

Вариации концентрации подпочвенных газов и электрического поля атмосферы перед некоторыми землетрясениями Камчатки

@Макаров Евгений Олегович (<https://orcid.org/0000-0002-0462-3657>), ice@emsd.ru

Акбашев Ринат Рафикович (<https://orcid.org/0000-0002-0737-9610>), arr@emsd.ru

Глухов Виталий Евгеньевич (<https://orcid.org/0009-0003-7098-6469>), glukhov_v@emsd.ru

Камчатский филиал ФИЦ “Единая геофизическая служба РАН”, Петропавловск-Камчатский, Россия

Резюме PDF RUS [PDF ENG](#) Полный текст [PDF RUS](#)

Резюме. На Камчатке непрерывно действуют сети наблюдений за вариациями подпочвенных газов, электрического поля атмосферы, наклонов земной поверхности. Целью данной работы являлось сопоставление данных, полученных этими сетями, для выявления общих аномальных вариаций перед сильными землетрясениями Камчатки. В статье приводятся новые сведения о развитии аномальных вариаций в поле подпочвенных газов и электрическом поле атмосферы перед двумя сильными землетрясениями Камчатки: 16 марта 2016 г. с $M_w = 6.6$ и Жупановским землетрясением 30 января 2016 г. с $M_w = 7.2$. Приведенные данные демонстрируют процессы влияния эксгаляции подпочвенного радона и его дочерних продуктов на ионизационный баланс приземного слоя атмосферы. Сделан вывод о необходимости комплексирования различных методов регистрации геофизических полей, в том числе проведения прямых измерений деформации земной коры, для успешного развития подходов к прогнозу землетрясений.

Ключевые слова:

полуостров Камчатка, подпочвенный радон, предвестник, землетрясение, наклоны земной поверхности, электрическое поле атмосферы

Для цитирования: Макаров Е.О., Акбашев Р.Р., Глухов В.Е. Вариации концентрации подпочвенных газов и электрического поля атмосферы перед некоторыми землетрясениями Камчатки. *Геосистемы переходных зон*, 2024, т. 8, № 4, с. 328–342. <https://doi.org/10.30730/gtr.2024.8.4.328-342>; <https://www.elibrary.ru/homkeo>

For citation: Makarov E.O., Akbashev R.R., Glukhov V.E. Variations in the concentration of subsoil gases and the atmospheric electric field prior to some earthquakes in Kamchatka. *Geosistemy perehodnykh zon = Geosystems of Transition Zones*, 2024, vol. 8, No. 4, pp. 328–342. (In Russ., abstr. in Engl.). <https://doi.org/10.30730/gtr.2024.8.4.328-342>; <https://www.elibrary.ru/homkeo>

Список литературы

1. Рудаков В.П. **2009.** *Эманиационный мониторинг геосред и процессов*. М.: Науч. мир, 175 с.
2. Адушкин В.В., Спивак А.А. **2014.** *Физические поля в приповерхностной геофизике*. М.: ГЕОС, 349 с.
3. Фирстов П.П., Макаров Е.О. **2018.** *Динамика подпочвенного радона на Камчатке и сильные землетрясения*. Петропавловск-Камчатский: КамГУ им. Витуса Беринга, 148 с.
4. Hauksson E. **1981.** Radon content of groundwater as an earthquake precursor: evaluation of worldwide data and physical basis. *J. of Geophysical Research: Solid Earth*, 86: 9397–9410. <https://doi.org/10.1029/jb086ib10p09397>
5. 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>
6. 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. <https://doi.org/10.4172/2157-7617.1000282>
7. Immè G., Morelli D. **2012.** Radon as earthquake precursor. In: D’Amico S. (ed.) *Earthquake research and analysis-statistical studies, observations and planning*, p. 143–160. <https://doi.org/10.5772/29917>
8. 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>
9. Majumdar K. **2004.** A study of fluctuation in radon concentration behaviour as an earthquake precursor. *Current Science*, 9(86): 1288–1292.
10. 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, p. 29–35.

