

Солнечная активность и триггерные эффекты в сейсмоактивных областях Земли

Тарасов Н.Т.

Институт физики Земли им. О.Ю.Шмидта РАН

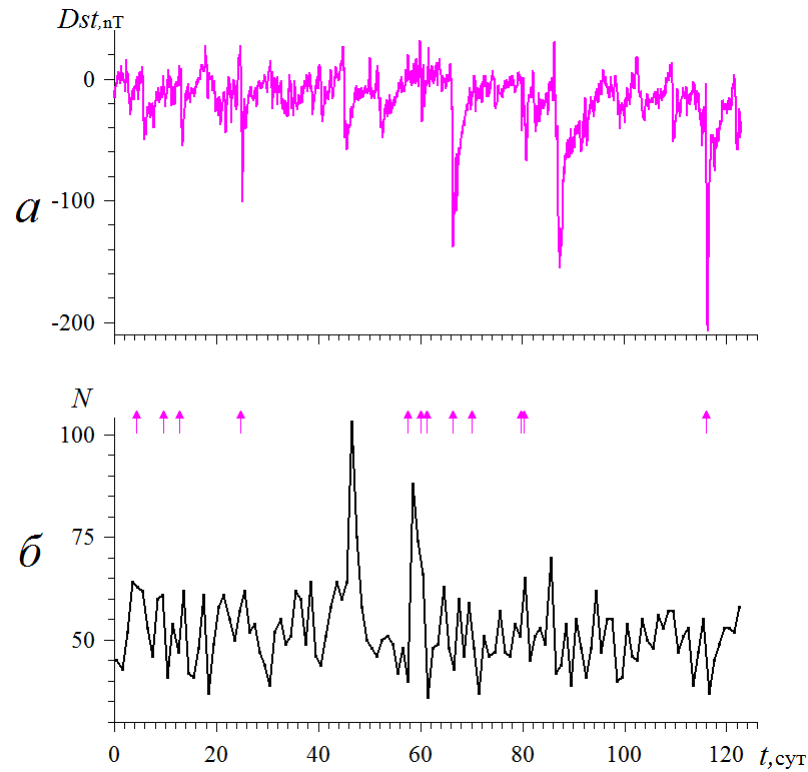
Москва, Б. Грузинская, 10

tarasov@ifz.ru

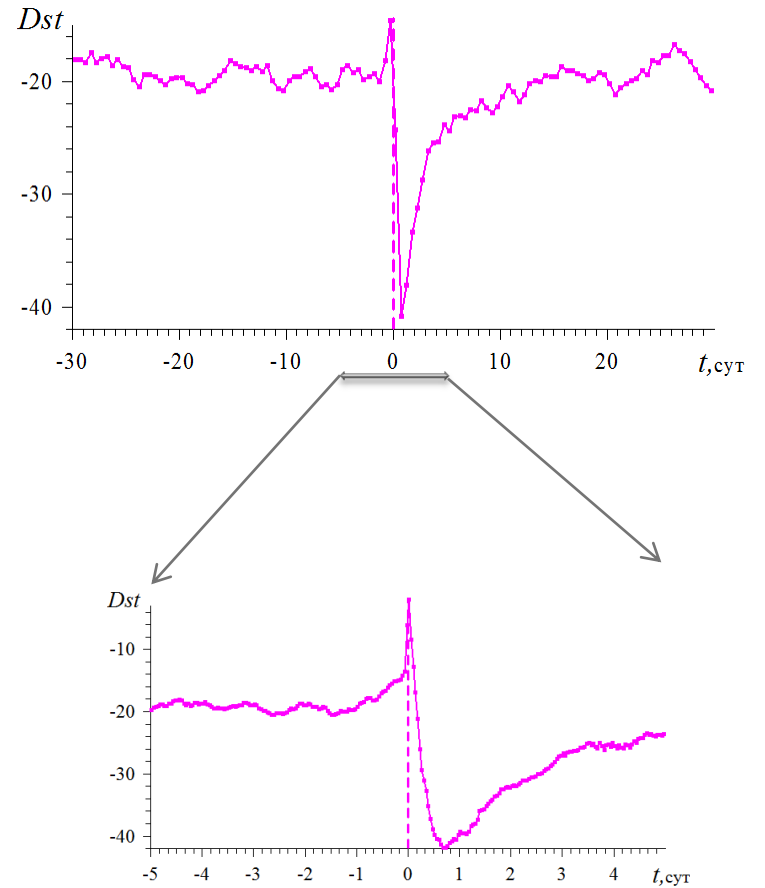
Период наблюдений 1973 – 2001 гг.

