

**АНАЛИЗ СЕЙСМОДИНАМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ
ТЕРРИТОРИИ АРМЕНИИ КАК ОДНОГО ИЗ ФАКТОРОВ ОЦЕНКИ
ТЕКУЩЕЙ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ**

© 2011 г. А.Е. Казарян

9168 N Price Fresno CA USA 93720
armenkazarian@hotmail.com
Поступила в редакцию 07.12.2010 г.

Проведён детальный анализ сейсмичности Армении и сопредельных областей. Определён двоякий характер режима сейсмичности в регионе, который выражается как в проявлении ступенчатости сейсмической активности, так и в периодичности активизации сейсмического режима; периоды активизации равны примерно 12 и 24 часам, а также 14 и 28 дням. Присутствует также годовой цикл активизации сейсмичности. Детальное изучение характера выявленной сейсмичности позволяет углубить понимание физических и геолого-тектонических процессов, приводящих к сильным землетрясениям в регионе. Приведены рекомендации к проектированию опроса прогностических сетей наблюдений за предвестниками землетрясений.

Связь между сейсмичностью и химическим составом вод.

Исследования геохимических предвестников землетрясений во многих регионах мира показали тесную взаимосвязь между сейсмической активностью и динамикой поведения химических компонентов вод. Так, в работах Беляева А., Игумнова В., Казаряна А. (Belyaev, Igumnov, Kazarian 1993), Петросяна Г. (Петросян, 2004) и др., по территории Армении, в частности, устанавливается тесная взаимосвязь между сильными сейсмическими событиями и составом вод наблюдательных геохимических пунктов, опрос которых производится раз в сутки (по данным опроса геохимической скважины НССЗ Каджаран).

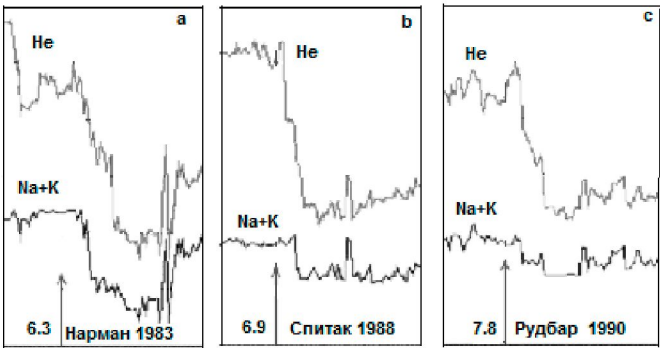


Рис. 1. Сводный график реакции химических параметров скважины Каджаран на Нарманское (а), Спитакское (b) и Рудбарское (с) землетрясения. По вертикали отложены содержания He и Na+K, по горизонтали - время.

Как видно из рис. 1, химический состав вод в скважине резко меняется после сильных сейсмических событий. Такое изменение затрагивает поведение как газового, так и макрокомпонентного состава вод скважины Каджаран (Igumnov, Kazarian, 1995; Igumnov, Stepanyan, Kazarian, 1995). Наличие такой связи диктует необходимость исследования сейсмического режима территории Армении и сопредельных областей на предмет выявления характера сейсмичности региона. Целью данной работы является выявление особенностей процесса сейсмичности в регионе и её воздействия на качество данных прогностических геохимических сетей. В качестве исходного материала для исследования взяты сейсмические каталоги НССЗ по Армении и Турецкий сейсмический каталог с 1960 по 2007 годы.

Обзор сейсмичности территории Армении и сопредельных областей.

Территория Республики Армения расположена в высоко сейсмоопасной зоне, в которой не раз происходили сильные и разрушительные землетрясения. Тектонически Армения приурочена к зоне континентальной коллизии Аравийской плиты и Евразийской платформы. Основные тектонические структуры области взаимодействия Аравийской и Евразийской плит сложились уже к плиоцену. Дальнейшее тектоническое развитие региона унаследовало основные черты заложенных структур и с конца миоцена кардинального изменения этих структур не происходило (Трифонов, Караханян, 2004) Развитие заложенных в плиоцене структурных единиц наблюдается до настоящего времени в виде повышенной сейсмоактивности тектонических разломов. Основные сейсмогенные структуры района исследований складываются вследствие движения Аравийской плиты на север и сводятся к возникновению горных хребтов и тектонических разломов, параллельных морфологии северной и северо-восточной окраин Аравийской плиты, а также структурных единиц северо-западного общекавказского и антикавказского простираний.

По траектории движения северного выступа Аравийской плиты на северо-восток расположено Джавахетское вулканическое нагорье, известное длительно активным Джавахетским очагом землетрясений. Согласно данным армянских и грузинских исследователей (Wyss, Martirosyan, 1998; Kachakhidze et al., 2003) этот очаг постоянной сейсмичности проявлял аномальную микросейсмичность практически перед всеми сильными региональными землетрясениями.

