

# Об RTL-аномалии сейсмического режима перед землетрясением в Турции 06.02.2023г.

Смирнов В. Б.<sup>1,2</sup>, Петрушов А. А.<sup>1,2</sup>, Михайлов В. О.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН

<sup>2</sup> Физический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова

E-mail: [petrushov.aa18@physics.msu.ru](mailto:petrushov.aa18@physics.msu.ru)



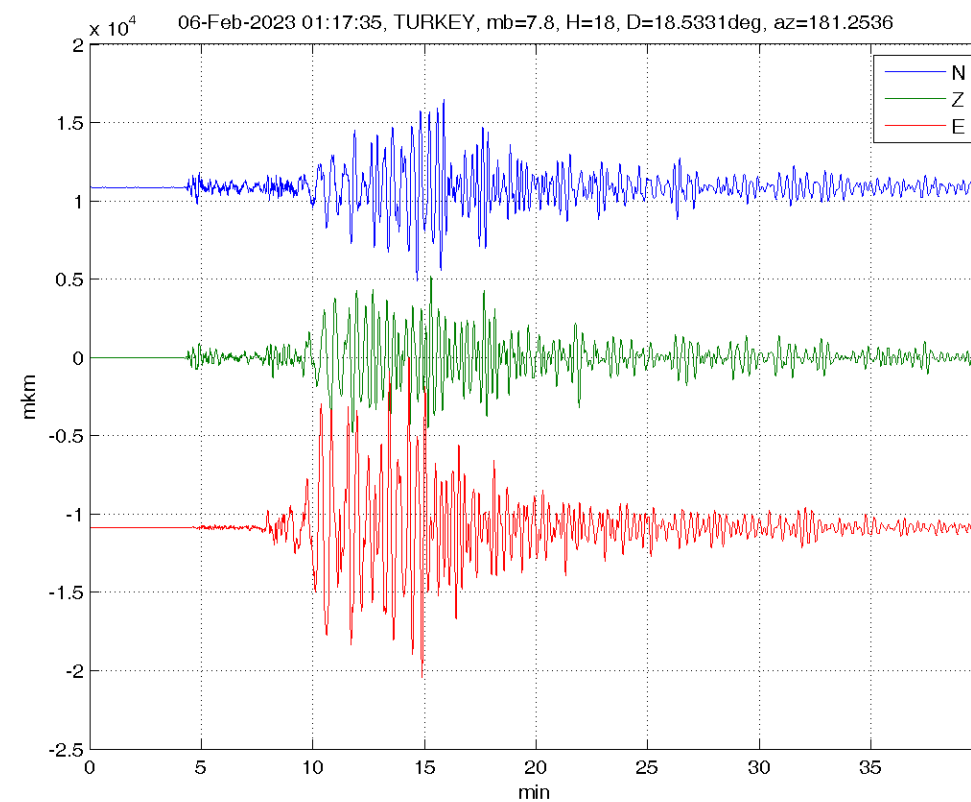
Всероссийская конференция с международным участием  
«Современные методы оценки сейсмической опасности и прогноза землетрясений»  
ИТПЗ РАН, 2023



