

# Геодинамические последствия триггерного воздействия электромагнитных полей и взрывов на сейсмичность

*Тарасов Н.Т., Тарасова Н.В.*

Институт физики Земли им. О.Ю.Шмидта РАН

*Москва, Б. Грузинская, 10, tarasov@ifz.ru*

Область	Границы исследуемой области, гр.	Сейсмическая активность $A_{10}$	Диапазон эн. классов по Раутиан	Период наблюдений, годы	Число событий в каталоге
Гармский район	38.2° - 39.5° N 68.8° - 71.5° E	2.14	4.0 - 15.3	1955 - 1992	90438
Северный Тянь-Шань	41.0° - 45.5° N 74.0° - 81.5° E	0.11	4.5 - 15.3	1975 - 1996	14113

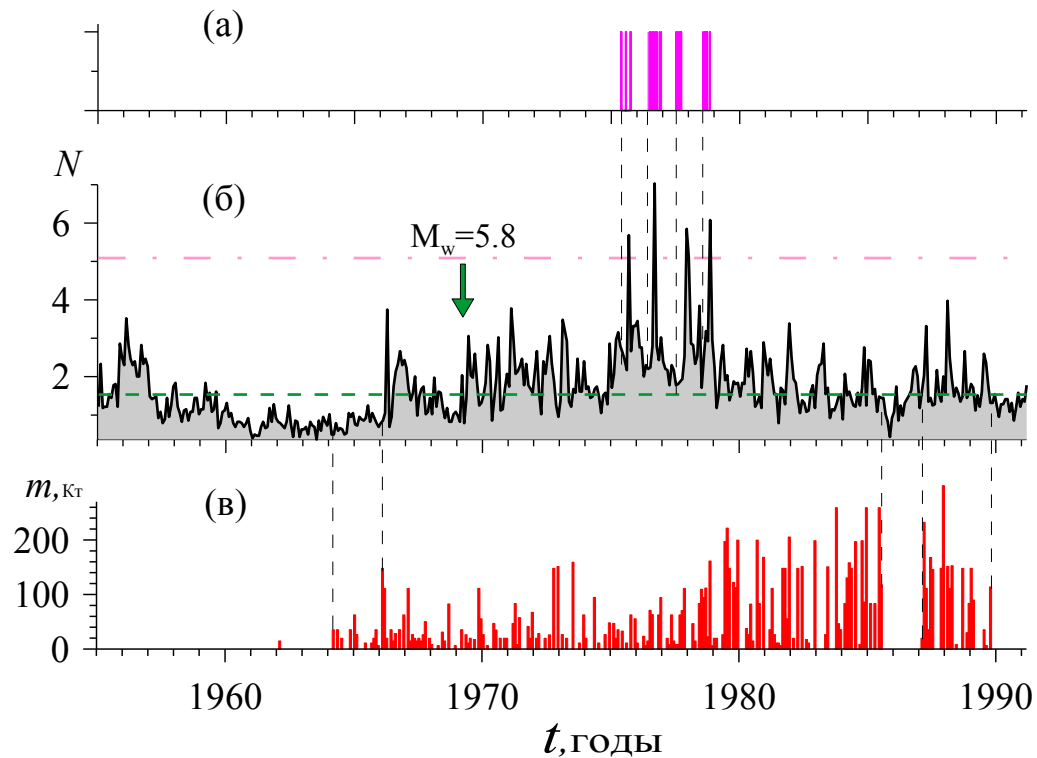
Географические границы, сейсмическая активность и характеристики каталогов землетрясений исследуемых областей.

Характеристики источников электромагнитных импульсов (ЭИ).

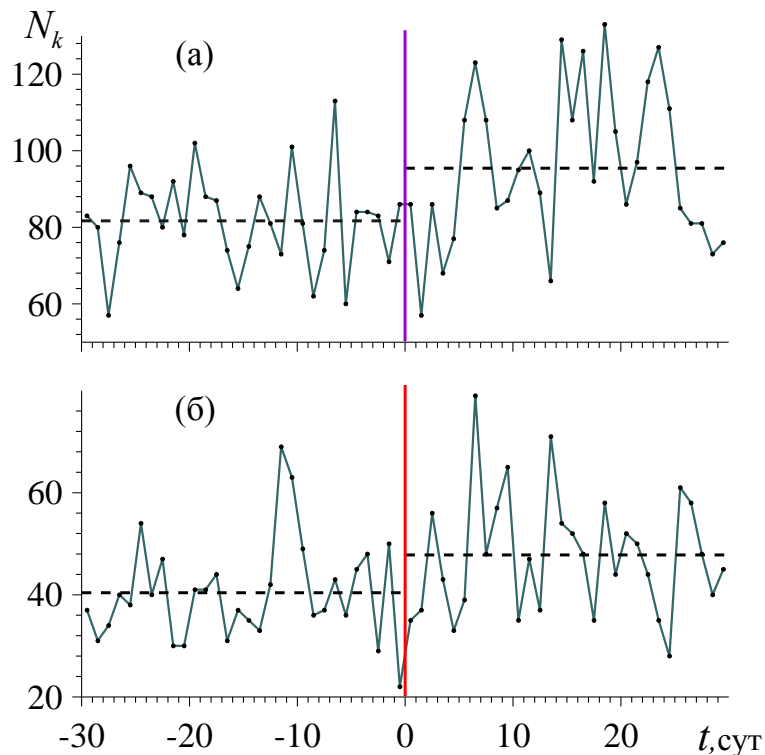
Параметр	Гарм	Бишкек
Длина эл. диполя, Км	3.0	4.5
Сопротивление диполя, $\Omega$	1.5	0.4
Длительность импульсов, сек	2.0-2.5	1.7-12.1
Максимальный ток, кА	1.5	0.28-2.8
Средняя энергия в импульсе, МДж	7.6	15.8
Число пусков	34	113
Период облучения коры, годы	1975-1978	1983-1990

