

## **Формализация оценки фоновых параметров сейсмического режима площадок глубинного захоронения радиоактивных отходов по сейсмологическим и геологическим данным**

**Е.Г. Бугаев<sup>1</sup>, С.Б. Кишкина<sup>2</sup>, И.Н. Сеелев<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Научно-технический центр по ядерной и радиационной безопасности,  
г. Москва, Россия

<sup>2</sup> Институт динамики геосфер РАН, г. Москва, Россия

<sup>3</sup> Изотопно-химический завод ФГУП ФЯО «Горно-химический комбинат»,  
г. Железногорск, Красноярский край, Россия

**Аннотация.** Предложена модель, отражающая взаимосвязь блочного строения земной коры и очагов землетрясений [Садовский, 1979; Родионов, 1979, 1984; Бугаев, 1999, 2011, 2013, 2014]. Использование модели позволяет формализовать оценку прогнозных параметров сейсмического режима в зависимости от упругого предела, условий и скорости деформирования земной коры. На примере площадки хранилища Олкилуото (Olkiluoto), Финляндия, и условного участка пунктов глубинного захоронения радиоактивных отходов (ПГЗРО) в районе Горно-химического комбината (г. Красноярск) показано, что прогнозные графики ограничивают положение точек графиков повторяемости магнитуд, рассчитанных для площадки на основании выборок землетрясений района по данным разных авторов. Это позволяет рекомендовать прогнозные оценки параметров сейсмического режима для контроля стабильности сейсмического режима и анализа сохранности изоляционных свойств геологической среды на стадиях проектирования, сооружения и эксплуатации ПГЗРО по результатам сейсмологического мониторинга и высокоточных наблюдений за современными движениями земной коры.

**Ключевые слова:** модель земной коры, квазигомогенный тектонический блок, трещиноватость, скорость деформации, микроземлетрясение, землетрясение, магнитуда, сейсмичность, радиоактивные отходы, малоапертурная сейсмическая группа.

### **Литература**

- Бугаев Е.Г.* Методика оценки максимального потенциала платформенных землетрясений (на примере условий размещения площадки Калининской АЭС) // Физика Земли. № 2. 1999. С. 35–51.
- Бугаев Е.Г.* О структурированной и рассеянной сейсмичности, жесткости очагов землетрясений и нелинейности графиков повторяемости магнитуд // Геодинамика и тектонофизика. 2011. № 3. С. 244–265.
- Бугаев Е.Г.* Об условиях формирования графиков повторяемости и оценке долговременной и текущей ожидаемой сейсмической опасности // Вопросы инженерной сейсмологии. 2013. Т. 40, № 2. С. 25–34.
- Бугаев Е.Г.* Оценка пределов изменения графиков повторяемости магнитуд для развития риск-ориентированного регулирования безопасности атомных станций (на примере районов Восточно-Европейской и Северо-Американской платформ) // Вопросы инженерной сейсмологии. 2014. Т. 41, № 3. С. 37–54.

- Бугаев Е.Г., Спивак А.А.* Оценка эффективных деформационных и прочностных характеристик среды в очагах землетрясений // *Нестационарные процессы в верхних и нижних оболочках Земли (геофизика сильных возмущений): Сб. науч. тр. М., 2002. С. 77–85.*
- Бугаев Е.Г., Кишкина С.Б., Санина И.А.* Особенности сейсмологического мониторинга районов размещения объектов атомной энергетики на Восточно-Европейской платформе // *Ядерная и радиационная безопасность. 2012. № 3 (65). С. 1–9.*
- Родионов В.Н.* Диссипативные структуры в геомеханике // *Успехи механики. 1979. Т. 2, вып. 4. С. 97–111.*
- Родионов В.Н.* Максимальное землетрясение как характеристика сейсмического режима // *Землетрясения Средней Азии и Казахстана, 1982. Душанбе: Дониш, 1984. С. 96–108.*
- Родионов В.Н.* Сейсмический режим и блочное строение земной коры // *Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 1994. № 3. С. 76–81.*
- Родионов В.Н., Сизов И.А., Цветков В.М.* Основы геомеханики. М.: Недра, 1986. 301 с.
- Касахара К.* Механика землетрясений. М.: Мир, 1985. 264 с.
- Оценка сейсмической опасности на участках размещения ядерно- и радиационно опасных объектов (на основании геодинамических данных): Руководство по безопасности. РБ-019-01. М.: Госатомнадзор РФ, 2001. 29 с.
- Садовский М.А.* О естественной кусковатости горных пород // *Докл. АН СССР. 1979. Т. 247, № 4. С. 829–831.*
- Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. Размещение ядерных установок ядерного топливного цикла: Основные критерии и требования. НП-050-03 // *Вестник Госатомнадзора России. М.: Госатомнадзор, 2004. № 2. С. 25–31.*
- Hiemer S., Rössler D., Scherbaum F.* Monitoring the West Bohemian earthquake swarm in 2008/2009 by a temporary small-aperture seismic array // *J. Seismol. 2012. doi: 10.1007/s10950-011-9256-5.*
- Málek J., Brož M., Stejskal V., Štrunc J.* Local seismicity at the Hronov-Poříčí fault (Eastern Bohemia) // *Acta Geodyn. Geomater. 2008. N 5. P. 171–175.*
- Málek J., Brož M., Stejskal V., Štrunc J.* Small-aperture seismic arrays: instruments and detectability // *Advanced Industrial Microseismic Monitoring AIM. Prague, 2009.*
- Oye V., Bungum H., Roth M.* Source parameters and scaling relations for mining-related seismicity within the Pyhäsalmi Ore Mine, Finland // *Bull. Seismol. Soc. Amer. 2005. V. 95, N 3. P. 1011–1026.*
- Pirli M., Voulgaris N., Alexopoulos J., Makropoulos K.* Installation and preliminary results from a small aperture seismic array in Tripoli, Greece // *Bull. Geol. Soc. Greece. 2004. V. XXXVI. P. 1499–1508.*
- Saari J.* An overview of possible applications of microearthquake monitoring at the repository site of spent nuclear fuel in Finland // *Work. Rep. 99-64. December 1999.*
- Saari J., Malm M.* Seismic network at the Olkiluoto site and microearthquake observations in 2002–2013 // *Work. Rep. 2014-20. May 2014.*
- Srinivasan C., Willy Y.A., Murthy Ch.S.N.* Real time microseismic monitoring to study geomechanics of underground structures // *The 12th Intern. conf. of International Association for Computer Methods and Advances in Geomechanics (IACMAG), 1–6 October 2008, Goa, India: Abstr.*
- Špacek P., Sykorova Z., Pazdirkova J., Švancara J., Havir J.* Present-day seismicity of the South-Eastern Elbe ault system (NE Bohemian massif) // *Stud. Geophys. Geod. 2006. N 50. P. 233–258.*