

ОБ АКТИВИЗАЦИИ СЛАБОЙ СЕЙСМИЧНОСТИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ АРМЕНИИ

© 2011 г. Э. Г. Геодакян, С. М. Оганесян

Институт геофизики и инженерной сейсмологии им. А. Назарова НАН РА

3115, г. Гюмри, ул. В. Саргсяна 5, Республика Армения

E-mail: geodakyan.e@mail.ru

Поступила в редакцию 24.08.2011

В статье изучается активизация слабой сейсмичности в центральной части Армении в период инструментальных наблюдений с 2006 по 2011 гг. Рассмотрена структура совокупности очагов слабых землетрясений в пятимерном пространстве (гипоцентр, время, энергия). На основе методов статистического анализа инструментальных данных выделена группа из 15 событий, последовательно взаимосвязанных в пространстве и во времени очагов землетрясений с магнитудами $M \geq 3.0$, имеющих направленность миграции оз.Севан-г.Арагат. Проведен сопоставительный анализ выделенной группы с аналогичными проявлениями сейсмического режима в других сейсмоактивных регионах, связанных как с изменениями напряженно-деформационного состояния очаговых зон в период подготовки более сильных землетрясений, так и с флуктуациями сейсмического режима.

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, также проявляет характерные свойства иерархической системы в распределении землетрясений по пространству и энергии (Садовский и др., 1987). Основываясь на этих свойствах и 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: рой землетрясений, 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 Зарского землетрясения 18 июня 2009г. на территории центральной части Армении были выявлены некоторые из вышеотмеченных форм аномального проявления сейсмического режима (Оганесян и др., 2009). Возникновение “роя” землетрясений в начале 2007 года на северо-востоке, в районе озера Севан, и последующая активизация слабой сейсмичности по всей территории центральной части Армении (в виде серии землетрясений магнитудой $M = 3,0 \div 4,0$) 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 (Солоненко, Солоненко, 1987; Кузнецова, 1991). Особо отметим, что аномальные вспышки 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 (Mizome et al., 1978; Прозоров, Ранцман, 1972; Геодакян, Багдасарян, 1987; Соболев, Васильев, 1991).

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 за период наблюдений с 2006-2011 гг.

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. Не вдаваясь в методические подробности учета различных факторов, влияющих на точность локализации очагов землетрясений (Оганесян и др., 2009), приведем ряд критериев, обосновывающих выбор каталога EMSC в качестве исходной базы данных:

- Каталог землетрясений EMSC составляется в реальном масштабе времени в международном формате представления параметров очагов землетрясений с определенными погрешностями по каждому параметру на основе большого количества данных сейсмических станций различных сейсмологических агентств.
- На оперативных сайтах MSPC РА Армении параметры локализации очагов землетрясений приводятся в усеченном формате без оценок погрешности. Ежегодные кондиционные каталоги землетрясений Армении публикуются, с отставанием на 6 лет, в сборнике “Землетрясения в Северной Евразии” (Сборник землетрясений Северной Евразии..., 2010).
- Погрешности определения географических координат гипоцентров землетрясений в обоих каталогах соизмеримы. В таблице 1 приводятся координаты эпицентров наиболее интересных для наших исследований землетрясений по этим двум системам инструментальных наблюдений.
- Как видно из таблицы 1, отклонение в определении координат эпицентров варьирует в пределах $0,02 \div 0,05^\circ$ ($3 \div 6$ км) и не может искажать реальную площадную картину аномального проявления слабых землетрясений.
- Энергетическая классификация землетрясений в каталогах EMSC существенно точнее и приводится по ряду региональных магнитудных шкал (ML; mb). В каталогах MSSP магнитуда землетрясения дается по оценочной магнитудной шкале Md.

