



Вероятностная оценка цунамиопасности побережья Каспийского моря

И.П. Медведев, А.Ю. Медведева,

Е.А. Куликов и А.И. Иващенко

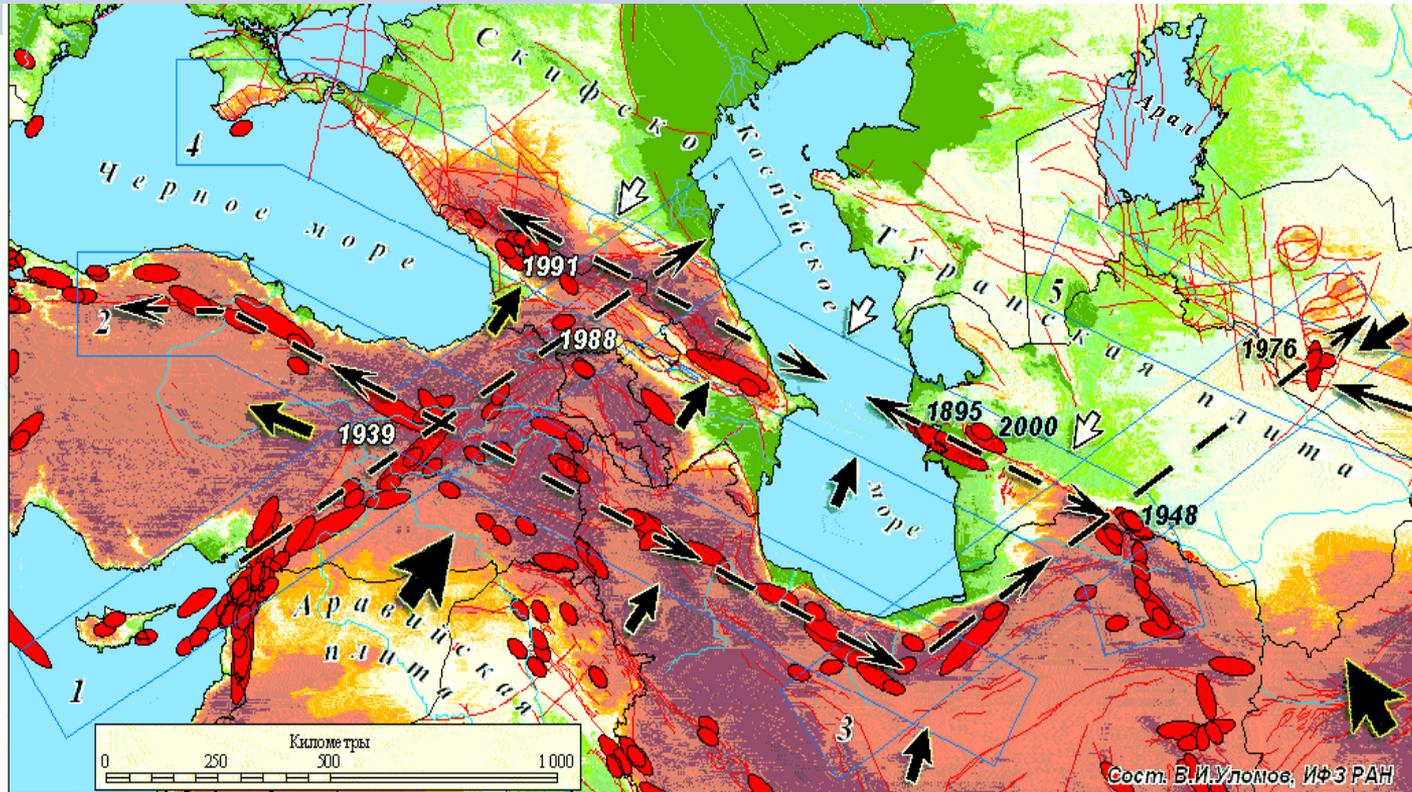
“ Проект РФФИ № 18-05-01018

Оценка цунамиопасности на
побережье Каспийского моря

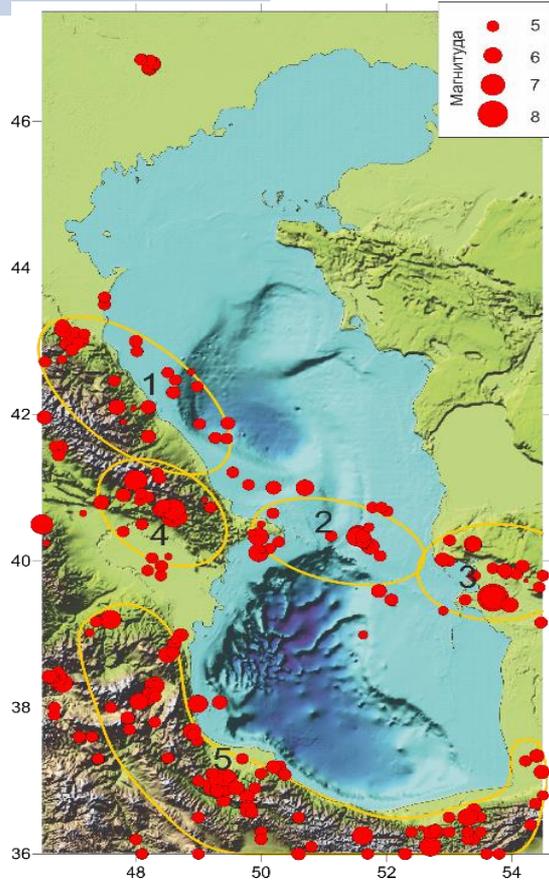
(рук. Е.А. Куликов)



