

УДК 550.34

Некоторые закономерности проявления современной сейсмичности Кавказа

© 2013 г. В.Ю. Бурмин¹, А.М. Аветисян², Н.А. Сергеева³, К.С. Казарян²

¹ *Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, г. Москва, Россия*

² *Институт геофизики и инженерной сейсмологии НАН Армении, г. Гюмри, Армения*

³ *Геофизический центр РАН, г. Москва, Россия*

Рассматриваются некоторые аспекты сейсмичности Кавказа на основе каталога землетрясений за период с 1962 по 2011 гг. Получена связь энергетических классов землетрясений с их магнитудами, а также изменение графика повторяемости землетрясений от года к году и сезонная цикличность высвобождаемой энергии при землетрясениях. Всего каталог землетрясений Кавказа за указанный период содержит около 40000 событий с магнитудой от –1.0 до 7.5.

Ключевые слова: сейсмичность, энергетический класс, магнитуда.

Введение

Анализ сейсмичности той или иной территории в значительной степени облегчает понимание геодинамических процессов, происходящих в недрах Земли региона. К настоящему времени опубликовано множество работ, посвященных различным аспектам сейсмичности как глобальной, так и региональной. К наиболее популярным аспектам этой темы относятся: связь сейсмичности с солнечной активностью [Сытинский, 1973, 1989]; зависимость глобальной сейсмичности от положения небесных тел и, в частности, Луны [Кпорoff, 1970; Хомутов, 1995]; годовая и сезонная периодичность глобальной и локальной сейсмичности [Дещеревская, Сидорин, 2005; Сидорин, 2005; Левин, Сасорова, Журавлев, 2005; Уломов, 2007а,б; Бурмин, 2007, 2011] и другие аспекты (см., например, [Левин, Родкин, Сасорова, 2007]). В большей степени изучение сейсмичности в этих работах преследует прогностические цели, в меньшей – геодинамические.

В настоящей статье рассмотрены три аспекта проявления сейсмичности на Кавказе: связь энергетического класса землетрясений с их магнитудой; поведение графика повторяемости землетрясений от года к году; сезонная цикличность высвобождаемой энергии при землетрясениях.

Связь энергетических классов землетрясений Кавказа с их магнитудами

Для анализа сейсмичности Кавказа из различных источников [Ежегодники..., 1964–1997; Ежегодники ..., 1997–2011; Каталог NEIC] авторами был составлен единый каталог землетрясений с 1962 по 2011 гг. В этом каталоге приведены как энергетические классы землетрясений, так и их магнитуды. В большинстве случаев в каталоге приведены классы и магнитуды землетрясений одновременно, однако в некоторые периоды времени приведены только классы или только магнитуды. Рассматривая полученный каталог, авторы обратили внимание на то обстоятельство, что в различные годы магнитуды кавказских землетрясений определялись различными способами, что выразилось в различных зависимостях энергетического класса землетрясений от их магнитуды. На рис. 1 представлены распределения классы-магнитуды для различных периодов наблюдений.

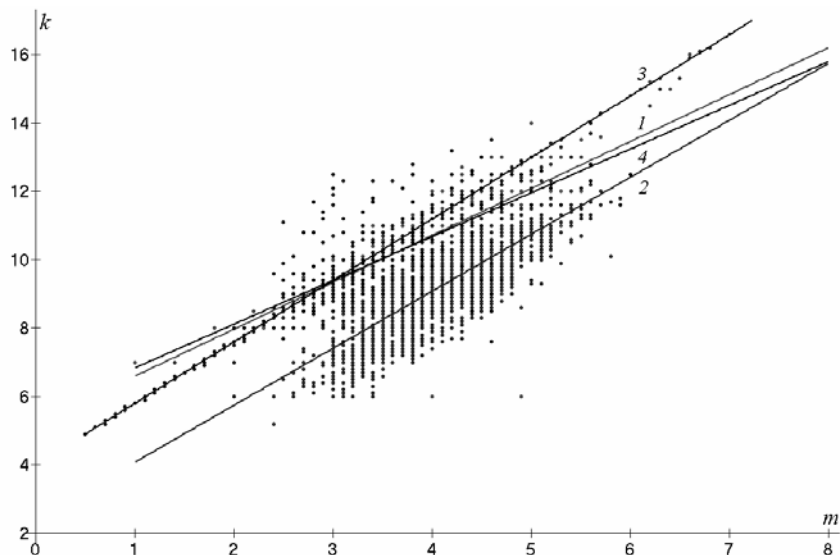


Рис. 1. Связь энергетических классов с магнитудами для кавказских землетрясений с 1962 по 2011 гг.