Таблица 1

N	Дата	Время	Координаты			
			EMSC		NSSP	
			N ⁰	E ⁰	N ⁰	E ⁰
1	11.04.2007	7:43:15 PM	40.29	44.53		
2	18.04.2008	3:13:08 AM	40.02	44.74	40.07	44.8
3	04.11.2008	6:53:45 PM	40.10	44.43		
4	11.12.2008	9:25:34 PM	39.97	44.72		
5	10.02.2009	3:10:50 AM	39.70	44.36	39.87	44.30
6	09.04.2009	5:06:13 PM	39.85	44.15		
7	18.06.2009	7:34:55 AM	40.27	44.76	40.27	44.73
8	22.06.2009	12:06:09 AM	39.89	44.15		
9	17.01.2010	1:05:46 PM	40.27	44.54		
10	23.07.2010	12:49:43 AM	40.35	44.96	40.35	44.96
11	18.02.2011	8:00:22 AM	40.17	44.46	40.2	44.47

Выделение зон и периодов аномальных проявлений региональной сейсмичности

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

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

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

В этой же зоне наблюдается группировка землетрясений в области очага Чалдыранского землетрясения 1976г., 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.

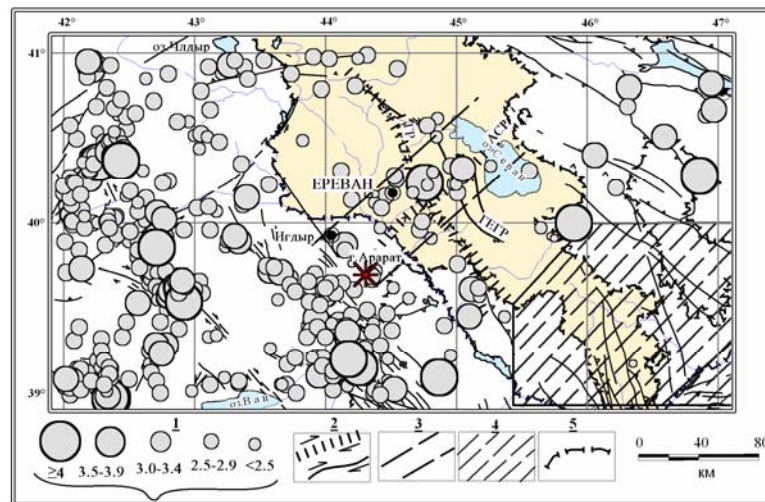


Рис. 1. Карта эпицентров землетрясений с $M \geq 2.5$ за период с 2006г. по 2011 г.:
1-магнитуда; 2-глубинные разломы - ГР-Гарнийский, ГЕГР-Гегамский (Караханян, 1994), АСР- Арарат-Севанский (Пирузян, 1969; Асланян и др., 1981); 3-границы области активизации; 4-зона затишья; 5-государственные границы.

Вызывает опасение практически полное отсутствие землетрясений в южной части Армении и прилегающих к ней районах. Непосредственно на территории Армении за рассматриваемый период наблюдений произошло около 75 землетрясений с магнитудного уровня $M \geq 2.5$. Преобладающее большинство эпицентров этих землетрясений приурочены к территории центральной части Армении от Паракар-Вединского активного 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) (Пирузян, 1969; Асланян и др., 1981; Габриелян и др., 1982; Бабаджанян, 1988).

По геологическим признакам этот разлом прослеживается в районе с.Гарни (Габриелян и др., 1982; Бабаджанян, 1988). Юго-западный и северо-восточный участки этого разлома, покрытые соответственно осадочными отложениями Араратской котловины и лавовыми покровами Гегамского хребта, выделяются по гравиметрическим и магнитометрическим данным (Бабаджанян, 1988).

Наблюдаемая в этой зоне активизация сейсмичности хорошо коррелируется с областью, имеющей количественные значения долговременной

средней сейсмической активности $A_{10}=0,1$, приведенной в работе (Геодакян, Саргсян, 1987). По долговременной карте сейсмической активности A_{10} в указанной выше области со значениями $A_{10}=0,1$ выделяются две зоны более повышенных значений A_{10} .

