

УДК 550.34

АНОМАЛЬНЫЕ ПРОЯВЛЕНИЯ СЕЙСМИЧНОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ АРМЕНИИ, ПРЕДВАРЯЮЩИЕ РАЗРУШИТЕЛЬНОЕ ВАНСКОЕ (ТУРЦИЯ) ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ 23 ОКТЯБРЯ 2011 Г.

Оганесян С. М.¹, Геодакян Э. Г.²

ANOMALOUS MANIFESTATION OF SEISMICITY ON THE TERRITORY OF ARMENIA, THE
PREVIOUS DESTRUCTIVE VAN EARTHQUAKE, OCTOBER 23, 2011

Hovannesyanyan S. M., Geodakyan E. G.

The activation of low seismicity in the period of instrumental observations from 2006 till 2011 is studied in the central part of Armenia. The structure of totality of hotbeds of weak earthquakes in five-dimensional space (hypocenter time energy) is considered. On the base of methods of statistic instrumental data analysis the group consisting of 15 events sequently interconnected in space and time earthquake focuses with $M > 3.0$ is distinguished having migration direction lake Sevan and the Ararat mountain. A comparative analysis of the observed grouping is carried out with analogical manifestation of seismic regime in other seismic active regions linked with fluctuations as well as changes in the strained condition of focus zones in the period of preparation for stronger earthquakes.

Keywords: seismic regime, epicenter, fault, earthquake, grouping, seismic activity.

Введение

Общеизвестно, что сейсмический процесс отображает сложные тектонические движения, возникающие в зонах взаимодействия иерархически различных по масштабности структурных элементов земной коры и литосферы. Сейсмичность, как и геологическая среда, проявляет характерные свойства иерархической системы в распределении землетрясений по пространству и энергии [1]. Основываясь на этих свойствах, в зависимости от целей сейсмологических исследований, рассматриваются три основные уровня сейсмических взаимосвязей в пятимерном пространстве: (пространственные координаты, время, энергия) глобальный, региональный и локальный.

Для сейсмически активной и опасной территории Армении крайне актуальны исследования ее сейсмичности на региональном и локальном уровнях. Пространственное распределение гипоцентров землетрясений по

региону, определенное на долговременной основе, основные количественные параметры сейсмического режима (плотность эпицентров — N^* , сейсмическая активность — A_{10} , сейсмическая дробность — γ) являются сейсмологической основой для оценки сейсмической опасности и ее картирования на различных масштабных уровнях и детальности.

На локальном уровне рассматриваются различные флуктуационные процессы в проявлении слабой сейсмичности в отдельных сейсмоактивных областях или геологических структурах. Показано что они могут быть обусловлены как изменениями постоянно действующих в них локальных полей напряжений, так и с формированием и реализацией очага крупного сейсмического события. В ходе многолетних детальных инструментальных наблюдений в сейсмоактивных районах, а также в эпицентральных зонах сильных землетрясений были выявлены различные формы аномального проявления сейсмического режима: рои землетрясений,

¹Оганесян Севада Мкртичевич, д-р физ.-мат. наук, профессор, член-корр. НАН РА, заведующий лабораторией теоретических исследований, директор Института геофизики и инженерной сейсмологии им. А. Назарова НАН Республики Армения; e-mail: iges@mail.ru.

²Геодакян Эдуард Григорьевич, канд. физ.-мат. наук, старший научный сотрудник, заведующий отделом сейсмологии и предсказания землетрясений Института геофизики и инженерной сейсмологии им. А. Назарова НАН Республики Армения; e-mail: geodakyan.e@mail.ru.

сейсмическое затишье, группирование очагов землетрясений, форшоки, афтершоки и т.д. Повышенное внимание к изучению и анализу аномальных проявлений сейсмического режима связано с тем, что именно с ними связаны возможности выявления долгосрочных и среднесрочных сейсмологических предвестников сильных землетрясений.

В ходе детального обследования и анализа Зарского землетрясения 18 июня 2009 г. на территории центральной части Армении были выявлены некоторые из вышеотмеченных форм аномального проявления сейсмического режима [2]. Возникновение «роя» землетрясений в начале 2007 г. на северо-востоке в районе озера Севан и последующая активизация слабой сейсмичности по всей территории центральной части Армении (в виде серии землетрясений магнитудой $M = 3,0-4,0$) указывали на наличие в этом районе процесса интенсивного изменения и перераспределения локальных полей тектонических напряжений. При таких процессах слабые землетрясения имеют тенденцию к формированию группы взаимосвязанных в пространстве, во времени и по энергетическому уровню независимых сейсмических событий. При этом цепочки эпицентров группирующихся землетрясений трассируют активизированные участки геолого-тектонических структур или зон неоднородностей земной коры, а временная последовательность их возникновения указывает на направленность миграции процесса [3–5]. Особо отметим, что аномальные всплески группирования слабых землетрясений наблюдались также перед рядом сильных землетрясений в различных сейсмоактивных регионах (Япония, Памир, Тянь-Шань, Кавказ) в непосредственной близости от очаговых зон этих землетрясений [5–7].