За период: 1 – с 1962 по 1982 гг., 2 – с 1983 по 1996 гг., 3 – с 2003 по 2010 гг., 4 – за 2011 г.

Как видно на рис. 1, что за период с 1962 по 1982 гг. и в 2011 г. зависимости k от m близки и аппроксимируются отрезками прямых линий вида $k_1=5.23+1.37m$ и $k_4=5.56+1.28m$. За период 1983 по 1996 гг. распределение точек аппроксимируется отрезком прямой вида $k_2=2.41+1.67m$. За период 2003 по 2010 гг. магнитуды землетрясений определялись по энергетическим классам по зависимости $k_3=4.00+1.80m$, которая была принята при работах Таджикской комплексной сейсмологической экспедиции (ТКСЭ) [Бунэ и др., 1960].

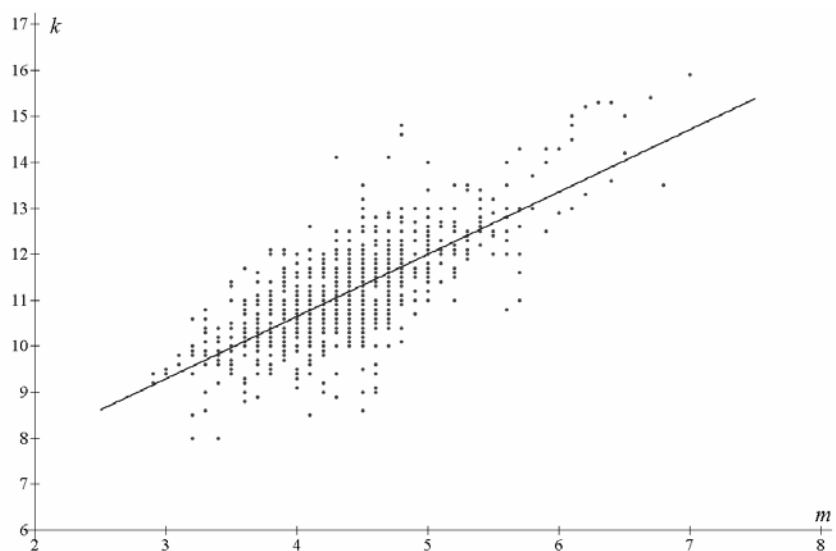


Рис. 2. Связь энергетических классов с магнитудами для кавказских землетрясений, полученная для событий, взятых из каталога NEIC и единого каталога, составленного авторами

Очевидно, что такой разброс в определении магнитуд не позволяет корректно проводить какой-либо анализ сейсмичности Кавказа. В связи с этим нами было проведено определение связи k и m по независимым данным. Для этого были взяты события из каталога NEIC с 1973 по 2011 гг. и те же события из единого каталога и построена

зависимость k от m . Результаты построений представлены на рис. 2. При этом распределение точек на рисунке аппроксимируется отрезком прямой линии

$$k=5.23+1.35m. \quad (1)$$

Обратная зависимость имеет вид

$$m=(k-5.23)/1.35. \quad (2)$$

После того как зависимость k от m была определена для всего рассматриваемого каталога, магнитуды землетрясений были пересчитаны по формуле (2), а там, где не были указаны энергетические классы, последние определялись по формуле (1).

График повторяемости землетрясений

После того как каталог заполнен, был построен график повторяемости землетрясений (рис. 3). Закон повторяемости Гуттенберга–Рихтера в прямолинейной форме записывается в виде [Richter, 1935]

$$\lg N = a - bm, \quad (3)$$

где N – среднее число землетрясений за определенный период времени на исследуемой территории, магнитуда которых лежит в интервале $[m-\Delta m, m+\Delta m]$; a и b – параметры закона (графика) повторяемости.