Первая зона, примыкающая к г. Ереван с юго-запада и совпадающая с юго-западным участком АСР, имеет долговременные средние значения $A_{10}=0,2\div 0,5$. 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 км²), указывает на среднегодовое количество возникновения 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 нами применялся, известный в теории флуктуации экспериментальных физических величин, метод выделения аномальных выбросов (Орлов, 2004). Рассматривается условие

$$|A_{10}^i - \overline{A_{10}}| \leq 2\sigma$$

где: A_{10}^i – наблюдаемое количество землетрясений с энергетического уровня $K\geq 10$, происшедших в данной площадке осреднения в течении данного года;

$\overline{A_{10}}$ – среднее долгосрочное значение сейсмической активности на той же площадке осредненное по карте (Геодакян, Саргсян, 1987);

σ – среднеквадратичное отклонение, равное $\sigma=0,02$.

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 $\delta_{1-\varepsilon}$ составляет $\varepsilon=0,05$

$$P(|A_{10}^i - \overline{A_{10}}| < \delta_{1-\varepsilon}) = 1 - \varepsilon$$

где $\delta_{1-\varepsilon}$ – квантиль, определяющий границу критической области отклонения.

Условие $|A_{10}^i - \overline{A_{10}}| > 2\sigma$ соответствует тому, 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 $\overline{A_{10}}$ 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 2011гг. включительно. Площадь этой зоны составляет $S \approx 6500 \text{ км}^2$, имеет геометрическую форму, близкую к прямоугольной и околнурена на рис.1 пунктирной линией. Вторая зона выделена на юге территории Армении, характеризуется полным отсутствием очагов землетрясений, свойственных явлениям “сейсмического затишья”. Площадь этой зоны составляет $S \approx 15000 \text{ км}^2$ 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 (Геодакян, Геодакян, 2004).

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”, наблюдается 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 (Добровольский, 1991) 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, к сожалению, нет, в связи с отсутствием в этом районе очагов сильных землетрясений за последние 30 лет. 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, последовательно группирующихся в пространстве и во времени.

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 (Прозоров, Ранцман, 1972; Соболев, Васильев, 1991). Из параметров, характеризующих процесс группирования, была сформирована матрица основных статистик, на основе которой производилась рандомизация каталога наблюдений.

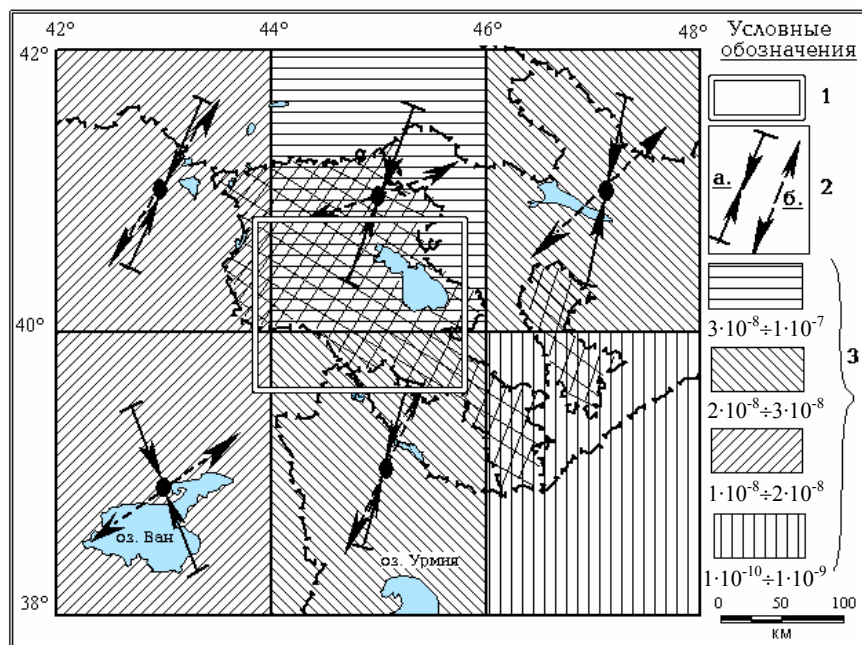


Рис.2. Фрагмент из карты интенсивности средней скорости сейсμοдеформации:
1-район исследования, 2-направления главных осей деформаций, проецированные
на земную поверхность - а-сжатия, б-растяжения; 3-величины средних
относительных деформации $\dot{\epsilon}$ (1/год)

В эту матрицу были включены следующие статистики:

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

Подробно методика статистического анализа слабой сейсмичности изложена в работе (Геодакян, 2011). 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 ней 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 2007г. 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 $M_{\text{кум.}}=4,2$. Рассматривалась совокупность, состоящая из 25 землетрясений, происходящих в выделенной аномальной зоне.