Исходные данные:

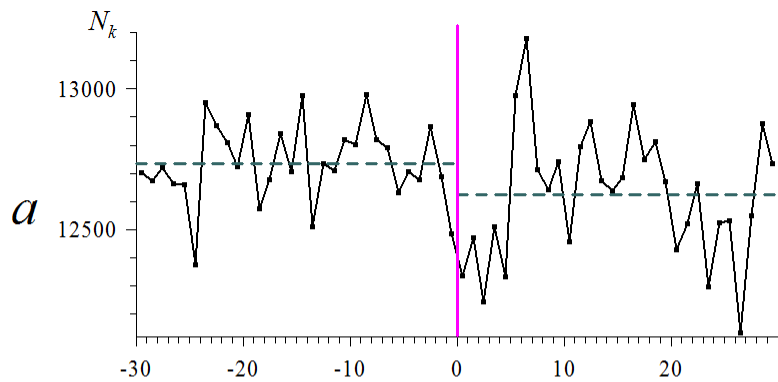
- Каталог глобальной сейсмичности Земли NEIC. Содержит данные о более 600 тыс. землетрясений, произошедших за период 1964 - 2013 гг.
- Каталог The Global Centroid-Moment-Tensor (CMT) Project содержит данные об очагах (включая значения главных напряжений) 54700 землетрясений с 1976 по 2019 гг.
- Каталог магнитных бурь с внезапным началом NOAA. Содержит данные о 1071-ой магнитной буре за период 1968 – 2002 гг.
- Значения геомагнитных индексов Dst и Ap (NOAA) за период 1957-2011 гг.
- Данные NOAA о мощности электромагнитного излучения Солнца в радиочастотном диапазоне за период 1947-2011 гг.
- Данные NOAA (со спутников IPM-8 и др.) об изменении концентрации и скорости распространения солнечной плазмы за период 1973-2001 гг.



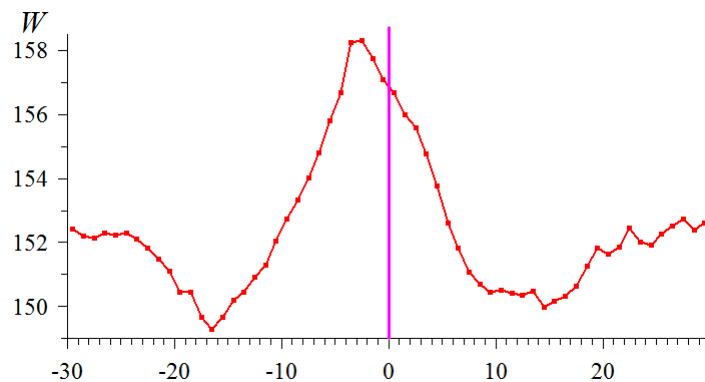
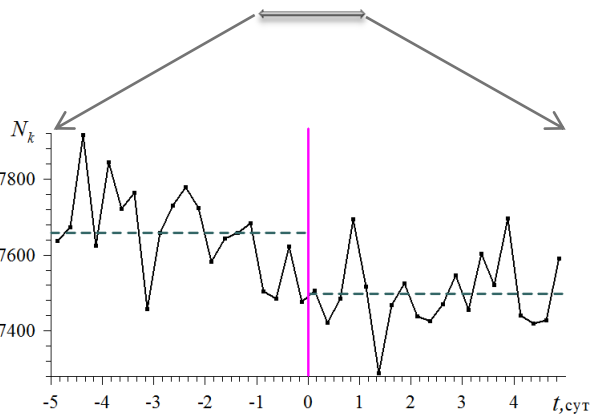
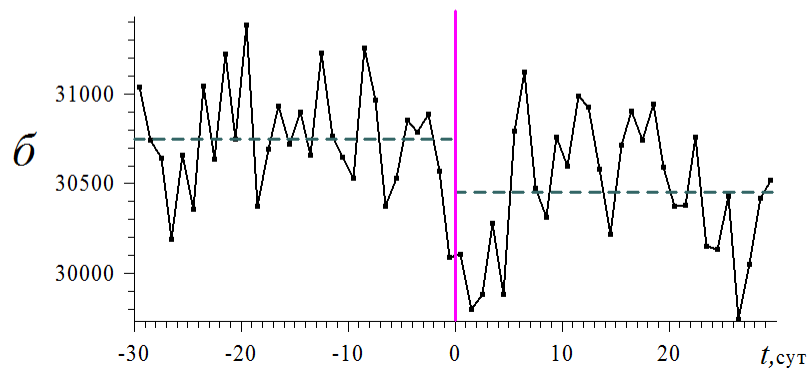
Примеры изменения во времени геомагнитного индекса Dst (*a*) и ежесуточного количества землетрясений (*б*), зафиксированных в Каталоге глобальной сейсмичности NEIC. Стрелками показаны времена возникновения магнитных бурь.



Изменение геомагнитного индекса Dst в пределах ± 30 сут от начала магнитных бурь, полученное методом наложения эпох.