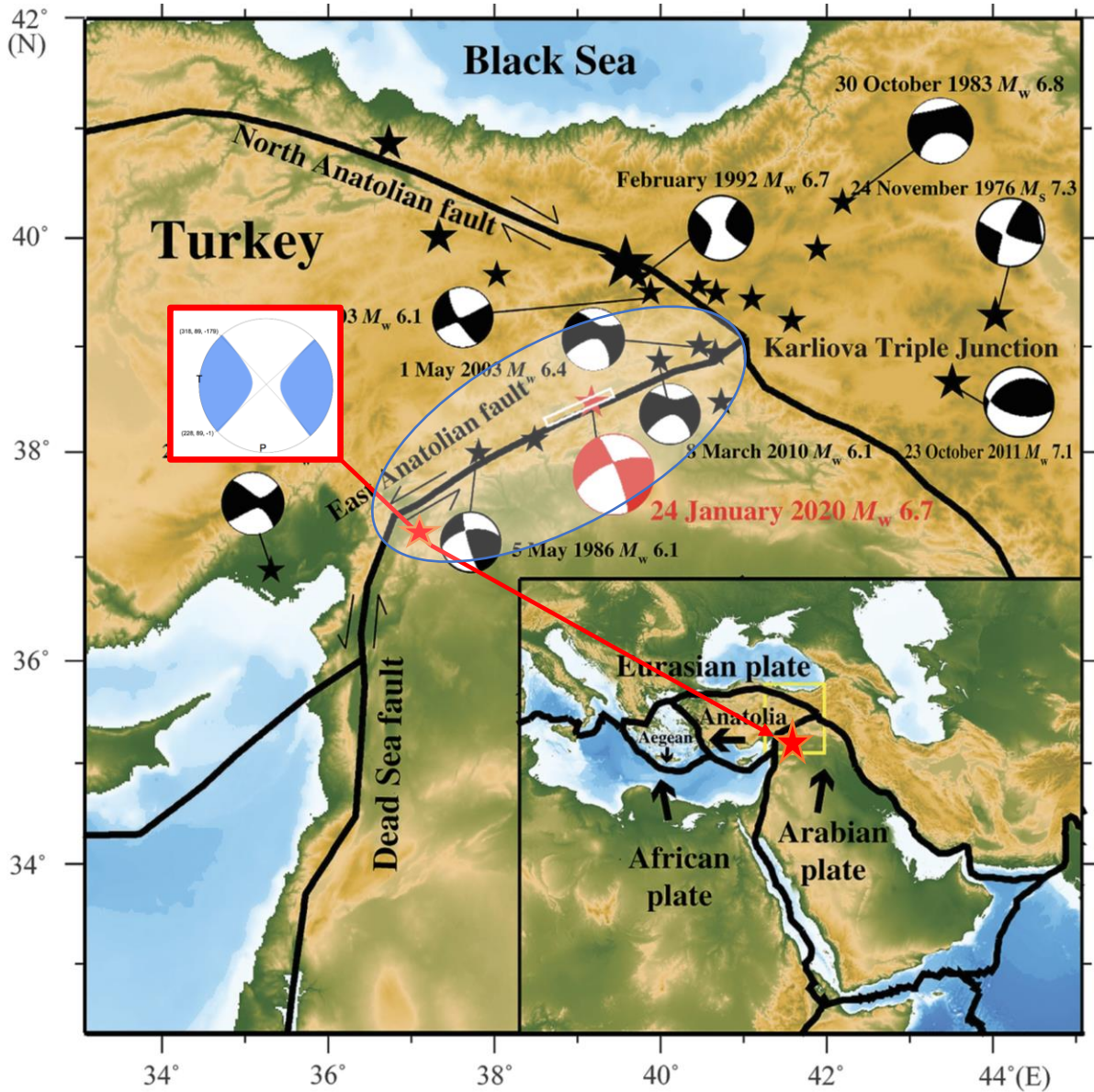
# Землетрясение в Турции 6 февраля 2023



**M 7.8 – Pazarcik earthquake (USGS)**



**Запись волн землетрясения  
сейсмической станцией физфака МГУ**



Xin Lin et al., Seismol. Res. Lett., 2020

## Восточно-Анатолийский разлом

- 1986 M6.1
- 2003 M6.4
- 2010 M6.1
- 2020 M6.7
- **2023 M7.8**
- До землетрясения 06.02.23 были известны землетрясения с магнитудами 6.1-6.7
- По энергии они в 30-300 раз меньше, чем **M7.8 2023** года

# Цель работы



- **Цель настоящей работы** – выяснение вопроса о наличии или отсутствии предвестниковых изменений (аномалий) сейсмического режима **перед землетрясением 6 февраля 2023 года с магнитудой  $M_w=7.8$**
- Исследование проводилось **в сравнении** с аномалиями сейсмического режима перед другими землетрясениями Восточной Турции и смежного региона Ирана с  $M_w > 7$ .
- Исходные данные - региональный каталог Турции (Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute)\*

# Параметр сейсмического режима RTL

ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК, 1996, том 347, № 3, с. 405–407

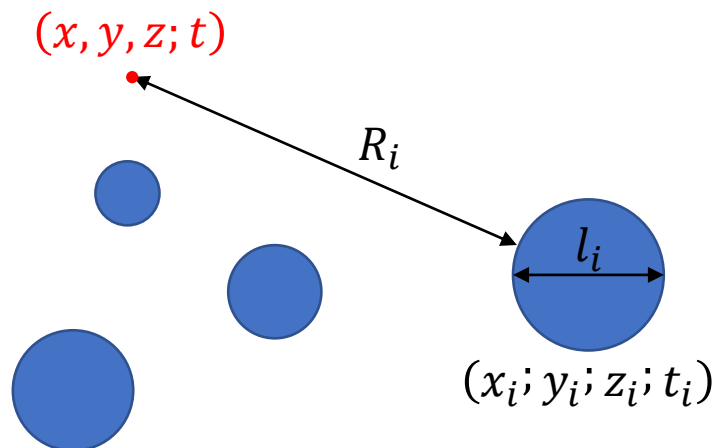
ГЕОФИЗИКА

УДК 550.343

## СПОСОБ СРЕДНЕСРОЧНОГО ПРОГНОЗА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

© 1996 г. Член-корреспондент РАН Г. А. Соболев, Ю. С. Тюпкин,  
В. Б. Смирнов, А. Д. Завьялов

$$RTL(x, y, z; t) \sim \sum_{i: t_i \leq t} \left( \frac{l_i}{l_0} \right)^p \cdot e^{-\frac{R_i}{r_0}} \cdot e^{-\frac{t-t_i}{\tau_0}}$$