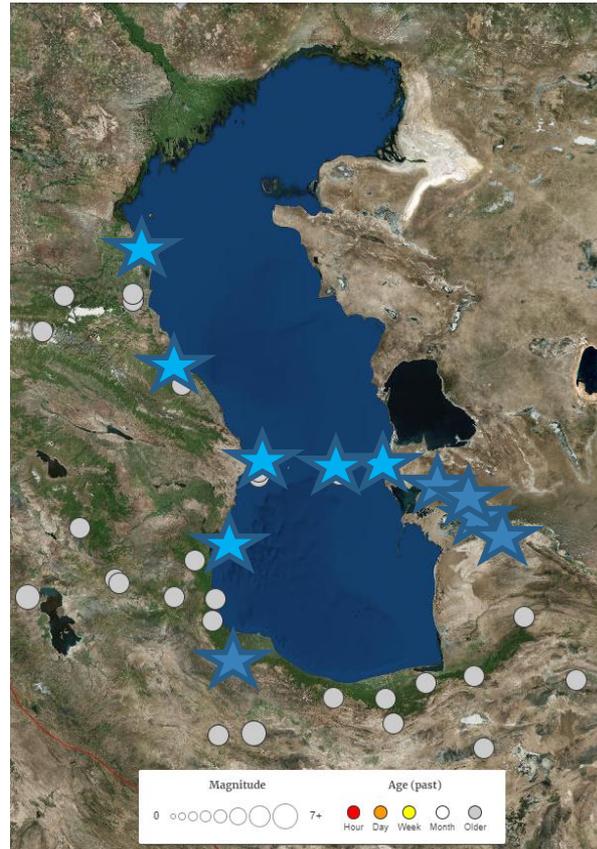
Сейсмичность Каспийского региона



Каталог USGS с 1900 г.



1954 землетрясения с $M \geq 2.5$



33 землетрясения с $M \geq 6$

- Рудбарское (Иран) 1990 г. с $M = 7.4$
- Красноводское (Туркмения) 1895 г. с $M = 8 \pm 0.2$
- Туркменское 2000 г. с $M = 7$
- Казанджикское 1946 г. с $M = 7$
- Большебалханское 2002 г. с $M = 7.2-7.4$
- 743, 918, 957 Дербент
- 1668 Терек
- 1868, 1902, 1960 Баку
- 1876 Чигиль
- 1933 Гувлымаяк
- 1986 Апшеронский порог

В настоящее время имеются упоминания о 14-ти случаях цунами/аномальных колебаний уровня (высота волн не превышала 1-2 м).

ОЦЕНКА ОПАСНОСТИ ЦУНАМИ В КАСПИЙСКОМ МОРЕ

Куликов Е.А.¹, Медведева А.Ю.¹, Файн И.В.²

*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Россия, Москва, 117997,
Нахимовский проспект, д. 36, e-mail: kulikove@gmail.com*