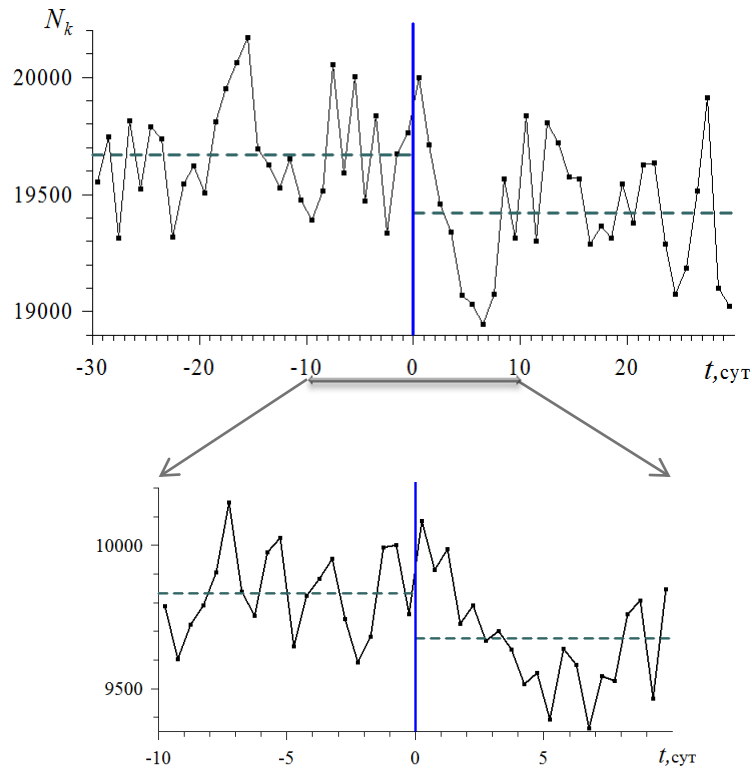


Изменение во времени количества землетрясений в интервале ± 30 сут до и после магнитных бурь с внезапным началом. *a* – землетрясения представительных магнитуд (с $M_s > 4.4$), *б* – все землетрясения, представленные в каталоге NEIC.



Изменение мощности излучения Солнца в радиочастотном диапазоне в течение 30 сут до и 30 сут после магнитных бурь с внезапным началом, полученное методом наложения эпох.

$$T_i = t_i - S_c / v_i$$

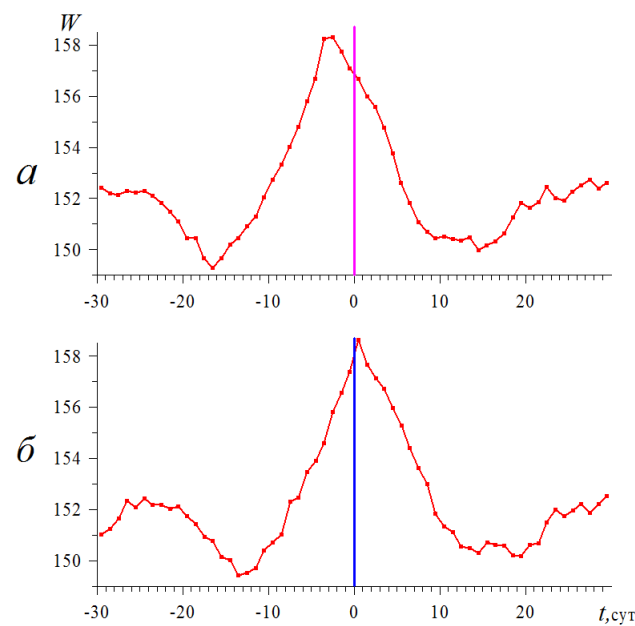


Изменение ежесуточного количества землетрясений до и после солнечных событий, послуживших причиной возникновения магнитных бурь.

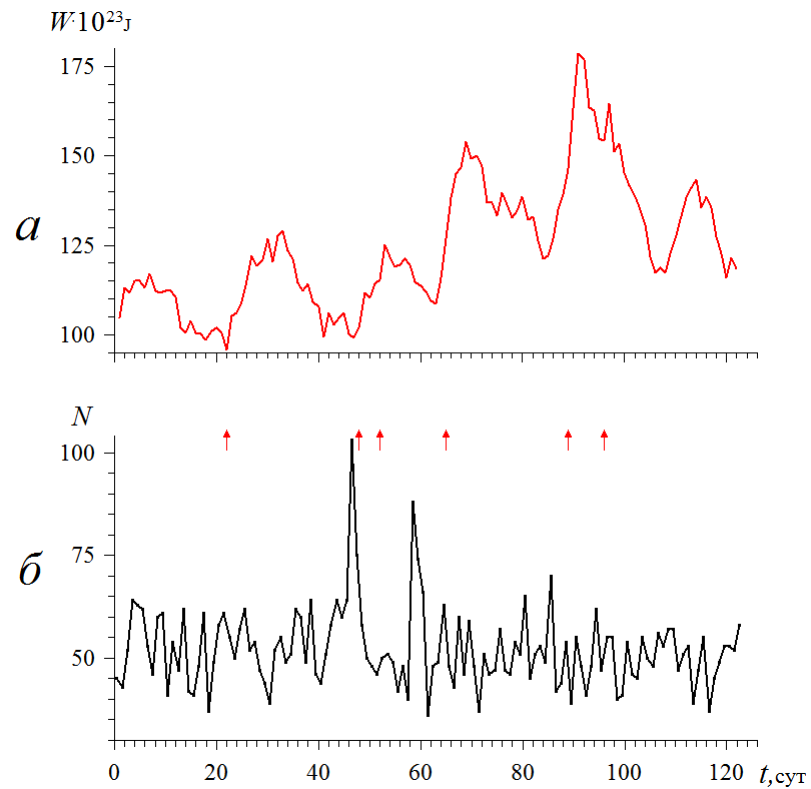
Скорость распространения корпускулярного фронта 309 - 1040 км/сек (Данные имеются для 607 магнитных бурь из 1071).