- $\left( \frac{l_i}{l_0} \right)^p$  - «вес» величины землетрясения
- $e^{-\frac{R_i}{r_0}}$  - «вес» расстояния от землетрясения
- $e^{-\frac{t-t_i}{\tau_0}}$  - «вес» времени от землетрясения
- Параметры  $p, r_0, \tau_0$  подбираются эмпирически на стадии «обучения» алгоритма
- RTL нормируются на величину долговременного стандартного отклонения

# «Образ» предвестниковой аномалии RTL

406

СОВОЛЕВ и др.

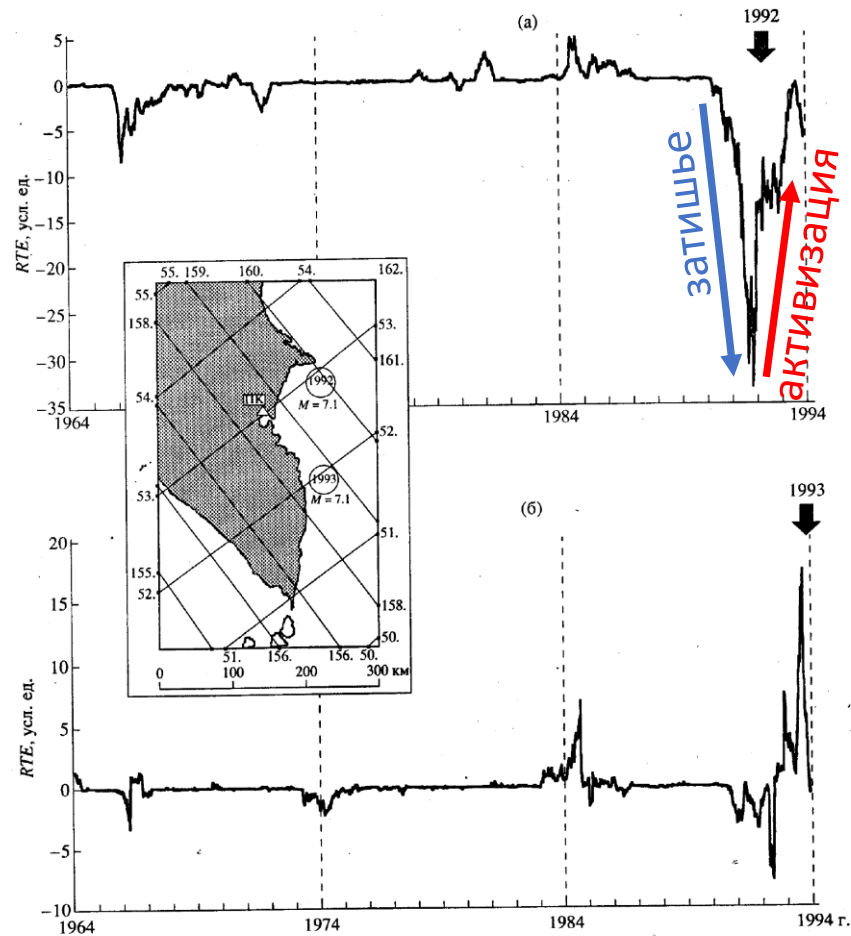
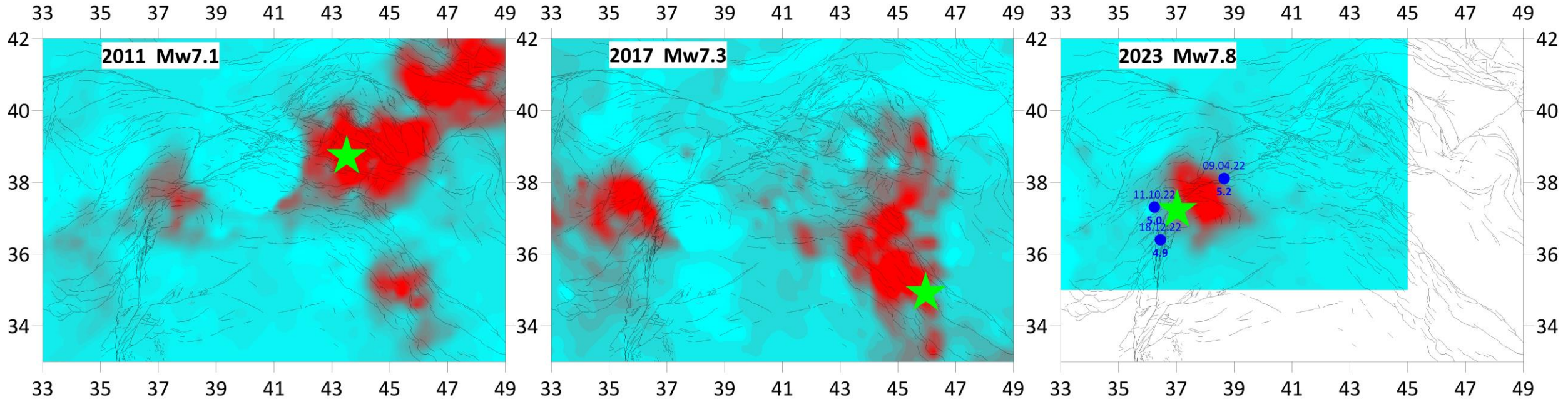


