



## Методические аспекты исследования сейсмических последовательностей методом СРП (саморазвивающиеся процессы) на примере Невельского землетрясения на Сахалине

А. С. Закупин\*

Н. В. Богинская

М. Ю. Андреева

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН,  
Южно-Сахалинск, Россия

\*E-mail: a.zakupin@imgg.ru

### Реферат

Обсуждаются особенности применения метода анализа форшоковых последовательностей СРП (саморазвивающиеся процессы) в Сахалинском регионе. На примере Невельского землетрясения (2007 г.,  $M = 6.2$ ) методом площадного сканирования оценены характеристики активизаций, предшествующих главному толчку. Предложен универсальный подход для оценки сейсмической опасности методом СРП. Выполнены расчеты для каталога слабых землетрясений с магнитудами  $M \leq 3$  и для полного каталога сейсмических событий без ограничений по магнитуде, показано преимущество выборки слабых событий. С целью уменьшения влияния на результаты расчетов релаксационных процессов в очагах землетрясений, предшествующих Невельскому, проведена процедура декластеризации каталога. Установлена связь формирующихся последовательностей с развитием очаговой области и появлением аномальных значений параметра LURR (load-unload response ratio). Получен ряд признаков, по которым в режиме реального времени можно выделить место и время (с точностью до недель) главного события.

### Ключевые слова

сейсмичность, сейсмические события, метод LURR, каталог землетрясений, разлом, сейсмический прогноз

**Для цитирования:** Закупин А.С., Богинская Н.В., Андреева М.Ю. Методические аспекты исследования форшоковых последовательностей методом СРП (саморазвивающиеся процессы) на примере Невельского землетрясения на Сахалине. *Геосистемы переходных зон*. 2019. Т. 3, № 4. С. 377–389. <https://doi.org/10.30730/2541-8912.2019.3.4.377-389>

**For citation:** Zakupin A.S., Boginskaya N.V., Andreeva M.Yu. Methodological aspects of the study of aftershock sequences by SDP (self-developing processes) on the example of the Nevel'sk earthquake on Sakhalin. *Geosystems of Transition Zones*, 2019, vol. 3, no. 4, pp. 377–389. (In Russian) <https://doi.org/10.30730/2541-8912.2019.3.4.377-389>

### Список литературы

1. Завьялов А.Д. *Среднесрочный прогноз землетрясений: основы, методика, реализация*. М.: Наука, 2006. 254 с.
2. Закупин А.С. Программный комплекс для анализа неустойчивости сейсмического процесса // *Геоинформатика*. 2016. № 1. С. 34–43.
3. Закупин А.С., Левин Ю.Н., Богинская Н.В., Жердева О.А. Развитие методов среднесрочного прогноза на примере Онорского землетрясения на Сахалине ( $M_w=5.8$ , 14 августа 2016 года) // *Геология и геофизика*. 2018. Т. 59, № 11. С. 1904–1911. doi:[10.15372/GiG20181112](https://doi.org/10.15372/GiG20181112) [Zakupin A.S., Levin Yu.N., Boginskaya N.V., Zherdeva O.A. Development of medium-term prediction methods: A case study of the August 14, 2016 Onor ( $M_w = 5.8$ ) earthquake on Sakhalin. *Russian Geology and Geophysics*. 59(11): 1526-1532. <https://doi.org/10.1016/j.rgg.2018.10.012>]