Расстояние от Земли до Солнца 147 млн км в январе, 152 млн км в июле.

Время распространения солнечной плазмы до Земли 1.64 - 5.51 сут.

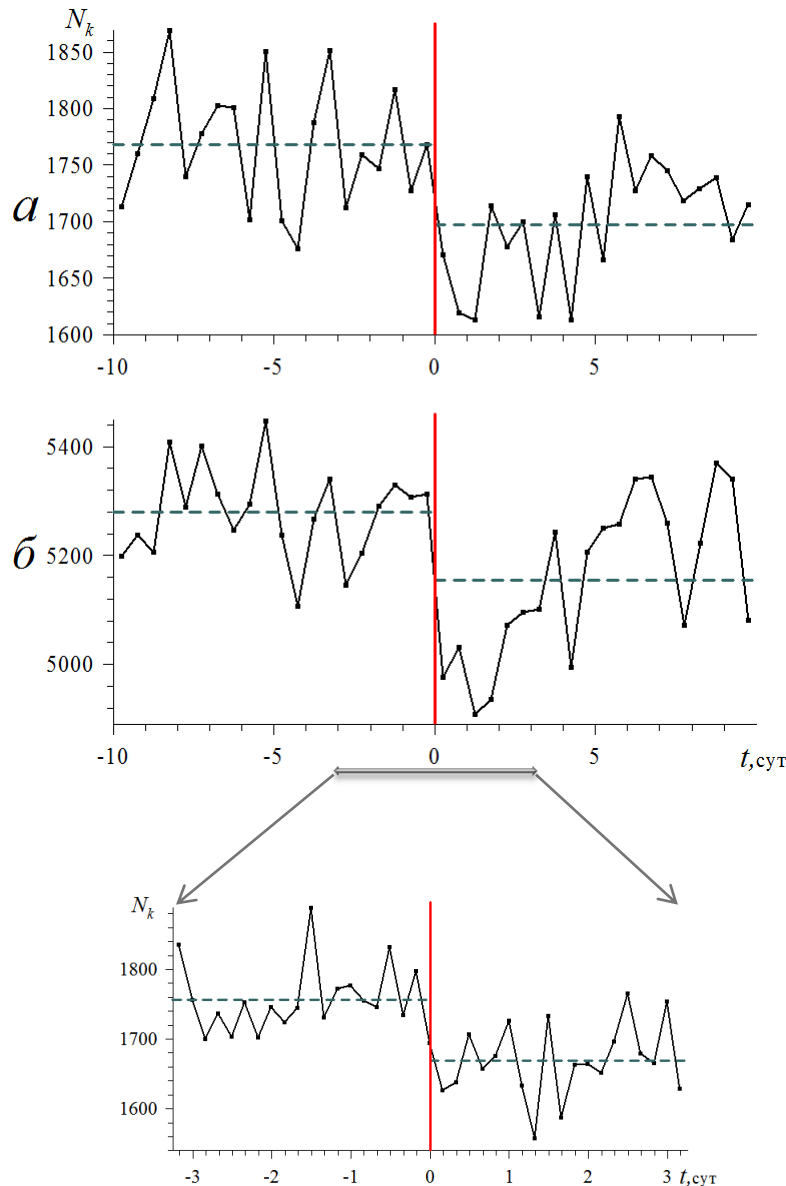


Изменение мощности излучения Солнца в радиочастотном диапазоне до и после магнитных бурь с внезапным началом (а) и аналогичная зависимость после введения поправок на время распространения солнечной плазмы до Земли (б).



Пример изменения во времени интенсивности излучения Солнца в радиочастотном диапазоне и ежесуточного количества землетрясений, зафиксированных в Каталоге глобальной сейсмичности Земли NEIC. Стрелками показаны времена резкого возрастания мощности радиоизлучения.

Изменение во времени количества землетрясений представительных магнитуд (а) и всех вошедших в каталог событий (б) до и после резких всплесков мощности электромагнитного излучения Солнца.



