



11-ая Международная школа-семинар
«Физические основы прогнозирования
разрушения горных пород»
Горный институт УрО РАН
Пермь, Россия, 14-18 октября 2019 г.

О НЕКОТОРЫХ ОСОБЕННОСТЯХ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ АФТЕРШОКОВ

Завьялов А.Д.¹,
Зотов О.Д.^{1,2}

¹ Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, г. Москва, Россия

² Геофизическая обсерватория «Борок» ИФЗ РАН, пос. Борок,
Ярославская обл., Россия



*Работа выполнена при финансовой поддержке
гранта РФФИ, проект № 18-05-00096;
программ государственных заданий ИФЗ РАН*

Афтершоки представляют собой **яркий пример** результата триггерного воздействия на литосферу. При этом в качестве **явного триггера** выступает **главный толчок**, запускающий процесс разрядки накопленных тектонических напряжений в локальной области очага, а афтершоки являются элементарными актами этого процесса. Мы исходим из **концепции нестационарности** горных пород в очаговой области, которая является ее важнейшим свойством.

Представляемый доклад посвящен результатам изучения особенностей реакции нелинейной динамической системы – очаговой зоны – на триггерное воздействие – главный толчок, и подбору эмпирических формул, описывающих пространственно-временную эволюцию афтершоков.

