

## Тензор сейсмического момента и динамические параметры землетрясений Центрального Тянь-Шаня

Н.А. Сычева

Научная станция РАН в г. Бишкеке, Киргизия

\*E-mail: [nelya@gdirc.ru](mailto:nelya@gdirc.ru)

### Резюме [Abstract ENG](#)

По данным сети KNET на основе метода волновой инверсии определены тензоры сейсмических моментов (ТСМ) 177 землетрясений с  $K \geq 10.5$  ( $M \geq 3.6$ ), произошедших на территории Центрального Тянь-Шаня с 2007 по 2017 г. Полученные решения добавлены в каталог ТСМ. Представлены некоторые характеристики полного каталога ТСМ, включающего 284 события с  $2.8 \leq M \leq 6$  за 1996–2017 гг. Построены диаграммы азимутов главных осей напряжений и графики распределения угла погружения. Ось сжатия для большей части событий имеет север-северо-западное направление и субгоризонтальное положение, для оси растяжения не выявлено преимущественного направления, положение для большинства событий субвертикальное. Для 150 событий с 1999 по 2014 г. в дополнение к скалярному сейсмическому моменту получены динамические параметры (ДП): радиус очага (радиус Брюна) и сброс касательных напряжений. Исследованы корреляции между ДП и магнитудой. Наиболее слабой оказалась связь сброса напряжений с магнитудой землетрясения. На основе тензоров сейсмического момента из каталога ТСМ построено распределение коэффициента Лоде–Надаи и отмечены типы деформации, характерные для исследуемой территории. Проведено сопоставление режимов деформации с величиной сброшенных напряжений.

### Ключевые слова

землетрясение, тензор сейсмического момента, моментная магнитуда, скалярный сейсмический момент, угловая частота, радиус очага, сброс касательных напряжений, коэффициент Лоде–Надаи

**Для цитирования:** Сычева Н.А. Тензор сейсмического момента и динамические параметры землетрясений Центрального Тянь-Шаня. *Геосистемы переходных зон*, 2020, т. 4, № 2, с. 178–191. <https://doi.org/10.30730/gtrz.2020.4.2.178-191.192-209>.

**For citation:** Sycheva N.A. Seismic moment tensor and dynamic parameters of earthquakes in the Central Tien Shan: translation. *Geosistemy perekhodnykh zon = Geosystems of Transition Zones*, 2020, vol. 4, no. 2, pp. 192–209. (In Engl.). <https://doi.org/10.30730/gtrz.2020.4.2.178-191.192-209>

### Список литературы

1. *Геологическая карта Киргизской ССР. 1980.* Масштаб 1 : 500 000. Гл. ред. С.А. Игембердиев. Л.: Мингео СССР, 6 л.
2. *Земная кора и верхняя мантия Тянь-Шаня в связи с геодинамикой и сейсмичностью. 2006.* Отв. ред. А.Б. Бакиров. Бишкек: Илим, 116 с.
3. Костюк А.Д. 2008. Механизмы очагов землетрясений средней силы на Северном Тянь-Шане. *Вестник Кыргызско-Российского Славянского университета*, 8(1): 100–105.
4. Костюк А.Д., Сычева Н.А., Юнга С.Л., Богомолов Л.М., Яги Ю. 2010. Деформация земной коры Северного Тянь-Шаня по данным очагов землетрясений и космической й геодезии. *Физика Земли*, 3: 52–65.
5. Кочарян Г.Г. *Геомеханика разломов.* М.: ГЕОС, 2016, 424 с.