В настоящей работе путем мониторинга сейсмичности территории центральной части Армении на основе статистического анализа инструментальных данных стационарных сейсмических станций выявлены характер и структура наблюдаемой активизации слабой сейсмичности.

1. Анализ исходных данных

Важным фактором для применения стохастических моделей сейсмичности и получения статистически значимых результатов анализа сейсмического режима является представительность и точность исходных

данных — каталогов основных параметров землетрясений исследуемой территории.

При осуществлении мониторинга сейсмичности территории Армении и примыкающих к ней сейсмоактивных областей соседних стран в нашем распоряжении имелись два каталога: электронный каталог землетрясений исследуемого района из базы данных Европейского Средиземноморского сейсмического центра (EMSC) и оперативный каталог землетрясений, происшедших на территории Армении и сопредельных стран, периодически размещаемых на сайтах Национальной службой сейсмической защиты РА. Оба каталога подверглись детальному сравнительному анализу на предмет представительности и точности определения содержащихся в них данных параметров очагов. В качестве исходной базы данных был принят каталог EMSC.

2. Выделение зон и периодов аномальных проявлений региональной сейсмичности

Для проведения мониторинга сейсмичности были определены пространственные границы района исследования, имеющие географические координаты $\varphi = 39^\circ - 41^\circ \text{ N}$; $\lambda = 42,0^\circ - 47^\circ \text{ E}$, который охватывает всю территорию Армении, включая примыкающие к ней сейсмогенные зоны тектонических активных глубинных разломов и сопредельных государств. Включение этих зон в район исследований обеспечивает необходимость учета воздействия регионально-сейсмического режима на изменение слабой сейсмичности исследуемой территории Армении. Предварительный анализ показал, что минимальный магнитудный уровень $M \geq 2,5$ обеспечивает однородность представляемости землетрясений по всему исследуемому району. Выборка из каталога EMSC данных о происшедших за период с 2006 по 2011 гг. землетрясениях с минимального магнитудного уровня $M \geq 2,5$ составила 458 событий. В ходе дальнейших количественных оценок и сравнительного анализа слабой сейсмичности в ряде случаев использовалась также энергетическая шкала классификации землетрясений $\lg E = K$ (Дж).

Переход от безразмерных магнитудных шкал к K шкале осуществлялся по общеизвестной зависимости Гутенберга–Рихтера–Раутиан $K = 4 + 1,8M$.