Основным структурным выражением разделения отмеченных ранее двух литосферных потоков является пересечение Северо-Анатолийской и Восточно-Анатолийской сдвиговых зон на северном фронте Аравийской плиты, расположенное в пограничной области Турции и Ирана и протягивающееся от северной оконечности озера Ван до северной оконечности озера Урмия. Своеобразие этого структурного сочетания состоит в том, что из-за происходящих перемещений в каждой из зон возникают новые ветви, соединяющие смещённые сдвигом участки зоны. Меридиональное

укорочение Малокавказского блока проявляется в значительной мере в сдвиговых перемещениях вдоль Североармянской дуги активных разломов, что предполагает отток горных масс на запад и восток от области максимального укорочения. Вместе с тем происходит северный дрейф блока, находящий отражение в активной тектонике более северных зон (Трифонов, Караханян 2004).

На северо-восточном обрамлении Аравийской плиты её дрейф вызывает сжатие и укорочение в северо-восточном направлении, выраженное складчатостью и надвиганием во Внешнем Загросе и сдвиговыми перемещениями по разломам Центрального Ирана – левым вдоль субширотных и правым вдоль субмеридиональных разломов.

Вулканические массивы плиоцен-четвертичного периода широко развиты в пределах изучаемого региона. Северная и южная вулканические дуги Армянского нагорья (Карапетян, 1969) представлены Гегамским, Варденисским и Сюникским вулканическими нагорьями, а также Арагацким вулканическим массивом и Лорийскими вулканическими потоками долеритовых базальтов (Ширинян, 1971). Повсеместно широкое распространение новейших вулкаников свидетельствует о изменении в геологическом масштабе времени профилирующего направления и характера тектонического давления. Вулканическая активность продолжается в слабом виде и в настоящее время выходами термальных вод Бджни, Арзни, Джермук, Личк и других.

Преимущественно ареальный характер вулканизма Армянского нагорья свидетельствует о довольно продолжительном геологическом отрезке времени, в котором тангенциальные тектонические силы сжатия в регионе сменились силами растяжения.

Анализ тектонического положения и геологической истории региона свидетельствует о активной динамике изменения тектонических процессов в плиоцен-четвертичный период. Длительный процесс становления тектонической и вулканической активности в регионе имел в геологической истории элементы периодичности (Джрбашян и др., 1996; Надарейшвили и др., 2002).

На рис. 2 приведены эпицентры землетрясений в инструментальный период наблюдений с 1964 по 2009 годы согласно данным Средиземноморского центра сейсмических исследований (<http://www.emsc-csem.org/#2>). На карте отчетливо проявляются три различные сейсмические зоны, выделяемые по сейсмическим событиям. Первая зона протягивается по северной и северо-восточной оконечностям Аравийской тектонической плиты. Вторая зона проходит несколько севернее и субпараллельна первой, протягиваясь от южной оконечности Каспийского моря до Малого Кавказа. Третья зона общекавказского направления также хорошо выделяется в сейсмичности региона. Охватывая Большой Кавказ она пересекает центральную часть Каспийского моря, образуя в центре Каспийского моря активный центрально-каспийский очаг сейсмической активности. Характерно также, что все три зоны, чётко выделяющиеся на

приведённой карте, в целом субпараллельны северо-восточной оконечности Аравийской тектонической плиты. Отчетливо прослеживается также сейсмическая активность, приуроченная к Северо-Анатолийскому и Восточно-Анатолийскому разломам.

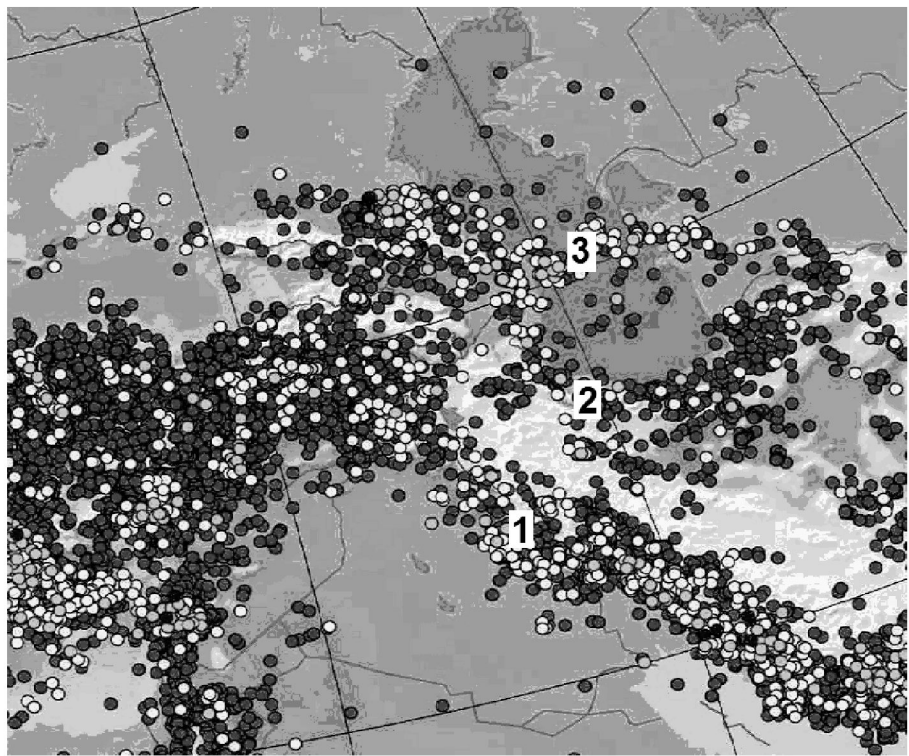


Рис. 2. Схематическая карта территориального распределения землетрясений на территории Южного Кавказа и сопредельных областей.