Рис. 1. Графики прогностического параметра RTE, показывающие аномалии перед землетрясением 3 марта 1992 г.,  $M = 7.1$  (а), и землетрясением 13 ноября 1993 г.,  $M = 7.1$  (б), в Авачинском заливе Камчатки. На врезке показано местоположение этих землетрясений.

Соболев и др., 1996

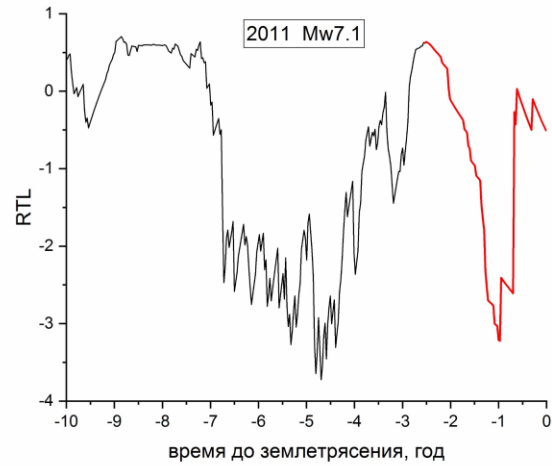
- Сейсмическое **затишье** с последующей сейсмической **активизацией**
- Природа **затишья**: уменьшение количества относительно слабых землетрясений за счет увеличения количества относительно сильных
- Природа **активизации**: локальное уменьшение прочности среды вследствие развития разрушения

# RTL-аномалии землетрясений M7+

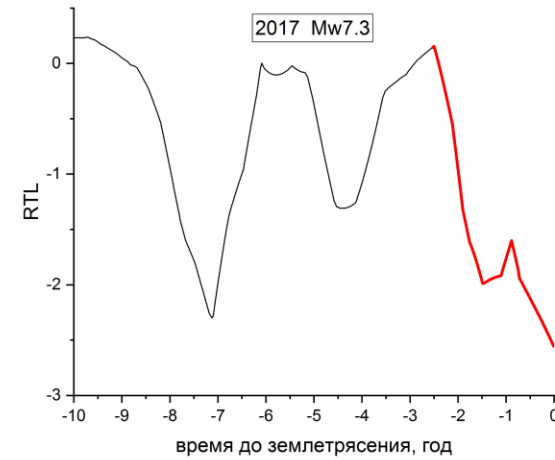


- Карты относятся к моментам времени с наибольшими по величине и пространственным размерам аномалиями
- Единые параметры расчета:  $r_0 = 70$  км,  $t_0 = 1$  год,  $p = 1$ ,  $\Delta h = 30$  км,  $\Delta t = 30$  суток
- **Определялся размер аномалии**
- **Эпицентр будущего события – вблизи края аномалии**