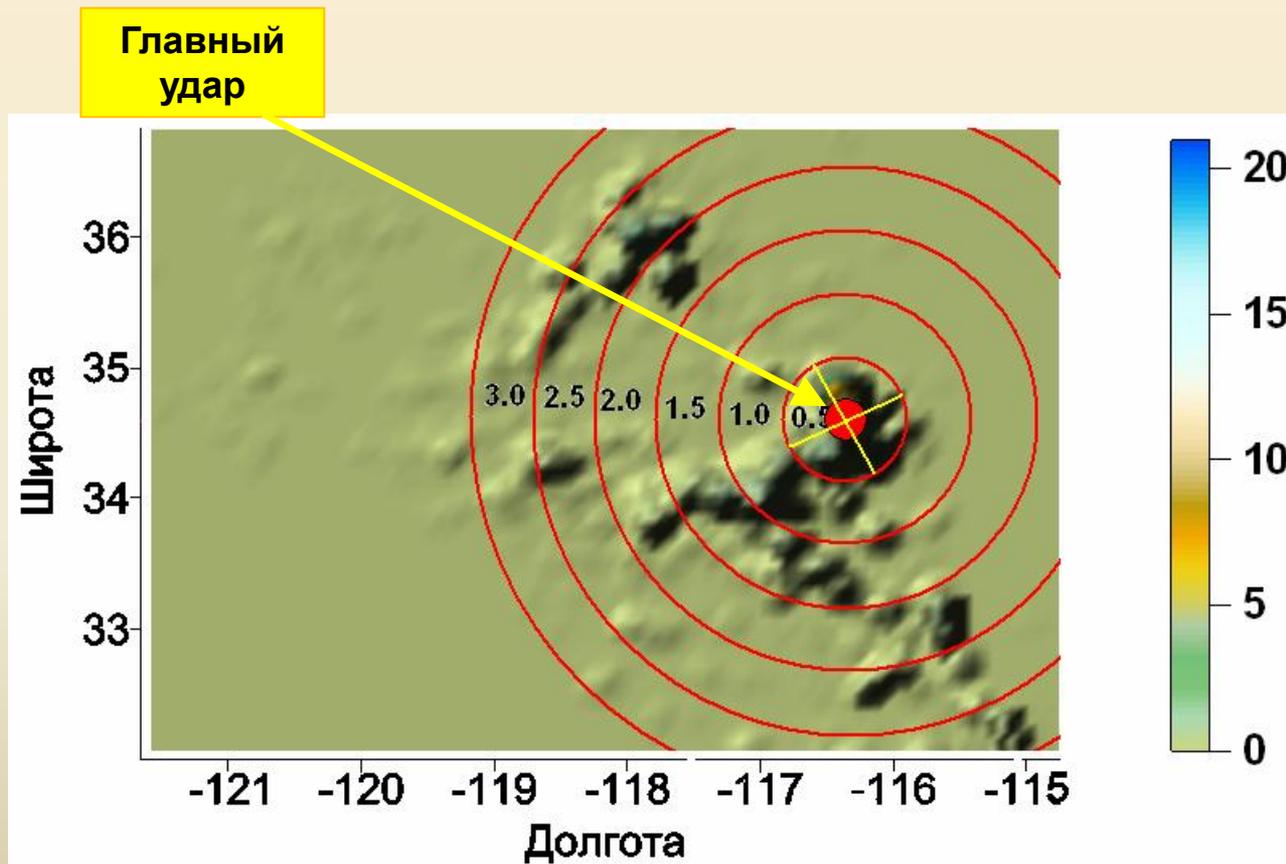
Использованные данные

В процессе работы были использованы выборки главных толчков и их повторных толчков из каталога **USGS/NEIC** за период 1973-2014 гг.

Мы сосредоточили внимание на повторных толчках, которые возникали в **первые 10 часов** после главного толчка в зоне радиусом **R до 5° (~500 км)** от его эпицентра.

Во всех своих построениях мы использовали **метод наложения эпох**. При этом главный толчок выполнял роль реперного события.

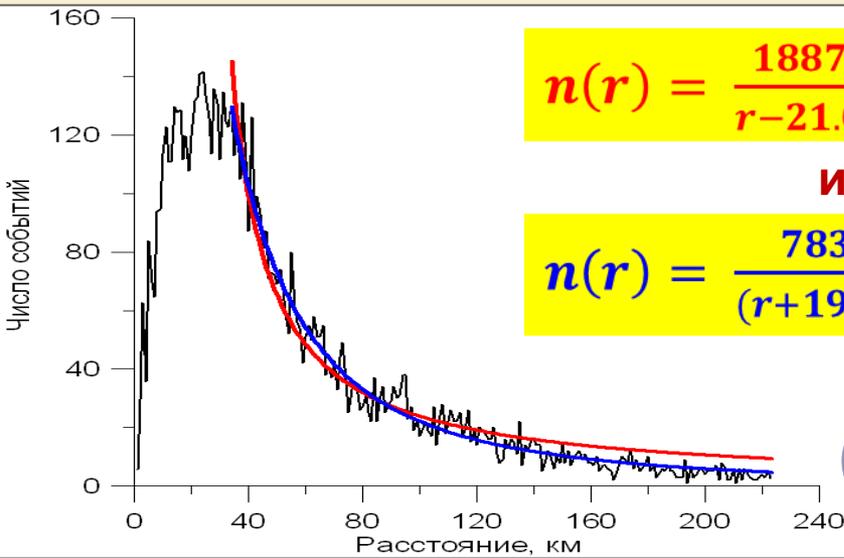
Пространственная структура афтершоков



Каталог USGS 1973-2014

Мгл.т. ≥ 7.0 (N=521), Мпов.т. < 7.0 (N=8348), $\Delta T=10$ час

Полученные пространственные распределения афтершоков относительно эпицентра основного толчка по своей форме напоминают **закон Омори**.