² Институт океанских наук, Сидни, V8L 5T5, Канада

Статья поступила в редакцию 10.03.2019, одобрена к печати 13.12.2019

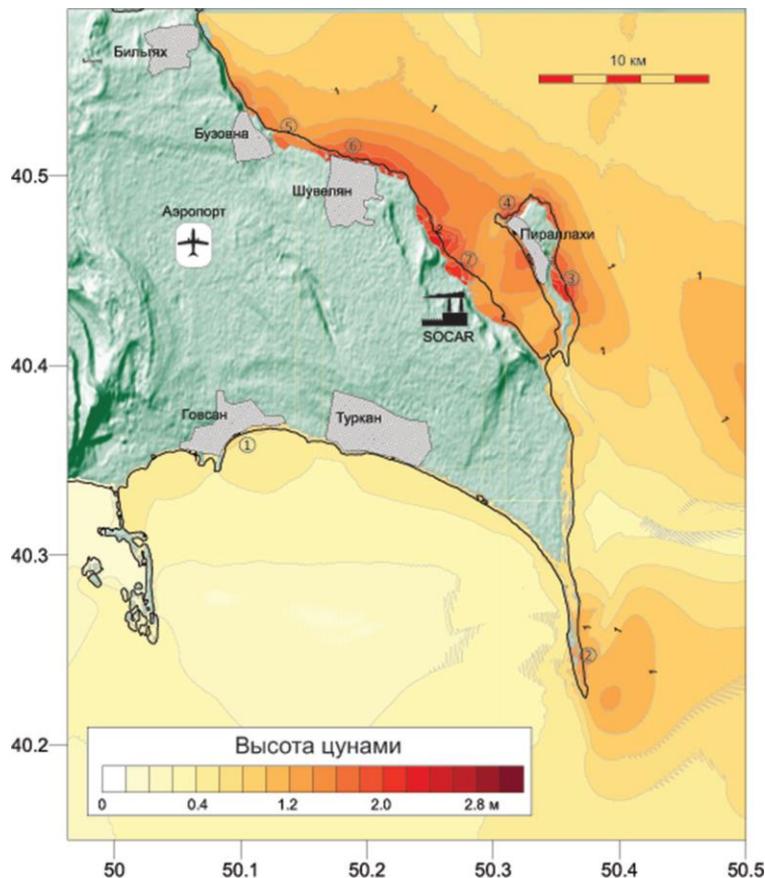


Таблица 2. Значения высот цунами в нескольких пунктах побережья Апшеронского п-ова по расчетам с использованием двух численных моделей – Модель 1 (сетка с шагом 6'') и Модель 2 (сетка с шагом 1'') с учетом наката на берег. Под высотой (м) подразумевается высота волны на сухом берегу

№	Название	°в.д.	°с.ш.	Модель 1 (шаг 6'')	Модель 2 (шаг 1'')	
					Высота, м	Дальность затопления, м
1	Говсан	50.1	40.36	0.6	0.8	800
2	Мыс (Апшеронский нац. парк)	50.38	40.25	0.9	1.5	330
3	Пираллахи (восток)	50.36	40.44	1.4	2.5	1030
4	Пираллахи (север)	50.31	40.48	1.9	2.5	500
5	Бузовна	50.14	40.52	1.5	1.8	1040
6	Шувелян	50.19	40.51	1.8	2.3	360
7	Нефтезавод SOCAR Refinery	50.28	40.45	2.0	2.3	1500

Вероятностная модель цунамиопасности Каспийского моря

Вероятностный подход: этапы

Вероятностная модель
сейсмичности региона

Создание синтетического
каталога землетрясений

Моделирование
виртуальных событий

Статистический
анализ

Карты цунамиопасности
различной повторяемости

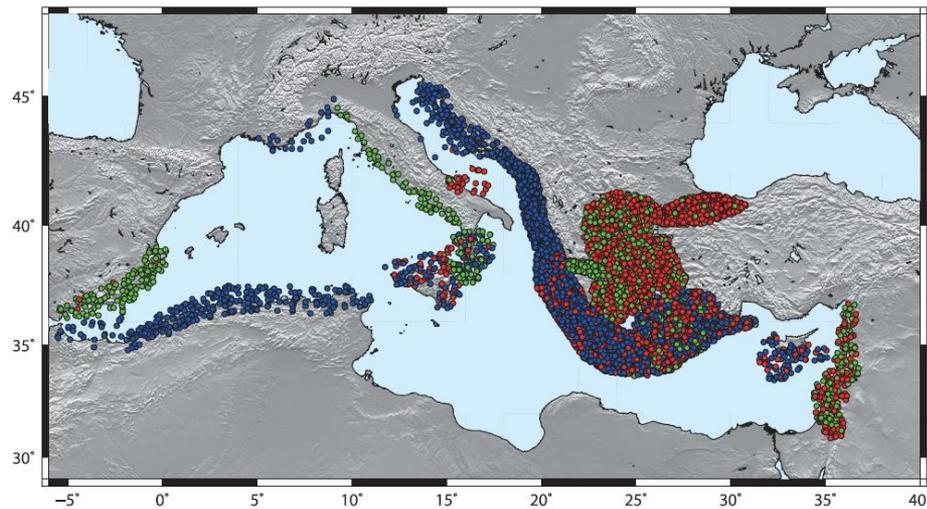
Вероятностный подход

JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL. 117, B01305, doi:10.1029/2010JB008169, 2012

Probabilistic tsunami hazard in the Mediterranean Sea

Mathilde B. Sørensen,^{1,2} Matteo Spada,³ Andrey Babeyko,⁴ Stefan Wiemer,³
and Gottfried Grünthal⁴

Received 17 December 2010; revised 26 October 2011; accepted 6 November 2011; published 10 January 2012.



Вероятностный подход

<https://doi.org/10.25296/1997-8669-2019-13-2-18-32>

УДК 550.344.42:551.466.62

ЦУНАМИОПАСНОСТЬ АРКТИЧЕСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ РОССИИ. ЧАСТЬ 1. КАТАЛОГ ВЕРОЯТНЫХ ЦУНАМИГЕННЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ



КУЛИКОВ Е.А.

Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва, Россия,
kullikove@ocean.ru
Адрес: Нахимовский пр., д. 36, г. Москва, 117997, Россия

ИВАЩЕНКО А.И.

Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва, Россия,
ai_imgg@mail.ru

МЕДВЕДЕВ И.П.

Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва, Россия,
medvedev@ocean.ru

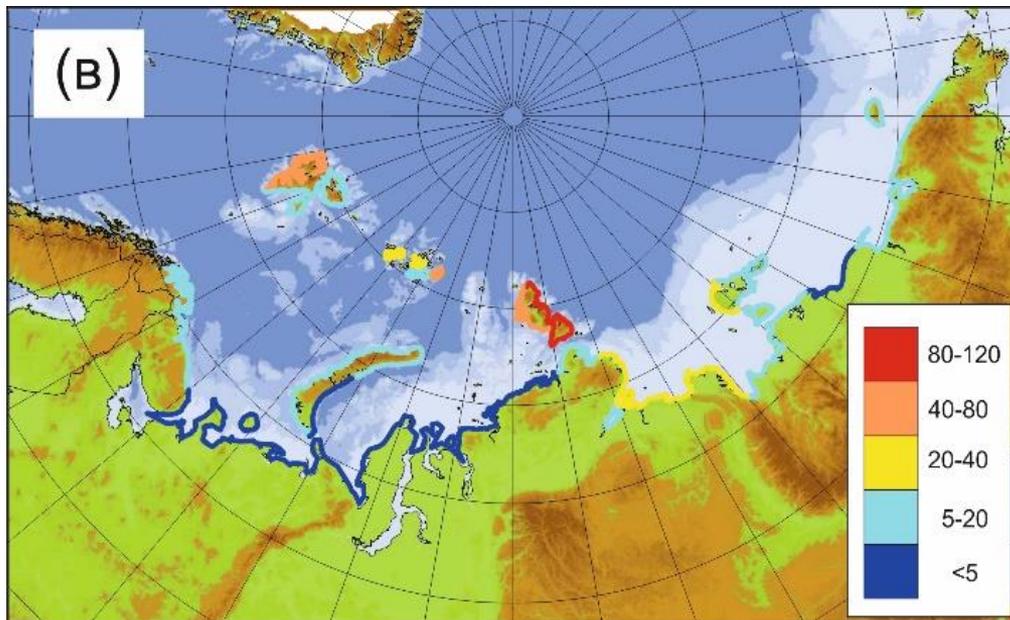
ФАЙН И.В.

Институт наук об океане, г. Сидни, Британская Колумбия, Канада,
fineik@pac.dfo-mpo.gc.ca
Адрес: Вест Саанич Роуд, д. 9860, г. Сидни, Британская Колумбия, V8L 4B2, Канада