В абсолютном большинстве случаев землетрясения региона относятся к внутрикорковым, поверхностным, со средней глубиной гипоцентров от 4 до 15 км. Статистические характеристики сейсмичности исследуемого региона выводились на основе обработки сводного каталога землетрясений, предоставленного Национальной службой сейсмической защиты (далее НССЗ) Республики Армения, и приводятся в виде гистограмм.

График временного ряда сейсмической активности по всему региону, построенный на основе каталога НССЗ, приведен на рис 3. Наиболее высокие пики на графике соответствуют Нарманскому 1983 г. ($M=6.3$) и Спитакскому 1988 г. ($M=6.9$) землетрясениям. На горизонтальной прямой отложены порядковые номера землетрясений общим числом 15730 событий. Как видно на приведенной диаграмме большая часть землетрясений в количественном отношении попадает на временной интервал до Спитакского землетрясения, выделяемого максимальным значением магнитуды в представленном временном ряду (более 10 000 событий).

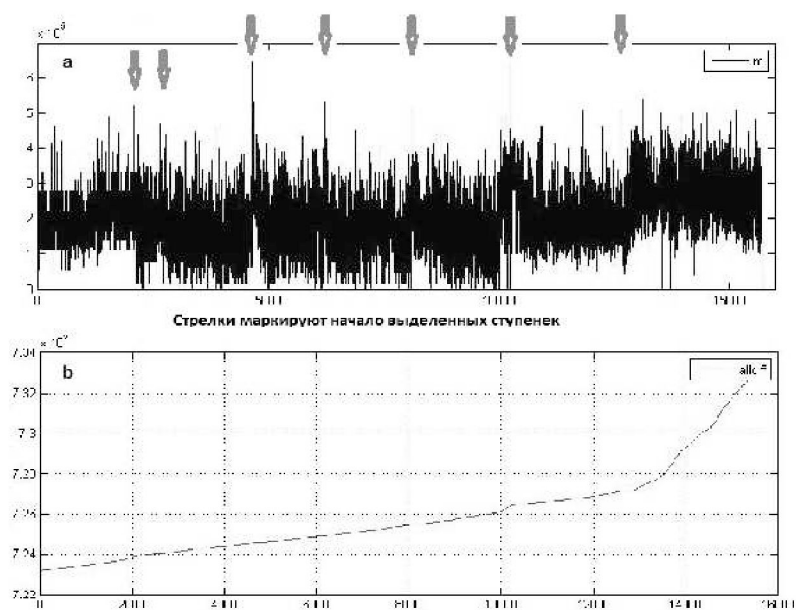


Рис. 3. Временной ряд сейсмичности региона по всем событиям

На графике также отчетливо проявляется изменение "фоновой" режима сейсмичности исследуемой территории после региональных сильных событий, которое выделяется по нижней границе регистрируемых сейсмических событий. Так, после Спитакского землетрясения повысился средний уровень силы землетрясений, регистрируемых сейсмической сетью НССЗ Армении. При внимательном просмотре графика видно, что и другие точки изменения уровня и характера сейсмичности в регионе событийно также привязаны к относительно сильным землетрясениям. Такое изменение не может объясняться только в рамках общепринятого представления об обычной афтершоковой активности после сильных землетрясений. Длительный характер изменений фоновой слабой сейсмичности предполагает наличие изменения характера и направленности тектонических региональных процессов, ответственных за её фоновое распределение. Как видно на графике, сильные землетрясения с магнитудой выше $M=5$ в регионе являются своего рода "реперными точками" в сейсмическом временном ряду, которые маркируют начало очередного изменения в режиме ступенчатой фоновой сейсмичности всего региона. Выявленный эффект не является следствием объединения различных сейсмических каталогов или следствием сгущения наблюдательной сети сейсмографов после очередного сильного события. Изменение базовой сейсмичности непосредственно после сильных землетрясений свидетельствует о прямой зависимости сейсмического режима региона от сильных сейсмических событий.

Очевидно, что сильные землетрясения могут надолго поменять характер, направленность и силу профилирующего тектонического давления во всем регионе или в довольно большой его части. Величина объёма геологического пространства, охватываемого подобными изменениями,

судя по пространству, покрываемому сейсмическим каталогом НССЗ, может достигать довольно больших размеров, соразмерных со всей площадью, охватываемой этим каталогом. Каталог охватывает пространство от 39° до 45° ВД и от 37° до 49° СШ. (примерно 800.000 км^2). Данный эффект практически не заметен при рассмотрении верхней границы сейсмичности, представленной на графике верхней линией магнитуды временного ряда.