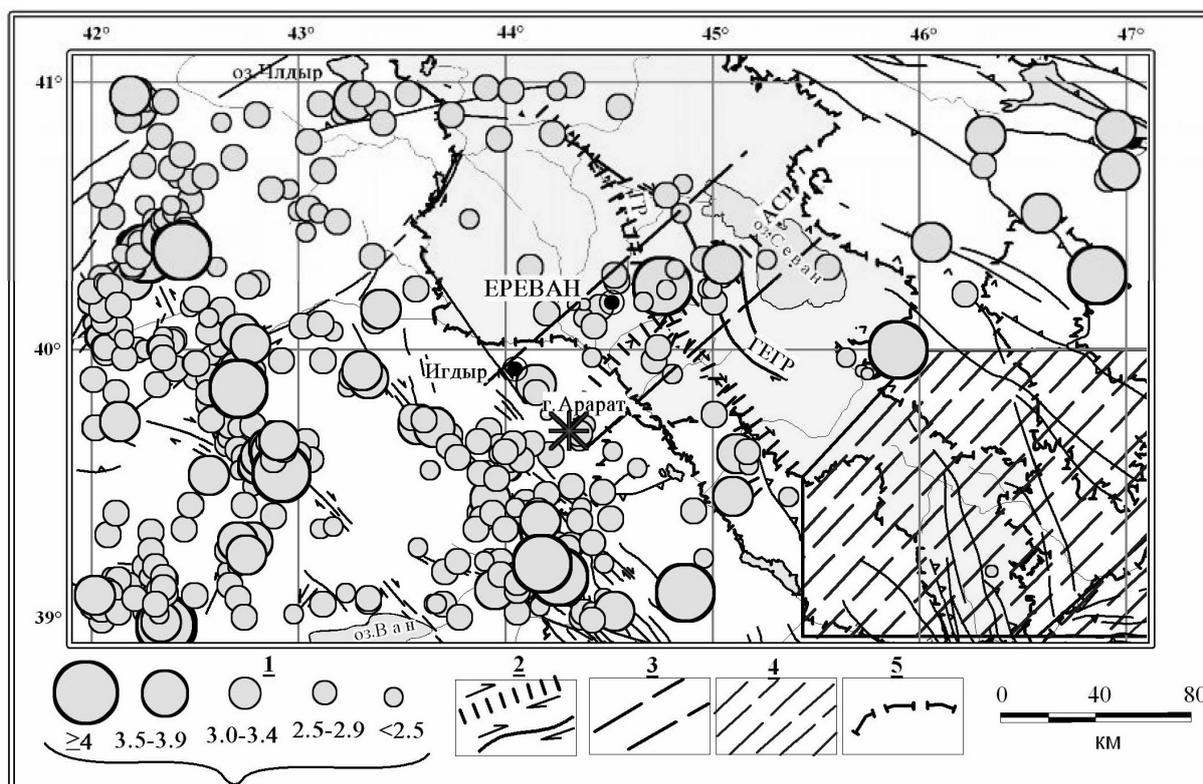


Рис. 1. Карта эпицентров землетрясений с $M \geq 2,5$ за период с 2006 по 2011 г.: 1 — магнитуда; 2 — глубинные разломы; ГР — Гарнийский, ГЕГР — Гегамский [8], АСР — Арарат Севанский [9]; 3 — границы области активизации; 4 — зона затишья; 5 — государственные границы

Пространственное распределение эпицентров землетрясений исследуемого района указывает на то, что за период с 2006–2011 гг. сейсмическая активизация наблюдается в основном по зонам системы глубинных активных разломов, с юго-запада на северо-запад окаймляющих территорию Армении (рис. 1).

В этой же зоне наблюдается группировка землетрясений в области очага Чалдыранского землетрясения 1976 г. (оз. Ван, Турция), а также в районах Бингель и Ерзрум. От Ерзрума на северо-восток по Сарикамыш–Желтореченскому активному глубинному разлому к Памбак-Севанскому разлому сейсмическая активность спадает.

Вызывает опасение практически полное отсутствие землетрясений в южной части Армении и прилегающих к ней районах. Непосредственно на территории Армении за рассматриваемый период наблюдений произошли около 75 землетрясений с магнитудного уровня $M \geq 2,5$. Преобладающее большинство эпицентров этих землетрясений приурочены к территории центральной части Армении от Паракар-Вединского ак-

тивного разлома на северо-восток к оз. Севан. По этому направлению ряд исследователей выделяют поперечный к основным геолого-тектоническим структурам Армении Арарат-Севанский глубинный разлом (АСР) [9–11].

Наблюдаемая в этой зоне активизация сейсмичности хорошо коррелирует с областью, имеющей количественные значения долговременной средней сейсмической активности $A_{10} = 0,1$, приведенной в работе [12]. По долговременной карте сейсмической активности A_{10} в указанной выше области со значениями $A_{10} = 0,1$ выделяются две зоны повышенных значений A_{10} .

Первая зона, примыкающая к г. Ереван с юго-запада и совпадающая с юго-западным участком АСР, имеет долговременные средние значения $A_{10} = 0,2–0,5$. Вторая зона, расположенная на северо-восточном участке АСР, характеризуется значениями $A_{10} = 0,2$. Количественный параметр сейсмической активности A_{10} (нормированный к единице времени (год) и единице площади (1000 км^2)), указывает на среднегодовое количество воз-

никновения в данной точке землетрясений с энергетического уровня $K \geq 10$.

Этот параметр крайне удобен для применения сравнительного анализа наблюдаемой сейсмической активности с аналогичными среднегодовыми значениями, полученными по долговременному ряду наблюдений. Для выделения зон и периода аномального проявления слабой сейсмичности применялся известный в теории флуктуации экспериментальных физических величин метод выделения аномальных выбросов [13]. Рассматривается условие

$$|A_{10}^i - \bar{A}_{10}| \leq 2\sigma,$$

где A_{10}^i — наблюдаемое количество землетрясений с энергетического уровня $K \geq 10$, происшедших в данной площадке осреднения в течение данного года; \bar{A}_{10} — среднее долгосрочное значение сейсмической активности на той же площадке, осредненное по карте [12]; σ — среднеквадратичное отклонение ($\sigma = 0,02$).

Данное условие рассматривалось в каждой элементарной ячейке площади исследования скользящим по времени ($\Delta t = 1$ год) окном. При этом к критерию отнесения рассматриваемой территории и периода времени к аномальным проявлениям сейсмичности были установлены довольно высокие пороговые значения. Вероятность ε превышения максимального отклонения от пороговых значений $\delta_{i-\varepsilon}$ составляет $\varepsilon = 0,05$

$$P(|A_{10}^i - \bar{A}_{10}| < \delta_{i-\varepsilon}) = 1 - \varepsilon,$$

где $\delta_{i-\varepsilon}$ — квантиль, определяющий границу критической области отклонения.