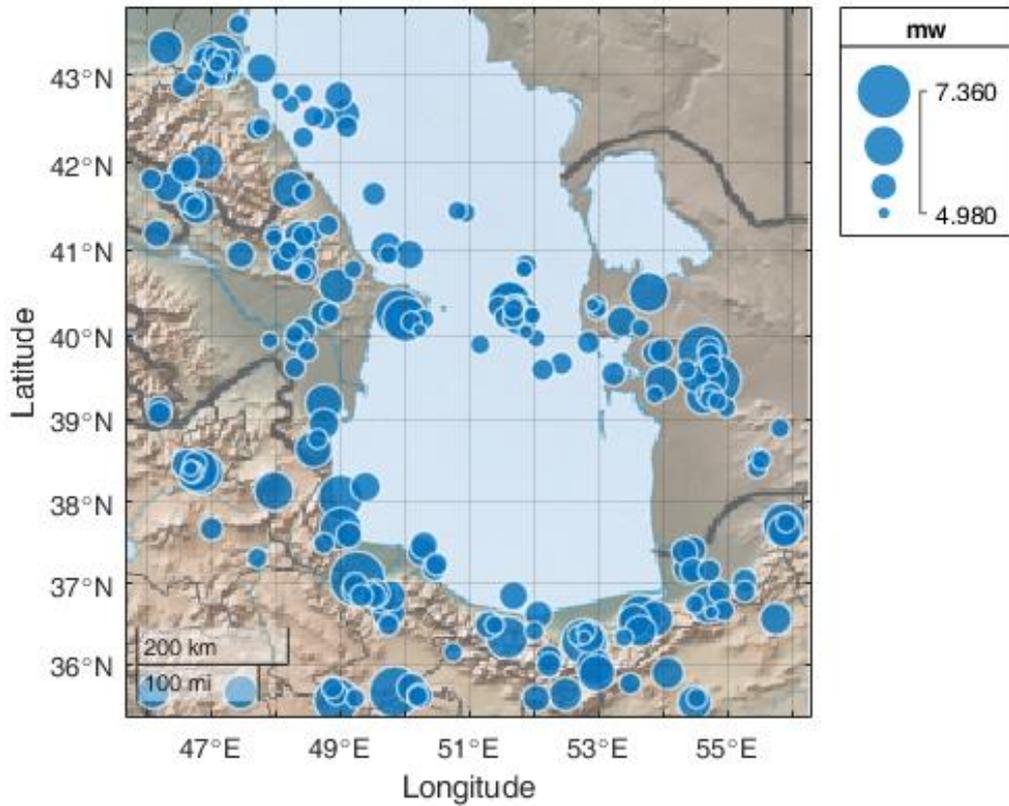
ЯКОВЕНКО О.И.*

Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва, Россия,
tsusen@ocean.ru

Высота цунами 1 раз в 5000 лет



Каталог землетрясений в регионе



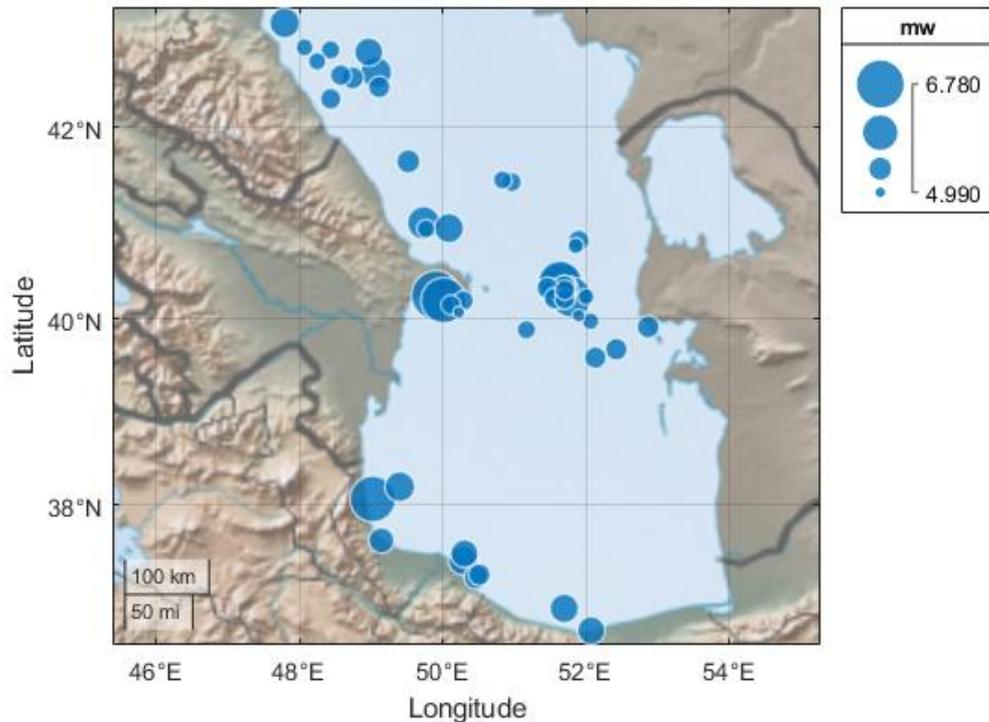
GEM каталог (1904-2016)

ISC-GEM v.7.0, 2020 г.

Средний и Южный Каспий

max(Mw) = 7.4

Каталог землетрясений в регионе

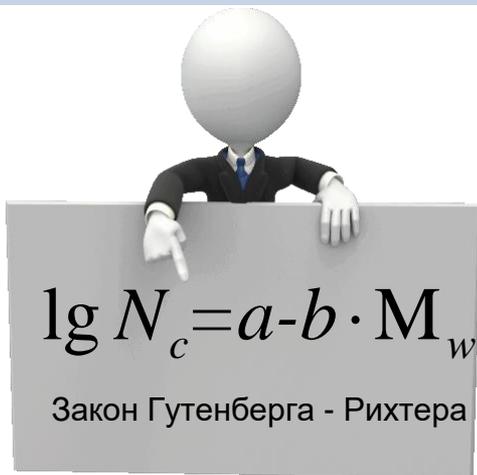


GEM каталог (1904-2016)