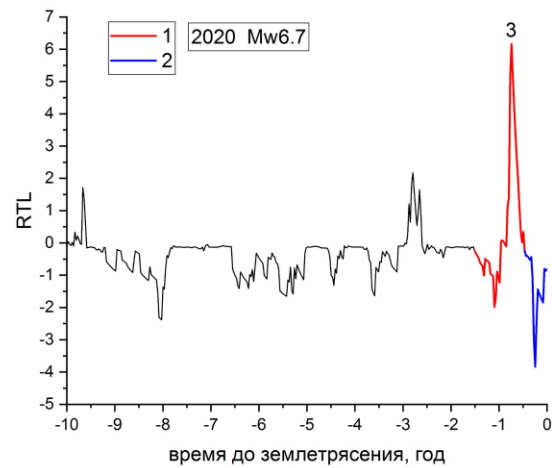
# RTL-аномалии землетрясений M7+



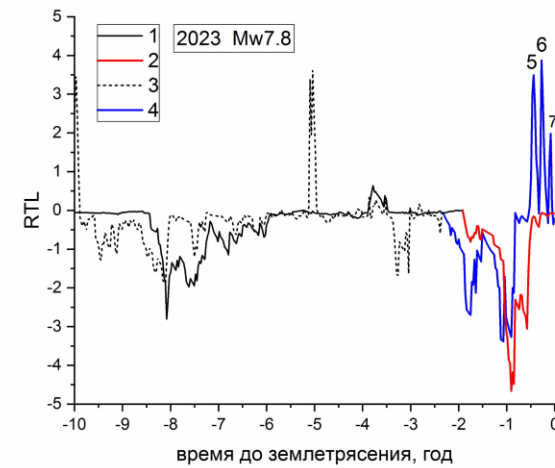
(а)



(б)



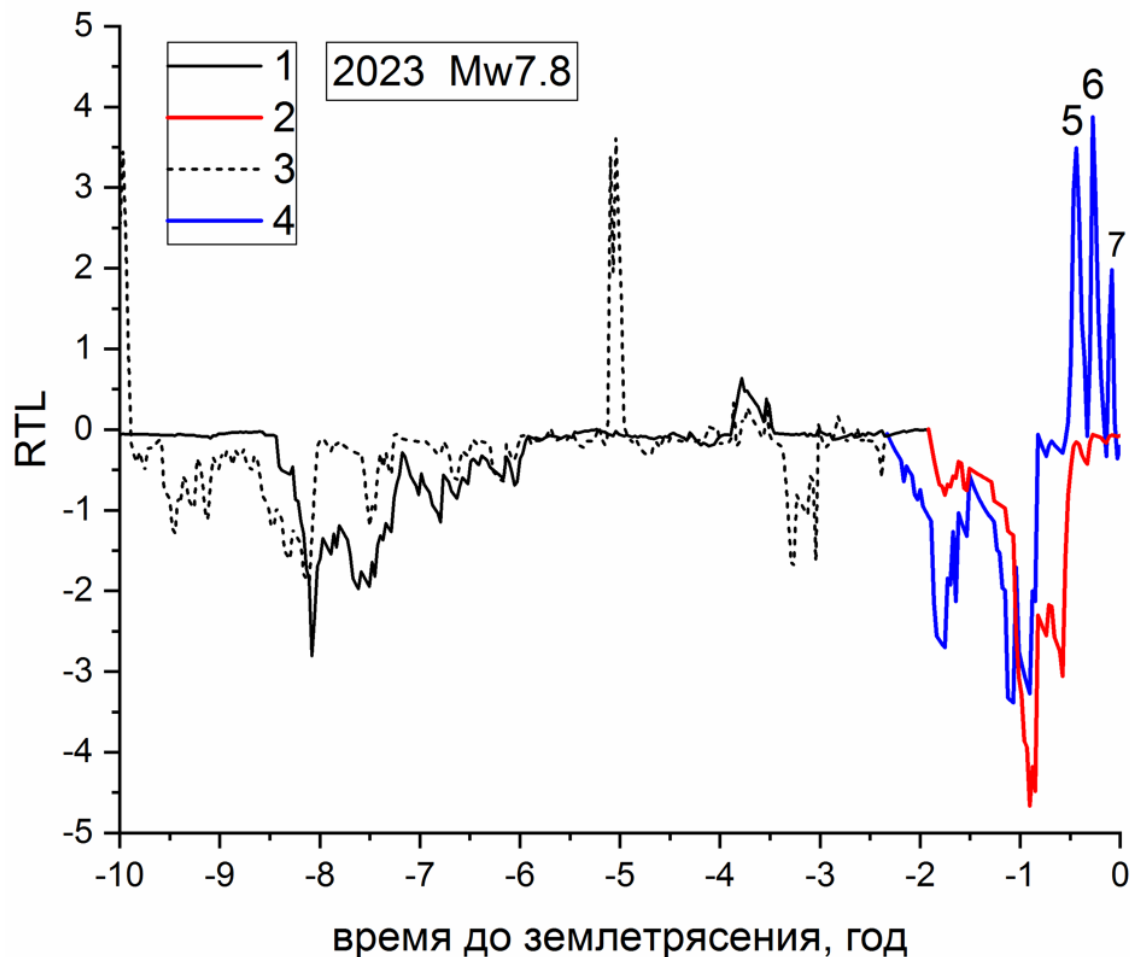
(в)



(г)



# RTL-аномалия перед Пазарджыкским землетрясением



- **1,2** – расчет со стандартным  $t_0 = 1$  год
- **3,4** – расчет с  $t_0 = 90$  суток
- **5,6,7** – пики, соответствующие временам землетрясений Mw5.2 09.04.2022 г., Mw5.0 11.10.2022 г., Mw4.9 18.12.2022 г., произошедших вблизи очага основного землетрясения.