Исключение составляет наблюдаемая в последнее десятилетие активизация сейсмических событий, хорошо прослеживаемая в правой части графика сейсмичности (рис. 3 а) и формально не имеющаяся в пределах представленного сейсмического каталога НССЗ маркирующего начало сильного сейсмического события. Этот факт объясняется резкой географической ограниченностью каталога НССЗ, в который не входят многие сильные землетрясения региона. На приведенном рисунке заметно также увеличение средней силы сейсмических событий при уменьшении числа событий (рис. 3 б). Данные изменения свидетельствуют об интенсификации динамики сейсмических процессов в последнее десятилетие, а также об увеличении уже накопленной тектонической потенциальной энергии на охваченной каталогом территории.

Таким образом, поведение слабой фоновой сейсмичности во времени проявляет своего рода "ступенчатость", связанную по времени с относительно сильными землетрясениями. Временной ряд магнитудно-количественной активности землетрясений всего региона в нижней части графика (рис. 3 б), представлен в виде кумулятивной повторяемости без учета магнитуды. Такое представление сейсмических данных учитывает только количество сейсмических событий без учета их силы. Такое представление данных по сейсмичности также выделяет отчетливое увеличение интенсивности сейсмичности в регионе в последнее десятилетие (на графике резкий подъем кривой после 13500 событий).

Динамика сейсмических событий во времени

Ввиду большого количества и импульсного характера проявления землетрясений их изучение можно проводить статистическими методами, принятыми в математике для подобных исследований. Произведём исследование периодичности сейсмических событий в регионе на основании временных гистограмм. Построенное нами на гистограмме (рис. 4) поминутное распределение частоты встречаемости землетрясений региона в окне длительностью в одни сутки показывает статистически неслучайную привязанность сейсмических событий к полудню по местному времени. Для построения графика гистограммы повторяемости по горизонтальной оси отложено суточное время землетрясения в минутах, считая от полуночи (1440 минут), а по вертикальной оси - абсолютное количество событий, без учета магнитуды. Первое значение на графике соответствует количеству всех сейсмических событий произошедших - от 12:00 ночи до

12:01, второе значение от 12:01 до 12:02 и т. д. Гистограмма построена на данных по сейсмическим событиям всего инструментального периода с 1962-2007 г. каталога НССЗ.

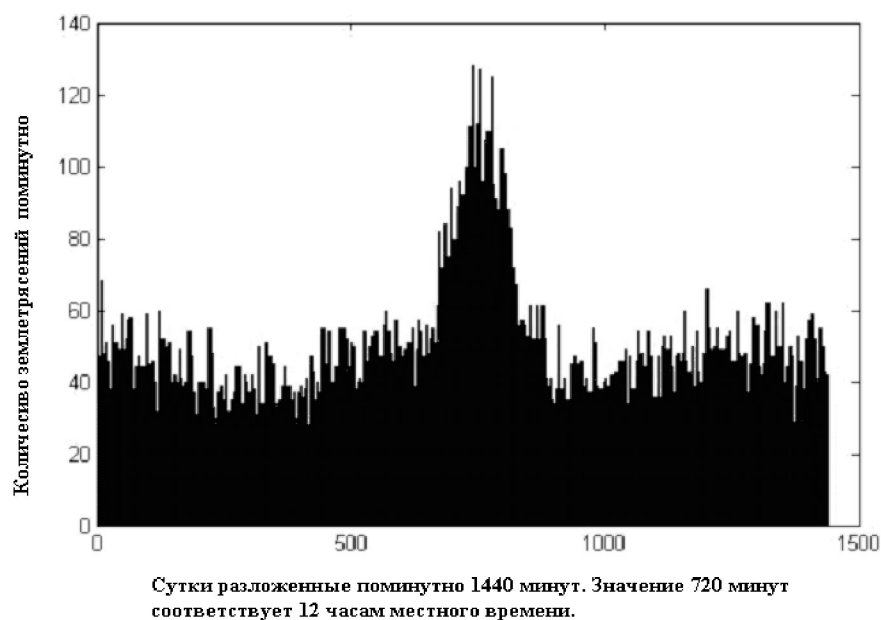


Рис. 4. Гистограмма поминутного суточного распределения землетрясений по территории Армении с 1962 по 2007 гг. В построении гистограммы временного распределения землетрясений в пределах суток по территории Армении использовались данные 15730 сейсмических событий каталога НССЗ.

На приведенной диаграмме отчетливо видна полуденная приуроченность сейсмических событий, в то же время прослеживается небольшая их активизация, приуроченная к полуночи. Минимальные значения наблюдаются при значениях, соответствующих 180 и 900 минутам, что соответствует 3 часам утра и 3 часам дня местного времени. Эта выявленная особенность суточной периодичности сейсмичности региона не может быть случайной, так как основана на большой и статистически значимой выборке. Подобная 12 и 24 часовая квазипериодичность сейсмичности в приведенном каталоге может быть важной составляющей тех низкочастотных природных процессов, которые ответственны за процесс зарождения и эволюции очагов сильных землетрясений. Следует также отметить, что 12 - часовой период цикличности, по-видимому, составляет самую высокочастотную часть спектра среди относительно низкочастотных циклических природных процессов, отмеченных в регионе.