Положение Гармского района Таджикистана (а), показанного на врезке более подробно, источника его облучения ЭИ (звездочка) и Семипалатинского полигона (б). Пунктирная и сплошная линии - Дарваз–Каракульский и Петровский разломы.





Изменение во времени количества землетрясений в верхнем (0-5 км) слое Гармского района (б), их среднее число (пунктир) и 99 % доверительный интервал (штрих-пунктир), а также время проведения четырех серий облучения коры ЭИ (а) и суммарная мощность семипалатинских ядерных взрывов за каждые 30 сут (в).



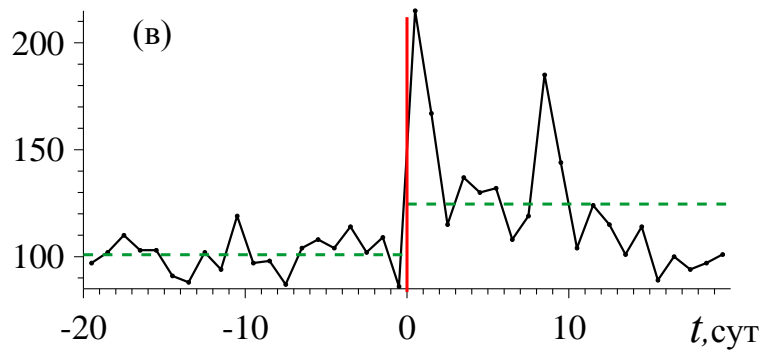
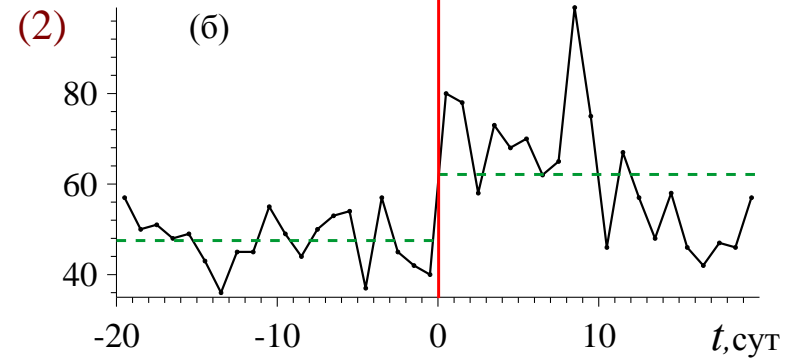
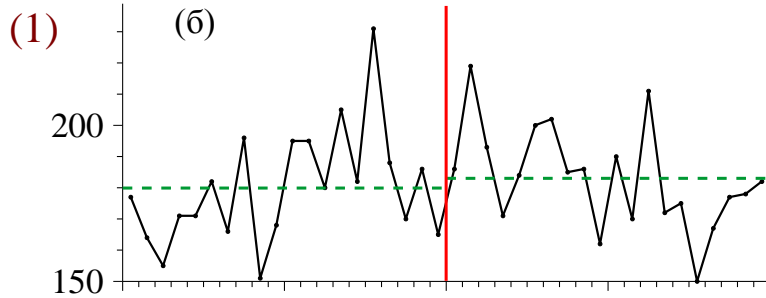
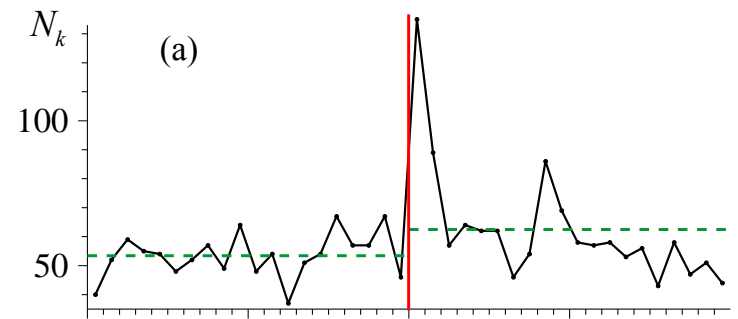
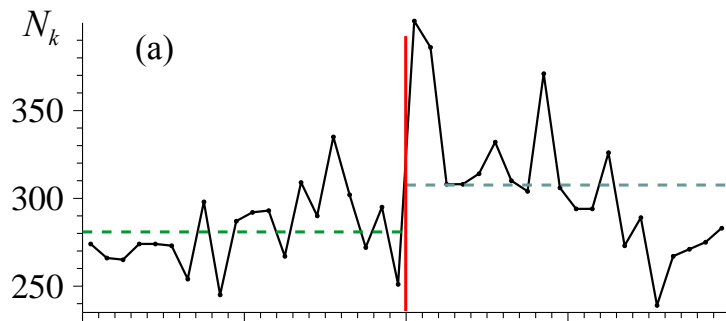
Изменение во времени ежесуточного количества землетрясений Гармского р-на до ( $t < 0$ ) и после ( $t > 0$ ) облучения его коры ЭИ (а) и аналогичная зависимость  $N_k(t)$  до и после семипалатинских ядерных взрывов (б). Вертикальными линиями отмечены моменты облучения коры ЭИ и проведения ядерных взрывов (ЯВ). Пунктирными линиями показаны средние значения  $N_k$  при  $t < 0$  и  $t > 0$ .