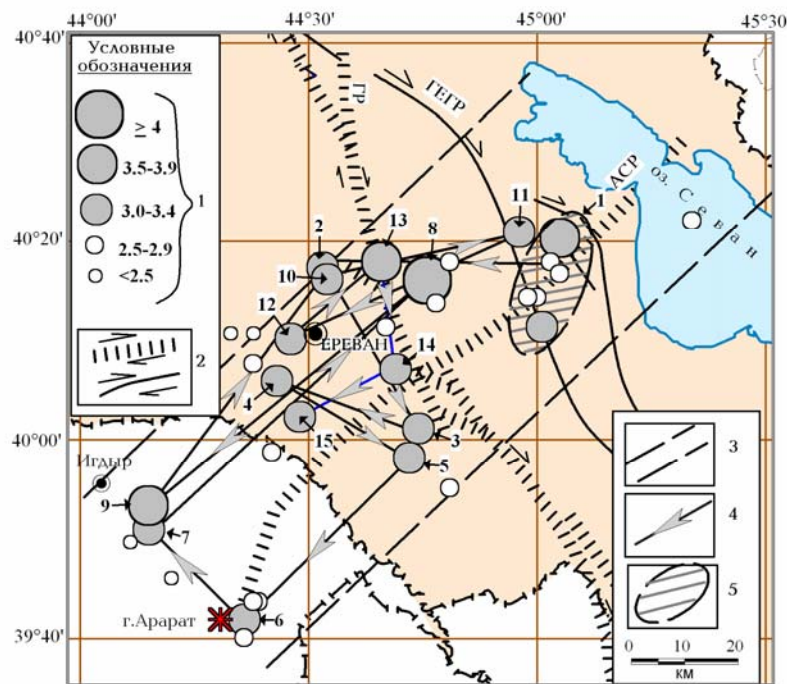


Рис.3. Пространственно-временная последовательность возникновения сейсмических событий за период с 2007г. по 2011г.: 1, 2, 3-по рис.1; 4-направленность и межэпицентральное расстояние последовательных во времени землетрясений, границы области активизации, 5-область роя землетрясений.

В результате статистического анализа по вышеописанной схеме выделена группа из 12 землетрясений, включенных в рандомизированный каталог последовательно взаимосвязанных землетрясений. Пространственное распределение эпицентров этих землетрясений и направленность векторов межэпицентральных расстояний (рис.3) указывает на наличие в этом районе значимых сейсμοдеформационных процессов, имеющих направленность миграции, совпадающей с направленностью Арарат-Севанского глубинного разлома.

С сейсмотектонических 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 в противоположную от первоначального направления;
- приуроченность очагов группирующихся землетрясений к отдельным участкам Гаварского, Гегамского, Гарнийского, Паракар-Вединского и Игдирского глубинных 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 1679г., вероятность того, что наблюдаемая линейная группируемость (80 км) взаимосвязанных очагов землетрясений может быть началом процесса подготовки более крупного магистрального разрыва, тем более, что по территории Армении такие процессы были выявлены и ранее.

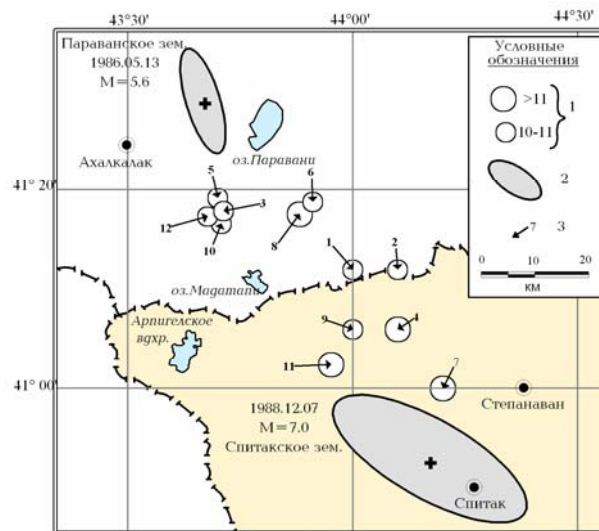


Рис.4. Пространственно-временная последовательность возникновения сейсмических событий в группе $M=3.0\div4.0$, происшедших на Джавахетском нагорье за период с 1980г. по 1982г.; 1-энергетический класс, 2-эпицентральная область разрушительного землетрясения, 3-номера группируемых землетрясений.

