

Число афтершоков в моделях сейсмичности эпидемического типа и *реальность* Г. Молчан

Molchan G., Peresan A., Number of Aftershocks in Epidemic-type Seismicity Models. *Geophys. J. Int.* (2024) doi: 10.1093/gji/ggae261

Molchan G. and E. Varini. The strongest aftershock in seismic models of epidemic type *Geophys. J. Int.* (2024), 236, 1440–1454

Molchan G, E. Varini and A. Peresan, Productivity within the epidemic-type seismicity model *Geophys. J. Int.* (2022) 231, 1545–1557

ETAS модель

(A) афтершоки: каскад событий эпидемического типа

(B) F1 распределение числа прямых афтершоков:

$$P(\nu(m)=n) = \text{Пуассон со средним Утсу } \lambda_0 e^{\alpha m}$$

Реальность & Гипотезы:

F1- геометрическое распределение (Shebalin et al., 2018)

F2- распределение числа афтершоков с магнитудой $> m_0 - \Delta$.

(m_0 , главное событие) - геометрическое

Противоречия

-F1 и F2 не могут иметь один тип распределения в условиях (A)

-наблюдаемый тип распределения F1 противоречит (B)

Вопрос:

можно ли устранить противоречия в рамках ETAS?

1-ый шаг:

-обобщение ETAS модели, ETAS(F1), на любой тип F1

(База: процесс Гальтона-Ватсона)

-выбор F1: число событий с распределением F1 при случайном прореживании событий меняет среднее, но сохраняет F1 тип

2-ой шаг:

при заданном F1 и $m_a \gg 1$ теоретический анализ F2a-распределения для числа афтершоков с магнитудой $> m_a - \Delta_a$ (m_a мода в распределении сильнейшего афтершока). В условиях закона Бота, $\Delta_a = \Delta_a - 1.2$

Результат:

**предельное распределение F2a в критическом и субкритическом режимах.
В субкритическом режиме тип предела F2a совпадает с типом F1,
само распределение зависит только от порога Δ_a и имеет среднее $\exp(\beta\Delta_a)$**

3-ий шаг:

**сравнение предела F2a (отвечающему геометрическому распределению F1)
с реальностью**

Данные:

глобальный ANSS каталог ($m > 4$, $h < 70$ км, 1980 – 2024), основные события $m_s > 6$