Возрастание ежесуточного числа землетрясений Гармского района ( $\Delta N$ ) и их суммарной сейсмической энергии ( $\Delta E$ ) после ЭИ и ЯВ относительно уровня фона, их статистическая значимость (соответственно  $P_N$  и  $P_E$ ).

Триггер	$\Delta N, \%$	$\Delta E, \%$	$P_N$	$P_E$
ЭИ	16.0	65.5	0.0004	0.0402
ЯВ	8.5	74.9	0.0034	0.0095

Приращение суммарной сейсмической энергии землетрясений Гармского района после всех ЭИ и ЯВ ( $\Delta E$ ), приращение в среднем на одно воздействие ( $\Delta e$ ) и такая же оценка, полученная только по тем воздействиям, которые не предварялись влиянием другого фактора ( $\Delta \varepsilon$ ), а также суммарная энергия воздействий ( $E_i$ ).

Триггер	$\Delta E, \text{Дж}$	$E_i, \text{Дж}$	$\Delta e, \text{Дж}$	$\Delta \varepsilon, \text{Дж}$
ЭИ	$4.14 \cdot 10^{13}$	$2.9 \cdot 10^8$	$1.22 \cdot 10^{12}$	$7.92 \cdot 10^{12}$
ЯВ	$2.87 \cdot 10^{13}$	$2.7 \cdot 10^{10}$	$0.84 \cdot 10^{12}$	$0.08 \cdot 10^{12}$



Взрывы	Землетрясения	$\Delta N, \%$	$P_N$	$E_d/E_b$
Все	Все	9.5	0.0069	16.3
С ЭИС	Все	1.7	0.2244	6.7
Без ЭИС	Все	23.4	0.0027	37.9
	Дневные	16.9	0.0616	1.6
	Ночные	30.7	0.0003	138.1

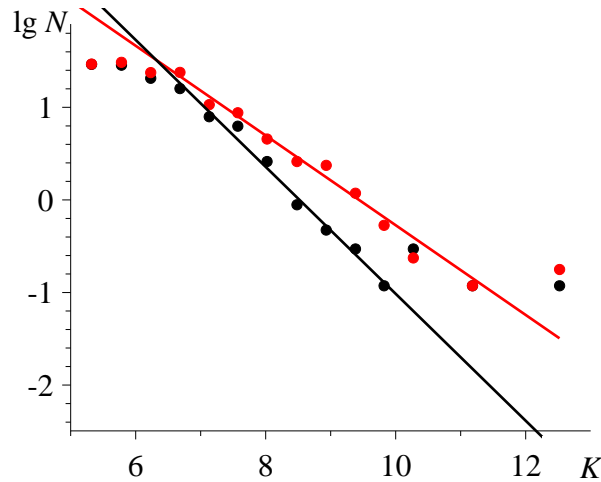
Изменение во времени количества землетрясений

до и после ядерных взрывов, произведенных после завершения экспериментов по электромагнитному облучению коры (1а), аналогичные зависимости, полученные по выборке взрывов до и после которых отмечались резкие повышения интенсивности электромагнитного излучения (ЭИС) Солнца (1б) и по взрывам, до и после которых таких событий не фиксировалось (1в), а также по выборкам землетрясений, возникших в последнем случае в светлое (2а) и темное (2б) время суток.