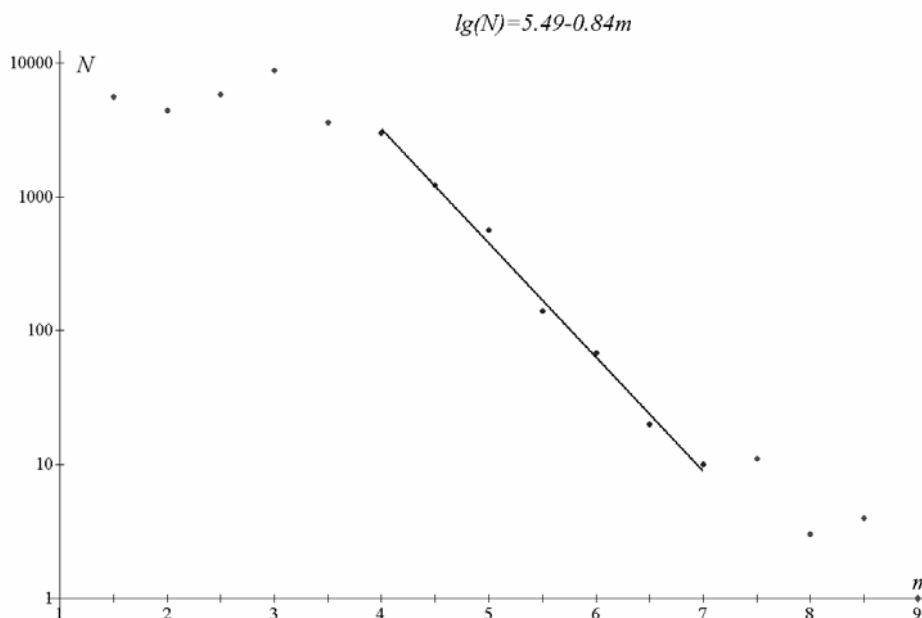


Рис. 3. График повторяемости для землетрясений Кавказа для периода с 1962 по 2011 гг.

Из графика повторяемости видно, что представительны землетрясения с магнитудами $M = 4-7$. На этом участке наклон графика повторяемости $b = 0.84$, а свободный член $a = 5.49$. Нехарактерное поведение графика для $M < 4$ и $M > 7$ связано, по-видимому, с неоднородностью, а, вернее, с несовершенством каталога.

Годовая зависимость сейсмичности Кавказа

Свободный член a в уравнении (3) характеризует уровень сейсмичности изучаемого региона за заданный период времени, а коэффициент b – параметр самоподобия сейсмического режима региона.

Для изучения годовой зависимости сейсмичности Кавказа были построены графики изменения параметра a от года к году (рис. 4). Отрезки прямых линий на рис. 4 аппроксимируют изменение параметра a за периоды с 1962 по 1984 гг. и с 1985 по 2011 гг.



Рис. 4. Изменение параметра a графика повторяемости от года к году за период 1962 по 2011 годы

Как видно из рис. 4, в течение 1962–1984 гг. параметр a и, следовательно, сейсмичность Кавказа имели тенденцию к возрастанию. С 1985 г. уровень сейсмичности резко падает и остается практически постоянным с незначительным уменьшением от года к году.

Изменение коэффициента b представлено на рис. 5. Как видно из рисунка он меняется синхронно с параметром a .



Рис. 5. Изменение коэффициента b графика повторяемости от года к году с 1962 по 2011 гг.

Сезонная зависимость глобальной сейсмичности Кавказа

Связь между магнитудой m и энергией $E_{\text{эрг}}$ (эрг) сейсмических волн, высвобождаемой при землетрясении, определяется формулой Гуттенберга–Рихтера [Gutenberg, Richter, 1956]:

$$\lg E_{\text{эрг}} = 9.4 + 2.14m - 0.054m^2$$

или между классом землетрясения k и энергией $E_{\text{дж}}$ (Дж) [Бунэ, 1960]:

$$\lg E_{\text{дж}} = k.$$

Из графика распределения энергии землетрясений по месяцам года за период с 1962 по 2011 гг. (рис. 6) хорошо видно, что максимум интенсивности приходится на десятый месяц, т.е. октябрь. Достаточно интенсивными оказываются также апрель, май, июнь, ноябрь и декабрь. Сейсмичность в летние месяцы несколько ниже и в августе месяце имеет глубокий минимум. Заметим, что сезонная зависимость для отдельных районов Тихоокеанского региона изучалась в работах [Левин и др., 2007; Бурмин, 2011]. В этих работах, в отличие от Кавказа, максимум коровой сейсмичности приходится на декабрь.