Выбор $m_a(m)$

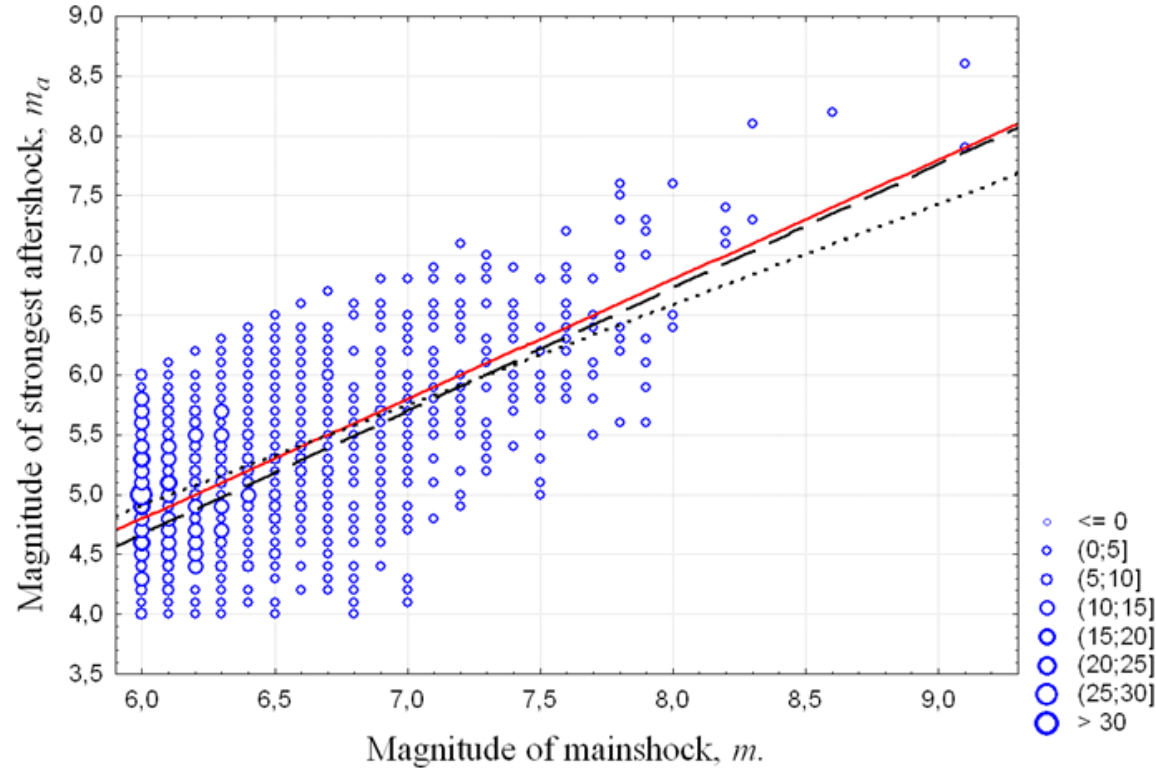


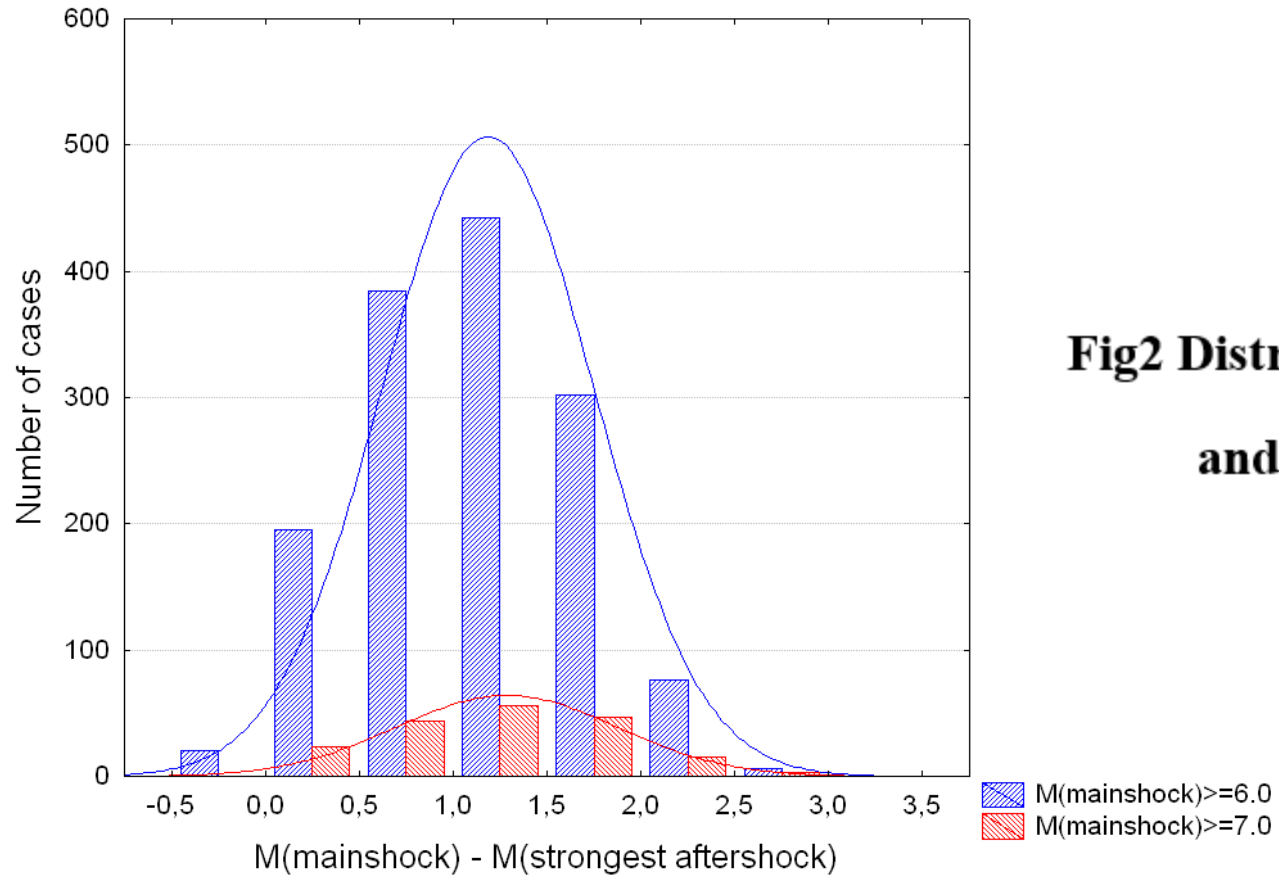
Fig.1 Linear regressions $m_a = Am + B$

(i) Bath's law $m_a = m - 1.2$ (red line)

