

## ПОИСК ТЕХНОГЕННЫХ ЭФФЕКТОВ В КАТАЛОГЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ГАРМСКОГО ПОЛИГОНА

© 2015 г. А.Я. Сидорин

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

Выполнены исследования по поиску техногенных эффектов в каталоге землетрясений высокогорного Гармского района Таджикистана. Территория района характеризуется малой плотностью населения и низким уровнем техногенных помех. Используются методы фазовой диагностики на основе сравнения данных о суточной периодичности землетрясений, относящихся к временным интервалам с разными фазами активности техносферы. Сравнивались данные, относящиеся к периодам действия летнего времени, когда часы были переведены на один час вперед, и данные, полученные в период действия зимнего времени. Предполагалось, что при наличии сильных техногенных эффектов фаза суточной периодичности должна скачком сдвигаться на час вперед при переходе на летнее время. Анализ осуществлялся с помощью периодограмм Ломба–Скаргла, метода наложения эпох, взаимного корреляционного анализа и фазовых диаграмм (годографов) Рэлея–Шустера. Несмотря на то что суточная периодичность в исследованном каталоге землетрясений выражена очень отчетливо, ни одним из использованных методов не удалось обнаружить искомого эффекта сдвига ее фазы при переходах на летнее время и обратно. Это можно объяснить большой погрешностью полученных оценок, низким уровнем техногенных помех и обусловленностью суточной периодичности землетрясений на Гармском полигоне природными процессами.

*Ключевые слова:* сейсмичность, Гармский полигон, техногенные эффекты, суточная периодичность, методы фазовой диагностики, переход на летнее время.

### Литература

- Адушкин В.В.* Сейсмичность взрывных работ на территории Европейской части России // Физика Земли. 2013. № 2. С. 110–130. doi: 10.7868/S000233371301002X
- Адушкин В.В., Спивак А.А.* Афтершоки подземных взрывов: Препринт. ИГД АН СССР, 1991. 34 с.
- Адушкин В.В., Родионов В.Н., Турунтаев С.Б., Юдин А.Е.* Сейсмичность месторождений углеводородов // Нефтегазовое обозрение – Шлюмберже. 2000. Т. 5, № 1. С. 4–15.
- Акрамходжаев А.М., Ситдииков Б.Б., Бегметов Э.Ю.* О возбужденном характере Газлийских землетрясений в Узбекистане // Узбек. геол. журн. 1984. № 4. С. 17–19.
- Годзиковская А.А.* Задача распознавания карьерных взрывов и местных землетрясений // Вопросы инженерной сейсмологии. 1987. Вып. 28. С. 232–236.
- Годзиковская А.А.* Местные взрывы и землетрясения. М.: Гидропроект, 1995. 100 с.
- Годзиковская А.А.* Дальность макросейсмических проявлений взрывов // Вопросы инженерной сейсмологии. 2012. Т. 39, № 3. С. 52–58.
- Годзиковская А.А., Прибылова Н.Е.* Сейсмические события Европейской части бывш. СССР, Урала и Западной Сибири // Вопросы инженерной сейсмологии. 2014. Т. 41, № 2. С. 5–22.
- Гупта Х., Растоги Б.* Плотины и землетрясения. М.: Мир, 1979. 256 с.
- Децеровская Е.В., Сидорин А.Я.* Ложная годовая периодичность землетрясений, обусловленная сезонными изменениями помех // Докл. РАН. 2005. Т. 400, № 6. С. 798–802.

