

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. За указанный период каталог содержит около 40000 событий магнитудой от -1.0 до 7.5 . Получены корреляционные соотношения энергетических классов землетрясений с их магнитудами, выявлены изменения графика повторяемости землетрясений от года к году и сезонная цикличность энергии, высвобождаемой при землетрясениях.

Ключевые слова: сейсмичность, Кавказ, закономерности проявления, энергетический класс, магнитуда, корреляционные соотношения.

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; Сидорин, 2004, 2005а]; зависимость глобальной сейсмичности от положения небесных тел и, в частности, Луны [Кнорфф, 1970; Хомутов, 1995]; годовая и сезонная периодичность глобальной и локальной сейсмичности [Децереvская, Сидорин, 2005а,б; Сидорин, 2005б, 2009, 2011, 2012; 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.

Соотношение 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.

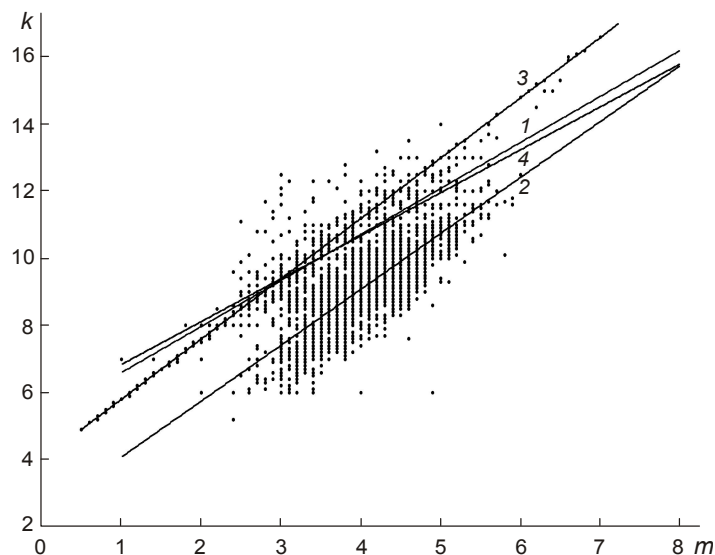


Рис. 1. Связь энергетических классов с магнитудами для кавказских землетрясений с 1962 по 2011 гг.

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, 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].

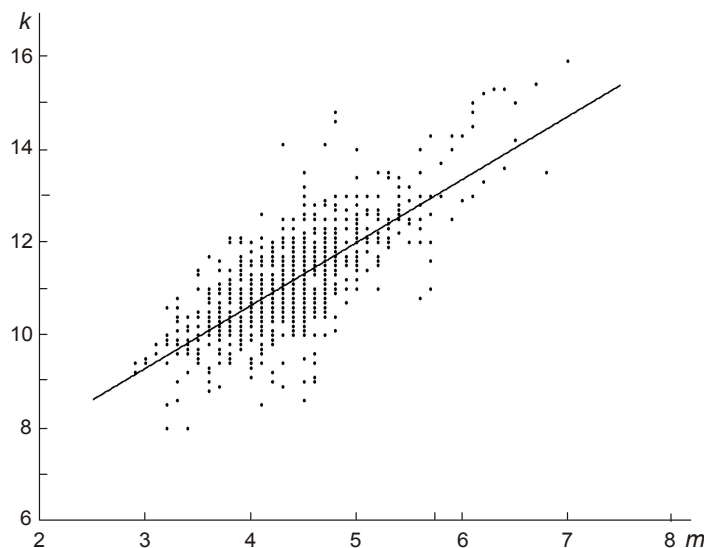


Рис. 2. Связь энергетических классов с магнитудами для кавказских землетрясений, полученная для событий, взятых из каталога NEIC и единого каталога, составленного авторами

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 Гутенберга–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.