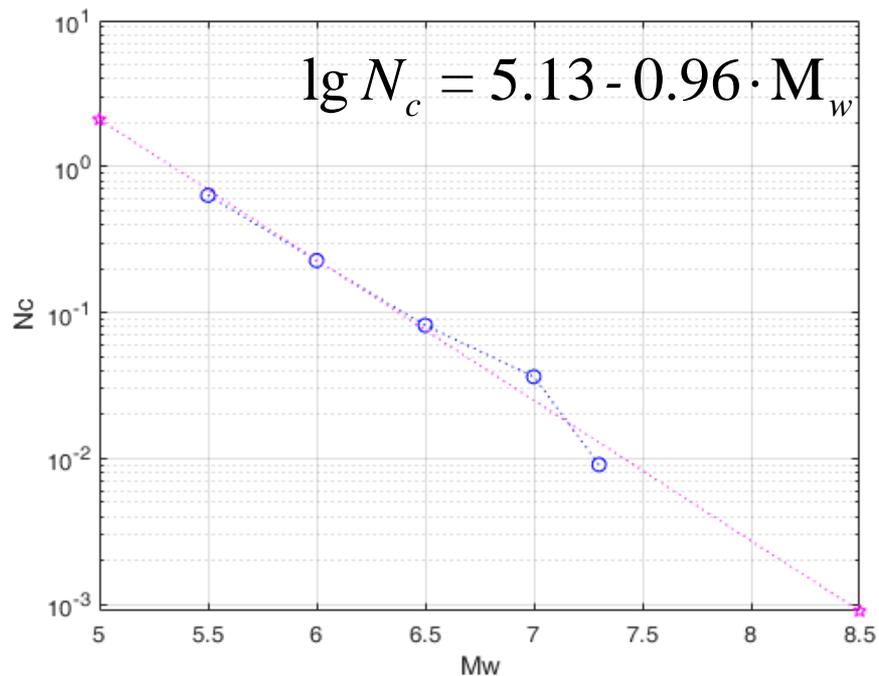
Средний и Южный Каспий

max(Mw) = 6.7

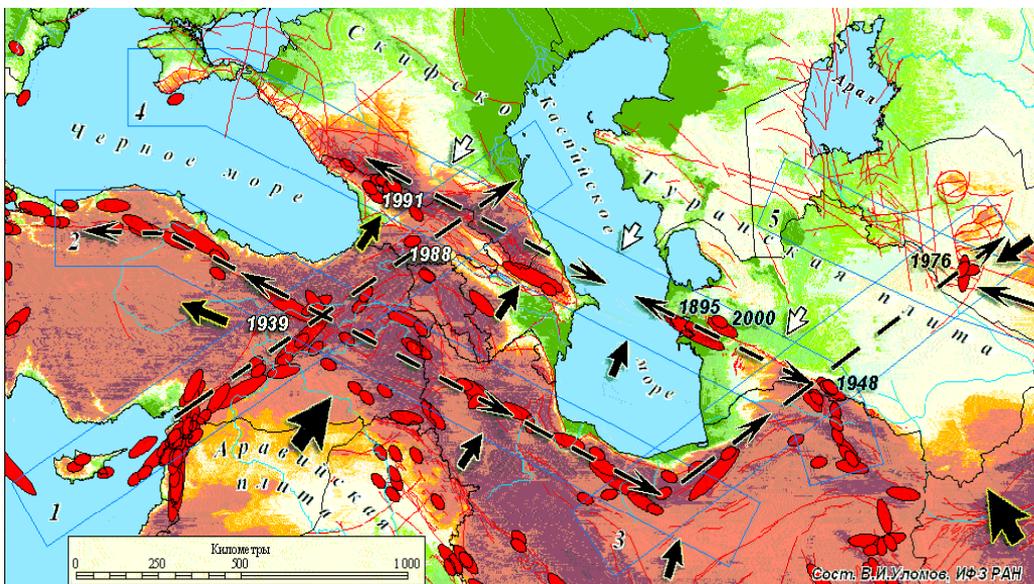
Закон Гутенберга - Рихтера



N_c – частота возникновения землетрясений
магнитудой больше или равной M_w
(число таких землетрясений в регионе за год)



Исторические землетрясения



Уолов, 2008

856 г. $M_w = 8.1$

958 г. $M_w = 8.0$

1668 г. $M_w = 7.8$

1895 г. $M_w = 7.9$

Закон Гутенберга - Рихтера

Kagan, 2002a,b



$$M_{wt} = 5.35$$

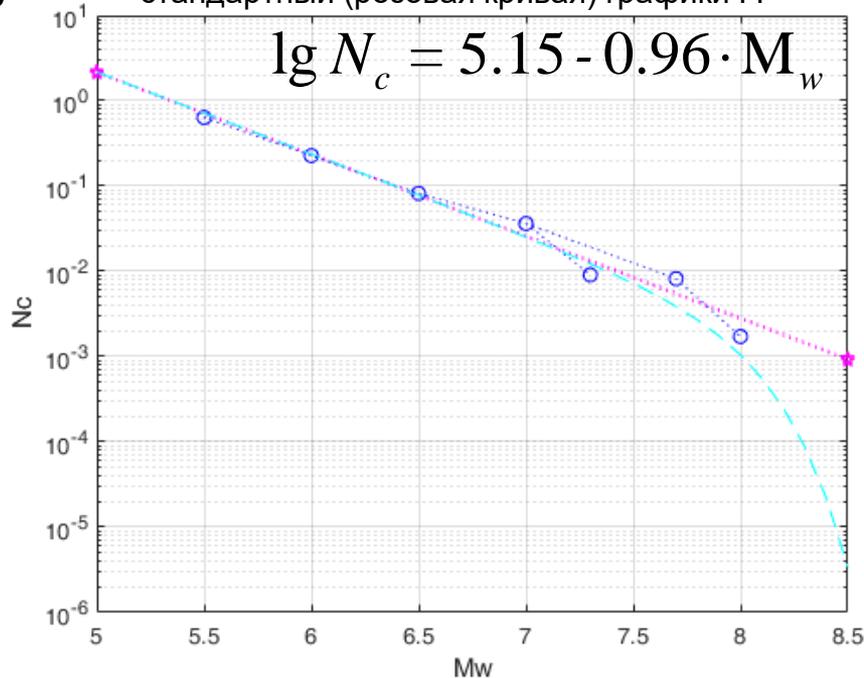
$$M_{wc} = 8$$

$$P(M_0 \geq M) = \left(\frac{M_t}{M}\right)^\beta \exp\left(\frac{M_t - M}{M_c}\right)$$