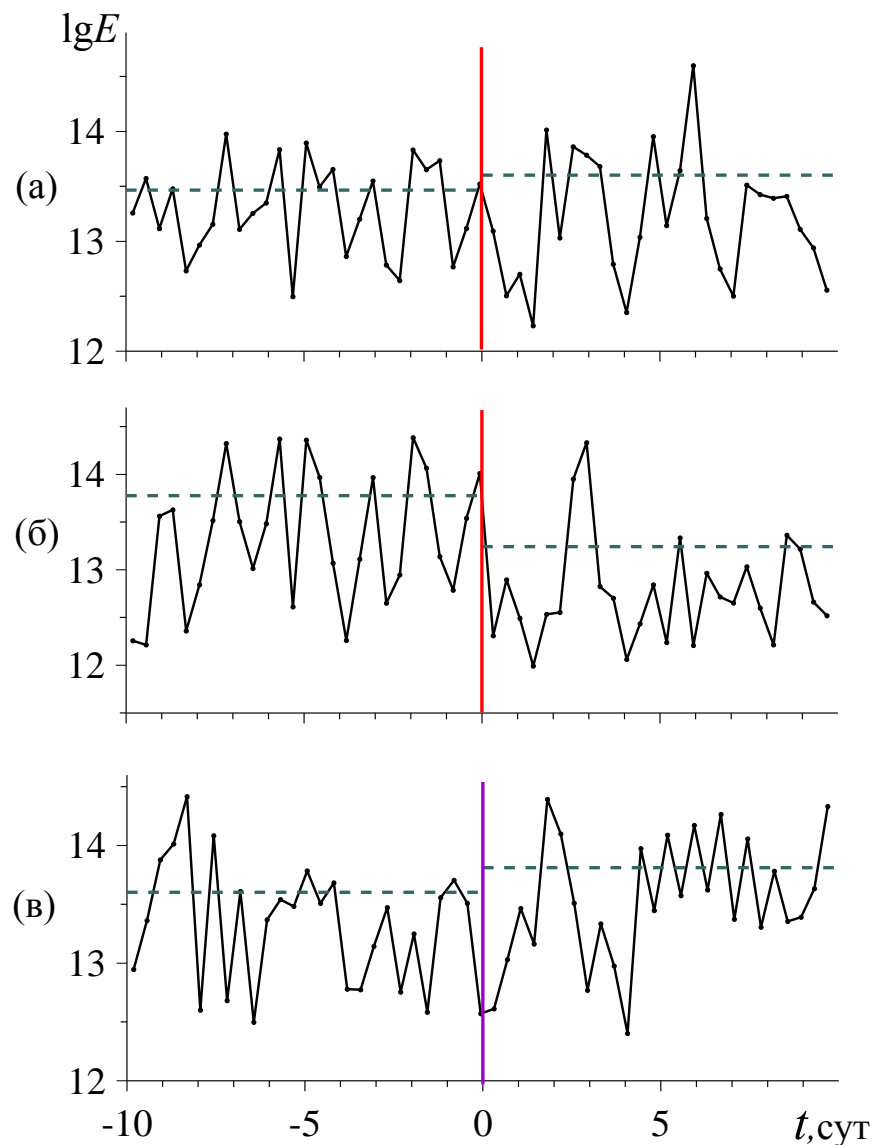
Триггер	ΔN , %	P
МБ	-1.1	0.0023
МБ _С	-1.6	0.0007
ЭИС	-2.5	0.0002
ЭИС ₃	-5.7	0.0001