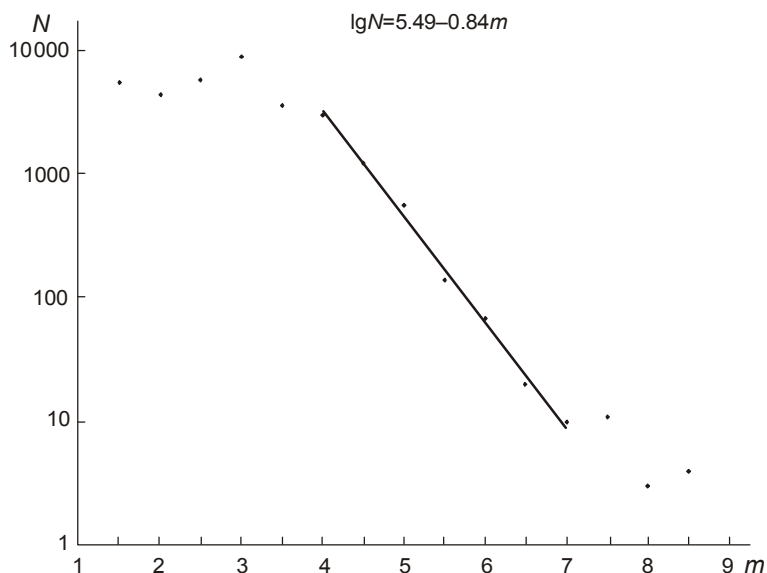


Рис. 3. График повторяемости для землетрясений Кавказа для периода с 1962 по 2011 гг.

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.

Долговременные вариации 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.

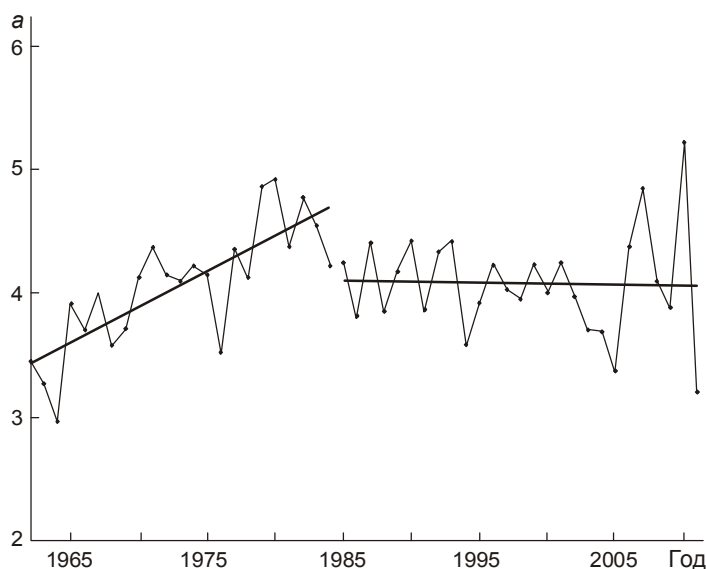


Рис. 4. Изменение параметра a графика повторяемости от года к году за период с 1962 по 2011 гг.

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 .

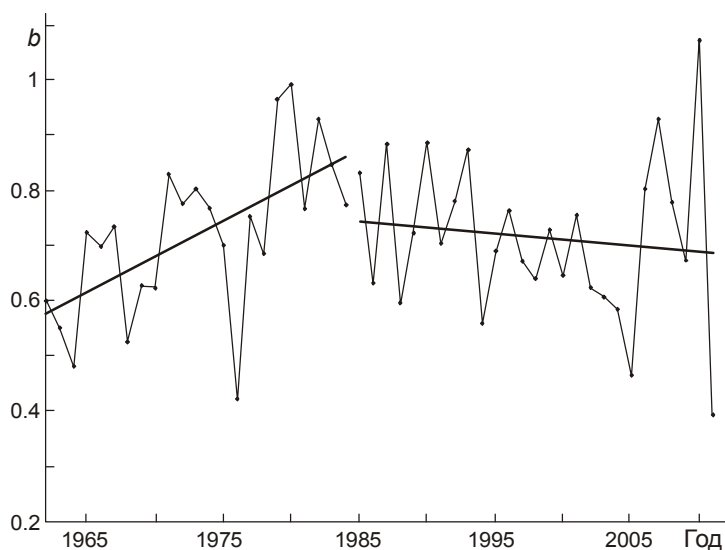


Рис. 5. Изменение коэффициента b графика повторяемости от года к году с 1962 по 2011 гг.

Сезонная зависимость глобальной сейсмичности Кавказа

Связь между магнитудой m и энергией $E_{\text{эрг}}$ (эрг) сейсмических волн, высвобождаемой при землетрясении, определяется формулой Гутенберга–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.