Условие $|A_{10}^i - \bar{A}_{10}| > 2\sigma$ означает, что аномальные области и периоды времени выделяются с уровнем значимости — 95%.

В результате сравнительного анализа наблюдаемой сейсмичности со средними долговременными значениями количественного параметра сейсмической активности \bar{A}_{10} на исследуемой территории выделены две зоны аномального проявления слабой сейсмичности. Первая зона расположена на центральной части территории Армении и характеризуется как зона повышенной сейсмической активизации, начиная с периода наблюдений 2007 по 2011 г. включительно. Площадь этой зоны составляет $S \approx 6\,500$ км², имеет геометрическую форму, близкую к прямоугольному и околнурена на рис. 1 пунктирной линией.

Вторая зона выделена на юге территории Армении, характеризуется полным отсутствием очагов землетрясений, свойственной явлениям «сейсмического затишья». Площадь этой зоны составляет $S \approx 15\,000$ км² и заштрихована на рис. 1 пунктирными линиями. Наличие на относительно малой территории разнохарактерных форм проявления сейсмических процессов указывает на их генетическую взаимосвязанность, обусловленную происходящими в Кавказском регионе сложными, разнонаправленными и переменными во времени региональными сеймотектоническими деформационными процессами [14].

Многими сейсмологическими исследованиями выявлено, что при наличии вышеуказанных сеймотектонических процессов возникновение активизации слабой сейсмичности свойственно областям, сложенным более молодыми в геологическом отношении гетерогенными породами геологической среды. Противоположный процесс, т.е. полное отсутствие очагов слабых землетрясений — «сейсмическое затишье», наблюдаются в основном в областях, обладающих однородностью строения и консолидированностью пород геологической среды.

Внутренний механизм этих сейсмических процессов заключается в том, что при определенной ориентации мелких дислокаций в геологической среде относительно направленности главных осей сжимающих и растягивающих напряжений любое их изменение приводит к «положительному» (активизация) или «отрицательному» (затишье) взаимодействию вновь образующихся разрывов. По приведенной в работе [15] карте направленности главных осей сеймотектонических деформаций и интенсивности их средних скоростей по региону Кавказа (фрагмент которой приводится на рис. 2) выделенная зона активизации совпадает с направленностью главной оси растягивающих напряжений. Данных о направленности главных осей тектонических деформаций по области, выделенной как сейсмическое затишье, в связи с отсутствием в этом районе очагов сильных землетрясений за последние 30 лет, к сожалению, нет. Исходя из этого в данной работе рассматриваются только характерные особенности наблюдаемой активизации слабой сейсмичности. Особое внимание при этом уделялось вопросу о наличии в этой совокупности сейсмических событий, последователь-