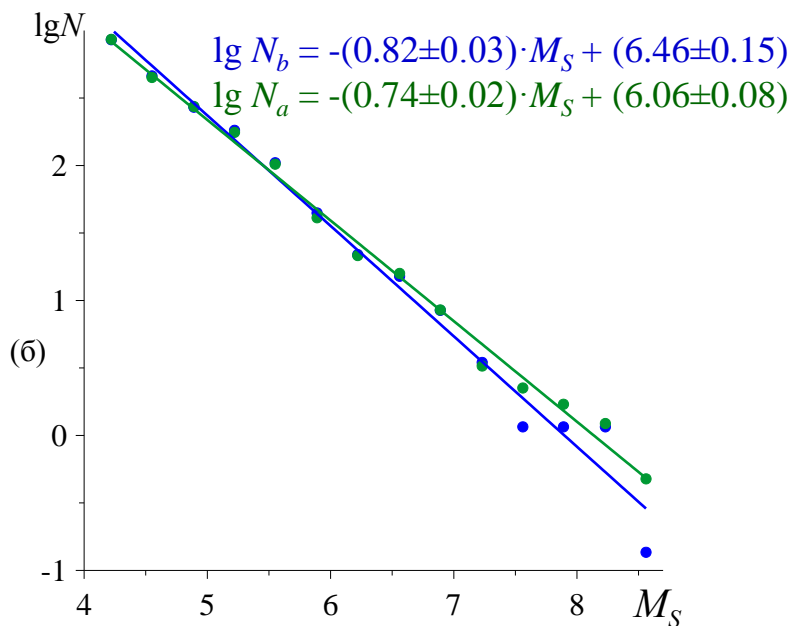
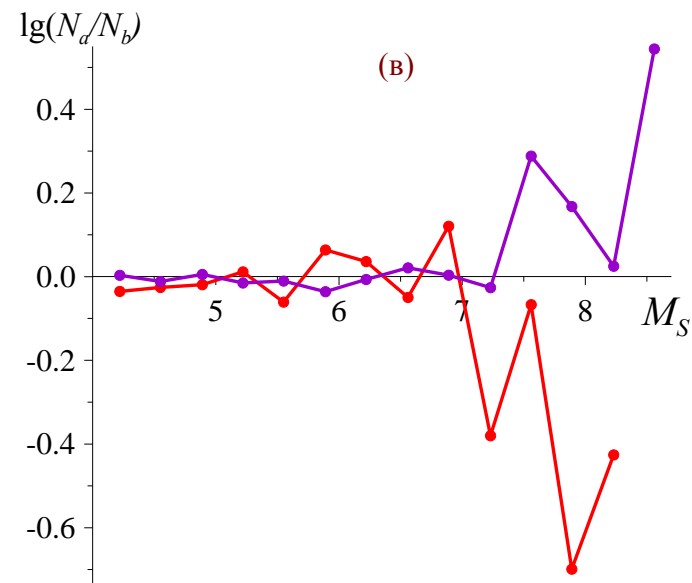
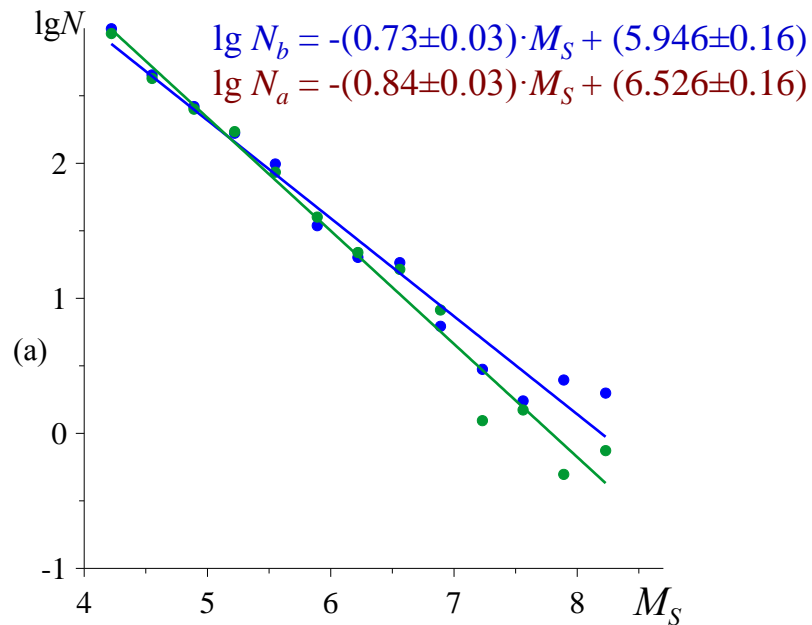
Изменения количества землетрясений (ΔN) и их статистическая значимость (P) после геомагнитных бурь (МБ), событий на Солнце, послуживших их причиной (МБ_С), и интенсивных всплесков электромагнитного излучения Солнца (ЭИС), в пределах временных окон шириной ± 10 и ± 3 сут (ЭИС₃) от времени их воздействия.

Изменения средней энергии землетрясений (ΔE) после МБ и ЭИС и их статистическая значимость (P), а также отношение суммарной энергии (E_d/E_b) землетрясений, возникших после и до них, и аналогичные оценки, полученные по выборке МБ, до и после которых не фиксировалось ЭИС, и выборке ЭИС, до и после которых не наблюдалось МБ.

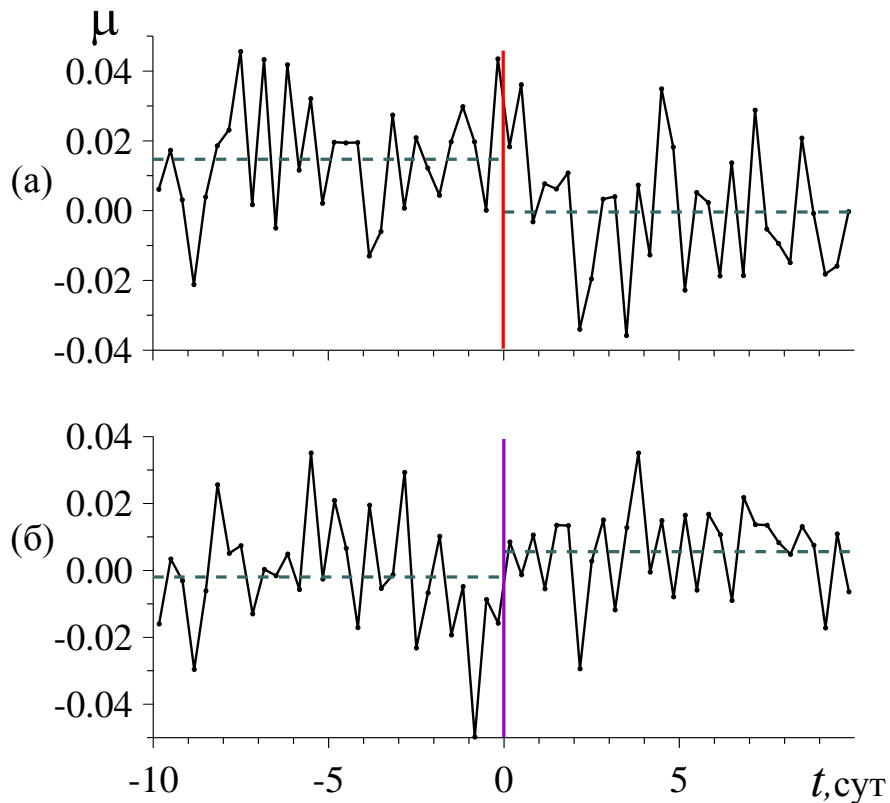
Триггер	$\Delta E, \%$	P	E_d/E_b
МБ все	33.6	0.089	1.32
ЭИС все	57.1	0.082	1.55
МБ без ЭИС	58.5	0.049	1.52
ЭИС без МБ	-70.8	0.043	0.27