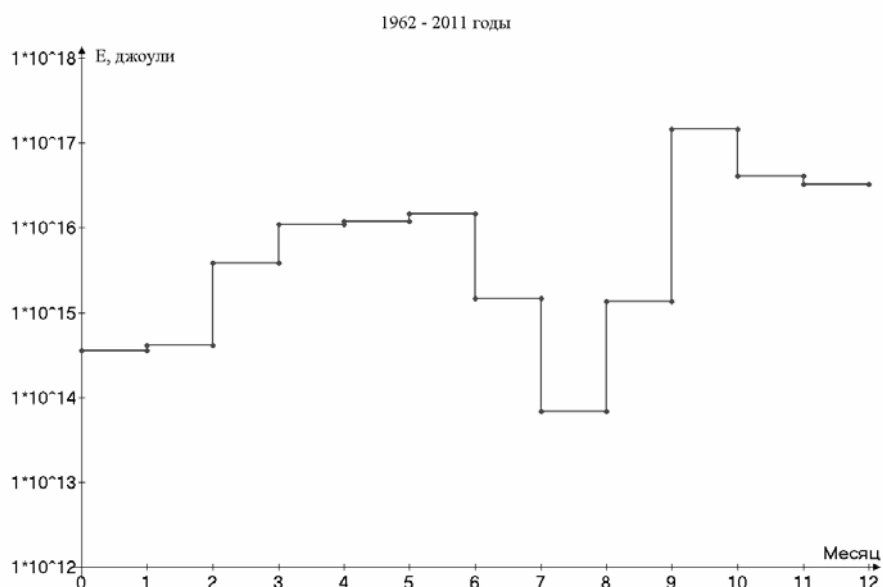


Рис. 6. Распределение энергии землетрясений по месяцам года за период с 1962 по 2011 гг.

Заключение

Из анализа сейсмичности Кавказа следует вывод, что за последние пятьдесят лет сейсмическая активность региона менялась от года к году. Причем, с 1962 по 1984 гг. сейсмическая активность заметно увеличивалась, а с 1985 г. сейсмическая активность региона резко уменьшилась и с годами идет на спад вплоть до 2005 г. С 2006 по 2011 гг. сейсмическая активность Кавказа испытывала резкие колебания. Возможно, это следствие того, что не все данные заносились в первичные каталоги.

График сезонной зависимости сейсмичности показывает, что в период с августа по октябрь отмечается ее значительное повышение. При этом в остальные месяцы года активность в целом меняется не значительно.

Благодарности

Авторы выражают искреннюю признательность И.П. Габсатаровой и М.Б. Мкртчян за помощь в получении экспериментальных данных.

Литература

Бунэ В.И., Гзовский М.В., Запольский К.К., Кейлис-Борок В.И., Крестников В.Н., Малиновская Л.Н., Нерсесов И.Л., Павлова Г.И., Раутиан Т.Г., Рейснер Г.И., Ризниченко