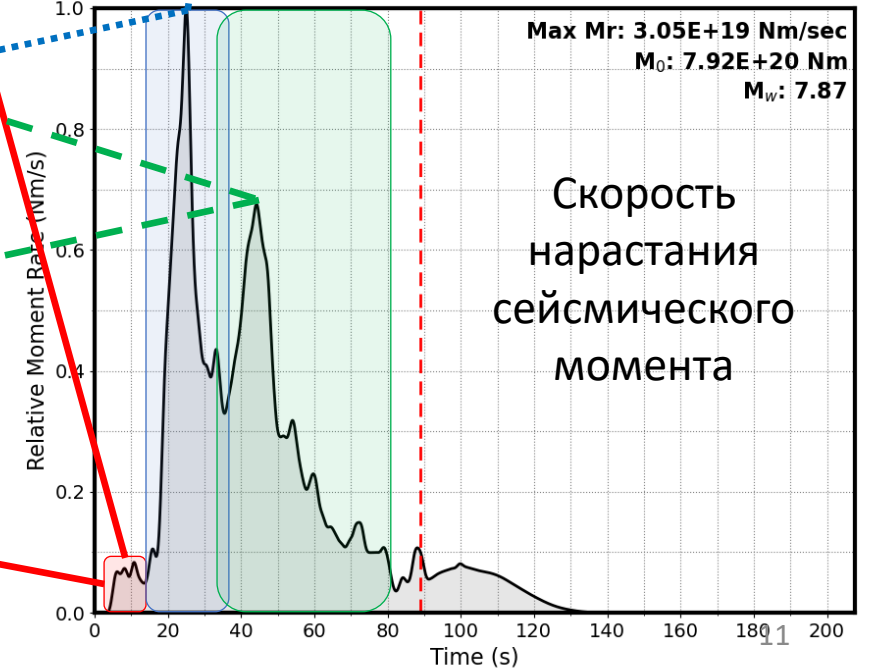
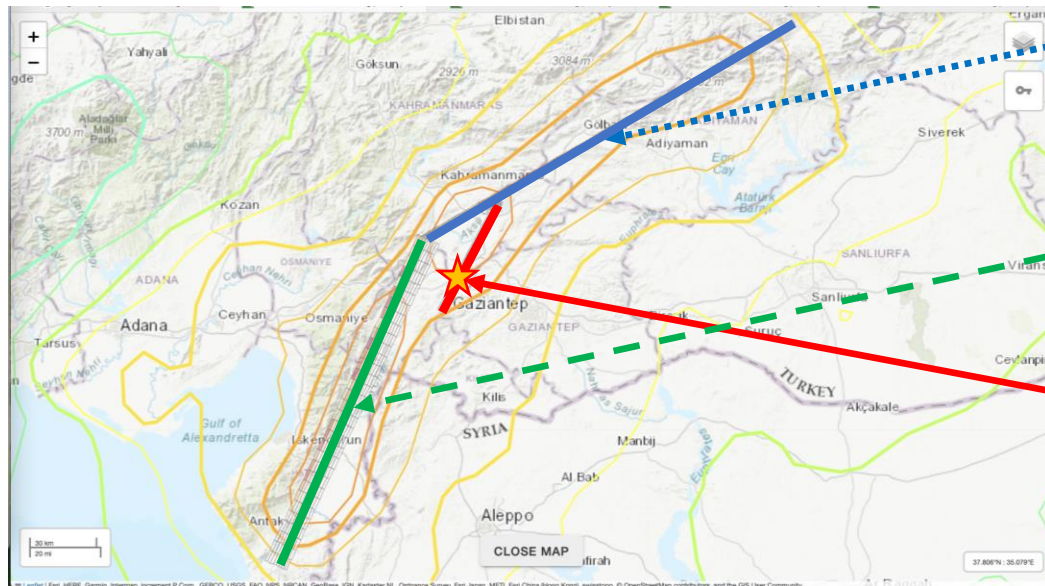
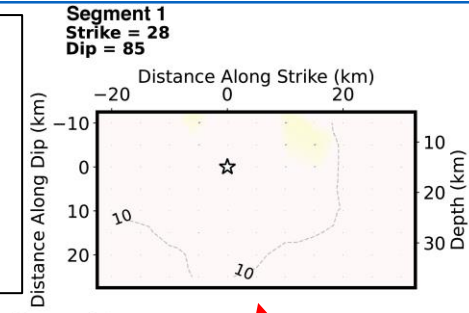
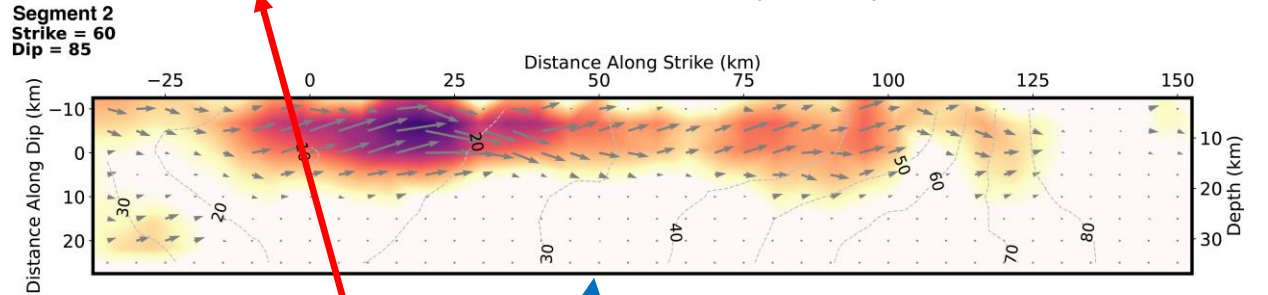
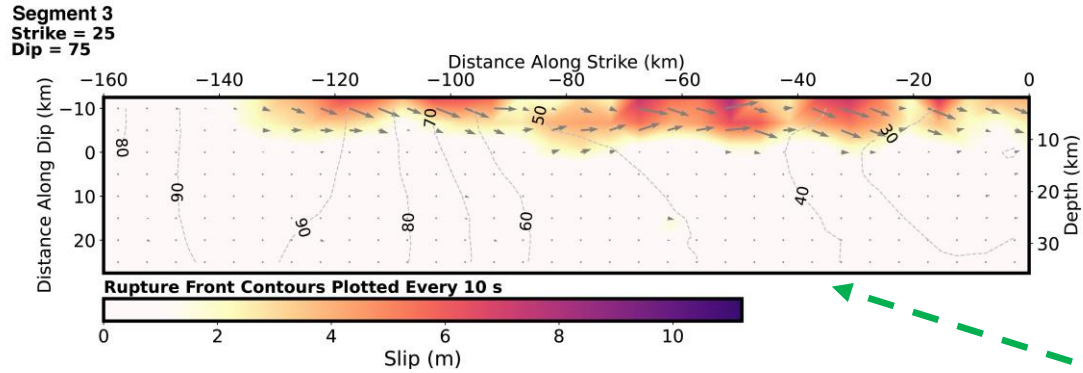
- Перед Пазарджыкским землетрясением уверенно выделяется аномалия RTL, отвечающая известному бухтообразному образу
- Стадия активизации завершилась выраженными форшоками, уверенно выделяемыми по пикам кривой RTL

