

УДК 550.3

Геофизические применения статистической модели

Б. З. Белашев

*Карельский научный центр
Институт геологии Российской академии наук
ул. Пушкинская, д.11, Петрозаводск, 185910, Россия*

Статистическая модель применена для обработки данных и моделирования процессов магматизма и тектоники. С помощью модели формирования вулканических каналов объяснена эмпирическая зависимость, описывающая мощность лавовых потоков плато-базальтового вулканизма рядом чисел Фибоначи. Установлены ориентационные особенности типов отдельности и направления наложенной трещиноватости Валаамского силла. Обработкой событий каталога NEIC получены пространственно-временные и магнитудные характеристики современной сейсмичности. Землетрясения происходят чаще, когда тангенциальное ускорение Земли отлично от нуля.

Ключевые слова: модель, вулканизм, канал, лава, поток, Фибоначи, отдельность, землетрясение, магнитуда, гистограмма.

1. Введение

Способность извлекать информацию из наблюдений и выявлять вероятные состояния систем сделали статистическую модель традиционным инструментом обработки данных в разных областях. В геофизике её используют для реконструкции процессов в недрах Земли.

В статье изложены результаты исследований магматизма и тектоники, проведённых с помощью статистической модели.

2. Модель описания эволюции платобазальтового вулканизма

Из реконструкции эволюции магматизма Фенноскандинавского щита следует снижение интенсивности платобазальтового вулканизма от позднего архея к позднему протерозою, преобладание и рост щелочного магматизма с рубежа докембрия-фанерозоя [1, 2]. Временной ход интенсивности платобазальтового вулканизма описывают полученной на основе статистических данных эмпирической зависимостью, ставящей в соответствие мощности лавовых потоков числа Фибоначи (рис. 1а) [1].

Для объяснения зависимости предложена модель поэтапного формирования вулканических каналов. При росте вулканической активности на первом этапе работающий канал образует зародыш нового канала, который на втором этапе распространяется до поверхности. На заключительном этапе сформированный канал начинает выводить магму. Соответствие числа рабочих каналов модели ряду Фибоначи подтверждает схема рис. 1б. Обратный процесс идёт на спаде вулканической активности: часть каналов зарастает, но соответствие числа рабочих каналов числам Фибоначи сохраняется.

Для нескольких зародышей, образуемых рабочим каналом в одном акте, модель не работает. Однако не все зародыши канала одновременно достигают поверхности. Зародыш, сделавший это раньше других, становится рабочим, а остальные прекращают развитие до новых импульсов магматизма. Предположение об одинаковой производительности каналов оправдано рассматриваемым в модели интегральным эффектом производительности вулканизма.

Статья поступила в редакцию 28 ноября 2009 г.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ 08-01-98804.

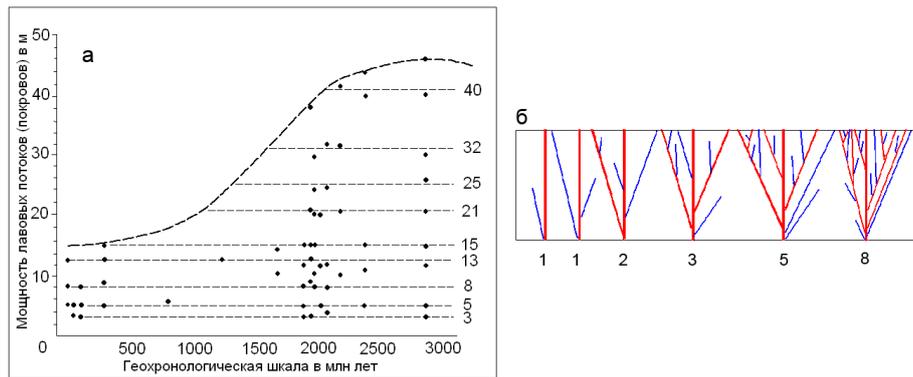


Рис. 1. Изменение мощности лавовых потоков платобазальтового вулканизма во времени (а) и схема модели, объясняющей эту эмпирическую закономерность (б)