(ii) $m \geq 6.5$ data, $A=1.03$, $B=-1.51$ (dashed line)

(iii) $m \geq 6$ data, $A=0.84$, $B=-0.13$ (dotted line)

Båth's law



**Fig2 Distributions of Båth's gap, $\delta = m_i - \mu_a(m_i)$
and Gaussian approximations**

Эмпирические $F2a$ распределения

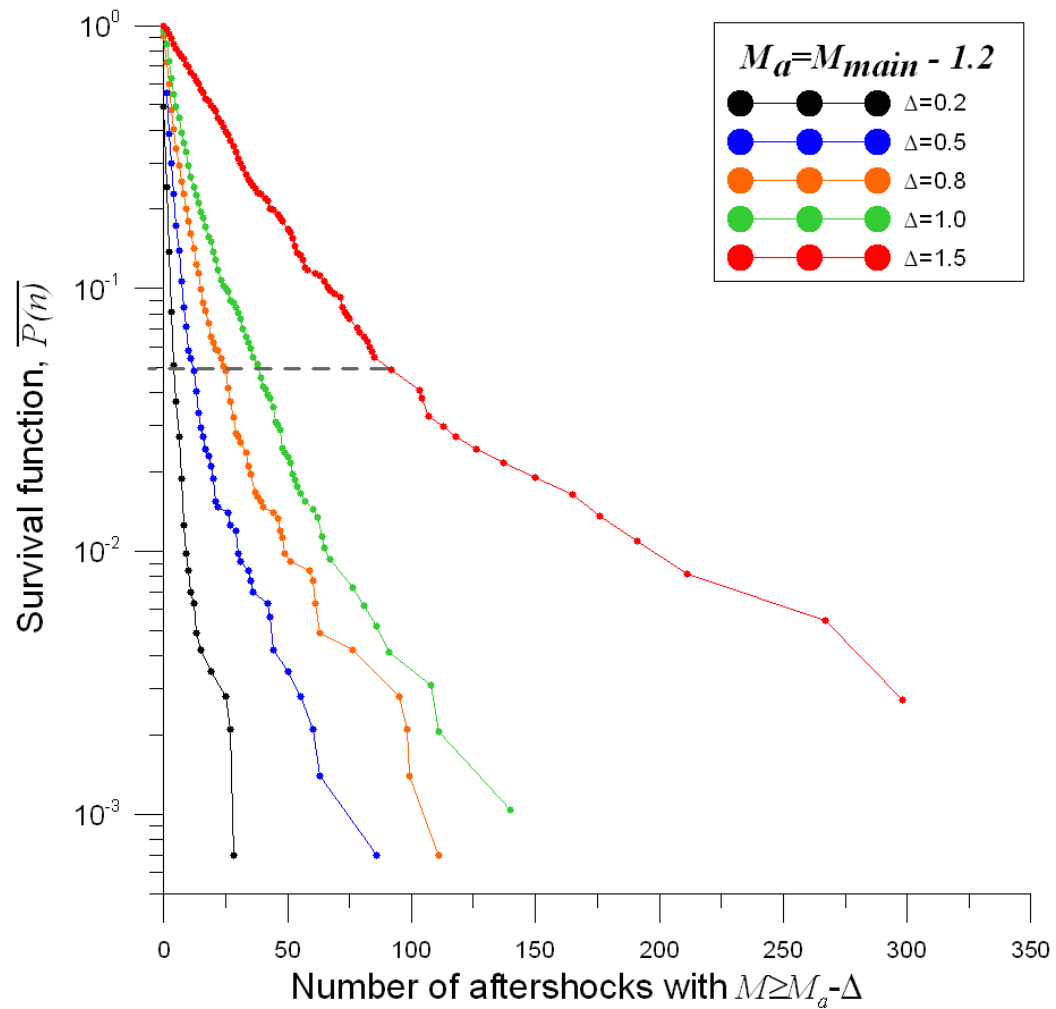


Рис 3. (1-F2a) эмпирические кривые
Горизонтальный пунктир: 95% уровень F2a

Тестирование наклонов кривых на Рис 3.