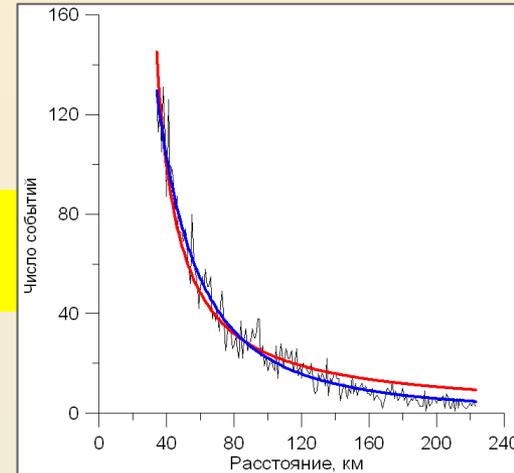


$$n(r) = \frac{1887}{r-21.0} - \text{закон Омори}$$

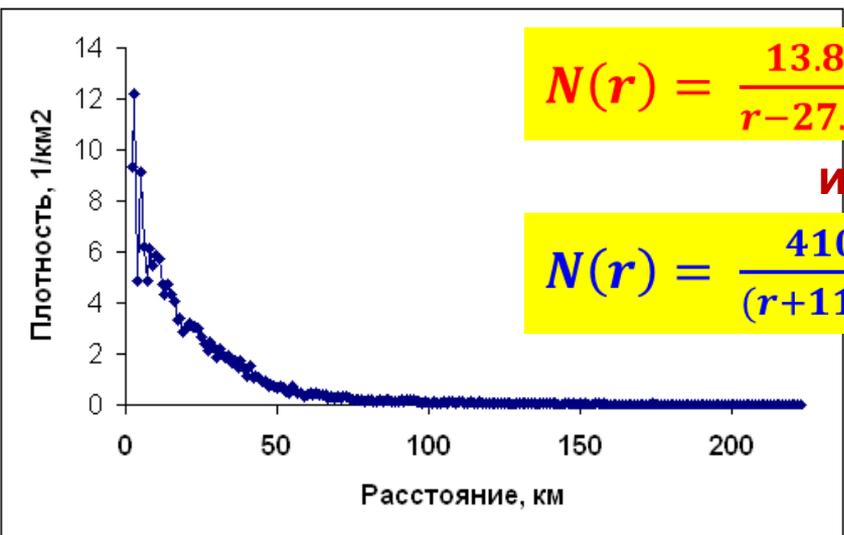
или

$$n(r) = \frac{783106}{(r+19.2)^{-2.2}} - \text{закон Омори-Утсу}$$

$$n(t) = \frac{k}{(t+c)^p}$$



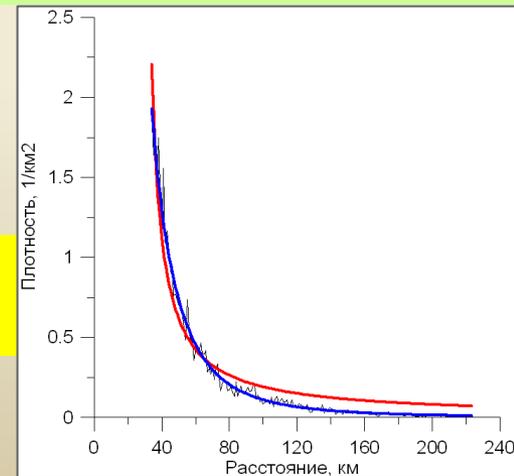
Оригинальная запись з-на Омори