Локальные неоднородности (трещины) являются активными элементами, где формируются сейсмо-деформационные процессы. 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 (Геодакян, Багдасарян, 1987) за период с 1980 по 1982 гг. 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 (Соболев, Васильев, 1991) 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 сейсмические события на рис. 3 имеют триггерный характер проявления, свойственный процессам подготовки сильных землетрясений. В ходе научного доклада на годовом собрании отделения химии и наук о Земле НАН РА, с последующей публикацией результатов проведенных исследований (Геодакян, 2011), а также в письме руководства ИГИС НАН РА от 18 октября на имя президента НАН РА Р. М. Мартиросяна и академика-секретаря отделения химии и наук о Земле Л. А. Тавадяна предлагалось, учитывая стратегическую важность территории центральной части Армении как с социально-экономической, так и сейсмической точек зрения, считать крайне целесообразным 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 научной информации о процессах, предвещающих сильные землетрясения.

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 снимает актуальности проведения комплексного геофизического мониторинга территории центральной части Армении.

Общеизвестно, что сильнейшие землетрясения, снимающие значительную часть накопленных в земной коре тектонических напряжений, приводят также к значительным перестройкам и перераспределению региональных полей, т.е. сейсмотектонических деформаций, способст-

вующих формированию новых или активизации залеченных старых очагов зон сильных землетрясений.

ЛИТЕРАТУРА

- Асланян А.Т., Ананян Э.В., Агамалян К.А., Караханян А.С., Микаелян А.С.** Карты разломов Центральной части Армянской ССР. Масштаб 1:200000. Научно-технический отчет по проблеме "Прогноз землетрясений". ИГН АН Арм. ССР, г. Ереван, 1981г., 63с. (Фонды ИГИС).
- Бабаджанян А.Г.** Глубинное строение и геодинамика бассейна озера Севан по геофизическим данным. Изд. АН Арм. ССР, 1988г., 136 с.
- Габриелян А.А., Саркисян О.А., Харазян Э.Х., Симонян Г.П.** Сейсмогеология района Арагатского сейсмопрогностического полигона. Научно-технич.отчет. ЕГУ, Ереван, 1982г., 143с. (Фонды ИГИС).
- Геодакян Э.Г., Багдасарян Ю.Р.** Выявление сейсмических затиший перед серий землетрясений на Джавахетском нагорье. Сб. "Поиск геофизических предвестников землетрясений на Кавказе". Труды института геофизики АН Груз.ССР, т. 54, Изд. "Мецниереба", 1987 г., Тбилиси, с. 69-78.
- Геодакян Э.Г., Саргсян Г.В.** Исследование долгосрочных параметров сейсмического режима территории Армянской ССР. Сейсмологический бюллетень Кавказа. 1981г., Изд. АН Груз.ССР, "Мецниереба". Тбилиси, 1987г., 114-120 с.
- Геодакян Э.Г., Геодакян Н.Э.** Оценка сейсмических деформаций в районе Южной Армении и северо-западе Ирана. Сб. научных трудов конференции, посвященной 60-летию НАН РА. Изд-во "Гитутюн", г.Гюмри, 2004г., с. 79-88.
- 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. Изд. "Гитутюн", г.Гюмри, 2011г., с. 60-77.
- Дж.Гудвин.** Исследование в психологии: Методы и планирование. Санкт-Петербург. 2004 г., с.146.
- Добровольский И.П.** Теория подготовки тектонического землетрясения. Изд-во "Наука", Москва, 1991г., 224 стр.
- Землетрясения Северной Евразии 2004г. ГС РАН. Обнинск, 2010 г., 445 с.
- Кузнецова К.Н.** Сейсмичность, как отражение процесса деформирования горных масс. Изв. АН СССР, Физика Земли, 1991 г., № 9, с. 47-57.
- Оганесян С.М., Геодакян Э.Г., Григорян В.Г., 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, 2009г., т. 62, №3, с.15-23.
- Орлов А.И.** Прикладная статистика. М., Изд. "Экзамен", 2004г., 69 с.
- Пирузян С.А.** Опыт детального сейсмического районирования территории Большого Ереванского района. 1969г., Ереван, "Айастан", 97 с.
- Прозоров А.Г., Ранцман Е.Я.** Статистика землетрясений и морфоструктура Востока Средней Азии. ДАН СССР, 1972г., т. 207, № 2, с. 341-344.
- Садовский М.А., Болховитиков Л.Г., Писаренко В.Ф.** Деформирование геофизической среды и сейсмический процесс. Изд. Наука, Москва, 1987г., 100 с.
- Соболев Г.А., Васильев В.Ю.** Особенности группирования эпицентров слабых толчков перед сильным землетрясением Кавказа. Изв. АН СССР, Физика Земли, 1991г., том. № 4. Изд. "Наука", М., с. 24-36.
- Солоненко Н.В., Солоненко А.В.** Афтершоковые последовательности и рои землетрясений в Байкальской рифтовой зоне. Изд. Наука, 1987, Новосибирск, 23 с.
- Mizome M., Nakamura M., Ishiketa J., Seto N.** Earthquake Prediction from Microcazhquake Observateion in the Vicinity of Wakayma Sity, Northwestern Part of the Kii Peninsula, central Japan. J. Phus.Eartnq., 1978, v. 26, № 4, p. 397-408.