(1)

$$\lg N = -(0.69 \pm 0.03) * K + (5.83 \pm 0.08)$$

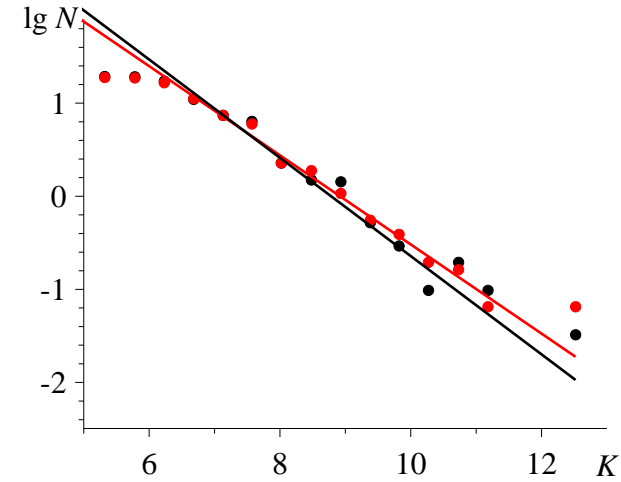
$$\lg N = -(0.48 \pm 0.02) * K + (4.57 \pm 0.07)$$



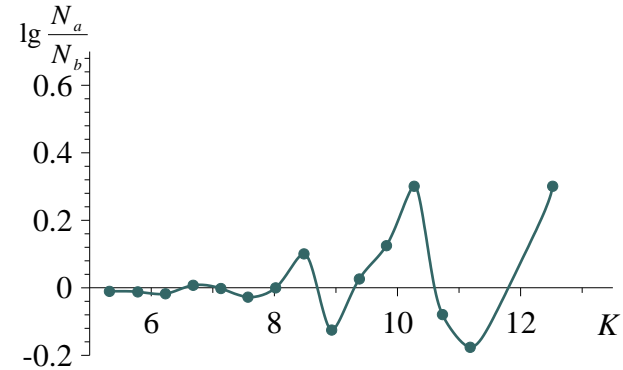
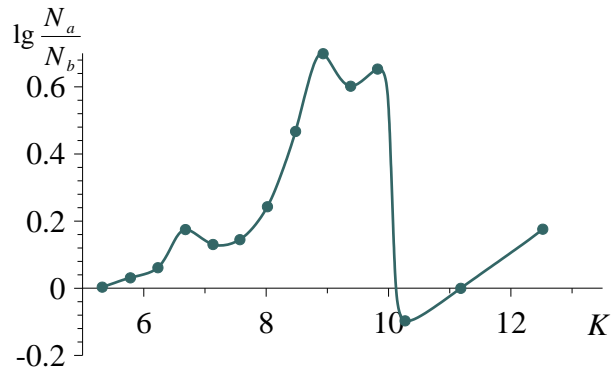
(2)

$$\lg N = -(0.53 \pm 0.03) * K + (4.63 \pm 0.12)$$

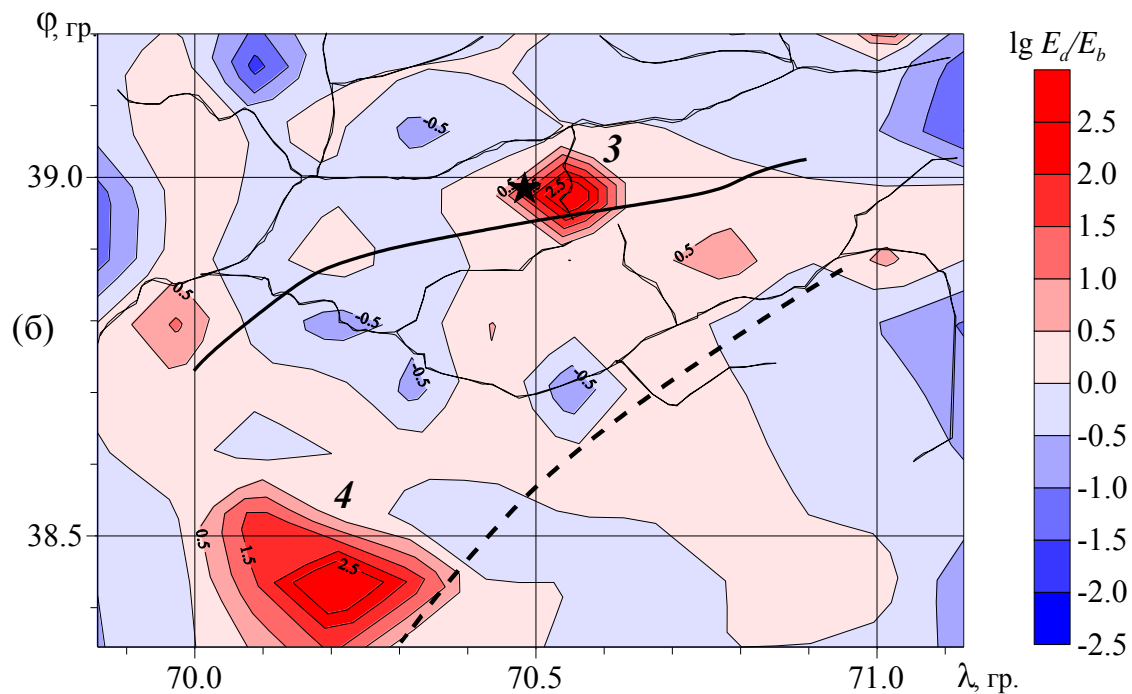
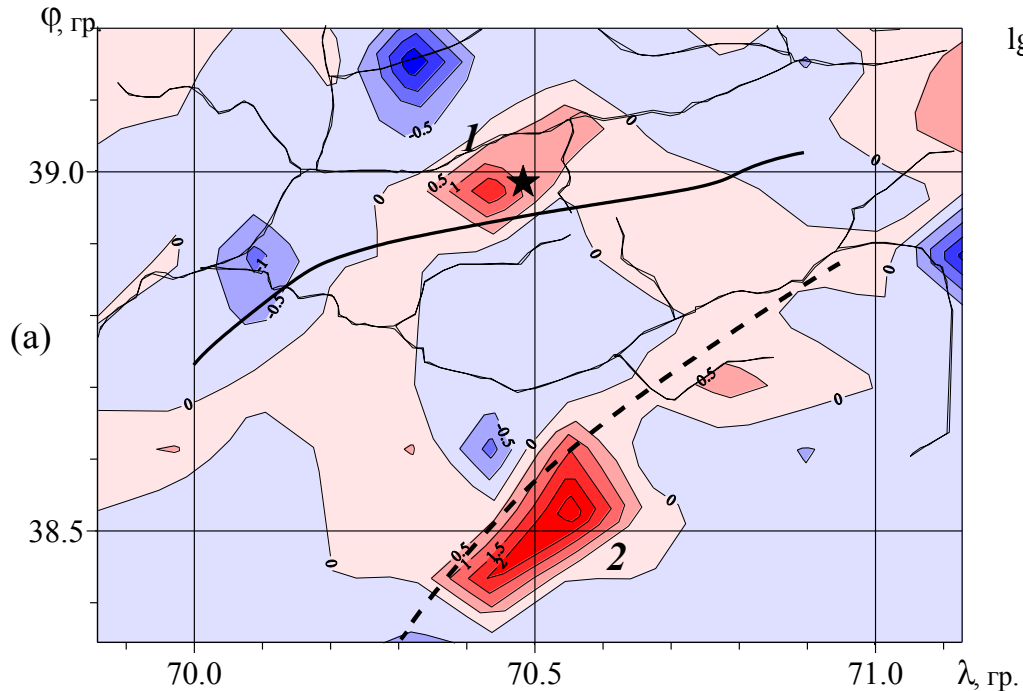
$$\lg N = -(0.48 \pm 0.01) * K + (4.27 \pm 0.06)$$