- Ю.В., Халтурин В.И. Методы детального изучения сейсмичности // Труды Ин-та Физики Земли. 1960. №9 (176). 327 с.
- Бурмин В.Ю. Некоторые закономерности проявления глобальной сейсмичности // Уроки и следствия сильных землетрясений: Сб. материалов Междунар. конф. Ялта-2007, 25–28 сентября 2007 г. Симферополь, 2007. С.82–84.
- Бурмин В.Ю. Некоторые закономерности проявления сейсмичности западной части Тихого океана // НТР. 2011. Т. 90, № 3. С.40–46.
- Децереверская Е.В., Сидорин А.Я. Ложная годовая периодичность землетрясений, обусловленная сезонными изменениями помех // Докл. РАН. 2005. Т. 400, № 6. С.798–802.
- Ежегодники “Землетрясения в СССР в 1962–1991 году”. М.: Наука, 1964–1997.
- Ежегодники “Землетрясения Северной Евразии, 1992–2005 год”. Обнинск: ГС РАН, 1997–2011.
- Каталог NEIC – The USGS National Earthquake Information Center’s PDE Catalog
<http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eqarchives/epic/>
- Левин Б.В., Сасорова Е.В., Журавлев С.А. Внутригодовая повторяемость активизации сейсмического процесса для Тихоокеанского региона // Докл. РАН. 2005. Т. 403, № 4. С.534–540.
- Левин Б.В., Родкин М.В., Сасорова Е.В. О возможной природе сейсмической границы на глубине 70 км // Докл. РАН. 2007. Т. 414, № 1. С.101–104.
- Сидорин А.Я. Годовая и суточная периодичность землетрясений Нурекского района // Геофизические исследования. 2003. Вып. 4. С.99–114.
- Сытинский А.Д. О связи сейсмичности Земли с солнечной активностью // Усп. физ. наук. 1973. Т. 3, вып. 2. С.367–369.
- Сытинский А.Д. О связи землетрясений с солнечной активностью // Физика Земли. 1989. № 2. С.13–30.
- Уломов В.И. О глобальных изменениях сейсмического режима Земли в период 1965–2005 гг. // Докл. РАН. 2007а. Т. 414, № 3. С.398–401.
- Уломов В.И. О глобальных изменениях сейсмического режима Земли и уровня водной поверхности Земли // Физика Земли. 2007б. № 9. С.3–17.
- Хомутов С.Ю. Исследование зависимости глобальной сейсмичности от положения Луны // Геология и геофизика. 1995. Т. 36, № 4. С.88–102.
- Gutenberg B., Richter C. Earthquake magnitude, intensity, energy and acceleration // Bull. Seismol. Soc. Amer. 1956. V. 46, N 2. P.105–145.
- Knopoff L. Correlation of earthquakes with lunar orbital motions // Moon. 1970. V. 2. P.140–143.
- Richter C. Instrumental earthquake magnitude scale // Bull. Seism. Soc. Am. 1935. V. 25, N 1. P.1–32.

Сведения об авторах

БУРМИН Валерий Юрьевич – доктор физико-математических наук, заведующий лабораторией, Институт физики Земли им. О.Ю.Шмидта РАН. 123995, ГСП-5, Москва, Д-242, ул. Большая Грузинская, д. 10, стр. 1. Тел.: (499) 254-68-95. E-mail: burmin@ifz.ru

АВETИСЯН Андрей Мергевосович – доктор физико-математических наук, профессор, ведущий научный сотрудник, Институт геофизики и инженерной сейсмологии имени академика А.Назарова НАН РА, 3115, г.Гюмри, ул. В. Саргсяна 5. Тел.: (00374)94 43-51-40. E-mail: avet.andrey@mail.ru

КАЗАРЯН Карлен Суренович – Институт геофизики и инженерной сейсмологии имени академика А.Назарова НАН РА, инженер, 3115, г.Гюмри, ул. В. Саргсяна 5. Тел.: (00374)77 809-149 E-mail: g.karlen90@bk.ru

СЕРГЕЕВА Наталия Александровна – кандидат физико-математических наук, заведующая лабораторией, Геофизический центр РАН. 119296, Москва, ул. Молодежная, д. 3. Тел.: (495) 930-56-49. E-mail: n.sergeyeva@gcras.ru

Some regularities of recent seismicity Caucasus

V.Yu. Burmin¹, A.M. Avetisyan², N.A. Sergeeva³, K.C. Kazaryan²

¹ *Schmidt Institute of Physics of the Earth, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

² *Institute of Geophysics and Engineering Seismology, National Academy of Sciences of Armenia, Gyumri, Armenia*

³ *Geophysical Center, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

Abstract. Some aspects of the seismicity of the Caucasus on the basis of the catalog of earthquakes for the period from 1962 to 2011. The connection between the energy classes of earthquakes with a magnitudes of their is retrieved. Also are obtained the change in the schedule of earthquake recurrence from year to year, and the seasonal cycle of energy released during earthquakes. Total catalog of earthquakes in the Caucasus during the period contains about 40,000 events with a magnitude of -1.0 to 7.5 .

Keywords: seismic, energy class, magnitude.