

## Методика формирования Реестра геофизических сигналов на примере сигналов геоакустической эмиссии

**Ю. И. Сенкевич**

**О. О. Луковенкова**

**А. А. Солодчук**

*Институт космофизических исследований и  
распространения радиоволн ДВО РАН, с. Паратунка,  
Камчатский край, Россия*

Описан новый системный подход к систематизации геофизических сигналов. Подход включает этапы выделения, анализа, объектного и структурного описания, классификации импульсов. Для выделения импульсов в сигналах геоакустической эмиссии предложен метод, основанный на вычислении адаптивного порога. Пороговое значение вычисляется на основе среднеквадратического отклонения сигнала и автоматически пересчитывается для каждого рассматриваемого участка сигнала. Выделенные импульсы предлагается анализировать с помощью методов разреженной аппроксимации. Изложена главная идея метода адаптивного согласованного преследования, позволяющего раскладывать выделенный импульс на базисные функции комбинированного словаря Гаусса–Берлаге с минимальными затратами пространственно-временных ресурсов и с требуемой точностью построенных аппроксимаций. Полученные разреженные представления импульсов описываются в рамках объектного подхода совокупностью характерных признаков, выделенных в ходе анализа, таких как количество функций в разложении, тип, параметры функций и др. Предложена классификация импульсов геоакустической эмиссии, полученная по результатам анализа большого объема реальных сигналов. Выделены четыре класса геоакустических импульсов. Объектное описание импульсов геоакустической эмиссии дополнено оригинальным структурным описанием, построенным на основе отношений локальных экстремумов импульса. Это позволило существенно сократить разнообразие форм импульсов для их дальнейшей идентификации. Результаты, полученные в ходе применения описанного системного подхода к анализу геоакустических сигналов, обобщены в виде Реестра геофизических сигналов.

### Ключевые слова

реестр геофизических сигналов, систематизация геофизических сигналов, объектное описание импульсов, выделение информативных признаков, системный подход

**Для цитирования:** Сенкевич Ю.И., Луковенкова О.О., Солодчук А.А. Методика формирования Реестра геофизических сигналов на примере сигналов геоакустической эмиссии. *Геосистемы переходных зон*. 2018. Т. 2, № 4. С. 409–418. doi: 10.30730/2541-8912.2018.2.4.409-418

**For citation:** Senkevich Yu.I., Lukovenkova O.O., Solodchuk A.A. Method to form a geophysical signals catalog based on geoaoustic emission signals. *Geosystems of Transition Zones*, 2018, vol. 2, N 4, p. 409–418. (In Russ.). doi: 10.30730/2541-8912.2018.2.4.409-418

### Список литературы

1. Афанасьева А.А., Луковенкова О.О., Марапулец Ю.В., Тристанов А.Б. Применение разреженной аппроксимации и методов кластеризации для описания структуры временных рядов акустической эмиссии // *Цифровая обработка сигналов*. 2013. № 2. С. 30–34.
2. Кузнецов Ю.В., Баев А.Б., Бехтин М.А., Сергеев А.А. Корреляционный метод обнаружения информационных составляющих побочных электромагнитных излучений технических средств