Выведенная на примере сейсмических событий Армении закономерность суточной цикличности сейсмических событий прослеживается так-

же на данных по Турецкому каталогу землетрясений, содержащему 64000 сейсмических событий (<http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/default.htm>). Результирующие данные этого каталога приведенные на гистограмме (рис.5) и в таблице кумулятивной частоты (табл.1).

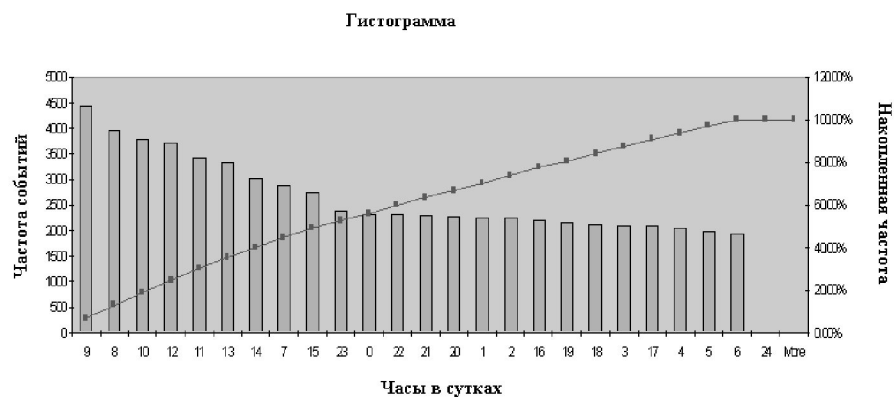


Рис. 5. Гистограмма суточного поминутного распределения землетрясений по Турецкому каталогу 1962-2007 гг. (часы наибольшей активизации сейсмического режима приведены в порядке убывания).

Как видно из приведенной таблицы и гистограммы, половина всех сейсмических событий региона приходится на промежуток времени от 9 до 15 часов по Гринвичскому времени. Эти данные полностью подтверждают сделанное на данных по Армении наблюдение приуроченности землетрясений к полудню местного времени и подчеркивают важность постоянства суточной привязанности времени отбора геохимических проб.

Необходимо заметить, что сейсмические события по Турецкому каталогу имеют большую по сравнению с каталогом НССЗ латеральную разбросанность по долготе и перекрывают фактически почти 30 градусов восточной долготы, что соответствует двум часовым поясам. Такое пространственное перекрытие Турецкого сейсмического каталога несколько смягчает отмеченный ранее эффект полуденной приуроченности землетрясений, однако наличие подобного эффекта, тем не менее, бесспорно, как это видно из табл. 1 и гистограммы.

Таблица 1

Почасовое распределение количества землетрясений по Турецкому каталогу
1962-2007 гг .

Bin	Frequency	Cumulative %	Bin	Frequency	Cumulative %
0	2321	3.63%	9	4433	6.93%
1	2248	7.14%	8	3944	13.09%
2	2242	10.64%	10	3789	19.01%
3	2105	13.93%	12	3719	24.82%
4	2044	17.13%	11	3427	30.18%
5	1976	20.21%	13	3334	35.38%
6	1930	23.23%	14	3026	40.11%
7	2887	27.74%	7	2887	44.62%
8	3944	33.90%	15	2749	48.92%
9	4433	40.83%	23	2391	52.66%
10	3789	46.75%	0	2321	56.28%
11	3427	52.10%	22	2309	59.89%
12	3719	57.91%	21	2276	63.45%
13	3334	63.12%	20	2264	66.98%
14	3026	67.85%	1	2248	70.50%
15	2749	72.15%	2	2242	74.00%
16	2195	75.58%	16	2195	77.43%
17	2095	78.85%	19	2168	80.82%
18	2127	82.17%	18	2127	84.14%
19	2168	85.56%	3	2105	87.43%
20	2264	89.10%	17	2095	90.70%
21	2276	92.66%	4	2044	93.90%
22	2309	96.26%	5	1976	96.98%
23	2391	100.00%	6	1930	100.00%
24	0	100.00%	24	0	100.00%
More	0	100.00%	More	0	100.00%

Выявленный феномен, вероятно, имеет универсальный характер и может наблюдаться за некоторым исключением практически повсеместно. Для этого достаточно произвести построение подобных диаграмм по пространственной выборке локального сейсмического каталога, не