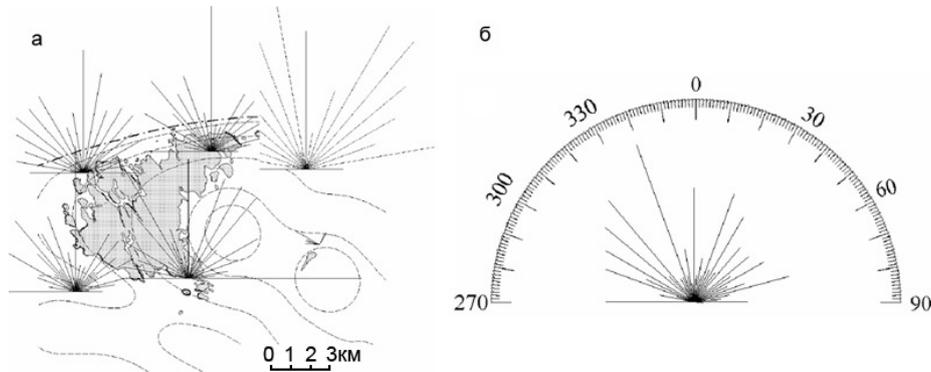


Рис. 2. Географическая схема Валаамского архипелага, полярные гистограммы вертикальной отдельности (а) и полярная гистограмма наложенной трещиноватости (б)

3. Статистическое описание трещиноватости Валаамского силла

Валаамский силл расположен в тектонически активной зоне сочленения Фенноскандинавского щита и Восточно-Европейской платформы [3]. Информацию о тектонических движениях получали по изучению трещиноватости силла. Первичные трещины возникают при кристаллизации расплава. Наложенная трещиноватость связана со складчатостью, грабенообразованием, сводовыми поднятиями, опусканиями, гляциационными и дегляционными процессами, неотектоникой, выветриванием, разгрузкой напряжений. По натурным измерениям для разных участков силла построены гистограммы плотности распределения числа трещин вертикальной отдельности по направлениям (рис. 2).

Направления трещин вертикальной отдельности и жилок гранита Валаамского силла упорядочены. Каждый тип трещин имеет свои ориентационные особенности. Первичная отдельность представлена гексагональными призматическими ячейками, часто переходящими в параллелипипедальную и плитчатую отдельности. Для складчато купольных структур характерна радиальная трещиноватость. Разгрузка напряжений даёт перпендикулярные трещины. Зоны выветривания пород имеют сферически концентрическую скорлуповатую отдельность. Наложенная трещиноватость максимально проявлена в направлении 340° , соответствующему простиранию Пашско-Ладожской горсто-грабеновой системы. Тем

самым подтверждена роль этой системы как основного элемента в формировании тектонического каркаса всего региона.

4. Вычислительные эксперименты с каталогом землетрясений NEIC

Адаптированный к системам компьютерной обработки каталог Национальной сейсмической службы США NEIC [4] содержал столбцы данных, соответствующие году, месяцу, дню, времени события, долготе, широте, глубине очага, магнитуде землетрясения, и охватывал период с 1973 по 2006 годы. Анализ построенных по событиям каталога распределений (рис. 3) дал весьма содержательную и разнообразную информацию.