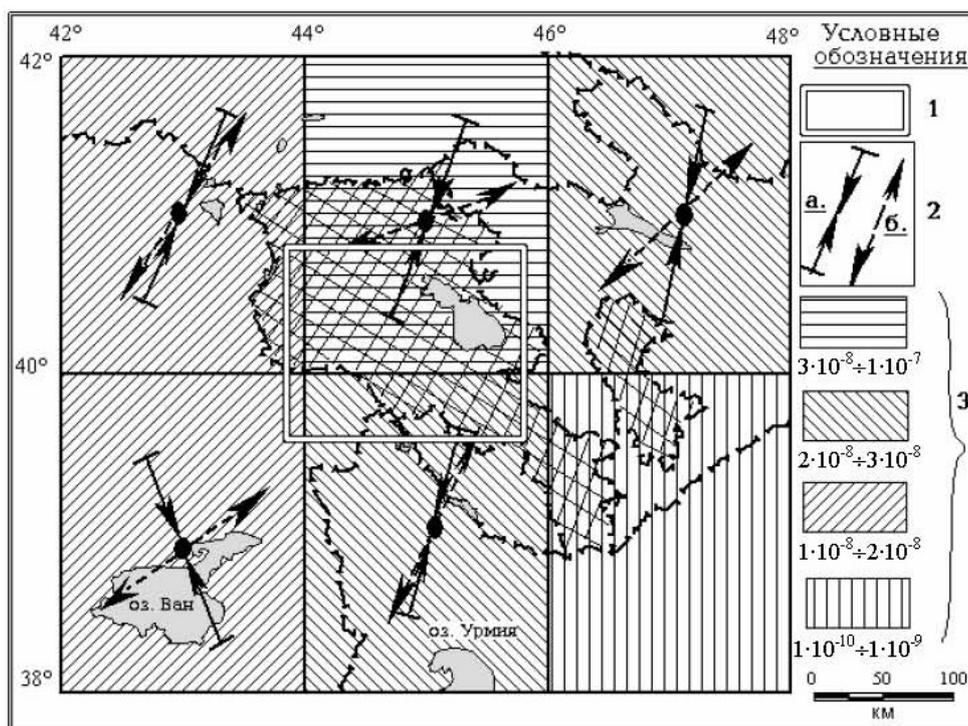


Рис. 2. Фрагмент карты интенсивности средней скорости сейсмодформации: 1 — район исследования; 2 — направления главных осей деформаций в проекции на земную поверхность: а — сжатия, б — растяжения; 3 — величины средних относительных деформации $\dot{\epsilon}$ (1/год)

но группирующихся в пространстве и во времени.

3. Методические подходы и результаты анализа слабой сейсмичности

Применяемые в сейсмологической практике методические подходы и способы выделения из каталогов землетрясений группирующихся событий основаны на методах математической статистики [1, 5, 7]. Из параметров, характеризующих процесс группирования, была сформирована матрица основных статистик, на основе которой производилась рандомизация наблюдаемого каталога.

В эту матрицу были включены следующие статистики:

- магнитудный диапазон группирующихся землетрясений ($M_{max} \pm \Delta M$);
- расположение эпицентра землетрясения в области активизации $K_i(\varphi_i \lambda_i) \in S_{акт}$;
- векторное отображение межэпицентрального расстояния двух последовательно происшедших во времени землетрясений $\mathbf{d}_{гр}$;
- период времени между двумя последовательно происшедшими землетрясениями $t_{гр} = (t_{i+1} - t_i)$.

Подробно методика статистического анализа слабой сейсмичности изложена в работе [16]. При положительном результате выборки исходное и рассматриваемое землетрясение включались в файл рандомизированного каталога, при этом рассматриваемое землетрясение принималось за новое исходное для последующих во времени землетрясений. При отрицательном результате исходное землетрясение пропускалось, последующее за ним по времени землетрясение принималось за новое исходное землетрясение и процедура повторялась. Формирование группы взаимосвязанных землетрясений считалось состоявшимся при наличии в группе не менее 4 событий (число статистик).

За исходное землетрясение был взят «рой» землетрясений, происшедших 12 и 13 января 2007 г. на северо-востоке центральной части Армении. Составляющие этот «рой» 6 землетрясений с магнитудным диапазоном $M = 2,5-3,6$ рассматривались как одно землетрясение с кумулятивной магнитудой $M_{кум} = 4,2$. Рассматривалась совокупность, состоящая из 25 землетрясений, происходящих в выделенной аномальной зоне.

В результате статистического анализа по вышеописанной схеме выделена группа из 12

Основные параметры очагов группирующихся землетрясений

N	Дата	Время в очаге	Координаты		Глубина Н км	Магнитуда	
			Φ^0	λ^0			
1	12.01.2007	8:00:16	40,34	45,05	10	ML	3,6
	12.01.2007	8:55:08	40,24	45	10	M	2,8
	12.01.2007	11:57:31	40,24	44,98	13	M	2,5
	12.01.2007	1:49:51	40,19	45,01	12	M	3,2
	13.01.2007	4:12:04	40,3	45,03	14	M	2,8
	13.01.2007	10:00:29	40,28	45,05	17	M	2,6
2	11.04.2007	7:43:15	40,29	44,53	5	ML	3
3	18.04.2008	3:13:08	40,02	44,74	6	ML	3,3
4	04.11.2008	6:53:45	40,1	44,43	2	ML	3,3
5	11.12.2008	9:25:34	39,97	44,72	3	MD	3,3
6	10.02.2009	3:10:50	39,7	44,36	2	ML	3,1
7	09.04.2009	5:06:13	39,85	44,15	10	ML	3,2
8	18.06.2009	7:34:55	40,27	44,76	2	ML	4,1
9	22.06.2009	12:06:09	39,89	44,15	2	ML	3,5
10	17.01.2010	1:05:46	40,27	44,54	2	ML	3,2
11	23.07.2010	12:49:43	40,35	44,96	2	ML	3
12	18.02.2011	8:00:22	40,17	44,46	2	ML	3,1
13	14.10.2011	12:30:15	40,30	44,66	2	ML	3,6
14	14.10.2011	12:31:52	40,12	44,69	7	M	3
15	19.10.2011	19:19:18	40,04	44,48	2	ML	3,4

землетрясений, включенных в рандомизированный каталог последовательно взаимосвязанных землетрясений (таблица).