- // *Технология ЭМС*. 2009. № 2 (29). С. 2–13.
3. Купцов А.В., Ларионов И.А., Шевцов Б.М. Особенности геоакустической эмиссии при подготовке камчатских землетрясений // *Вулканология и сейсмология*. 2005. № 5. С. 45–59.
  4. Ларионов И.А., Щербина А.О., Мищенко М.А. Отклик геоакустической эмиссии на процесс подготовки землетрясений в разных пунктах наблюдений // *Вестн. КРАУНЦ. Серия Науки о Земле*. 2005. № 2 (6). С. 108–115.
  5. Луковенкова О.О., Тристанов А.Б. Адаптивный алгоритм согласованного преследования с уточнением на смешанных словарях в анализе сигналов геоакустической эмиссии // *Цифровая обработка сигналов*. 2014. № 2. С. 54–57.
  6. Луковенкова О.О., Тристанов А.Б. *Программа для визуализации результатов разреженной аппроксимации сигналов геоакустической эмиссии MP Complex ver 1.0*: свид-во о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2015617250. 29.09.2015.
  7. Марапулец Ю.В., Луковенкова О.О., Тристанов А.Б., Ким А.А. *Методы регистрации и частотно-временного анализа сигналов геоакустической эмиссии*. Владивосток: Дальнаука, 2017. 148 с.
  8. Марапулец Ю.В., Шевцов Б.М. *Мезомасштабная акустическая эмиссия*. Владивосток: Дальнаука, 2012. 126 с.
  9. Мищенко М.А. Статистический анализ возмущений геоакустической эмиссии, предшествующих сильным землетрясениям на Камчатке // *Вестн. КРАУНЦ. Физ.-мат. науки*. 2011. № 1 (2). С. 56–64.
  10. Пулинец С.А., Узун Д.П., Карелин А.В., Давиденко Д.В. Физические основы генерации краткосрочных предвестников землетрясений. Комплексная модель геофизических процессов в системе литосфера–атмосфера–ионосфера–магнитосфера, инициируемых ионизацией // *Геомагнетизм и аэронавигация*. 2015. Т. 55. № 4. С. 1–19. <https://doi.org/10.7868/S0016794015040136> [Pulinets S.A., Ouzounov D.P., Karelin A.V., Davidenko D.V. Physical bases of the generation of short-term earthquake precursors: A complex model of ionization-induced geophysical processes in the lithosphere-atmosphere-ionosphere-magnetosphere system. *Geomagnetism and Aeronomy*, 2015, 55(4): 521-538. <https://doi.org/10.1134/s0016793215040131>]
  11. Рабинович Е.В., Ганчин К.С., Пупышев И.М., Шефель Г.С. Модель сейсмического импульса, возникающего при гидравлическом разрыве пласта // *Математические структуры и моделирование*. 2014. № 4 (32). С. 105–111.
  12. Рябова С.А., Спивак А.А. Возмущение сейсмического фона геомагнитными импульсами // *Геофизические исследования*. 2017. Т. 18. № 2. С. 65–76. <https://doi.org/10.21455/gr2017.2-4>
  13. Тристанов А.Б., Луковенкова О.О., Поляков Р.К. Модель временного ряда для задач анализа темпоральных объектов // *Морские интеллектуальные технологии*. 2016. Т. 2. № 4 (34). С. 46–50.
  14. Уваров В.Н. Методы выделения электромагнитных сигналов литосферного происхождения // *Вестн. КРАУНЦ. Физ.-мат. науки*. 2016. № 3 (14). С. 91–97. <https://doi.org/10.18454/2079-6641-2016-14-3-91-97>
  15. Christine E. *Estimation of soil properties using waveforms of seismic surface waves: patent US8892410B2*. 18.11.2014.
  16. Filonenko S., Nimchenko T., Kosmach A. Model of acoustic emission signal at the prevailing mechanism of composite material mechanical destruction // *Aviation*. 2010. N 14 (4). P. 95–103. <https://doi.org/10.3846/aviation.2010.15>
  17. Gregori G.P., Poscolieri M., Paparo G., De Simone S., Rafanelli C., Ventrice G. «Storms of crustal stress» and AE earthquake precursors // *Natural Hazards and Earth System Sciences*. 2010. N 10 (2). P. 319–337. <https://doi.org/10.5194/nhess-10-319-2010>
  18. Kim A.A., Lukovenkova O.O., Marapulets Yu.V., Tristanov A.B. Parallel computations for real time implementation of adaptive sparse approximation methods // *2017 XX IEEE International Conference on Soft Computing and Measurements (SCM), 24–26 May 2017*. IEEE, 2017. <https://doi.org/10.1109/SCM.2017.7970567>
  19. Mallat S., Zhang Z. Matching pursuits with time-frequency dictionaries // *IEEE Transactions on Signal Processing*. 1993. Vol. 41, N 12. P. 3397–3415. <https://doi.org/10.1109/78.258082>
  20. Marapulets Yu., Solodchuk A., Shcherbina A. Changes of geoacoustic emission directivity at «Mikizha» site associated with earthquakes in Kamchatka // *E3S Web of Conferences*. 2016. Vol. 11, 00014. 5 p. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20161100014>
  21. Mishchenko M. Statistics of occurrence of pre-seismic anomalies in geoacoustic emission and in atmospheric field // *E3S Web of Conferences*. 2016. Vol. 11, 00015. 4 p. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20161100015>
  22. Senkevich Yu.I., Duke V.A., Mishchenko M.A., Solodchuk A.A. Information approach to the analysis of acoustic and electromagnetic signals // *E3S Web of Conferences*. 2017. Vol. 20, 02012. 9 p. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20172002012>
  23. Tristanov A.B., Marapulets Yu.V., Lukovenkova O.O., Kim A.A. A new approach to study of geoacoustic emission signals // *Pattern Recognition and Image Analysis*. 2016. Vol. 26, N 1. P. 34–44. <https://doi.org/10.1134/S1054661816010259>