<i>Наклон</i>	<i>порог Δ_a</i>				
	0.2	0.5	0.8	1.0	1.5
<i>Теория</i>	0.21	0.12	0.06	0.04	0.015
<i>Рис 3, (i)</i>	0.22	0.10	0.05	0.03	0.015
<i>(ii)</i>	0.22	0.10	0.04	0.03	0.015
<i>[Sh], (i)</i>	0.20	0.11	0.06		

(i) $m_a = Am. + B$, закон Бота;

(ii) $A=1.03, B=-1.51$ ($m. \geq 6.5$);

[Sh] основные события с $m>6.5$ по [Shebalin et al., 2018]

ВЫВОД

Каскадная структура кластеризации сейсмических событий и геометрическое распределение прямых афтершоков в обобщенной ETAS модели согласуются с наблюдаемыми распределениями F1 и F2a

ZALIAPIN & BEN-ZION (2016)

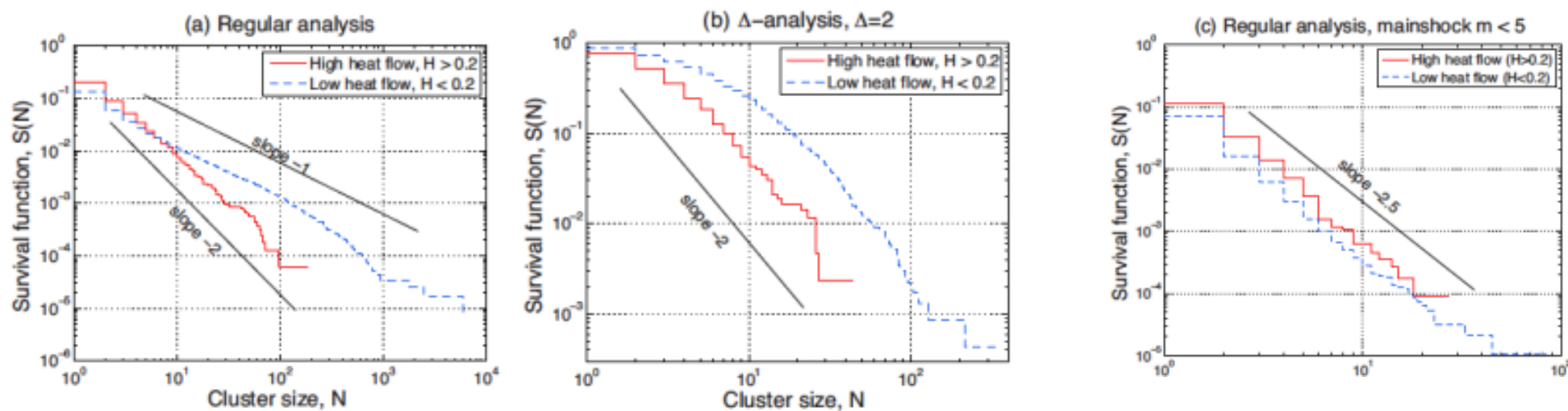


Figure 8. Distribution of cluster size N in regions with high ($H > 0.2$, red solid line) and low ($H < 0.2$, blue dashed line) values of heat flow. For families, the heat flow value is estimated at the main shock epicentre. The y-axis shows the survival function $S(N) = \text{Prob.}[\text{cluster size} > N]$. The lines that correspond to power laws $S(N) \propto N^{-\alpha}$ with indices $\alpha = 1$ and $\alpha = 2$ are shown for visual convenience. (a) Regular analysis, all clusters. (b) Delta analysis with $\Delta = 2$. (c) Regular analysis, clusters with main shock magnitude $m < 5$.

From PREDICTION to FORECASTING

- **Parkfield**: time window (1985–1993) for $m/6$ vs the real 2004 $m6$
- **Earthquakes cannot be predicted (1997)**. Geller, R. J., D. D. Jackson, Y. Y. Kagan, and F. Mulargia, *Science* 275, no. 5306, 1616–1616.
- **CSEP**: Collaboratory for the Study of Earthquake Predictability
- **11 October 2024** Critical Questions About CSEP. Schoenberg, S F., and D. Schorlemmer (2024). *Seismol Res. Lett.* XX, 1–9.

<< Неясно, использует ли кто-нибудь результаты CSEP на практике, и насколько улучшены модели сейсмической опасности с помощью результатов CSEP

<<Модель Helmstetter et al. (2007) показала наилучшие результаты в 5-летнем эксперименте «Regional Earthquake Likelihood Models experiment».

Но <<ETAS обычно не помогает в прогнозировании сильных землетрясений, которые нас больше всего интересуют>>

Зато <<у нас...есть система, позволяющая выявлять улучшенные модели... и есть механизм для более эффективного отсеивания и развенчания плохих моделей

CSEP - это выдающееся научное достижение...своего рода золотой стандарт, о котором ... можно только мечтать>>.