Пространственное распределение эпицентров этих землетрясений и направленность векторов межэпицентральных расстояний (рис. 3) указывают на наличие в этом районе значимых сейсмодиформационных процессов, имеющих направленность миграции, совпадающую с направленностью Арарат-Севанского глубинного разлома.

С сеймотектонических позиций возникновение группирующихся слабых землетрясений в области глубинных разломов идентифицируется как отображение криповых тектонических подвижек по разлому. Однако, не включаясь в дискуссию о существовании или отсутствии Арарат-Севанского глубинного разлома, необходимо отметить ряд характерных особенностей проявления группирующихся очагов слабых землетрясений в этом районе, а именно:

– неглубокое залегание деформационных процессов (очаги группирующих землетрясений расположены на глубинах подошвы осадочного чехла и кровли кристаллического фундамента);

– изменение направленности миграции на противоположную от первоначального направления;

– приуроченность очагов группирующихся землетрясений к отдельным участкам Гаварского, Гегамского, Гарнийского, Паракар-Вединского и Игдырского глубинного разломов приводят к заключению, что эта зона представляет собой тектонически раздробленную локальными разрывами, нарушениями область, геологическая среда которой обладает повышенными свойствами гетерогенности пород.

Наличие эффекта группирования и возникший рой землетрясений являются классическими сейсмологическими критериями гетерогенности среды. Учитывая расположение в более глубоком сейсмоактивном слое земной коры этой области очага разрушительного Гарнийского землетрясения 1679 г., вероятность того, что наблюдаемая линейная группируемость (80 км) взаимосвязанных очагов землетрясений может быть началом процесса подготовки более крупного магистрального разрыва, велика тем более, что на территории Армении такие процессы были выявлены и ранее.

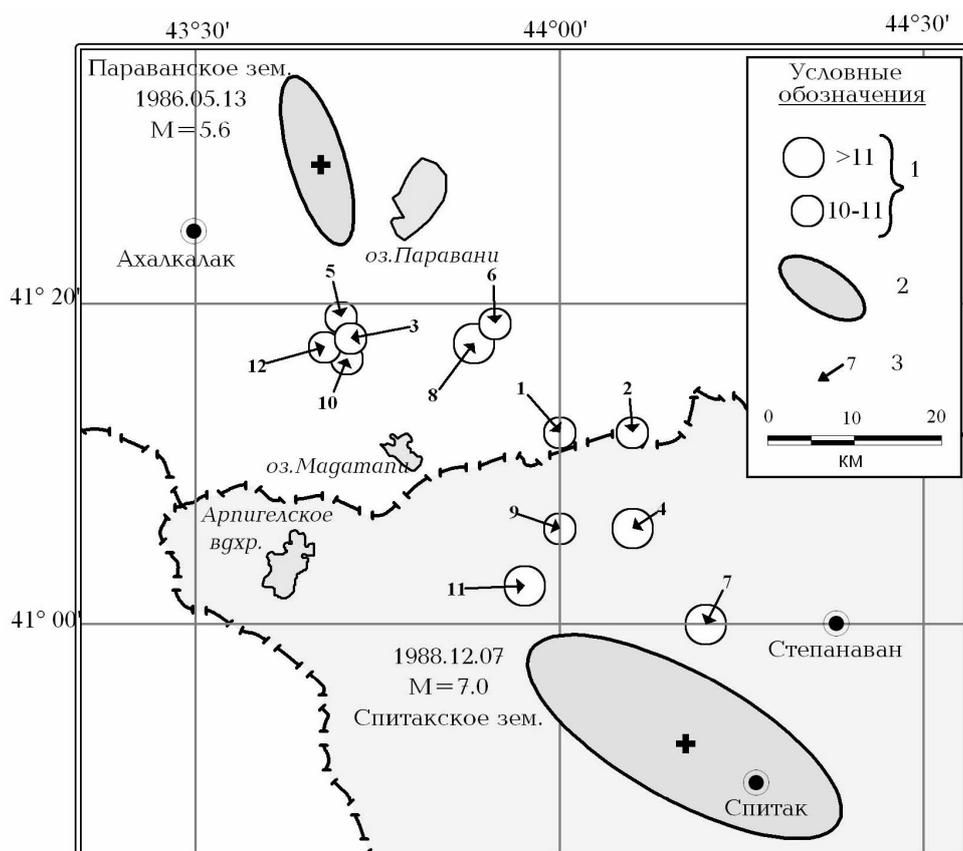


Рис. 3. Пространственно-временная последовательность возникновения сейсмических событий за период с 2007 по 2011 г.: 1, 2, 3 — по рис. 1; 4 — направленность и межэпицентральное расстояние последовательных во времени землетрясений, границы области активизации; 5 — область роя землетрясений

Так как локальные неоднородности (трещины) являются активными элементами, формирование сейсмо-деформационных процессов. При этом скорости этих деформаций соизмеримы со скоростями релаксации локальных тектонических напряжений, что способствует быстрой разрядке тектонических напряжений в виде активизации слабой сейсмичности.