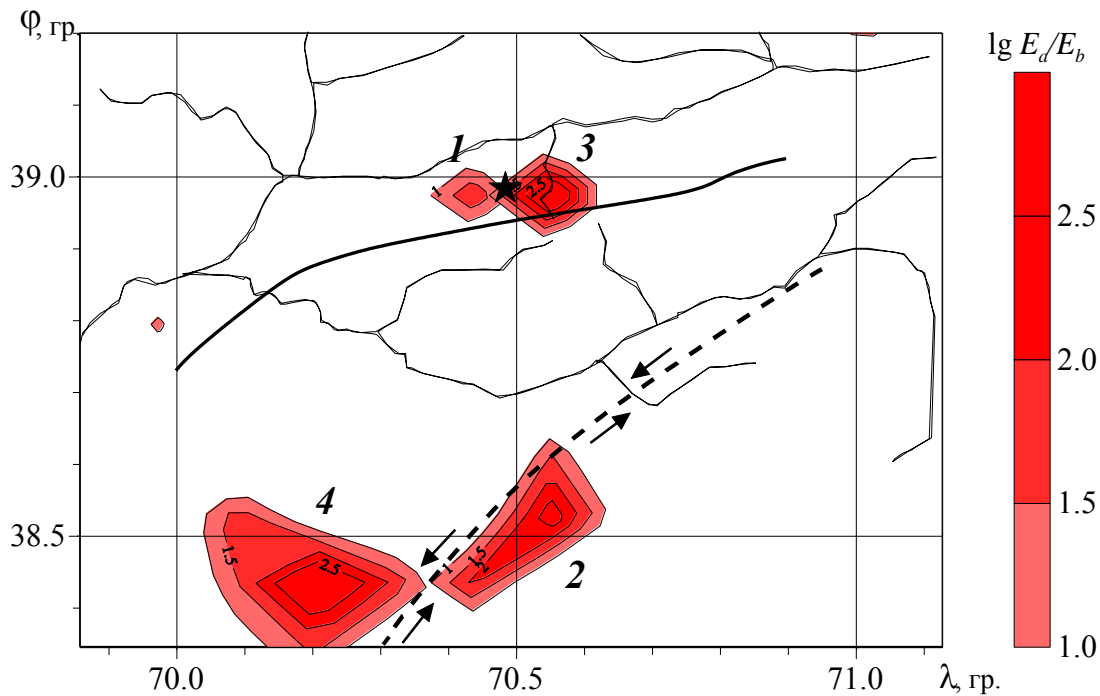
(б)



Графики повторяемости (а), построенные по землетрясениям Гармского района, произошедших в течение 30 сут до (черный цвет) и за такое же время после (красный) каждого из сеансов облучения коры электромагнитными импульсами (1) и до и после ядерных взрывов с  $m_b > 4.8$  (2), а также отношение количества событий ( $N_a/N_b$ ), возникших после и до этих воздействий, в зависимости от их энергетической классов (б).