# Результаты

- Пространственный размер RTL-аномалии перед землетрясением в Турции 6 февраля 2023 года с магнитудой  $M=7.8$  **гораздо меньше**, чем пространственные размеры землетрясений с меньшими магнитудами  $M7.1$  и  $M7.3$  в этом же районе
- Длительность RTL-аномалии перед землетрясением  $M7.8$  06.02.23 **несколько меньше** длительностей аномалий перед более слабыми землетрясениями  $M7.1$  и  $M7.3$
- *Почему аномалия RTL перед Турецким землетрясением 2023 такая маленькая? Вопрос открытый, но у авторов есть гипотеза*

# Трехсегментный очаг землетрясения 06.02.23

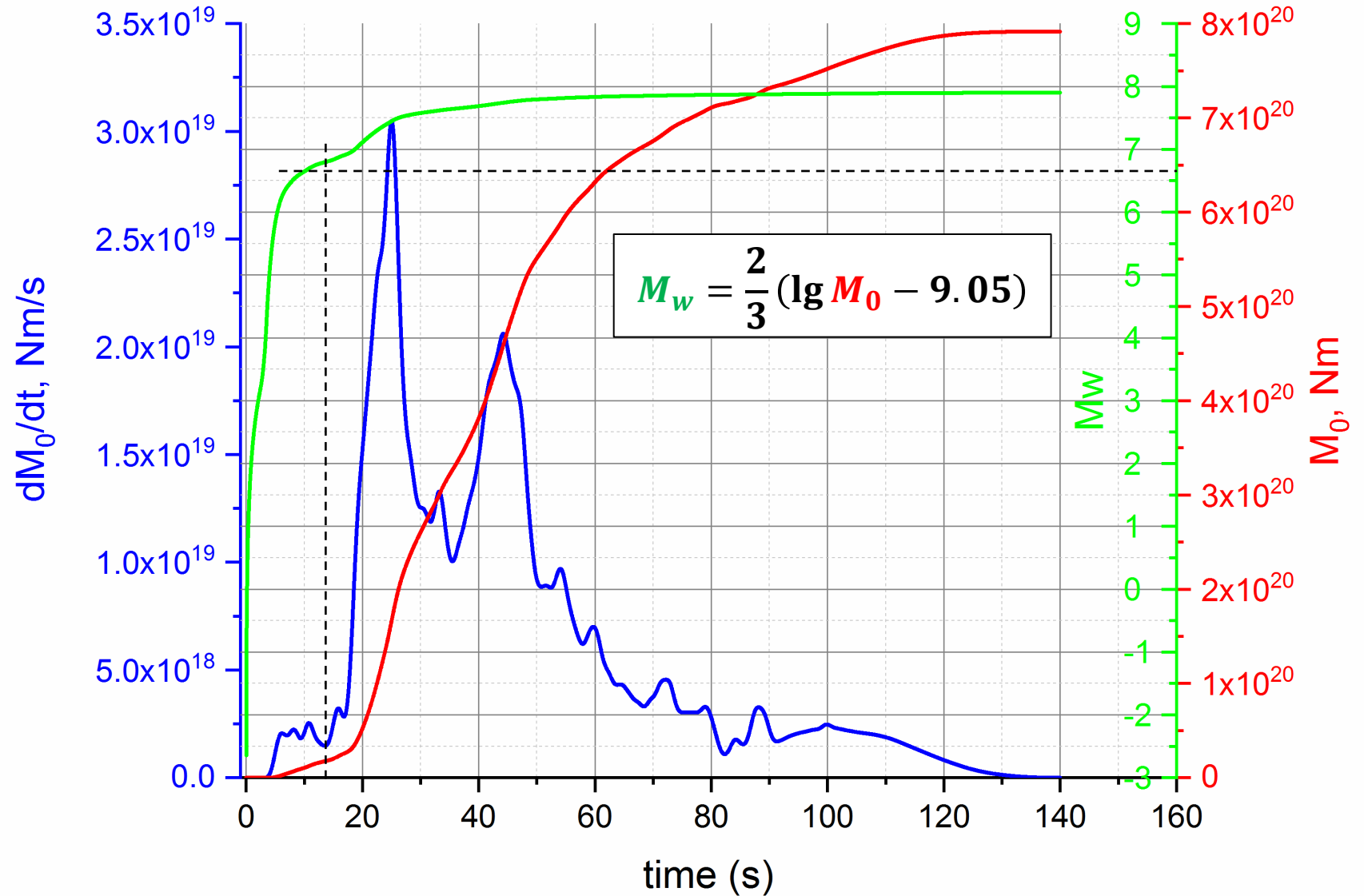
Сегменты очага землетрясения и подвижки в них (USGS)



# Нарастание сейсмического момента и магнитуды

Если бы вспарывание очага «ограничилось» бы только первым сегментом, то это было бы землетрясение с магнитудой  $M_w=6.7$ .

Можно предположить, что основные сегменты сейсмического очага находились в критическом напряженном состоянии, и разрушение первого маленького сегмента спровоцировало вспарывание большого 260-километрового очага.



# Выводы

- Размер и длительность RTL-аномалии перед землетрясением 06.02.2023 M7.8 значительно меньше ожидаемых для землетрясения такой магнитуды. Параметры этой аномалии соответствуют землетрясениям с магнитудой около M6.5.
- У авторов имеется гипотеза для объяснения природы аномально малой пространственно-временной величины аномалии RTL.
- Землетрясение M7.8 06.02.2023 имеет сложную трехсегментную структуру очага и сложную трехэтапную историю его вспарывания. Если предположить, что вспарывание основных сегментов суммарным размером 260 км, отвечающим землетрясению с магнитудой M7.8, было инициировано вспарыванием небольшого сегмента длиной 30-40 км, то с точки зрения процесса подготовки очага землетрясения следует говорить о подготовке землетрясения с магнитудой M6.7. Землетрясению именно такой магнитуды соответствуют параметры обнаруженной нами RTL-аномалии сейсмического режима.
- Полученные результаты и предложенная гипотеза демонстрируют ограниченность построения алгоритмов прогноза землетрясений только по сейсмическим данным. При стандартном анализе, выполняемом для прогноза землетрясений с магнитудой  $M > 7.5$ , выявленная нами апостериорно небольшая аномалия пред землетрясением в Турции 6 февраля 2023 года, безусловно, не была бы замечена, а алгоритм прогноза допустил бы ошибку «пропуск цели».

Спасибо за внимание!