Однако приведенная интерпретация результатов статистического анализа наблюдаемой активизации слабой сейсмичности центральной части территории Армении, к сожалению, не является единственной. Как уже отмечалось, в работе [6] за период с 1980 по 1982 г. на сейсмическом поле Северной Армении была выделена группа взаимосвязанных землетрясений, имеющих линейную направленность от г. Ахалкалаки к с. Бавра Ашотского района Армении (рис. 4). В дальнейшем на краях структуры этой слабой сейсмичности произошли Парванийское землетрясение

13 мая 1986 г. и разрушительное Спитакское землетрясение 1988 года.

На основе ретроспективного анализа слабой сейсмичности Кавказа в работе [7] также выявлено группирование слабых землетрясений перед этими сильнейшими событиями. Проведенный в настоящей работе анализ сейсмичности территории центральной части Армении указывает, что процесс активизации слабой сейсмичности продолжается. Более того, последние три (13–15) сейсмических события на рис. 3 имеют триггерный характер проявления, свойственное процессам подготовки сильных землетрясений. В ходе научного доклада на годовом собрании отделения химических наук и наук о Земле НАН РА, с последующей публикацией результатов проведенных исследований [16], а также в письме руководства ИГИС НАН РА от 18 октября на имя президента НАН РА Р. М. Мартиросяна и академика-секретаря отделения химических и наук о Земле Л. А. Тавадяна предлагалось, учитывая стратегическую важность

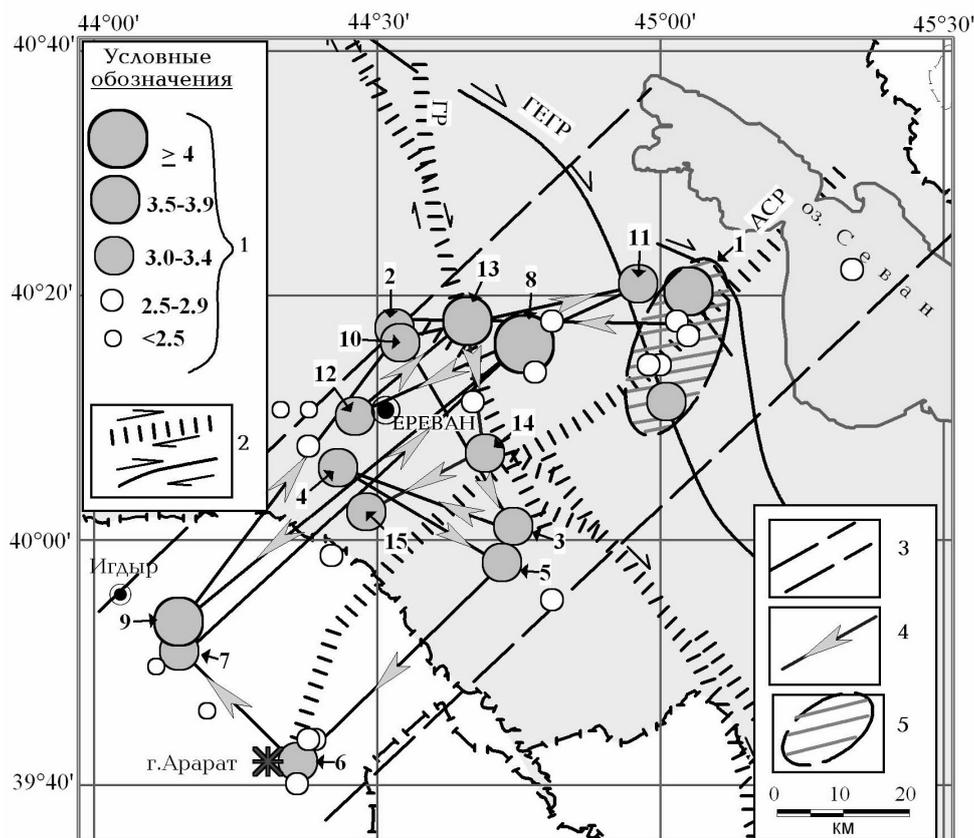


Рис. 4. Пространственно-временная последовательность возникновения сейсмических событий в группе $M = 3,0-4,0$ происшедших на Джавахетском нагорье за период с 1980 по 1982 г.: 1 — энергетический класс; 2 — эпицентральная область разрушительного землетрясения; 3 — номера группирующих землетрясений [6]

территории центральной части Армении как с социально-экономической, так и сейсмической точки зрения, организовать комплексный геофизический мониторинг этой территории. Основной задачей мониторинга считается комплексное слежение в реальном масштабе времени за ходом изменения геофизических полей в этом районе и получение новой цели научной информации о процессах, предшествующих сильным землетрясениям.