- Еременко А.А., Еременко В.А., Скляр Н.И., Матвеев И.Ф., Шупеев О.В.* Влияние промышленных взрывов на распределение сейсмических и динамических явлений в массиве горных пород // Горн. журн. 2002. № 1. С. 40–43
- Еременко В.А., Еременко А.А., Рашиева С.В., Турунтаев С.Б.* Влияние взрывов на техногенную сейсмичность в районе Таштагольского месторождения // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2009. № 5. С. 66–74.
- Журавлев В.И., Лукк А.А.* Полуденная активизация сейсмичности в Турции и ряде других регионов мира // Геофизические исследования. 2011. Т. 12, № 4. С. 31–57.
- Зотов Г.А., Черных В.А.* Геодинамические процессы при разработке месторождений углеводородов // Геотехнологические проблемы разработки месторождений природного газа. М.: ВНИИГАЗ, 1992. С. 24–30.
- Калинин В.* Свита для нефтяных королей // Сибирская нефть. 2012. № 4/91. С. 16–19.
- Капустян Н.К., Сидорин А.Я., Фихиева Л.М.* Воздействие Нурекского водохранилища на геофизическую среду. М.: ОИФЗ РАН, 1998. 24 с.
- Мардиа К.* Статистический анализ угловых наблюдений / Пер. с англ. Под ред. Л.Н. Большева. М.: Наука, 1978. 240 с.
- Мирзоев К.М., Негматуллаев С.Х.* Влияние механических вибраций на сейсмичность // Докл. АН СССР. 1990. Т. 313, № 1. С. 78–83.
- Науменко Б.Н.* О явлении частичной ликвидации тектонических напряжений штормовыми микросейсмами // Изв. АН СССР. 1979. № 8. С. 72–75.
- Орлов С.* Меняя правила // Сибирская нефть. 2012. № 4/91. С. 10–14.
- Островский А.А.* Возможная причина сезонной периодичности некоторых калифорнийских землетрясений // Докл. АН СССР. 1990. Т. 313, № 1. С. 83–86.
- Ризниченко Ю.В. (ред.).* Методы детального изучения сейсмичности. М.: Изд-во АН СССР, 1960. 328 с. (Тр. Ин-та физики Земли. № 9 (176)).
- Садовский М.А., Мирзоев К.М., Негматуллаев С.Х., Саломов Н.Г.* Влияние механических микроколебаний на характер пластических деформаций материалов // Изв. АН СССР. Физика Земли. 1981. № 6. С. 32–42.
- Сидорин А.Я. (ред.).* Гармский геофизический полигон. М.: ИФЗ АН СССР, 1990. 240 с.
- Сидорин А.Я.* Годовая и суточная периодичности землетрясений Нурекского района // Геофизические исследования. 2005а. № 4. С. 99–114.
- Сидорин А.Я.* Полуденный эффект во временных рядах землетрясений и сейсмического шума // Докл. РАН. 2005б. Т. 402, № 6. С. 822–827.
- Сидорин А.Я.* Суточная периодичность землетрясений Средней Азии. Ч. 5. Каталог Киргизской цифровой широкополосной сейсмической сети KNET Греции // Сейсмические приборы. 2007. Вып. 43. С. 61–78.
- Сидорин А.Я.* О применении метода Рэля–Шустера в исследованиях периодичности землетрясений // Сейсмические приборы. 2009. Т. 45, № 3. С. 29–40.
- Сидорин А.Я.* Причина необычной суточной периодичности сейсмических событий // Вопросы инженерной сейсмологии. 2011а. Т. 38, № 2. С. 55–70.
- Сидорин А.Я.* Связь параметров фазовых диаграмм суточной периодичности и графика повторяемости землетрясений Гармского района // Вопросы инженерной сейсмологии. 2011б. Т. 38, № 4. С. 59–82.
- Сидорин А.Я.* Различия внутрисуточных фазовых диаграмм потоков землетрясений разной энергии // Сейсмические приборы. 2013а. Т. 49, № 2. С. 71–84.
- Сидорин А.Я.* Особенности суточной периодичности землетрясений Японии // Сейсмические приборы. 2013б. Т. 49, № 3. С. 55–84.
- Сидорин А.Я.* Техногенные эффекты в сейсмичности района Курпсайского и Токтогульского водохранилищ // Вопросы инженерной сейсмологии. 2014. Т. 41, № 3. С. 75–86.