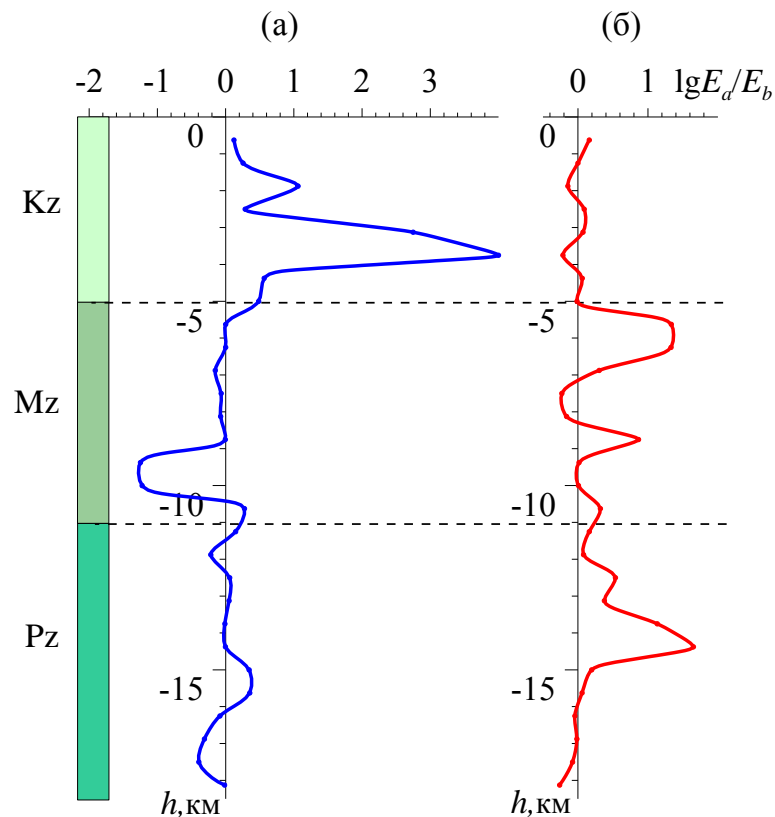


Карта распределения  $E_d/E_b$  – отношения суммарной сейсмической энергии землетрясений Гармского р-на, возникших в течение 30 суток после облучения коры ЭИ и за такой же период времени до них (а) и аналогичное распределение отношения  $E_d/E_b$  до и после ядерных взрывов с  $m_b > 4.8$  (б), произведенных на семипалатинском полигоне в период облучения коры ЭИ. Цифрами 1, 2 и 3, 4 отмечены области аномального повышения  $E_d/E_b$ , соответственно, после облучения коры ЭИ и после ЯВ. Звездочкой отмечено положение источника электромагнитного облучения коры, пунктирной и сплошной линиями показаны, соответственно, глубинный Дарваз – Каракульский и Петровский разломы. Тонкими линиями показана речная сеть.

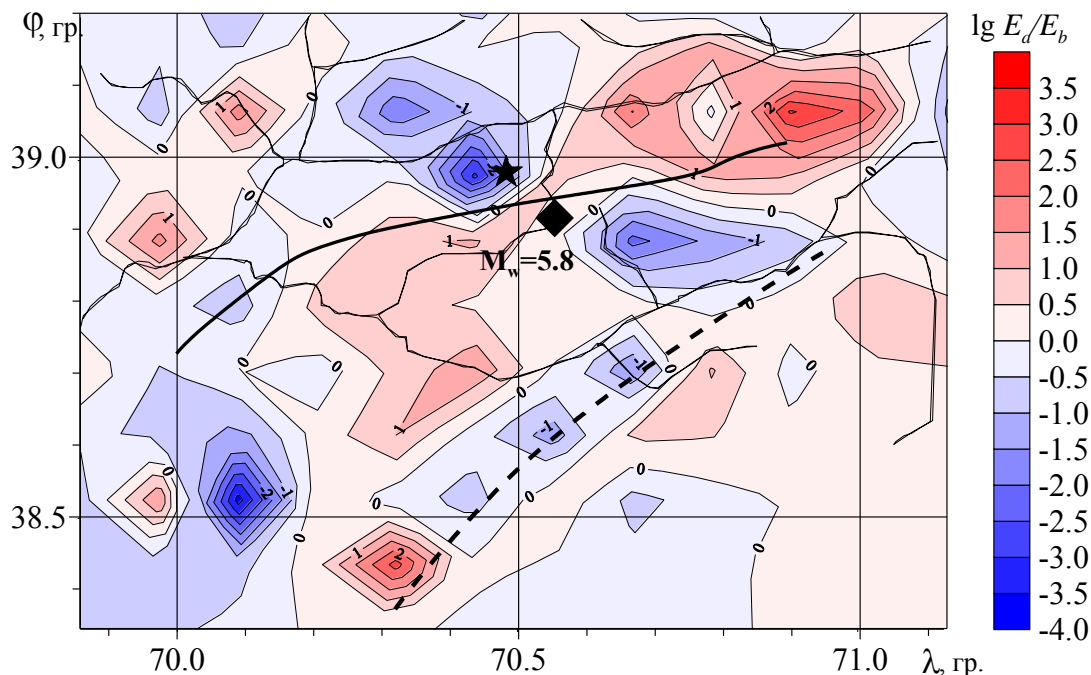


Результат совмещения областей аномального повышения  $E_d/E_b$  – отношения суммарной сейсмической энергии после облучения коры ЭИ (1 и 2) и после ядерных взрывов с  $m_b > 4.8$  (3 и 4).