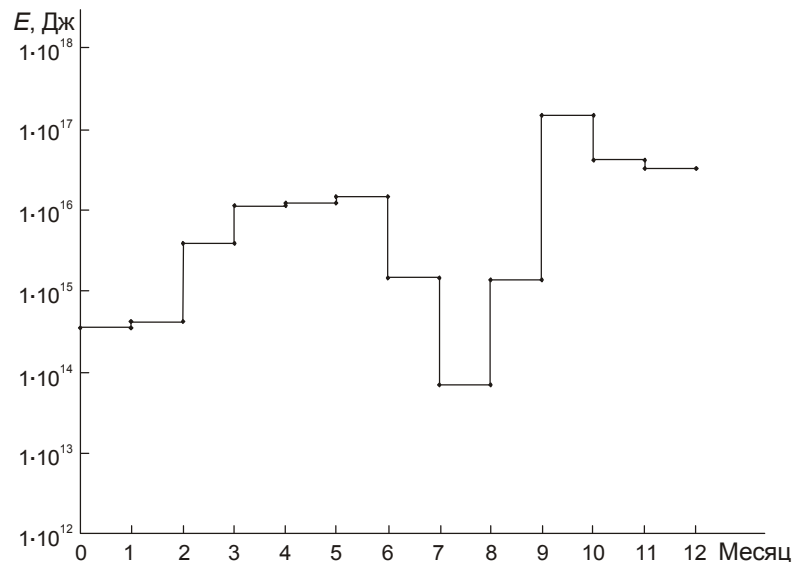


Рис. 6. Распределение энергии землетрясений по месяцам года за период с 1962 по 2011 гг.

Заключение

Результаты анализа сейсмичности Кавказа позволяют сделать вывод, что за последние пятьдесят лет сейсмическая активность региона менялась от года к году. При этом с 1962 по 1984 гг. сейсмическая активность заметно увеличивалась, а с 1985 г. вплоть до 2005 г. уменьшалась. 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 Института 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 // Наука и технологические разработки. 2011. Т. 90, № 3. С.40–46.
- Децеровская Е.В., Сидорин А.Я. Ложная годовая периодичность землетрясений, обусловленная сезонными изменениями помех // Докл. РАН. 2005а. Т. 400, № 6. С.798–802.
- Децеровская Е.В., Сидорин А.Я. Внутрисезонные колебания сейсмичности Гармского полигона и их связь с атмосферными процессами // Докл. РАН. 2005б. Т.401. №1. С.80–83.
- Ежегодники “Землетрясения в СССР в 1962–1991 гг.”. М.: Наука, 1964–1997.
- Ежегодники “Землетрясения Северной Евразии, 1992–2005 гг.”. 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. Влияние Солнца на сейсмичность и сейсмический шум // Сейсмические приборы. 2004. Вып. 40. С.71–80.
- Сидорин А.Я. Полуденный эффект во временных рядах землетрясений и сейсмического шума // Докл. РАН. 2005а. Т. 402, № 6. С.822–827.
- Сидорин А.Я. Годовая и суточная периодичность землетрясений Нурекского района // Геофизические исследования. 2005б. Вып. 4. С.99–114.
- Сидорин А.Я. Суточная периодичность землетрясений и ее сезонные изменения // Сейсмические приборы. 2009. Т. 45, № 4. С.69–84.
- Сидорин А.Я. Синхронные сезонные изменения гидрорежима и активности слабых землетрясений в Гармском районе // Геофизические процессы и биосфера. 2011. Т. 10, № 3. С.66–73.
- Сидорин А.Я. Неравномерность внутригодового распределения сильных землетрясений Гармского полигона // Геофизические процессы и биосфера. 2012. Т. 11, № 4. С.58–64
- 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. Seismol. Soc. Amer. 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 им. акад. А. Назарова НАН Республики Армения. 3115, г. Гюмри, ул. В. Саргсяна, д. 5. Тел.: (00374)94 43-51-40. E-mail: avet.andrey@mail.ru

КАЗАРЯН Карлен Суменович – инженер, Институт геофизики и инженерной сейсмологии им. акад. А. Назарова НАН Республики Армения. 3115, г. Гюмри, ул. В. Саргсяна, д. 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 seismicity regularities of the Caucasus

V.Yu. Burmin¹, A.M. Avetisyan², N.A. Sergeeva³, K.S. 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 Caucasus seismicity are considered on the basis of the earthquake catalog from 1962 to 2011. The data on about 40000 seismic events of magnitudes from -1.0 to 7.5 are included in the catalog. Correlation equations between the energy classes and magnitudes of the earthquakes are calculated. Inter-annual changes in the Gutenberg–Richter relationship and seasonal cycles of seismic energy release are revealed.

Keywords: seismicity, Caucasus, regularity, energy class, magnitude, correlation.