

Долговременные тренды подпочвенного радона на Камчатке как индикаторы подготовки землетрясений с $M > 7.5$ в северо-западном обрамлении Тихого океана

П. П. Фирстов^{*1}

Е. О. Макаров^{1,2}

¹Камчатский филиал Федерального исследовательского центра
«Единая геофизическая служба РАН»,
Петропавловск-Камчатский, Россия

²Камчатский государственный университет имени Витуса Беринга,
Петропавловск-Камчатский, Россия

*E-mail: firstov@emsd.ru

Резюме [Abstract](#) [ENG](#)

В работе приведены результаты мониторинга объемной активности подпочвенного радона в тензочувствительной точке опорного пункта «Паратунка» (PRTR) за 2000–2020 гг. Эманиационные наблюдения в данной точке ведутся с целью поиска предвестников сильных землетрясений в вариациях подпочвенного радона. Подготовка землетрясений северо-западного обрамления Тихого океана с глубиной очага $H < 200$ км и $M_w > 7.5$, а в некоторых случаях и меньшей магнитуды, произошедших на расстояниях до 1000 км от PRTR, находит отражение в динамике объемной активности радона (ОА Rn) в виде трендов длительностью от 8 мес. до 3 лет. Поведение динамики ОА Rn в последние 5 лет указывает на возможное землетрясение с $M_w > 7.5$ в акватории Тихого океана вблизи восточного побережья п-ова Камчатка, которое может произойти до 01.02.2021 г. Этот вывод согласуется с долгосрочным сейсмическим прогнозом для Курило-Камчатской сейсмогенной зоны, сделанный в работах С.А. Федотова с А.В. Соломатиным [2017, 2019], согласно которому наиболее высокая вероятность землетрясения с $M_w \geq 7.7$ приходится на Авачинский залив и южную Камчатку.

Ключевые слова

полуостров Камчатка, подпочвенный радон, зона влагонасыщения,
долговременные тренды, предвестник, землетрясение

Для цитирования: Фирстов П.П., Макаров Е.О. Долговременные тренды подпочвенного радона на Камчатке как индикаторы подготовки землетрясений с $M > 7.5$ в северо-западном обрамлении Тихого океана. *Геосистемы переходных зон*, 2020, т. 4, № 3, с. 270–287.
<https://doi.org/10.30730/gtrz.2020.4.3.270-278.279-287>

For citation: Firstov P.P., Makarov E.O. Long-term trends of subsoil radon in Kamchatka as indicators for the preparation of earthquakes with $M > 7.5$ at the northwestern framing of the Pacific Ocean. *Geosistemy perednykh zon = Geosystems of Transition Zones*, 2020, vol. 4, no. 3, pp. 270–287. (In Russ. & Engl.).
<https://doi.org/10.30730/gtrz.2020.4.3.270-278.279-287>

Список литературы

1. Адушкин В.В., Спивак А.А. **2014**. *Физические поля в приповерхностной геофизике*. М.: ГЕОС, 349 с.
2. Бокс Дж., Дженкинс Г. **1974**. *Анализ временных рядов. Прогноз и управление*. М.: Мир, 406 с.
3. Бирюлин С.В., Козлова И.А., Юрков А.К. **2019**. Исследование информативности объемной активности почвенного радона при подготовке и реализации тектонических землетрясений на примере Южно-Курильского региона. *Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле*, 4(44): 73–83. doi:10.31431/1816-5524-2019-4-44-73-83