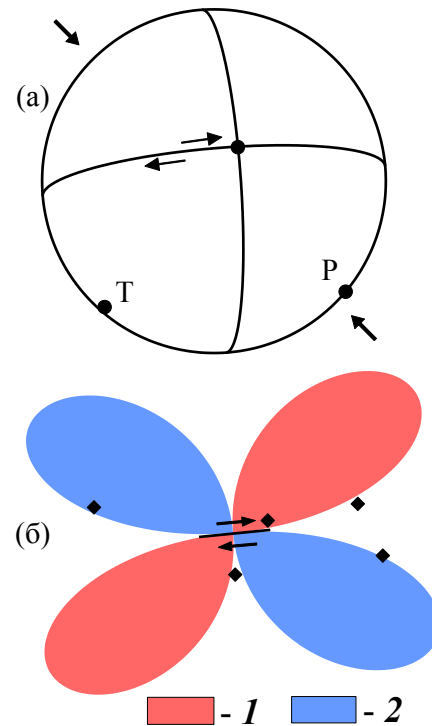
Зависимость от глубины  $E_d/E_b$  - отношения суммарной энергии землетрясений Таджикской депрессии, возникших в течение 30 сут после и за такой же период до облучения коры ЭИ (а) и аналогичная зависимость, построенная по суммарной энергии землетрясений этой же области, произошедших за такое же время после и до ядерных взрывов с  $m_b > 4.8$  (б). Значения  $E_d/E_b$  отложены по оси абсцисс, по оси ординат – глубина  $h$  (км). Слева представлен геологический разрез депрессии, где символами Kz, Mz и Pz показаны породы кайнозойского, мезозойского и палеозойского возраста.



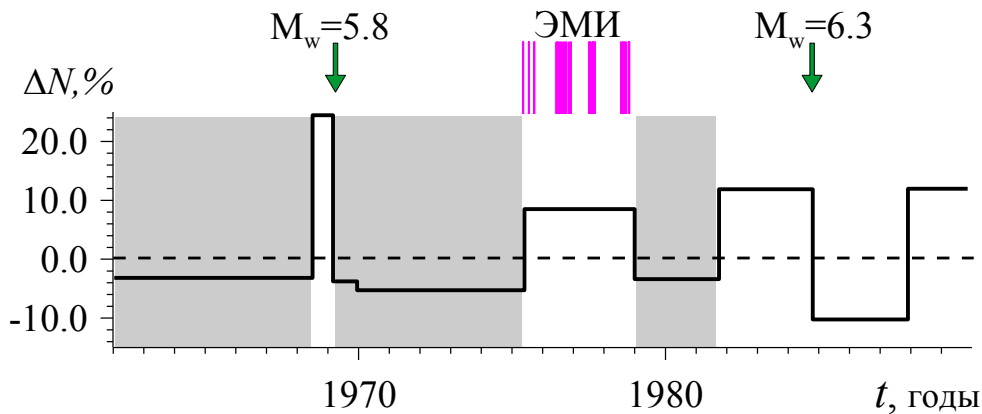




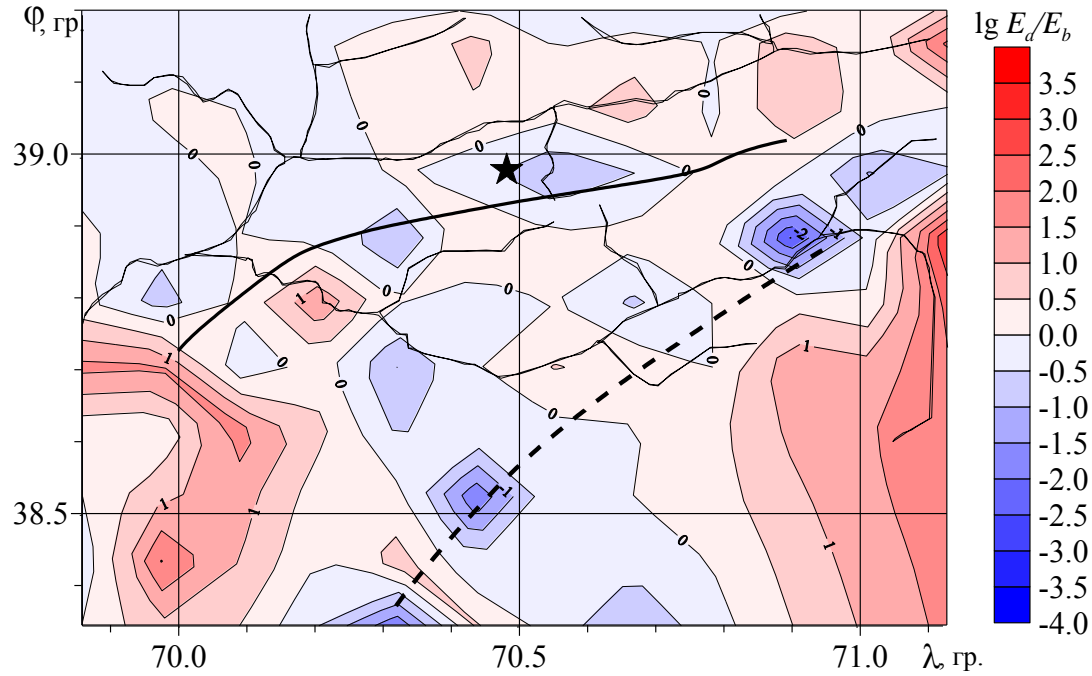
Механизм очага землетрясения 1969 г. с  $M_w=5.8$  (а) и области повышения (1) и понижения (2) напряжений в результате постсейсмических деформаций в его окрестности.