4. Зубков С.И. *Предвестники землетрясений*. М.: ОИФЗ РАН, 2002. 140 с.
5. Левин Б.В., Ким Ч.У., Соловьев В.Н. Оценка сейсмической опасности и результаты детального сейсмического районирования для городов о. Сахалин = [Levin B.V., Chun Un Kim, Solovjev V.N. Seismic hazard estimate and results of detailed seismic zoning for the cities of Sakhalin Island] // *Тихоокеанская геология*. 2012. Т. 31, № 5. С. 93–103.
6. Малышев А.И. Динамика саморазвивающихся процессов // *Вулканология и сейсмология*. 1991. № 4. С. 61–72.
7. Малышев А.И. Прогнозируемость сейсмического потока и сильных землетрясений Камчатки в 1962–2014 гг. *Вулканология и сейсмология*. 2019. № 1. С. 52–66. [Malyshev A.I. The predictability of seismicity and large earthquakes: Kamchatka 1962 to 2014. *J. of Volcanology and Seismology*. 2019, 13(1): 42-55]. <https://doi.org/10.31857/s0205-96142019152-66>
8. Малышев А.И., Малышева Л.К. Прогнозируемость потока сейсмической энергии северо-западного обрамления Тихого океана по данным каталога USGS = Malyshev A.I., Malysheva L.K. Predictability of seismic energy rate in northwest frame of Pacific Ocean on the base of USGS catalogue // *Геосистемы переходных зон = Geosystems of Transition Zones*. 2018. Т. 2, № 3. С. 141–153. [doi.org/10.30730/2541-8912.2018.2.3.141-153](https://doi.org/10.30730/2541-8912.2018.2.3.141-153)
9. Малышев А.И., Тихонов И.Н. Нелинейные закономерности развития сейсмического процесса во времени // *Физика Земли*. 2007. № 6. С. 37–51.
10. Матвиенко Ю.Д. Применение методики М8 на Камчатке: успешный заблаговременный прогноз землетрясения 5 декабря 1997 г. // *Вулканология и сейсмология*. 1998. № 6. С. 27–36.
11. Молчан Г.М., Дмитриева О.Е. Целевой подход к проблеме идентификации афтершоков // *Сейсмичность и сейсмическое районирование Северной Евразии*. М.: ОИФЗ РАН, 1993. Вып. 1. С. 62–69.
12. Рождественский В.С., Сапрыгин С.М. Активные разломы и сейсмичность на Южном Сахалине // *Тихоокеанская геология*. 1999. № 6. С. 59–70.
13. Смирнов В.Б. Опыт оценки представительности данных каталогов землетрясений // *Вулканология и сейсмология*. 1997. № 4. С. 93–105.
14. Соболев Г.А. Стадии подготовки сильных камчатских землетрясений // *Вулканология и сейсмология*. 1999. № 4–5. С. 63–72.
15. Тихонов И.Н. *Методы анализа каталогов землетрясений для целей средне- и краткосрочного прогнозов сильных сейсмических событий*. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 2006. 214 с.
16. Тихонов И.Н. Прогноз сильного землетрясения на юго-западном шельфе острова Сахалин и его реализация в результате Невельского землетрясения 2 августа 2007 года // *Тихоокеанская геология*. 2009. Т. 28, № 5. С. 22–29.
17. Тихонов И.Н., Ким Ч.У. Успешный прогноз Невельского землетрясения 2 августа 2007 г. (MLH = 6.2) на юге о-ва Сахалин // *Доклады Академии наук*. 2008. Т. 420, № 4. С. 532–536.
18. Тихонов И.Н., Левин Б.В. Прогноз сильных землетрясений Сахалинской области: история, результаты и перспективы // *Геодинамические процессы и природные катастрофы. Опыт Нефтегорска: Всерос. науч. конф. с международным участием, 26–31 мая 2015, Южно-Сахалинск*. Владивосток: Дальнаука, 2015. С. 41–45.
19. Тихонов И.Н., Михайлов В.И., Малышев А.И. Моделирование последовательностей землетрясений юга Сахалина, предвещающих сильные толчки, с целью краткосрочного прогноза времени их возникновения // *Тихоокеанская геология*. 2017. Т. 36, № 1. С. 5–14. [Tikhonov I.N., Mikhaylov V.I., Malyshev A.I. Modeling the Southern Sakhalin earthquake sequences preceding strong shocks for short-term prediction of their origin time. *Russian J. of Pacific Geology*, 2017, 11(1): 1-10. <https://doi.org/10.1134/s18197140170100921>]
20. Харахинов В.В. *Нефтегазовая геология Сахалинского региона*. М.: Научный мир, 2010. 275 с.
21. Arellano-Baeza A.A., Zverev A.T., Malinnikov V.A. Study of changes in the leniament structure? Caused by earthquakes in South America by applying the leniament analysis to the Aster (Terra) satellite data // *Advances in Space Research*. 2006. Vol. 37. P. 690–697. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2005.07.068>
22. Geller R.J. Earthquake prediction: A critical review // *Geophysical J. International*. 1997. Vol. 131(3). P. 425–450. <https://doi.org/10.1111/j.1365-246x.1997.tb06588.x>
23. Geller R.J., Jackson D.D., Kagan Y.Y., Mulargia F. Earthquakes cannot be predicted // *Science*. 1997. Vol. 275(5306). P. 1616–1619. <https://doi.org/10.1126/science.275.5306.1616>
24. Hamilton R.M. The President's Page: Earthquake prediction and public reaction [Guest Editorial] // *EOS, Transactions American Geophysical Union*. 1974. Vol. 55(8). P. 739–742. <https://doi.org/10.1029/eo055i008p00739>
25. Kagan Y. Seismic moment-frequency relation for shallow earthquakes: Regional comparison // *J. Geophysical Research: Solid Earth*. 1997. Vol. 102(B2). P. 2835–2852. <https://doi.org/10.1029/96jb03386>

26. Swinbanks D. Trying to shake Japan's faith in forecasts // *Nature*. 1992. Vol. 356. P. 464–465.  
<https://doi.org/10.1038/356464a0>
27. Tikhonov I.N., Kim Ch.U. Confirmed prediction of the 2 August 2007 Mw 6.2 Nevelsk earthquake (Sakhalin Island, Russia) // *Tectonophysics*. 2010. Vol. 485 (1–4). P. 85–93.  
<https://doi.org/10.1016/j.tecto.2009.12.002>
28. Tikhonov I.N., Rodkin M.V. Earthquake research and analysis // Sebastiano D'Amico, Dr (ed.). *Statistical Studies, Observations and Planning*. Malta: Univ. of Malta, 2012. P. 43–78.
29. Wyss M. Cannot earthquakes be predicted? // *Science*. 1997. Vol. 278(5337). P. 487–488.  
<https://doi.org/10.1126/science.278.5337.487>
30. Wang K., Chen Qi-Fu, Sun Shihong, Wang Andong. Predicting the 1975 Haicheng Earthquake // *Bulletin of the Seismological Society of America*. 2006. Vol. 96(3). P. 757–795.  
<https://doi.org/10.1785/0120050191>
31. Zhang G., Fu Z. Some features of medium and short-term anomalies before great earthquake // *Earthquake Prediction: An International Review*. 1981. P. 497–509. (Maurice Ewing Series; vol. 4).  
<https://doi.org/10.1029/me004p0497>