6. Крестников В.Н., Шишкин Е.И., Штанге Д.В., Юнга С.Л. **1987**. Напряженное состояние земной коры Центрального и Северного Тянь-Шаня. *Изв. АН СССР. Физика Земли*, 3: 13–30.
7. Курскеев А.К. **2004**. *Землетрясения и сейсмическая безопасность Казахстана*. Алматы: Эверо, 501 с.
8. Курскеев А.К., Белослюдовцев О.М., Жданович А.Р., Серазетдинова Б.З., Степанов Б.С., Узбеков Н.Б. **2004**. *Сейсмологическая опасность орогенов Казахстана*. Алматы: Эверо, 294 с.
9. Пузырев Н.Н. **1997**. *Методы и объекты сейсмических исследований*. Новосибирск: Изд-во СО РАН: НИЦОИГГМ, 300 с.
10. Раутиан Т.Г. **1960**. Энергия землетрясений. *Методы детального изучения сейсмичности*. М.: Изд-во АН СССР, 176: 75–114.
11. Ризниченко Ю.В. **1985**. Проблемы сейсмологии. В кн.: *Избранные труды*. М.: Наука, 408 с.
12. Сим Л.А., Сычева Н.А., Сычев В.Н., Маринин А.В. **2014**. Особенности палео и современных напряжений Северного Тянь-Шаня. *Физика Земли*, 3: 77–91. doi:10.7868/S0002333714030107
13. Сычев В.Н., Сычева Н.А. **2018**. Программный комплекс CodaQ расчета добротности среды на основе модели однократного рассеяния: авт. свид-во № 2018610919 (KG); Научная станция РАН в г. Бишкеке. № 2017614787; заявл. 25.05.2017; опублик. 19.01.2018.
14. Сычев В.Н., Сычева Н.А., Имашев С.А. **2019**. Исследование афтершоковой последовательности Суусамырского землетрясения. *Геосистемы переходных зон*, 3(1): 35–43. doi:10.30730/2541-8912.2019.3.1.035-043
15. Сычева Н.А., Мансуров А.Н. **2017**. Сравнение оценок деформаций земной коры Бишкекского геодинамического полигона на основе сейсмологических и GPS-данных. *Геодинамика и тектонофизика*, 8(4): 809–825.
16. Филин А.П. **1975**. *Прикладная механика твердого деформируемого тела*. 1. М.: Наука, 832 с.
17. Юнга С.Л. **1990**. *Методы и результаты изучения сейсмотектонических деформаций*. М.: Наука, 191 с.
18. Abercrombie R.E., Rice J.R. **2005**. Can observations of earthquake scaling constrain slip weakening? *Geophysical J. International*, 162: 406–424. <https://doi.org/10.1111/j.1365-246x.2005.02579.x>
19. Brune J.N. **1970**. Tectonic stress and the spectra of seismic shear waves from earthquakes. *J. of Geophysical Research*, 75(26): 4997–5009. <https://doi.org/10.1029/jb075i026p04997>
20. Brune J.N. **1971**. Corrections. *J. of Geophysical Research*, 76: 5002.
21. Chelidze T. et al. (Eds) **2018**. *Complexity of seismic time series: Measurement and application*. Amsterdam, Netherlands: Elsevier, 548 p. <https://doi.org/10.1016/c2016-0-04546-1>
22. Dziewonski A.M., Chou T.-A., Woodhouse J. H. **1981**. Determination of earthquake source parameters from waveform data for studies of global and regional seismicity. *J. of Geophysical Research: Solid Earth*, 86(B4): 2825–2852. <https://doi.org/10.1029/jb086ib04p02825>
23. Eshelby J.D. **1957**. The determination of elastic field of an ellipsoidal inclusion and related problems. *Proceedings of the Royal Society of London*, A241(1226): 376–396. <https://doi.org/10.1098/rspa.1957.0133>
24. Fukahata Yu., Yagi Y., Matsu'ura M. **2003**. Waveform inversion for seismic source processes using ABIC with two sorts of prior constraints: Comparison between proper and improper formulations. *Geophysical Research Letters*, 30. <https://doi.org/10.1029/2002gl016293>
25. Kanamori H. **1977**. The energy release in great earthquakes. *J. of Geophysical Research*, 82(20): 2981–2987. <https://doi.org/10.1029/jb082i020p02981>
26. Kikuchi M., Kanamori H. **1991**. Inversion of complex body waves-III. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 81(6): 2335–2350.
27. Kohketsu K. **1985**. The extended reflectivity method for synthetic nearfield seismograms. *J. of Physics of the Earth*, 33: 121–131. <https://doi.org/10.4294/jpe1952.33.121>
28. Lay T., Wallace T. (eds) **1995**. *Modern global seismology*. San-Diego: Academic Press, 517 p. (International Geophysics; 58).
29. Madariaga R. **1979**. On the relation between seismic moment and stress drop in the presence of stress and strength heterogeneity. *J. of Geophysical Research*, 84: 2243–2250. <https://doi.org/10.1029/jb084ib05p02243>
30. Reasenber P.A., Oppenheimer D. **1985**. FPFIT, FPLOT and FPPAGE: FORTRAN Computer Programs for Calculating and Displaying Earthquake Fault-Plane Solutions. *US Geological Survey Open- File Report*, 85–739. 109 p.
31. Roecker S.W., Sabitova T.M., Vinnik L.P., Burmakov Y.A., Golvanov M.I., Mamatkanova R., Munirova L. **1993**. Three-dimensional elastic wave velocity structure of the Western and Central Tien Shan. *J. of Geophysical Research*, 98(B9): 15779–15795. <https://doi.org/10.1029/93jb01560>
32. Ruff L.J. **1999**. Dynamic stress drop of recent earthquakes: Variations within subduction zones. *Pure and Applied Geophysics*, 154: 409–431. <https://doi.org/10.1007/s000240050237>
33. Scholz C.H. **2019**. *The mechanics of earthquakes and faulting*. 3<sup>rd</sup> ed. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 519 p. <https://doi.org/10.1017/9781316681473>
34. Scuderi M.M., Marone C., Tinti E., Di Stefano G., Collettini C. **2016**. Precursory changes in seismic velocity for the spectrum of earthquake failure modes. *Nature Geoscience*, 9(9): 695–700. <https://doi.org/10.1038/ngeo2775>