Карта  $E_d/E_b$ , полученная по ЯВ, произведенным за 5-летний период до начала экспериментов по облучению коры ЭИ. Ромбом отмечен эпицентр землетрясения 1969 г. с  $M_w=5.8$ , которое предварило этот период.



Зависимость от времени изменений количества землетрясений после ЯВ. Штриховкой помечены интервалы, где такие изменения не были статистически значимы. Стрелками показаны землетрясение 1969 г. с  $M_w=5.8$  и землетрясение с  $M_w=6.3$ , возникшее в 1984г. недалеко от области наблюдений.



Карта распределения  $E_d/E_b$  – отношения суммарной сейсмической энергии землетрясений Гармского р-на после и до семипалатинских ядерных взрывов, произведенных за 5-летний период после окончания экспериментов по облучению коры этого района мощными электромагнитными импульсами.

## В ы в о д ы

- Облучение коры сейсмоактивных областей мощными электромагнитными полями вызывает в них заметную, статистически значимую активизацию сейсмичности, которая возникает с задержкой 2-5 суток и наиболее ярко проявляется в приповерхностном слое.
- Удаленные ядерные взрывы, также как и электромагнитные поля, вызывают заметную, статистически значимую активизацию сейсмичности в областях с аномально высокой интенсивностью напряжений.
- Приращение суммарной сейсмической энергии землетрясений после облучения коры электромагнитными полями и после взрывов превышает энергию этих воздействий на 3-5 порядков, что свидетельствует о триггерном характере их воздействия на области подготовки землетрясений.
- Активизация сейсмичности после облучения коры электромагнитными полями значительно повышает скорость сеймотектонических деформаций, что приводит к заметной дополнительной релаксации упругих напряжений в коре. Это показывает, что существует принципиальная возможность использовать облучение коры для предотвращения катастрофических землетрясений.
- Многократное облучение коры приводит к релаксации аномально высоких напряжений в радиусе 50-70 км от источника облучения, однако вызывает повышение их интенсивности на периферии облучаемой области.
- Наиболее заметная активизация сейсмичности после облучения и взрывов наблюдается в областях коры с наибольшей интенсивностью упругих напряжений. Это показывает, что триггерные эффекты могут быть использованы для мониторинга напряженного состояния коры с целью прогноза землетрясений.
- ❑ Облучение коры перед ядерными взрывами повышает эффективность их триггерного воздействия, тогда как взрывы, произведенные перед облучением, снижают эффективность триггерного воздействия электромагнитных импульсов.
- ❑ Взрывы и электромагнитные поля вызывают активизацию разных геологических структур с различными физико-механическими характеристиками.



*Спасибо!*

*Для оценки статистической значимости* повышения  $a_i$  - среднесуточных сумм землетрясений в течение 30 суток после каждого сеанса облучения коры по отношению к  $b_j$  – их среднесуточным суммам за такое же время до облучения *использовался непараметрический критерий Уилкоксона-Манна-Уитни:*

$$U = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m u(a_i - b_j),$$

где  $u(x)$  – единичная ступенчатая функция,  $n$  – число величин  $a_i$  и  $m$  – число  $b_j$ . При любых типах распределений  $a_i$  и  $b_j$  это преобразование приводит к асимптотически нормальному распределению  $U$  с математическим ожиданием:

$$U_c = n \cdot m / 2$$

и дисперсией:

$$D = n \cdot m \cdot (n + m + 1) / 12.$$

Поэтому значимость того, что выборочное среднее  $a_i$  больше среднего  $b_j$ , определялась как вероятность попадания нормально распределенной случайной величины со средним  $U_c$  и дисперсией  $D$  в область критических значений, больших или равных  $U$ :

$$P(U) = 1 - \Phi[(U - U_c) / D^{1/2}],$$

где  $\Phi(x)$  – функция  $[0, 1]$  – нормального распределения.