- Смирнова М.Н.* Возбужденные землетрясения в связи с разработкой нефтяных месторождений (на примере Старогрозненского землетрясения) // Влияние инженерной деятельности на сейсмический режим. М.: Наука, 1977. С. 128–141.
- Bardainne T., Dubos-Sallée N., Sénéchal G., Gaillot P., Perroud H.* Analysis of the induced seismicity of the Lacq gas field (Southwestern France) and model of deformation // *Geophys. J. Int.* 2008. V. 172, N 3. P. 1151–1162.
- Brodsky E.E., Lajoie L.J.* Anthropogenic seismicity rates and operational parameters at the Salton Sea geothermal field // *Science.* 2013. V. 341, N 6145. P. 543–546.
- Carlidge E.* Human activity may have triggered fatal Italian earthquakes, Panel Says // *Science.* 2014. V. 344, N 6180. P. 141. doi: 10.1126/science.344.6180.141
- Cesca S., Grigoli F., Heimann S., Gonz'alez A., Buforn E., Maghsoudi S., Blanch E., Dahm T.* The 2013 September–October seismic sequence offshore Spain: A case of seismicity triggered by gas injection? // *Geophys. J. Int.* 2014. V. 198. P. 941–953.
- Davies R., Foulgera G., Bindleya A., Styles P.* Induced seismicity and hydraulic fracturing for the recovery of hydrocarbons // *Marine and Petroleum Geology.* 2013. V. 45. P. 171–185. doi: 10.1016/j.marpetgeo.2013.03.016
- Deichmann N., Giardini D.* Earthquakes induced by the stimulation of an enhanced geothermal system below Basel (Switzerland) // *Seismol. Res. Lett.* 2009. V. 80, N 5. P. 784–798.
- Dura-Gomez I., Talwani P.* Reservoir induced seismicity associated with the Itoiz Reservoir, Spain: A case study // *Geophys. J. Int.* 2010. V. 181. P. 343–356.
- Ellsworth W.L.* Injection-induced earthquakes // *Science.* 2013. V. 341, N 6142. P. 142–143. doi: 10.1126/science.1225942
- Evans D.M.* The Denver area earthquakes and the Rocky Mountain Arsenal disposal well // *Mountain Geologist.* 1966. V. 3. P. 23–36.
- Grasso J.-R., Wittlinger G.* Ten years of seismic monitoring over a gas field // *Bull. Seism. Soc. Amer.* 1990. V. 80. P. 450–473.
- Gulia J.* Detection of quarry and mine blast contamination in European regional catalogues // *Natural Hazards.* 2009. V. 53, N 2. P. 229–249.
- Gupta H.K.* Reservoir-induced seismicity. Amsterdam: Elsevier Sci. Publ. B. V., 1992. 364 p. (Developments in Geotechnical Engineering, 64).
- Hand E.* Injection wells blamed in Oklahoma earthquakes // *Science.* 2014. V. 345, N 6192. P. 13–14. doi: 10.1126/science.345.6192.13
- Healy J., Rubey W., Griggs D., Raleigh C.* The Denver earthquake // *Science.* 1968. V. 161. P. 1301–1310.
- Horasan G., Boztepe-Guney A., Kusmezer A., Bekler F., Ogutcu Z., Musaoglu N.* Contamination of seismicity catalogs by quarry blasts: An example from İstanbul and its vicinity, Northwestern Turkey // *J. Asian Earth Sci.* 2009. V. 34, N 1. P. 90–99.
- Hsieh P.A., Bredehoeft J.D.* A reservoir analysis of the Denver earthquakes: A case of induced seismicity // *J. Geophys. Res.* 1981. V. 86, N 2. P. 903–920.
- Keranen K.M., Weingarten M., Abers G.A., Bekins B.A., Ge S.* Sharp increase in Central Oklahoma seismicity since 2008 induced by massive wastewater injection // *Science.* 2014. V. 345, N 6195. P. 448–451. doi: 10.1126/science.1255802
- Kerr R.A., Stone R.* A human trigger for the great quake of Sichuan? // *Science.* 2009. V. 323, N 5912. P. 322. doi: 10.1126/science.323.5912.322
- Kiszely M.M.* Discriminating of small earthquakes from quarry-blasts in the Vértes Hills, Hungary using complex analysis // *Acta Geodetica et Geophysica Hungarica.* 2009. V. 44, N. 2. P. 227–244.
- Kiszely M.M.* Statistical analysis of earthquakes and quarry blasts in the Carpathian Basin – new problems and facilities // *Carpathian J. of Earth and Environmental Sci.* 2010. V. 5, N 2. P. 101–110.
- Liu S., Xu L., Talwani P.* Reservoir induced seismicity in the Dajangkou Reservoir: A quantitative analysis // *Geophys. J. Int.* 2011. V. 185. P. 514–526.

- Lomb N.R.* Least-squares frequency analysis of unequally spaced data // *Astrophys. Space Sci.* 1976. V. 39. P. 447–462.
- Mekkawi M., Grasso J.R., Schnegg P.A.* A long-lasting relaxation of seismicity at Aswan reservoir, Egypt, 1982–2001 // *Bull. Seism. Soc. Amer.* 2004. V. 94. P. 479–492.
- Mulargia F., Bizzarri A.* Anthropogenic triggering of large earthquakes // *Sci. Rep.* 2014. V. 4. Article N 6100. doi: 10.1038/srep06100
- Record number of Oklahoma tremors raises possibility of damaging earthquakes / Updated USGS – Oklahoma Geological Survey Joint Statement on Oklahoma Earthquakes. Originally Released: 10/22/2013 1:07:59 PM; Updated May 2, 2014.
- Rubinstein J.L., Ellsworth W.L., McGarra A., Benz H.M.* The 2001–present induced earthquake sequence in the raton basin of Northern New Mexico and Southern Colorado // *Bull. Seism. Soc. Amer.* 2014. V. 104, N 5. P. 2162–2181. doi: 10.1785/0120140009.
- Scargle J.D.* Studies in astronomical time series analysis. II. Statistical aspects of spectral analysis of unevenly spaced data // *Astrophys. J.* 1982. V. 263. P. 835–853.
- van der Elst N.J., Savage H.M., Keranen K.M., Abers G.A.* Enhanced remote earthquake triggering at fluid-injection sites in the Midwestern United States // *Science.* 2013. V. 141, N 6142. P. 164–167. doi: 10.1126/science.1238948.
- Westaway R., Younger P.L.* Quantification of potential macroseismic effects of the induced seismicity that might result from hydraulic fracturing for shale gas exploitation in the UK // *Quart. J. of Eng. Geol. and Hydrogeol.* 2014. V. 47. P. 333–350.