երևանյան խզվածքի սեյսմիկ ներուժի ճշտման համար ուսումնասիրվել են սարքային ժամանակահատվածի (1937-2017թթ.) երկրաշարժերի տվյալների բազայի բոլոր նյութերը: ՀՀ հանրապետության տարածքի սեյսմիկ իրադարձությունների կատալոգից կազմվել է աշխատանքային հանույթ Երևանյան խզվածքի ժամանակակից սեյսմոտեկտոնական մոդելի գոտու համար: Հետագա բոլոր հաշվարկներն ու ֆունկցիոնալ գրաֆիկան ներկայացվում են երեք ժամանակային ենթատիրույթների համար: Երևանյան խզվածքային գոտու սեյսմիկ ռեժիմի առանձնահատկությունների գնահատմանն ուղղված եզրակացություններն արվել են ենթատիրույթների միջանկյալ արդյունաբար տվյալների համեմատական վերլուծության հիման վրա: Երևանյան խզվածքի սեյսմոտեկտոնական մոդելի տարածքի սեյսմիկ վտանգի բնութագրերի գնահատման համար ստացված արդյունքների հավաստիության բարձրացման նպատակով հաշվարկները արվել են 1962-2017թթ. տիրույթի համար:

**THE PECULIARITIES OF THE SEISMIC REGIME OF THE YEREVAN  
FAULT ZONE ACCORDING TO THE INSTRUMENTAL PERIOD OF  
OBSERVATIONS (1937-2017)**

**L.S. Sargsyan, A.S. Karakhanyan, S.V. Balasanyan**

Abstract

To clarify the seismic potential of the Yerevan fault, all the available materials on the basis of seismic events for the instrumental period of observations (1937-2017) were studied. A working selection from the instrumental catalog of earthquakes in the territory of RA was prepared for the area of the modern seismotectonic model of the Yerevan fault. The further calculations and graphical constructions are presented in three time intervals. For the clarification of the seismic regime of the Yerevan fault zone, the conclusions and summaries were made on the basis of comparative analysis and maximum identification of intermediate resulting materials. To get more reliable results, graphical constructions aimed at predictive quantitative evaluation of seismic hazard parameters in the zone of the Yerevan fault seismotectonic model were carried out in the time frame of 1962-2017.