Изменение во времени средней энергии землетрясений до и после интенсивных всплесков электромагнитного излучения Солнца (а), аналогичная зависимость, полученная по всплескам, до и после которых не возникало магнитных бурь (б), и изменение средней энергии землетрясений до и после МБ, до и после которых не фиксировалось всплесков ЭИС.





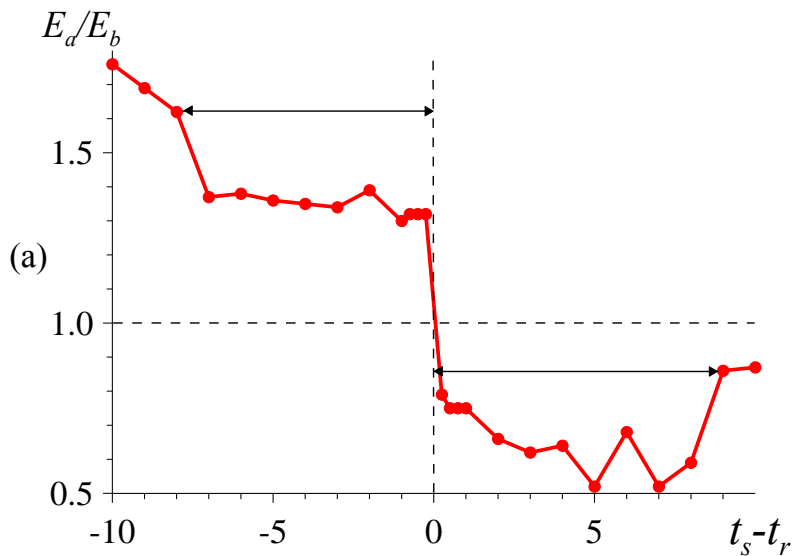
Графики повторяемости, построенные по землетрясениям, произошедшим в течение 10 сут до (синий цвет) и за такое же время после (зеленый) интенсивных всплесков электромагнитного излучения Солнца (а), и до и после геомагнитных бурь (б), а также отношение количества событий (N_a/N_b), возникших после и до всплесков электромагнитного излучения (красный цвет), и после и до геомагнитных бурь (лиловый), в зависимости от их магнитуды (в).



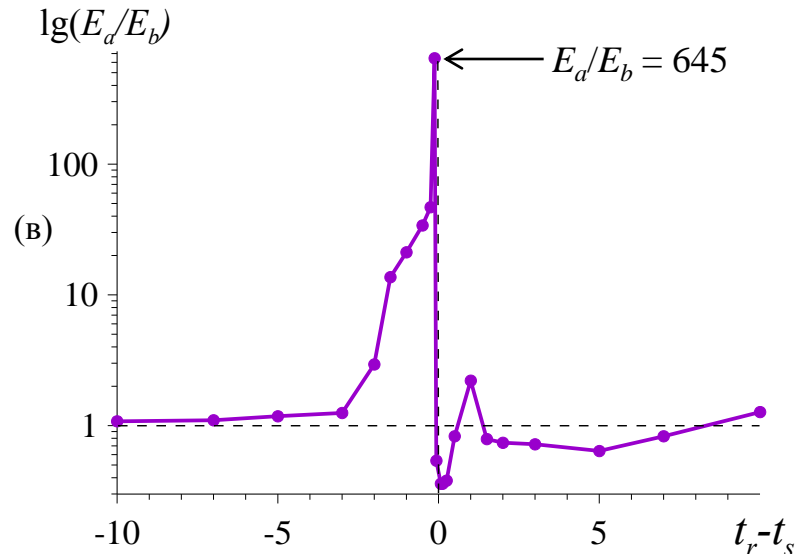
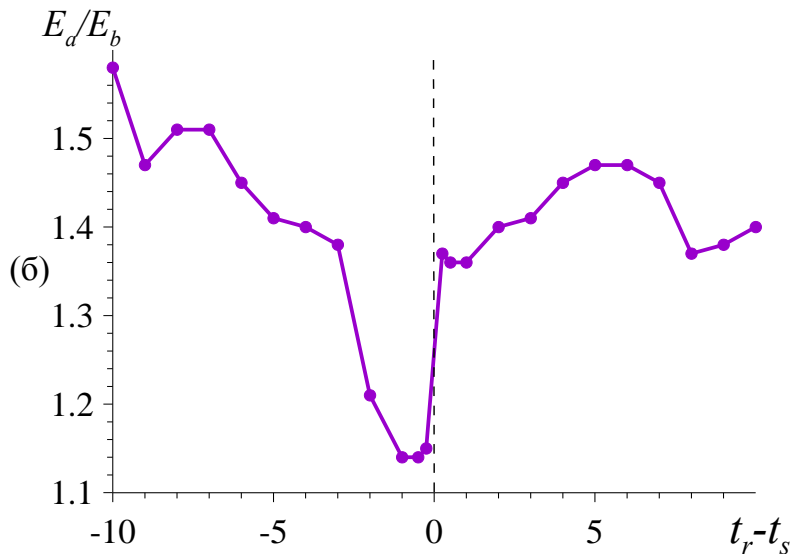
Триггер	$\Delta\mu, \%$	P
ЭИС	-103	0.0017
МБ	375	0.0173