$$N(r) = \frac{13.8}{r-27.8} - \text{закон Омори}$$

или

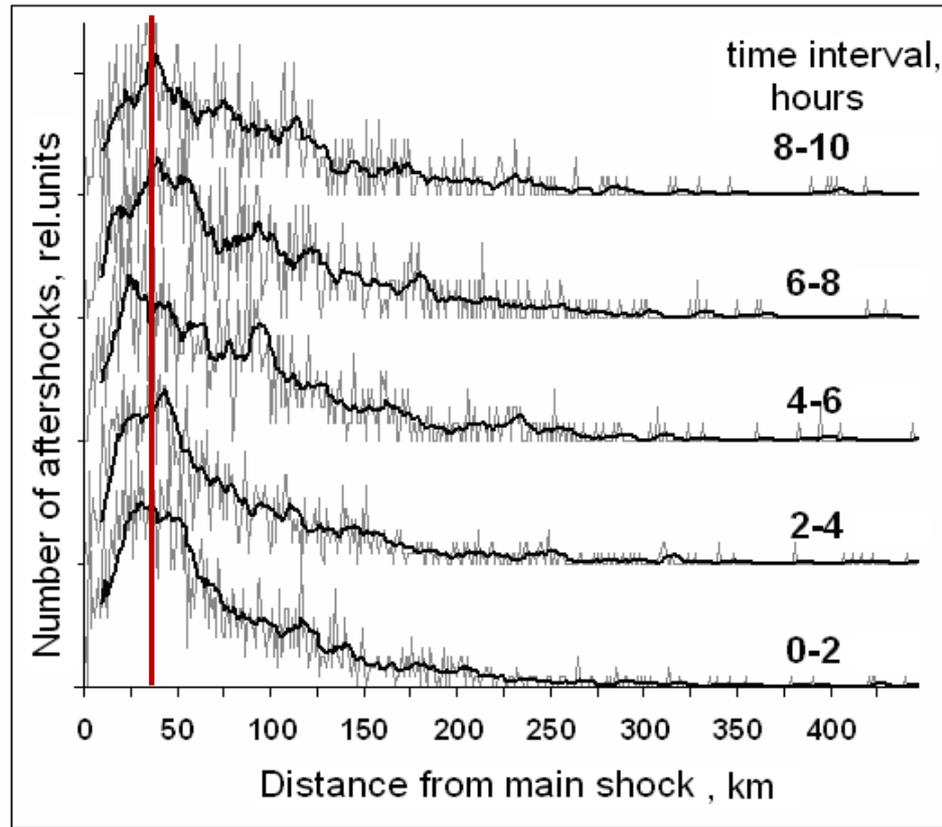
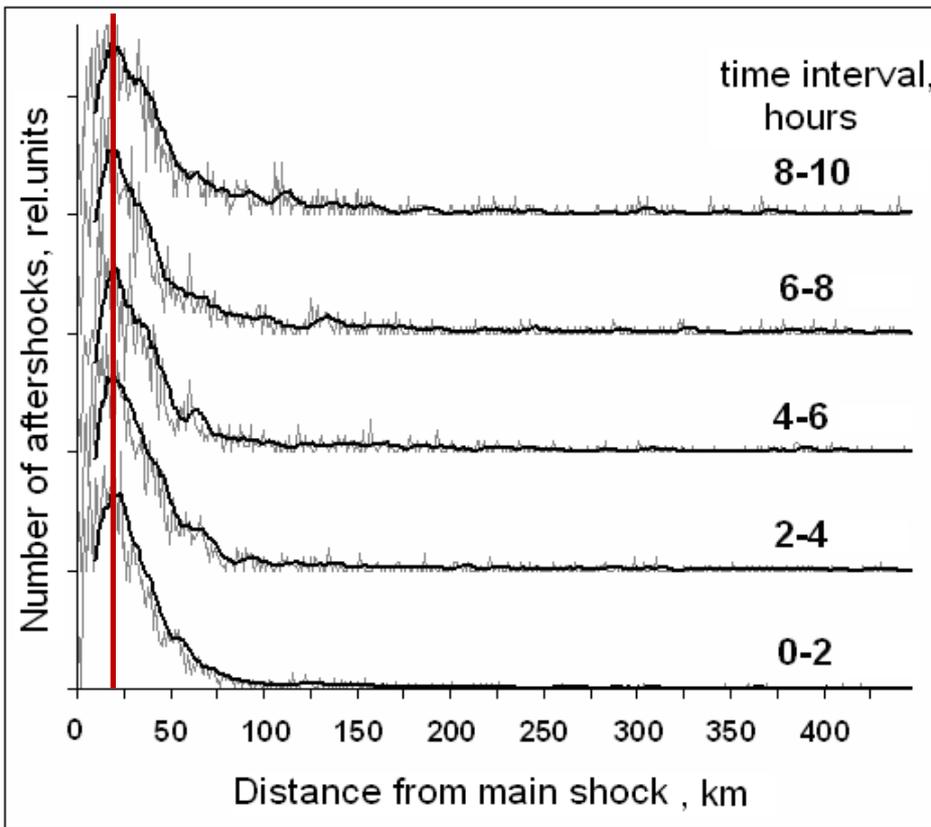
$$N(r) = \frac{410406}{(r+11.7)^{-3.2}} - \text{закон Омори-Утсу}$$



Каталог USGS 1973-2014

$6.5 \leq M_{\text{гл.т.}} < 7.5$ ($N=1427$)
 $M_{\text{пов.т.}} < 6.5$ ($N=10008$)