4. Киссин И.Г. **2011.** Тензочувствительность флюидонасыщенных сред. *Вулканология и сейсмология*, 3: 34–45. doi:10.1134/S0742046311030055.
5. Паровик Р.И. **2014.** *Математические модели классической теории эманационного метода*. Петропавловск-Камчатский: КамГУ им. Витуса Беринга, 128 с.
6. Попруженко С.В., Зубин М.И. **1997.** Тектоника и некоторые особенности сейсмичности шельфовой зоны Авачинского залива и прилегающих районов. *Вулканология и сейсмология*, 2: 74–82.
7. Рудаков В.П. **2009.** *Эманационный мониторинг геосред и процессов*. М.: Научный мир, 175 с.
8. Федотов С.А., Соломатин А.В. **2017.** Долгосрочный сейсмический прогноз для Курило-Камчатской дуги на IV. 2016 – III. 2021 гг., его развитие и применение; особенности сейсмичности Курило-Камчатской дуги до и после глубокого Охотоморского землетрясения 24.V.2013 г., $M = 8.3$. *Вулканология и сейсмология*, 3: 3–17. <https://doi.org/10.7868/S0203030617030014>
9. Федотов С.А., Соломатин А.В. **2019.** Долгосрочный сейсмический прогноз (ДССП) для Курило-Камчатской дуги на VI 2019–V 2024 гг.; свойства предшествующей сейсмичности в I 2017–V 2019 гг. Развитие и практическое применение метода ДССП. *Вулканология и сейсмология*, 6: 6–22. <https://doi.org/10.31857/s0203-0306201966-22>
10. Фирстов П.П. **2014.** Возможности прогноза сильных землетрясений по данным радонового мониторинга на Петропавловск-Камчатском геодинамическом полигоне. *Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле*, 2(1): 232–245.
11. Фирстов П.П., Макаров Е.О. **2015.** Реакция подпочвенного и растворенного в подземных водах радона на изменение напряженно-деформированного состояния земной коры. *Сейсмические приборы*, 51(4): 58–80.
12. Фирстов П.П., Макаров Е.О. **2018.** *Динамика подпочвенного радона на Камчатке и сильные землетрясения*. Петропавловск-Камчатский: КамГУ им. Витуса Беринга, 148 с.
13. Фирстов П.П., Макаров Е.О., Глухова И.П. **2017.** Особенности динамики подпочвенных газов перед Жупановским землетрясением 30.01.2016 г. с $M = 7.2$ (Камчатка). *Доклады Академии наук*, 472(4): 462–465. doi:10.7868/s0869565217040144
14. Фирстов П.П., Макаров Е.О., Глухова И.П., Будиллов Д.И., Исакевич Д.В. **2018.** Поиск предвестниковых аномалий сильных землетрясений по данным мониторинга подпочвенных газов на Петропавловск-Камчатском геодинамическом полигоне. *Геосистемы переходных зон*, 2(1): 16–32. doi:10.30730/2541-8912.2018.2.1.016-032
15. Чебров В.Н., Кугаенко Ю.А., Абубакиров И.Р., Дроздина С.Я., Иванова Е.И., Матвеев Е.А., Митюшкина С.В., Ототюк Д.А., Павлов В.М., Раевская А.А. и др. 2016. Жупановское землетрясение 30.01.2016 г. с $K_s = 15.7$, $M_w = 7.2$, $I = 6$ (Камчатка). *Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле*, 1(29): 5–16.
16. Чебров Д.В., Кугаенко Ю.А., Абубакиров И.Р., Ландер А.В., Павлов В.М., Салтыков В.А., Титков Н.Н. **2017.** Ближнее Алеутское землетрясение 17.07.2017 г. с $M_w = 7.8$ на границе Командорской брешы. *Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле*, 3(35): 22–25.
17. Чебров Д.В., Кугаенко Ю.А., Ландер А.В. и др. **2020.** Землетрясение Углового поднятия 20 декабря 2018 г. $M_w = 7.3$ в зоне сочленения Камчатского и Алеутского океанических желобов. *Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле*, 1(45): 100–117. <https://doi.org/10.31431/1816-5524-2020-1-45-100-117>
18. Baykara O., İnceöz M., Doğru M., Aksoy E., Külahcı F. **2009.** Soil radon monitoring and anomalies in East Anatolian Fault System (Turkey). *J. of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 1(279): 159–164. <https://doi.org/10.1007/s10967-007-7211-2>
19. Cicerone R.D., Ebel J.E., Beittton J.A. **2009.** Systematic compilation of earthquake precursors. *Tectonophysics*, 476: 371–396. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2009.06.008>.
20. Immè G., Morelli D. **2012.** Radon as earthquake precursor. In: D'Amico S. (ed.) *Earthquake research and analysis – statistical studies, observations and planning*, 143–160. <https://doi.org/10.5772/29917>
21. Iwata D., Nagahama H., Muto J., Yasuoka Y. **2018.** Non-parametric detection of atmospheric radon concentration anomalies related to earthquakes. *Scientific Reports*, 8(13028). <https://doi.org/10.1038/s41598-018-31341-5>
22. İnan S., Akgu T., Cemil S. **2008.** Geochemical monitoring in the Marmara region (NW Turkey): A search for precursors of seismic activity. *J. of Geophysical Research*, 113: B03401. <https://doi.org/10.1029/2007JB005206>
23. Majumdar K. **2004.** A study of fluctuation in radon concentration behaviour as an earthquake precursor. *Current science*, 9(86): 1288–1292.
24. Petraki E., Nikolopoulos D., Panagiotaras D., Cantzos D., Yannakopoulos P., Nomicos C., Stonham J. **2015.** Radon-222: A potential short-term earthquake precursor. *J. of Earth Science and Climatic Change*, 6(6): 000282. doi:10.4172/2157-7617.1000282
25. Piersanti A., Cannelli V., Galli G. **2016.** The Pollino 2012 seismic sequence: clues from continuous radon monitoring. *Solid Earth*, 7: 1303–1316. <https://doi.org/10.5194/se-7-1303-2016>
26. Tsunomori F., Tanaka H., Murakami M., Tasaka S. **2011.** Seismic response of dissolved gas in groundwater. In: *Proceedings of the 10th Taiwan-Japan Intern: Workshop on Hydrological and Geochemical Research for Earthquake Prediction, October 25, Taiwan, National Cheng Kung University*. Tainan, 29–35.
27. Wakita H. **1981.** Precursory changes in ground water prior to the 1978 Izu-Oshima-Kinkai earthquake. *Earthquake Prediction: An Intern. Review*, 4: 527–532. <https://doi.org/10.1029/ME004p0527>