Рецензенты А. Аракелян, Р. Дургарян

**ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԿԵՆՏՐՈՆԱԿԱՆ ՄԱՍԻ ԹՈՅԼ
ՄԵՑՄՍԻԿՈՒԹՅԱՆ ԱԿՏԻՎԱՑՄԱՆ ՄԱՍԻՆ**

Է.Գ. Գյոդակյան, Ս.Մ. Հովհաննիսյան

Ամփոփում

Ուսումնասիրված է Կենտրոնական Հայաստանի, 2006-ից 2011 թվականների գործիքային դիտարկումների ժամանակաշրջանում, թույլ սեյսմիկության ակտիվացումը: Դիտարկված է թույլ երկրաշարժերի օջախների ամբողջության կառուցվածքը հինգչափանի տարածությունում (հիպոկենտրոն, ժամանակ, էներգիա):

Գործիքային տվյալների վիճակագրական վերլուծության մեթոդների հիման վրա 15 իրադարձություններից առանձնացված է տարածության մեջ և ժամանակի ընթացքում հետևողականորեն փոխկապակցված, $M \geq 3.0$ մագնիտուդով երկրաշարժերի օջախների խումբ, որն ունի միգրացիա Սևան - Արարատ լեռ ուղղվածությամբ:

Կատարված է տարբեր սեյսմակտիվ շրջաններում սեյսմիկ ռեժիմի անոմալ արտահայտմամբ դիտարկված խմբավորման համադրելի վերլուծություն ինչպես առավել ուժեղ երկրաշարժերի նախապատրաստման ժամանակաշրջանում օջախային գոտիների լարվածադեֆորմացիոն վիճակի փոփոխություններով, այնպես էլ սեյսմիկ ռեժիմի ֆլուկտուացիաներով:

**ON ACTIVATION OF LOW SEISMICITY IN THE CENTRAL PART OF
ARMENIA**

E. G. Geodakyan, S. M. Hovhannisyan

Abstract

The activation of low seismicity in the period of instrumental observations from 2006 till 2011 is studied in the central part of Armenia. The totality structure in the pentameasured atmosphere is considered (hypocenter, time, energy).

On the base of methods of statistic instrumental data analysis the group consisting of 15 events sequantly interconnected in space and time earthquake focuses with $M \geq 3.0$ 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.