превышающей по долготе один часовой пояс. Для более детального анализа распределения сейсмических событий и их зависимости от суточного времени необходимо проследить поминутное суточное распределение землетрясений в связи с точной привязкой к координатной сетке в зависимости от восточной долготы реального положения Солнца в зените. Это необходимо потому, что реальный полдень и часовой полдень в связи с часовой разбивкой могут существенно различаться. Так, к примеру, когда часовая стрелка находится на 12:00 по полудни, то считается, что Солнце находится в зените на всём пространстве от Черного до Каспийского морей. Однако истинное положение зенита Солнца может быть в любой точке этого промежутка и должно быть уточнено для каждого сильного события. Интересно, отметить, что разрушительное Спитакское землетрясение в декабре 1988 года произошло в близкое к полудню местное время 11 часов 41 мин. Более подробный анализ, проведенный для этого землетрясения, показал, что данное событие произошло в момент, когда Солнце по отношению к эпицентральной точке находилось в 55 минутах до своего истинного зенита, а Луна 40 минут как прошла точку своего апогея. Фактически само землетрясение произошло по времени в точке, когда воздействие комбинированных гравитационных сил Луны и Солнца достигло максимума. Это обстоятельство показывает важность учета комбинированного влияния не только солнечного, но и лунного (лунные сидерические сутки) периода на цикличность сейсмических событий.

Для выявления лунных циклов сейсмичности нами было произведено изучение данных поминутного распределения сейсмических событий по Армении в пределах сидерического лунного месяца. Изучение показало, что сейсмический режим региона имеет периоды увеличения количества сейсмических событий, имеющих 14-дневный и 28-дневный циклы, что отчетливо проявляется на приведенной гистограмме (рис. 6).

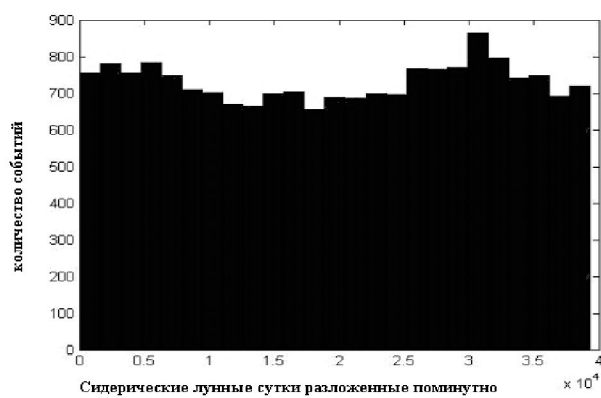


Рис. 6. Гистограмма распределения сейсмических событий лунного сидерического месяца (39340.8 мин).

По горизонтальной оси отложено время по минутам лунного сидерического месяца, соответствующего 27.32 суткам (39340.8 минут). Наибольшее количество землетрясений имеет временной промежуток около 14 суток и привязано к полнолунию и новолунию, когда соответствующие позиции Луны, Земли и Солнца находятся на одной прямой. Очевидно, что такое положение небесных тел на небосводе, ввиду их наложения усиливает общее гравитационное влияние на эпицентральную область сейсмических событий. Результирующая компонента такого лунно-солнечного воздействия ответственна за время и величину прихода морских приливов. При этом вклад лунной компоненты в образование приливов по амплитуде более чем в два раза превосходит вклад солнечной компоненты. Данные греческих исследователей (Thanassoulas, 2007) также показывают зависимость распределения землетрясений от времени прилива, что показано на следующей диаграмме (рис. 7).

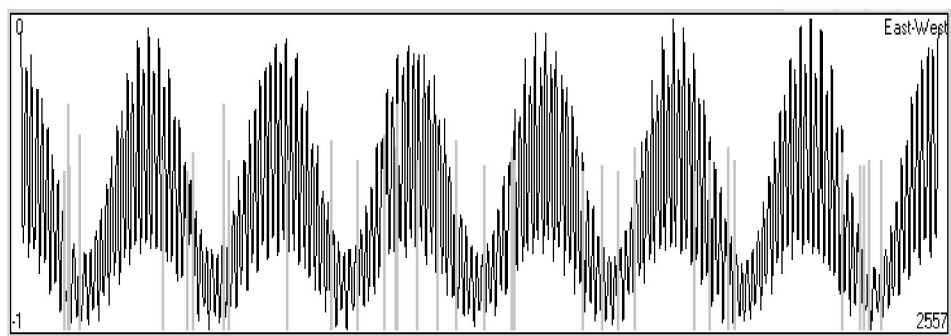


Рис. 7. Сейсмичность периода 1995 – 2001 гг Эгейского района для землетрясений с $M > 5.5$ и более в сравнении с приливом. (<http://www.earthquakeprediction.gr/index.htm>).

Обсуждения и выводы

Таким образом, наблюдения за сейсмичностью района исследований устанавливают как минимум пять циклических периодов относительной активизации землетрясений, как то:

- полусуточный и суточный, равные примерно 12 и 24 часам
- полулунный и лунный, сидерический, равные примерно 14 и 28 дням
- годовой, равный примерно 365 дням.