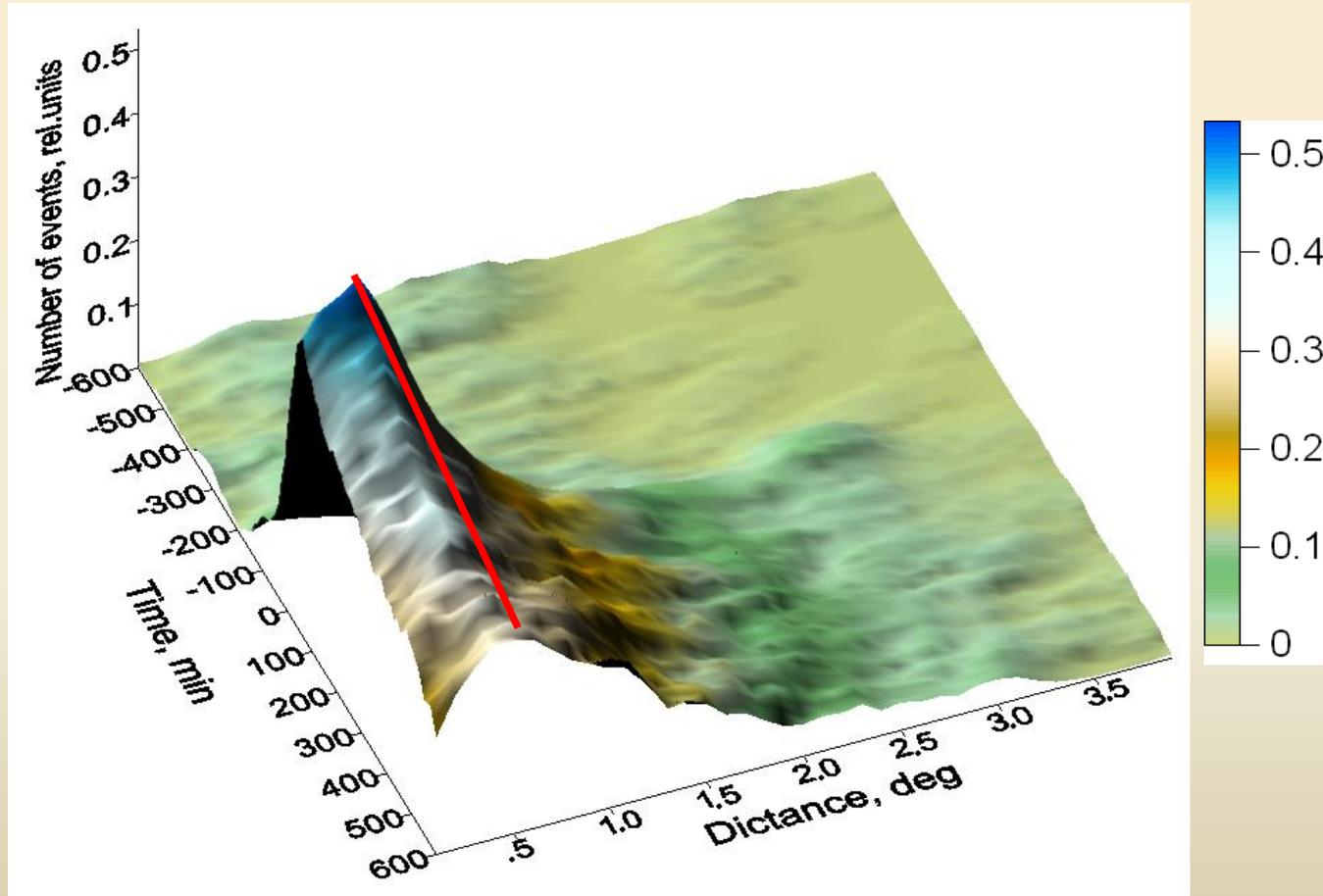
$M_{\text{гл.т.}} \geq 7.5$ ($N=172$)
 $M_{\text{пов.т.}} < 7.5$ ($N=5299$)



Для данной магнитуды (диапазона магнитуд) **пространственное положение максимумов** афтершоковой активности **не зависит от времени** после основного толчка.