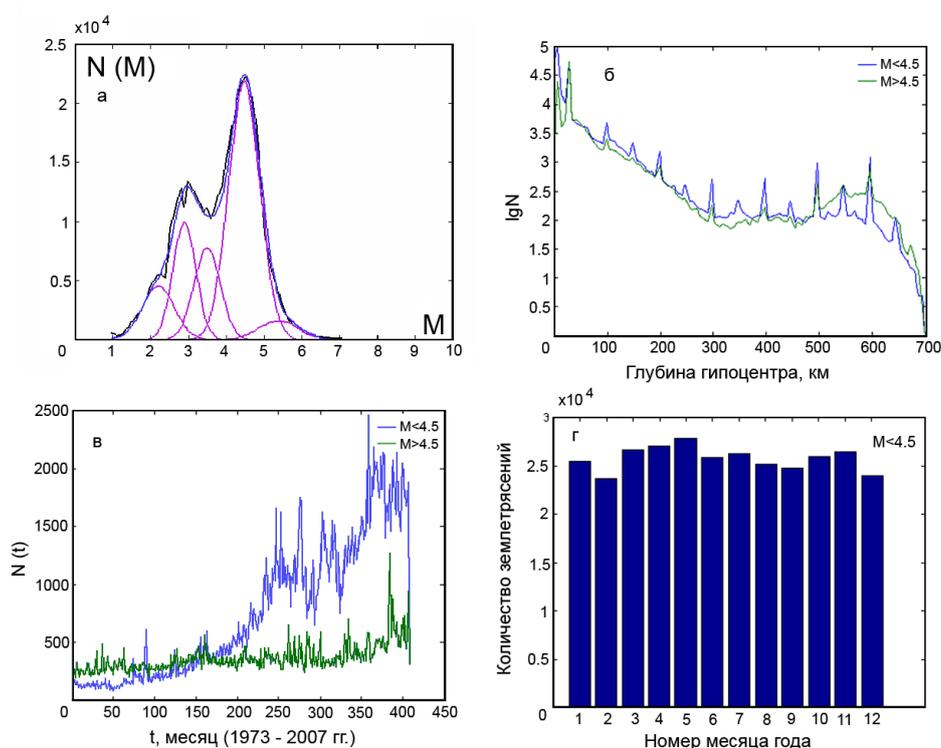


Рис. 3. Гистограммы распределений сейсмических событий каталога NEIC: а) по магнитуде; б) по глубине; в) по времени; г) по месяцам года

Так, распределение событий по магнитуде показало наличие по меньшей мере пяти компонент, отвечающих разным типам землетрясений. Землетрясения с магнитудой выше 4,5 чаще происходят в мантии, чем в земной коре. Для сильных и слабых землетрясений установлены глубины вероятного формирования очагов землетрясений. Отсутствие событий с глубинами больше 700 км объясняет существование астеносферы. Из помесячного распределения сейсмических событий следует, что коровые землетрясения чаще происходят в октябре–ноябре, апреле–мае, когда тангенциальное ускорение движения Земля по орбите принимает максимальные значения [5]. Временная зависимость сейсмической активности позволяет установить точки бифуркации процесса.

Полученные результаты дополняют представления о глобальных характеристиках тектонического процесса и неоднородностях литосферы.

Литература

1. Светов А. П., Свириденко Л. П. Центры эндогенной магматической активности и рудообразования Фенноскандинавского щита. — Петрозаводск, 2005.
2. Когарко Л. Н. Щелочной магматизм и обогащенные мантийные резервуары. Механизм возникновения время появления и глубины формирования // Геохимия. — 2006. — № 1. — С. 5–13.
3. Свириденко Л. П., Светов А. П. Валаамский sill габбро-долеритов и геодинамика котловины Ладожского озера. — Петрозаводск, 2008.
4. National Earthquake Information Center — NEIC. — <http://earthquake.usgs.gov/regional/neic/index.php>.
5. Ротационные модели в геологии и физике / под ред. Е. Е. Милановский. — М.: КомКнига, 2007.

UDC 550.3

Geophysical Applications of Statistical Model

V. Z. Belashev

*Institute of Geology Karelian research center of RAS
ul. Pushkinskaya, 11, 185910, Petrozavodsk, Russia*

A statistical model is applied to data processing and simulation of processes of magmatism and tectonics. With the help of a model of forming volcanic channels, the empirical dependence describing the capacity of lava streams of plateau basalt volcanism by Fibonacci series of numbers is explained. Oriented features of the types of separateness and directions of imposed fracturing of Valaam sill are established. By processing the events of catalogue NEIC, received were spatiotemporal and magnitude characteristics of the present-day seismicity. It is shown that earthquakes occur more often when tangential acceleration of the Earth is nonzero.

Key words and phrases: model, volcanism, channel, lava stream, Fibonacci, separateness, earthquake, magnitude, histogram.