Выделенные циклы сейсмической активизации свидетельствуют о том, что механическое сотрясение любой условно выбранной точки геологического пространства может носить явно выраженный квази-периодический характер. Приставка “квази” объясняет то обстоятельство, что сами землетрясения имеют импульсный характер, и периодичности подвержено лишь увеличение количества таких “импульсов” в единицу времени (к примеру за неделю). При проведении работ по поискам предвестников землетрясений необходимо учитывать периодический характер сейсмичности. Выявленная периодичность сейсмичности может прояв-

ляться в различных геохимических и геофизических временных рядах. Выявление таких циклов во многом способствовало бы более глубокому пониманию как механизма образования самих землетрясений, так и их предвестников.

Таким образом, изучение сейсмического режима Армении и сопредельных областей за последние 40 лет показывает наличие двойного характера сейсмичности. С одной стороны это выявленный характер ступенчатости сейсмического режима, маркируемый сильными сейсмическими событиями, с другой - его периодический характер. Активизация сейсмичности имеет несколько периодов длительностью в 12 часов, одни сутки, а также 14 и 28 суток. Выявленные особенности сейсмического режима необходимо учитывать при проектировании режима опроса сетей по изучению процессов возникновения сильных землетрясений в регионе. Согласно лимитирующему принципу Найквиста (Nyquist, 1928), широко применяемому в информатике, при шаге опроса δ периодической функции возможно наблюдать только те функции, период которых не меньше 2δ (двух шагов опроса) (рис. 8).

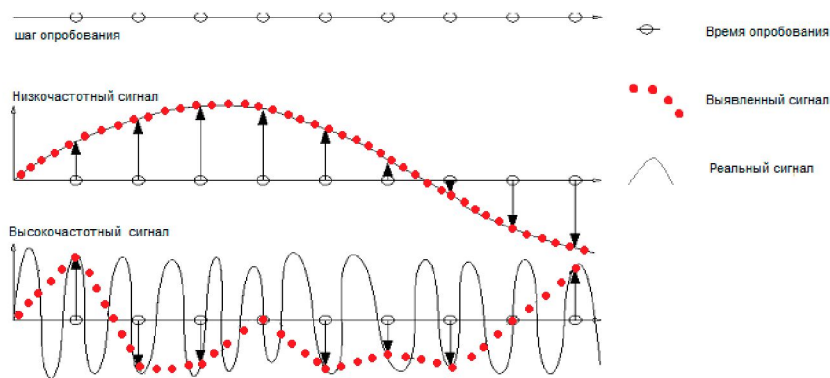


Рис. 8 Схематическое изображение принципа Найквиста. Шаг опробования обозначен условно.

Действительно на верхнем графике, где шаг опроса гораздо меньше периода изучаемой функции, изучаемая кривая описывается достаточно полно, тогда как на нижнем графике при нарушении этого принципа (при шаге опроса большем, чем период колебаний исследуемой кривой) мы видим искажение полученной пунктирной кривой. Исходя из лимитирующего принципа Найквиста, для более полного изучения влияния суточных колебаний активизации сейсмичности на геохимические наблюдательные пункты необходимо увеличение шага опроса наблюдательных пунктов. Практика анализа временных рядов показывает, что наиболее хорошие результаты получаются, если шаг опроса временного ряда, как минимум, в восемь раз превышает длительность периода исследуемой функции. Таким образом, для полного изучения эффекта суточной периодичности активизации сейсмических событий в регионе шаг опроса наблюдательных

пунктов необходимо производить, как минимум, раз в три часа. Причём привязка к суточному времени опроса наблюдательных пунктов должна быть точной для всех наблюдательных пунктов. Это поможет сделать более корректным возможность их комплексной совместной обработки. В противном случае совместный, комплексный анализ предвестников сейсмических событий будет сильно затруднён. Такой анализ может носить только качественный характер. В случае учащения шага опроса наблюдательных пунктов оценить влияние суточных циклов сейсмической активности на геолого-тектонические процессы можно провести более корректно, что поможет лучше понять механизм образования геохимических, геофизических или других предвестников сильных сейсмических событий.

Наличие периодичности сейсмического режима может стать важным также при обработке и интерпретации данных, собранных с мониторинговых сетей, ведущих продолжительные наблюдения. Более глубокое изучение комплексного проявления ступенчатого и волнового характера сейсмичности в регионе поможет лучше понять природу и механизм возникновения как сильных землетрясений, так и их предвестников.