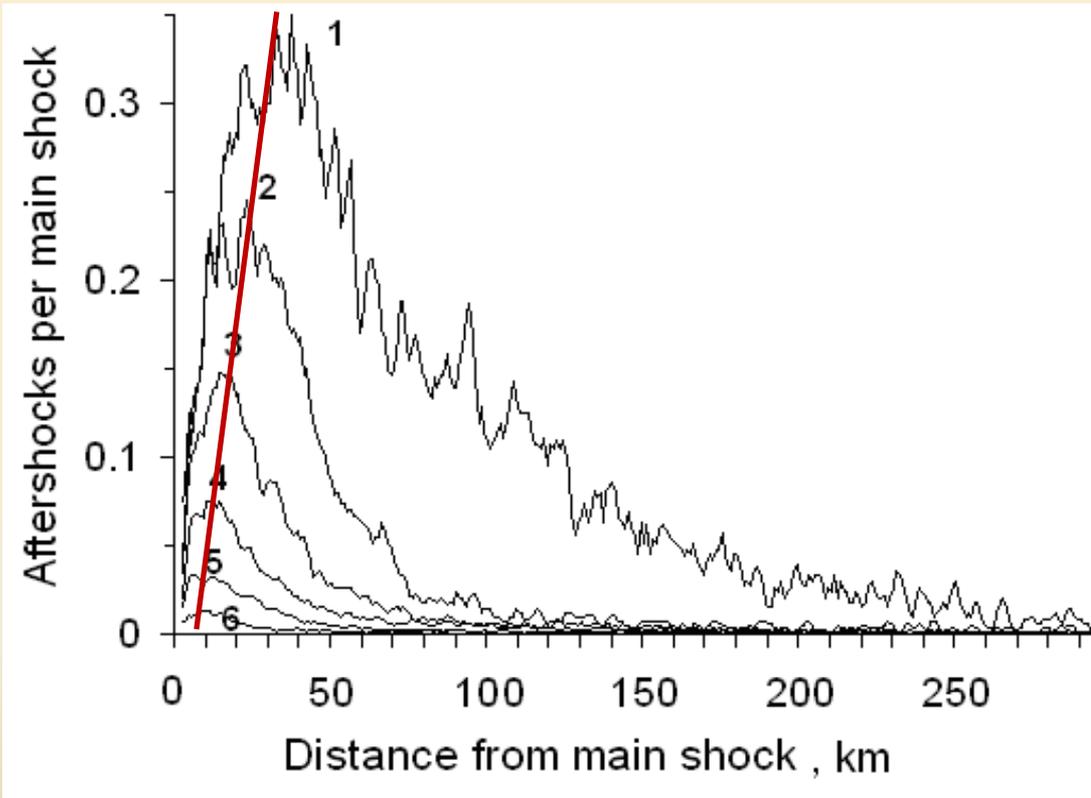
Каталог USGS 1973-2014

Мгл.т. ≥ 7.0 ($N=521$), Мпов.т. < 7.0 ($N=8547$)



Каталог USGS 1973-2014

Мпов.т. < Мгл.т

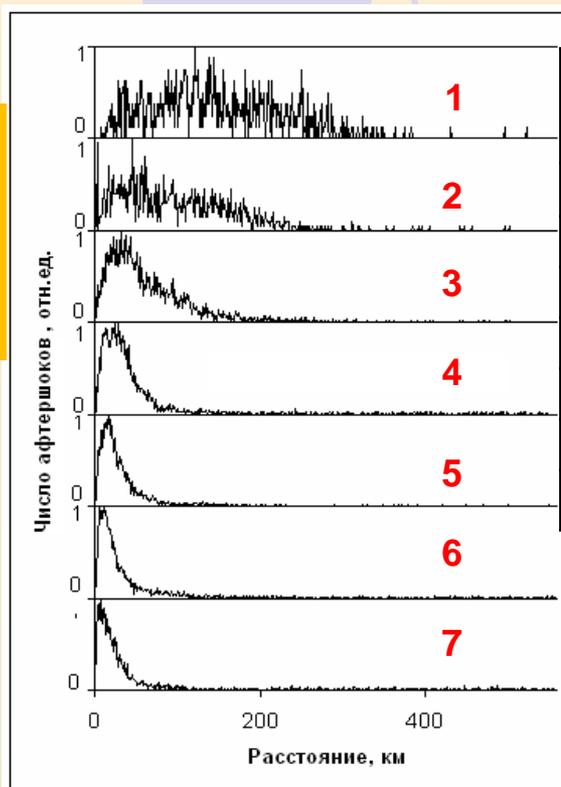


№ п/п	Диапазон магнитуд главных толчков	Кол-во главных толчков	Кол-во повторных толчков
1	Мгл.т. ≥ 7.5	168	5020
2	$7.0 \leq$ Мгл.т. < 7.5	404	4613
3	$6.5 \leq$ Мгл.т. < 7.0	1142	6362
4	$6.0 \leq$ Мгл.т. < 6.5	2972	8388
5	$5.5 \leq$ Мгл.т. < 6.0	5862	7026
6	$5.0 \leq$ Мгл.т. < 5.5	3487	1477