M_t – нижний порог сейсмического момента очага, начиная с которого каталог событий полон
 M_c – «угловой» сейсмический момент очага, начиная с которого начинается резкое отклонение вниз наблюдаемого графика повторяемости от линейного ГР-графика
 $\beta = \frac{2}{3} \times b$, где b – коэффициент наклона стандартного графика повторяемости

$$M = 10^{(3/2 * M_{w0} + 9.1)}$$

«Скошенный» (голубая кривая) и стандартный (розовая кривая) графики ГР





Численное моделирование цунами

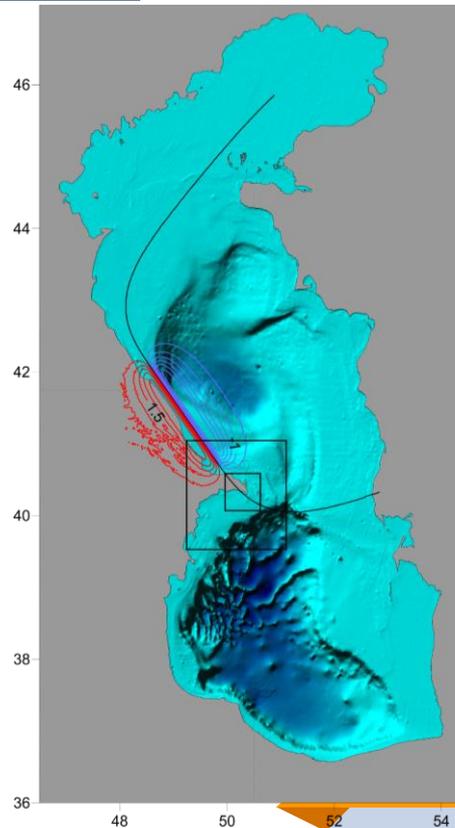
Модификация модели TUNAMI
(Imamura et al., 2006; Fine et al., 2011)



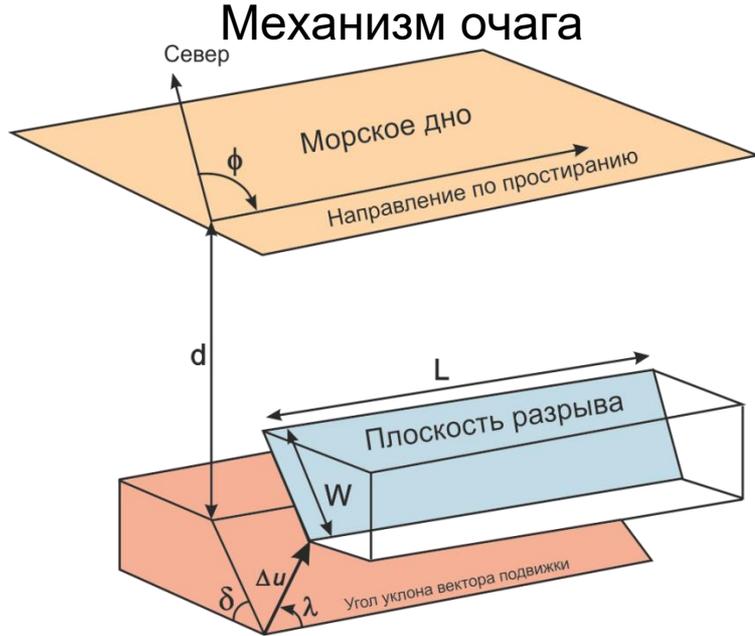
Расчетная сетка с постоянным шагом в
сферической системе координат (30'')
на основе батиметрии GEBCO



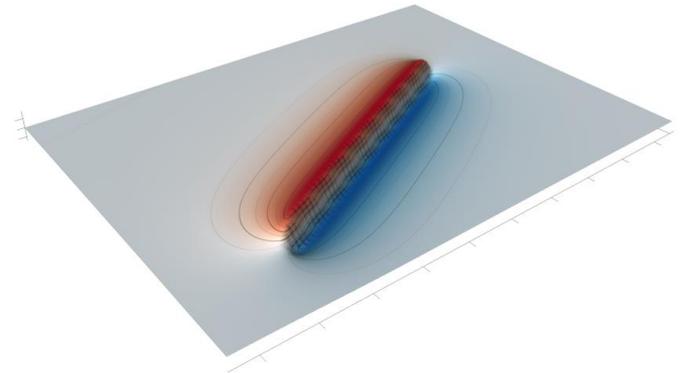
Модель источника
(Okada, 1985)



Модель конечного разрыва



Деформация морского дна



Набором из 10 случайных значений для принятой кинематической модели площадки разрыва конечных размеров: $M_w, Lat, Lon, d, L, W, \Delta u, STK, DIP, RAKE$.