ЛИТЕРАТУРА

- Джрбашян Р.Т., Казарян Г.А., Карапетян С.Г., Меликсетян Х.Б., Мнацаканян А.Х., Ширинян К.Г. Мезокайнозойский базальтовый вулканизм северо-восточной части Армянского нагорья. Изв. НАН Армении, сер.Науки о Земле, Ереван, 1996, 1-3, с.19-32.
- Карапетян К.И. Классификация четвертичных вулканов Гегамского нагорья и связь их с трещинной тектоникой. В кн. "Вулканизм Камчатки и некоторых других районов СССР", М., Изд. АН СССР, 1969, с.92-104.
- Надарейшвили Г.Ш., Джанелидзе Т.Т., Джрбашян Р.В., Мустафаев Г.В., Мустафаев М.А. Фанерозойский вулканизм Южного Кавказа. Труды ГИН АН Грузии, нов.сер., вып. 117, Тбилиси, 2002, с.39-52
- Петросян Г.М. Тестирование сейсмических событий на территории Армении и сопредельных стран с целью оценки текущей сейсмической опасности. Автореферат кандид. диссерт., Ереван, 2004, 28с.
- Трифонов В. Г., Караханян А.С. Геодинамика и история цивилизаций. М. Наука, 2004, 666с.
- Ширинян К.Г. - Позднеорогенный вулканизм. В кн. "Позднеорогенный кислый вулканизм Арм.ССР", Изд.АН Арм.ССР, Ереван, 1971, с.39-46.
- Belyaev A., Igumnov V., Kazarian A. Retrospective geochemical prediction of the Spitac earthquake. " Abstract on International Conference on Continental Collision zone: earthquake and earthquake hazard reduction". Yerevan Armenia, 1993. 17 p.
- Igumnov V., Kazarian A. The geochemical precursors to earthquakes and the relaxation of geochemical parameters. Proceeding Scientific meeting on the seismic protection Venice. ATTI. Colloquio scientifico sulla protezione sismica Palazzo Balbi, Regione.1995, p.148-151
- Igumnov V., Stepanian Z., Kazarian A. On the mechanism of the geochemical precursors to earthquake. " Abstract on International Conference on Continental Collision zone: earthquake and earthquake hazard reduction". Yerevan, Armenia, 1993, p.17
- Kachakhidze M., Kachakhidze N., Kiladze R., Kukhianidze V., Ramishvili G. Relatively small earthquakes of Javakheti Highland as the precursors of large earthquakes occurring in the Caucasus . Natural Hazard and Earth System Sciences 2003, 3, p.165-170.
- Kazarian A., Igumnov V. Some aspects of earthquake prediction by geochemical methods", " Abstract on International Conference on Continental Collision zone: earthquake and earthquake hazard reduction". Yerevan, Armenia, 1993, p.46

- Nyquist H. Certain topics in telegraph transmission theory. Trans. AIEE, vol. 47, 1928, p.617–644,
- Thanassoulas C. Short-term Earthquake Prediction, H. Dounias & Co, Athens, Greece. ISBN No: 978-960-930268-5.,2007
- Wyss M, Martirosyan A. Seismic quiescence before the M7, 1988 Spitak earthquake, Armenia. Geophys. J. Int., 134,1998, p.329-340

Рецензент А.Р. Аракелян

**ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՏԱՐԱԾՔԻ ՄԵՑՄՄԱՂԻՆԱՄԻԿ ՎԻՃԱԿԻ
ՎԵՐԼՈՒԾՈՒԹՅՈՒՆԸ ՈՐՊԵՍ ԸՆԹԱՑԻԿ ՄԵՑՄՄԻԿ ՎՏԱՆԳԻ
ԳՆԱՀԱՏՄԱՆ ԳՈՐԾՈՆՆԵՐԻՑ ՄԵԿԸ**

Ա.Ե. Ղազարյան

Ա մ փ ո փ ու մ

Աշխատանքում կատարվել է Հայաստանի և հարակից տարածքների սեյսմիկ ռեժիմի վերլուծություն: Հայտնաբերված է սեյսմիկ ռեժիմի երկակիությունը, որն արտահայտվում է մի կողմից նրա աստիճանական, իսկ մյուս կողմից՝ պարբերական բնույթով: Սեյսմիկ ակտիվացման փոփոխման պարբերությունը պարունակում է մի քանի ցիկլ՝ 12 և 24 ժամ և 14 ու 28 օր: Ներկա է նաև մեկ տարի տևողություն ունեցող պարբերականություն: Սեյսմիկ ռեժիմի հայտնաբերված առանձնահատկությունների ուսումնասիրությունը թույլ է տալիս ավելի խորացնել այն ֆիզիկական և տեկտոնական պրոցեսների իմացությունը, որոնք բերում են երկրաշարժերի առաջացմանը: Առաջարկություններ են արված երկրաշարժերն ուսումնասիրող գիտական դիտացանցերի հարցման հաճախականության վերաբերյալ:

**ANALYSIS OF THE SEISMODYNAMIC CONDITION OF THE
TERRITORY OF ARMENIA AS A FACTOR OF CURRENT SEISMIC
HAZARD ASSESSMENT.**

A.E.Kazarian

A b s t r a c t

Conducted a detailed analysis of the seismicity of Armenia and adjacent areas. Defined dual character of seismicity in the region, which is expressed as the stepped seismic activity and the frequency increased seismic regime; periods of activation are approximately: 12 and 24 hours, as well as 14 and 28 days. There is also an annual cycle of increased seismicity. Detailed examination revealed the nature of the seismicity and allowed more profound understanding of the physical and geological-tectonic processes leading to the appearance of strong earthquakes in the region. Provides recommendations for the design survey prognostic observation networks for precursors of earthquakes.