Произошедшее 23 октября 2011 г. разрушительное землетрясение в районе г. Ван (Турция) с магнитудой $M = 7,1$, является важным подтверждением приведенных в работе результатов и не снижает актуальность проведения комплексного геофизического мониторинга территории центральной части Армении.

Общеизвестно, что сильнейшие землетрясения снимающие значительную часть накопленных в земной коре тектонических напряжений приводят вместе с тем к значительным перестройкам и перераспределению

региональных полей, т.е. сейсмотектонических деформаций, способствующих формированию новых или активизации зашедших старых очагов зон сильных землетрясений.

Литература

1. Садовский М.А., Болховитиков Л.Г., Писаренко В.Ф. Деформирование геофизической среды и сейсмический процесс. М.: Наука, 1987. 100 с.
2. Оганесян С.М., Геодакян Э.Г., Григорян В.Р., Карапетян Дж.К., Мкртчян Г.А., Мкртчян М.А. Анализ макросейсмических и инструментальных данных землетрясения 18 июня 2009г. в центральной части территории Армении // Изв. НАН РА. Науки о Земле. 2009. Т. 62. №3. С. 15–23.
3. Солоненко Н.В., Солоненко А.В. Афтершоковые последовательности и рои землетрясений в Байкальской рифтовой зоне. Новосибирск: Наука, 1987. 23 с.
4. Кузнецова К.Н. Сейсмичность, как отражение процесса деформирования горных

- масс // Изв. АН СССР. Физика Земли. 1991. № 9. С. 47–57.
5. *Прозоров А.Г., Раницман Е.Я.* Статистика землетрясений и морфоструктура Востока Средней Азии // ДАН СССР. 1972. Т. 207. № 2. С. 341–344.
 6. *Геодакян Э.Г., Багдасарян Ю.Р.* Выявление сейсмических затихий перед серией землетрясений на Джавахетском нагорье // Сб. Поиск геофизических предвестников землетрясений на Кавказе. Труды института геофизики АН Груз. ССР. Т. 54. 1987. С. 69–78.
 7. *Соболев Г.А., Васильев В.Ю.* Особенности группирования эпицентров слабых толчков перед сильным землетрясением Кавказа // Изв. АН СССР. Физика Земли. 1991. № 4. С. 24–36.
 8. *Каракханян А.С.* Активная тектоника и сейсмичность // Геология Севана. Ереван: «Гитутюн» НАН РА, 1994. С. 122–128.
 9. *Пирузян С.А.* Опыт детального сейсмического районирования территории Большого Ереванского района. Ереван: Айастан, 1969. 97 с.
 10. *Габриелян А.А., Саркисян О.А., Симонян Г.П.* Сейсмотектоника Армянском ССР. Ереван: ЕГУ, 1981. 236 с.
 11. *Бабаджсян А.Г.* О тектоническом соотношении Большого и Малого Севана // Молодой научный сотрудник. ЕГУ. 1979. № 30. С. 125–128.
 12. *Геодакян Э.Г., Саргсян Г.В.* Исследование долгосрочных параметров сейсмического режима территории Армянской ССР // Сейсмологический бюллетень Кавказа. 1981. Тбилиси: Мецниереба, 1987. С. 114–120.
 13. *Орлов А.И.* Прикладная статистика. М.: Экзамен, 2004. 69 с.
 14. *Геодакян Э.Г., Геодакян Н.Э.* Оценка сейсмических деформаций в районе Южной Армении и северо-запада Ирана // Сб. научных трудов конференции, посвященной 60-летию НАН РА. Гюмри: «Гитутюн» НАН РА, 2004. С. 79–88.
 15. *Добровольский И.П.* Теория подготовки тектонического землетрясения. М.: Наука, 1991. 224 с.
 16. *Геодакян Э.Г.* Методические подходы и результаты статистического анализа структуры слабой сейсмичности центральной части Армении // Сб. научных трудов конференции, посвященной 50-летию ИГИС НАН РА. Гюмри: «Гитутюн» НАН РА, 2011. С. 60–77.

Ключевые слова: сейсмический режим, группирование, эпицентр, разлом, землетрясение, сейсмическая активность.

Статья поступила 19 декабря 2011 г.

Институт геофизики и инженерной сейсмологии им. А. Назарова НАН Республики Армения, г. Гюмри
© Оганесян С. М., Геодакян Э. Г., 2012