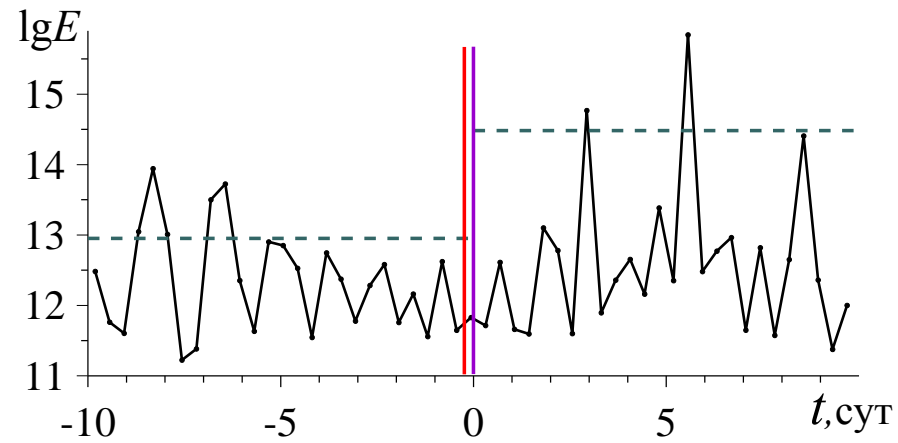
Изменения средних значений коэффициентов Лоде-Надаи ($\Delta\mu$) после интенсивных всплесков электромагнитного излучения Солнца и после магнитных бурь, а также их статистическая значимость (P).

Изменение во времени коэффициентов Лоде-Надаи (μ) до и после интенсивных всплесков электромагнитного излучения Солнца (а) и аналогичная зависимость до и после магнитных бурь (б).



Отношение средней энергии землетрясений после и до интенсивных всплесков электромагнитного излучения Солнца (E_d/E_b) в зависимости от длительности и положения временных интервалов, в пределах которых не возникало геомагнитных бурь (а), аналогичное отношение E_d/E_b после и до геомагнитных бурь в зависимости от положения временных интервалов, в пределах которых не наблюдались всплески электромагнитного излучения Солнца (б) и, напротив, в зависимости от положения временных интервалов, в которых такие всплески фиксировались (в).





Изменение во времени средней энергии землетрясений до и после геомагнитных бурь, за 0.5 сут до которых фиксировались интенсивные всплески электромагнитного излучения Солнца.

В ы в о д ы

➤ Резкие всплески интенсивности ионизирующего электромагнитного излучения Солнца, также как и магнитные бури, вызывают заметное, статистически значимое, уменьшение глобальной сейсмической активности Земли. В частности, воздействие ионизирующего излучения служит причиной уменьшения количества землетрясений за несколько суток до возникновения магнитных бурь.

➤ После всплесков ионизирующего излучения Солнца происходит статистически значимое уменьшение средней и суммарной энергии землетрясений на Земле, а после геомагнитных бурь наблюдается их рост. В основном это происходит за счет уменьшения числа наиболее сильных землетрясений с $M_s > 7$.

➤ После всплесков ионизирующего излучения Солнца напряженно-деформированное состояние твердой Земли меняется в сторону растягивающих напряжений, а после геомагнитных бурь – в сторону сжимающих. По абсолютным значениям эти изменения достаточно малы, но статистически высоко значимы.

➤ Из последних двух пунктов следует, что при изменении напряженно-деформированного состояния в сторону сжатия число наиболее сильных землетрясений возрастает, а при изменении в сторону растяжения, их количество уменьшается.

➤ Наиболее сильное приращение средней и суммарной энергии землетрясений происходит после магнитных бурь, которые предварялись всплесками ионизирующего излучения Солнца за двое суток и менее. Следовательно, такое сочетание воздействия этих факторов резко повышает вероятность возникновения катастрофических землетрясений.

➤ Причиной уменьшения числа сейсмических событий, по-видимому, является снижение в сейсмоактивных областях Земли интенсивности электромагнитных полей естественного и техногенного происхождения из-за ухудшения условий их распространения, а активизация сильных землетрясений вызывается триггерным воздействием резких изменений геомагнитного поля во время бурь.



Спасибо!