35. Snoke J.A. **1989**. Earthquake mechanisms. In: *Encyclopedia of geophysics*. Van Nostrand Reinhold Company, 239–245. [https://doi.org/10.1007/0-387-30752-4\\_2](https://doi.org/10.1007/0-387-30752-4_2)
36. Snoke J.A. **1990**. Clyde and the gopher: a preliminary analysis of the 12 May 1990 Sakhalin Island event. *Seismological Research Letters*, 61: 161.
37. Snoke J.A. **2000**. *FOCMEC: FOCal MEChanism determinations: A manual*. URL: [www.geol.vt.edu/outreach/vtso/focmec/](http://www.geol.vt.edu/outreach/vtso/focmec/) (дата обращения: 10.04.2020).
38. Sychev I.V., Koulakov I., Sycheva N.A., Koptev A., Medved I., Khrepy S.E., Al-Arifi N. **2018**. Collisional processes in the crust of the northern Tien Shan inferred from velocity and attenuation tomography studies. *J. of Geophysical Research: Solid Earth*, 123(2): 1752–1769. <https://doi.org/10.1002/2017JB014826>
39. Sycheva N.A., Bogomolov L. M. **2014**. Stress drop in the sources of intermediate-magnitude earthquakes in northern Tien Shan. May 2014. *Izvestiya, Physics of the Solid Earth*, vol. 50 (3): 415–426. <https://doi.org/10.1134/s1069351314030112>
40. Sycheva N.A., Bogomolov L.M. **2016**. Patterns of stress drop in earthquakes of the Northern Tien-Shan. *Russian Geology and Geophysics*, 57(11): 1635–1645. <https://doi.org/10.1016/j.rgg.2016.10.009>
41. Tsallis C. **1988**. Possible generalization of Boltzmann-Gibbs statistics. *J. of Statistical Physics*, 52(1–2): 479–487. <https://doi.org/10.1007/bf01016429>
42. Yagi Yu. **2004**. *Determination of focal mechanism by moment tensor inversion*. Tsukuba: IISSE Lecture Note, 51 p.