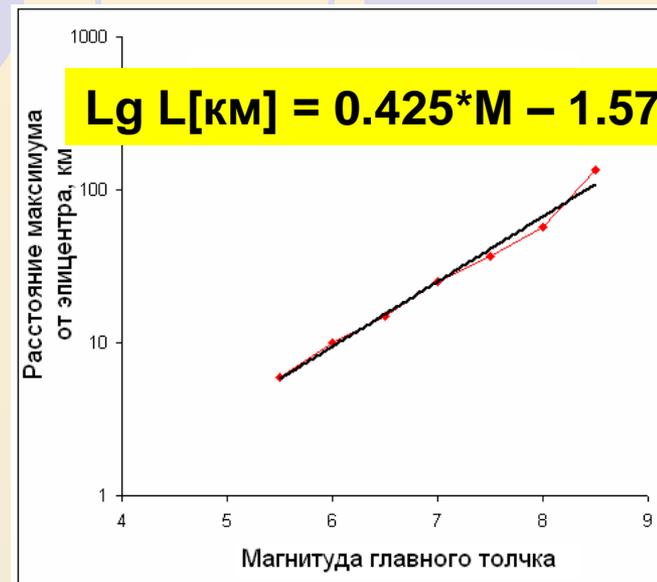
Максимум количества повторных толчков наблюдается **на расстоянии от 10 до 40 км** от эпицентра главного толчка, и это расстояние прямо пропорционально его магнитуде. **Чем больше магнитуда основных толчков, тем больше расстояние максимума от главного толчка.**

О размере очаговой зоны

10 часов



№ п/п	Диапазон магнитуд главных толчков	Кол-во главных толчков	Кол-во повт. толчков
1	Мгл.т. ≥ 8.5	4	721
2	$8.0 \leq \text{Мгл.т.} < 8.5$	26	1309
3	$7.5 \leq \text{Мгл.т.} < 8.0$	139	3693
4	$7.0 \leq \text{Мгл.т.} < 7.5$	345	4141
5	$6.5 \leq \text{Мгл.т.} < 7.0$	905	4863
6	$6.0 \leq \text{Мгл.т.} < 6.5$	2203	5099
7	$5.5 \leq \text{Мгл.т.} < 6.0$	4461	4079



Для сравнения:

Ю.В. Ризниченко (1976)

$$\text{Lg } L[\text{км}] = 0.440 * M - 1.289$$

Wells & Coppersmith (1994)

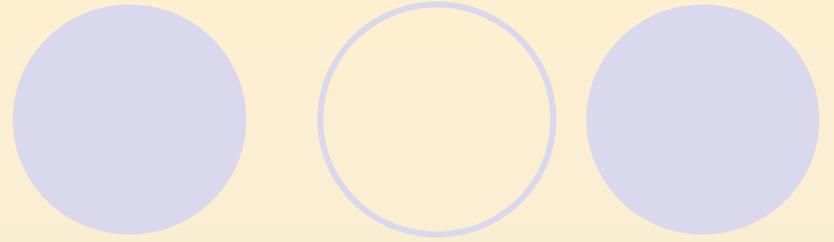
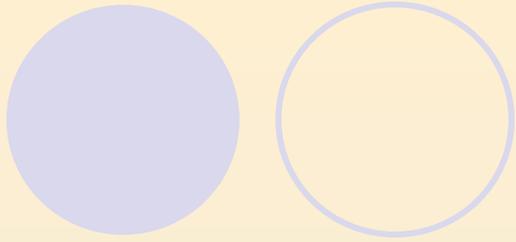
$$\text{Lg } L[\text{км}] = 0.671 * M - 2.939$$

Положение максимума числа афтершоков в пространстве, зависящее от магнитуды основного толчка и не зависящее от времени после основного толчка, является стабильной пространственной характеристикой очага.

И мы приходим к выводу, что эта характеристика может служить еще одним способом **определения размера очаговой зоны.**

Выводы

- Полученные пространственные распределения афтершоков относительно эпицентра основного толчка по своей форме **напоминают закон Омори.**
- Для данной магнитуды (диапазона магнитуд) пространственное положение максимумов афтершоковой активности не зависит от времени после основного толчка. Оно **является стабильной пространственной характеристикой очага, которая может быть положена в основу определения размера очаговой зоны.**
- Максимум количества афтершоков наблюдается на расстоянии от 10 до 40 км от эпицентра главного толчка, и это расстояние прямо пропорционально его магнитуде. **Чем больше магнитуда основных толчков, тем больше расстояние максимума от главного толчка.**



Благодарю за внимание !