11. İnan S., Akgu T., Cemil S., et al. **2008**. Geochemical monitoring in the Marmara region (NW Turkey): A search for precursors of seismic activity. *J. of Geophysical Research: Solid Earth*, 113: B03401. <https://doi.org/10.1029/2007jb005206>
12. Байкара О., İnceöz М., Doğru М., Aksoy Е., Kùlahçı 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>
13. 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. <https://doi.org/10.31431/1816-5524-2019-4-44-73-83>; EDN: [IMOXJB](https://doi.org/10.31431/1816-5524-2019-4-44-73-83)
14. 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>
15. 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>
16. Паровик Р.И. **2014**. *Математические модели классической теории эманационного метода*. Петропавловск-Камчатский: КамГУ им. Витуса Беринга, 128 с.
17. Марапулец Ю.В., Руленко О.П., Мищенко М.А., Шевцов Б.М. **2010**. Связь высокочастотной геоакустической эмиссии с электрическим полем в атмосфере при сейсмотектоническом процессе. *Доклады Академии наук*, 431(2): 242–245.
18. Руленко О.П., Марапулец Ю.В., Мищенко М.А. **2014**. Анализ проявления связи между высокочастотной геоакустической эмиссией и электрическим полем в атмосфере у поверхности земли. *Вулканология и сейсмология*, 3: 53–64. DOI: [10.7868/SO203030614030055](https://doi.org/10.7868/SO203030614030055); EDN: [SFAJLB](https://doi.org/10.7868/SO203030614030055)
19. Фирстов П.П., Чернева Н.В., Пономарев Е.А., Бузевич А.В. **2006**. Подпочвенный радон и напряженность электрического поля атмосферы в районе Петропавловск-Камчатского геодинамического полигона. *Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле*, 1(7): 102–109.
20. Akbashev R.R., Firstov P.P., Budilov D.I., Zavodevkin I.A. **2022**. Monitoring the potential gradient of the electric field the atmosphere on the Kamchatka Peninsula and on the Paramushir Island (Kuril Islands). *AIP Conference Proceedings, CAMSTech-II 2021*, 080013. <https://doi.org/10.1063/5.0092738>
21. Яковлева В.С., Каратаев В.Д., Вуколов А.В. Ипполитов И.И., Кабанов М.В., Нагорский П.М., Смирнов С.В., Фирстов П.П., Паровик Р.И. **2009**. Методология многофакторного эксперимента по процессам переноса радона в системе «литосфера–атмосфера». *Аппаратура и новости радиационных измерений*, 4: 55–60.
22. Макаров Е.О., Фирстов П.П., Волошин В.Н. **2012**. Аппаратурный комплекс для регистрации концентрации подпочвенных газов с целью поиска предвестниковых аномалий сильных землетрясений Южной Камчатки. *Сейсмические приборы*, 48(2): 5–14. EDN: [RAHAYB](https://doi.org/10.31431/1816-5524-2012-2-5-14)
23. Глухов В.Е., Макаров Е.О., Болдина С.В. **2023**. Аппаратурно-программный комплекс сети наклономерных наблюдений за деформационными процессами на полуострове Камчатка. *Вестник КРАУНЦ. Физ.-мат. науки*, 44(3): 157–172. <https://doi.org/10.26117/2079-6641-2023-44-3-157-172>
24. Фирстов П.П., Широков В.А. **2005**. Динамика молекулярного водорода и её связь с геодинамическими процессами на Петропавловск-Камчатском геодинамическом полигоне по данным наблюдений в 1999–2003 гг. *Геохимия*, 11: 1151–1160. EDN: [HSCWCX](https://doi.org/10.31431/1816-5524-2005-11-1151-1160)
25. Болдина С.В., Копылова Г.Н., Кобзев В.А. **2022**. Исследование эффектов землетрясений в изменениях давления подземных вод: аппаратура и некоторые результаты наблюдений в скважинах полуострова Камчатка. *Геодинамика и тектонофизика*, 13(2): 0594. <https://doi.org/10.5800/gt-2022-13-2-0594>
26. Борняков С.А., Салко Д.В., Шагун А.Н., Добрынина А.А., Усынин Л.А. **2019**. Медленные деформационные волны как возможный предвестник сейсмической опасности. *Геосистемы переходных зон*, 3(3): 267–276. <https://doi.org/10.30730/2541-8912.2019.3.3.267-276>
27. Dieterich J.H. **2007**. 4-04 – Applications of rate- and state-dependent friction to models of fault-slip and earthquake occurrence. *Treatise on Geophysics (Second Edition)*, 4(107): 93–110. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53802-4.00075-0>
28. Ohnaka M. **2013**. *The physics of rock failure and earthquakes*. Cambridge Univ. Press, 270 p.
29. Nagorskiy P.M., Cherepnev M.S., Firstov P.P., Makarov E.O. **2014**. Consistency of component variations of ionizing radiation and atmospheric-electric values. In: *XV Intern. Conf. on Atmospheric Electricity, Norman, Oklahoma, USA*, 4.
30. Чебров В.Н., Кугаенко Ю.А., Абубакиров И.Р., Дрознина С.Я., Иванова Е.И., Матвеев Е.А., Митюшкина С.В., Ототюк Д.А., Павлов В.М., Раевская А.А., Салтыков В.А., Сеньюков С.Л., Серафимова Ю.К., Скоркина А.А., Титков Н.Н., Чебров Д.В. **2016**. Жупановское землетрясение 30.01.2016 г. с $K_s = 15.7$, $M_w = 7.2$, $I = 6$ (Камчатка). *Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле*, 29(1): 5–16. EDN: [VSNTCB](https://doi.org/10.31431/1816-5524-2016-1-5-16)
31. Болдина С.В., Копылова Г.Н. **2017**. Эффекты Жупановского землетрясения 30 января 2016 г., $M_w=7.2$, в изменениях уровня воды в скважинах ЮЗ-5 и Е-1, Камчатка. *Геодинамика и тектонофизика*, 8(4): 863–880. <https://doi.org/10.5800/gt-2017-8-4-0321>