

## СТАТИСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТЕКТОНИЧЕСКОЙ ФРАГМЕНТАЦИИ ГЕОСРЕДЫ ПРИМОРСКОГО РАЗЛОМА

**В. Е. Чинкин\*, А. А. Остапчук**

*Институт динамики геосфер имени академика М. А. Садовского Российской академии наук, Москва, Россия*  
*\*E-mail: chinkin.ve@idg.ras.ru*

Тектонические напряжения вызывают деформацию и разрушение горных пород. Мы исследовали статистику фрагментации хрупких пород, составляющих зону разрушения Приморского разлома Байкальской рифтовой зоны, в масштабах от микрон до километров. Анализируемые породы разлома включают различные литологии и величины сдвиговых деформаций. В работе использовался алгоритм, основанный на сверточной нейронной сети для автоматического картирования трещин на изображениях и разломов в топографических данных. Данные подвергались проверке статистической гипотезе на степенное, логнормальное или закон Вейбулла. Проверка основана на критерии Колмогорова–Смирнова. Оказалось, что фрагментация пород в ядре разлома подчиняется логнормальной статистике на всех рассматриваемых масштабах, при этом параметр формы сохраняется и был равен 1.4–2.0. Показано, что усечение данных распределения может привести к неверным выводам о степенном законе распределения.

Мы предложили математическую модель квази-Колмогоровской фрагментации для описания экспериментальных данных с логарифмическим распределением. Модель основана на двух условиях: i) вероятность разрушения любого фрагмента на любом этапе процесса не зависит от его размера, наличия других фрагментов и числа предшествующих событий разрушения; ii) интенсивность фрагментации уменьшается с уменьшением размера фрагмента по степенному закону с малым положительным показателем степени. На основе линейного уравнения фрагментации показано, что для широкого класса самоподобных ядер фрагментации, распределение размеров фрагментов асимптотически логнормально при больших временах в пределе малого показателя степени интенсивности фрагментации, при этом параметр формы сохраняется и зависит только от показателя. Квази-Колмогоровская модель фрагментации обеспечивает количественное описание экспериментальных данных, полученных для Приморского разлома в Байкальской рифтовой зоне в масштабах от  $10^{-6}$  до  $10^4$  м.

*Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ (тема № 125012700824-4).*

## STATISTICAL MODEL OF TECTONIC FRAGMENTATION OF THE GEOENVIRONMENT OF THE PRIMORSKY FAULT

**V. E. Chinkin\*, A. A. Ostapchuk**

*Sadovsky Institute of Geospheres Dynamics of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

*\* E-mail: chinkin.ve@idg.ras.ru*

Tectonic stresses cause deformation and destruction of rocks. We studied the fragmentation statistics of brittle rocks constituting the damage zone of the Primorsky Fault in the Baikal Rift Zone, across scales ranging from microns to kilometers. The analyzed fault rocks include various lithologies and magnitudes of shear strain. We use an algorithm based on a convolutional neural network for automatic mapping of cracks in images and faults in topographic data, and statistically test for the presence of a power-law, lognormal, or Weibull distribution. It was found that rock fragmentation in the fault core follows lognormal statistics across all scales from  $10^{-6}$  m to  $10^4$  m, with the shape parameter remaining constant at 1.4–2.0. It is shown that truncation of distribution data can lead to erroneous conclusions about a power-law distribution.

We proposed a mathematical model of quasi-Kolmogorov fragmentation to describe the experimental data exhibiting a logarithmic distribution. The model is based on two conditions: i) the probability of fragmentation of any fragment at any stage of the process is independent of its size, the presence of other fragments, and the number of preceding fragmentation events; ii) the fragmentation intensity decreases with decreasing fragment size according to a power law with a small positive exponent. Based on the linear fragmentation equation, it is shown that for a wide class of self-similar fragmentation kernels, the fragment size distribution is asymptotically lognormal at large times in the limit of a small exponent of fragmentation intensity, with the shape parameter remaining constant and depending only on the exponent. The quasi-Kolmogorov fragmentation model provides a quantitative description of the experimental data obtained for the Primorsky Fault in the Baikal Rift Zone across scales from  $10^{-6}$  to  $10^4$  m.