$M_0 = \mu L W \Delta u$ - сейсмический момент (магнитуда)
 μ - модуль сдвига горных пород в области очага

Эмпирические соотношения

Статистическая связь магнитуды
землетрясения и параметров разрыва

$$\lg L = 0.50 M_w - 1.88 \pm 0.17, \quad (L \text{ в км}), \text{ длина}$$

$$\lg W = 0.35 M_w - 1.14 \pm 0.12, \quad (W \text{ в км}), \text{ ширина}$$

$$\lg S = 0.82 M_w - 2.87 \pm 0.22, \quad (S \text{ в км}^2), \text{ площадь разрыва}$$

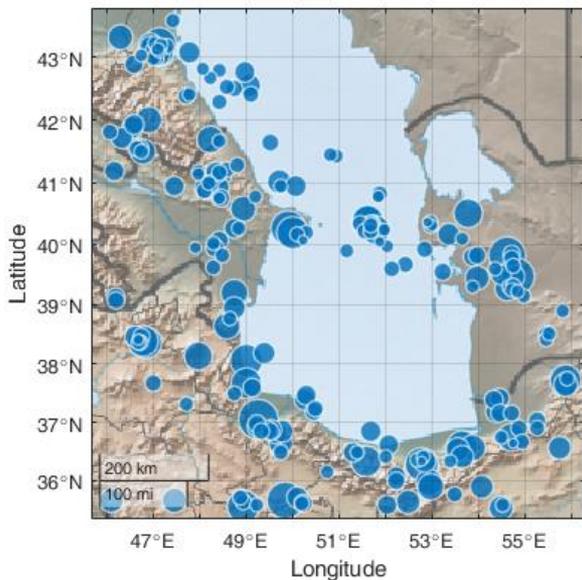
$$\lg D_{av} = 0.63 M_w - 4.45 \pm 0.33, \quad (D_{av} \text{ в м}), \text{ сред. подвижка по разрыву}$$

$$\lg D_{max} = 0.89 M_w - 5.90 \pm 0.38, \quad (D_{max} \text{ в м}) \text{ макс. подвижка по разрыву}$$

(Wells, Coppersmith, 1994)

Вероятностный подход

76 механизмов



$\mu \pm \sigma$

$Stk = 300 \pm 22.5$

$Dip = 70 \pm 15$

$Rake = -90 \pm 20$

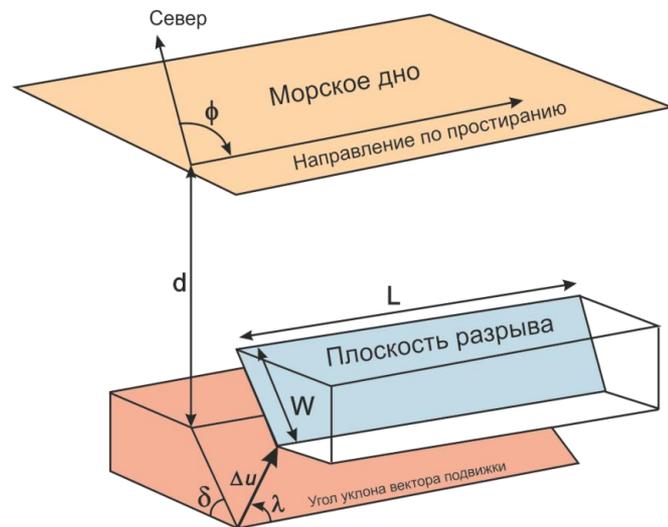
Сбросовый тип (normal faults)

$Stk = 300 \pm 22.5$

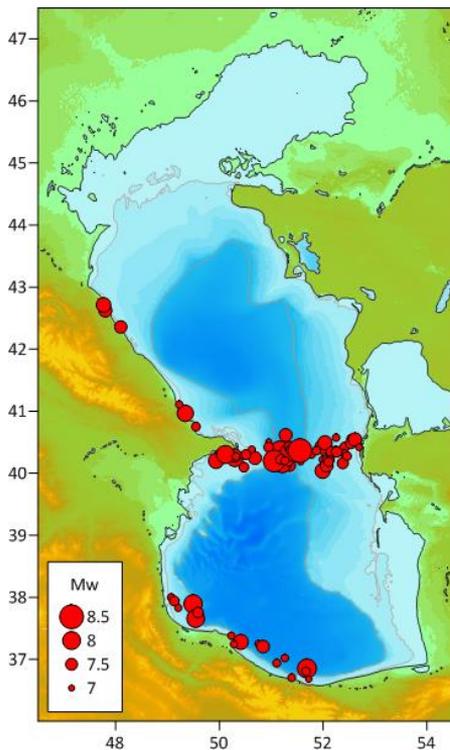
$Dip = 70 \pm 15$

$Rake = 90 \pm 20$

Взбросовый тип (reverse faults)



Вероятностный подход

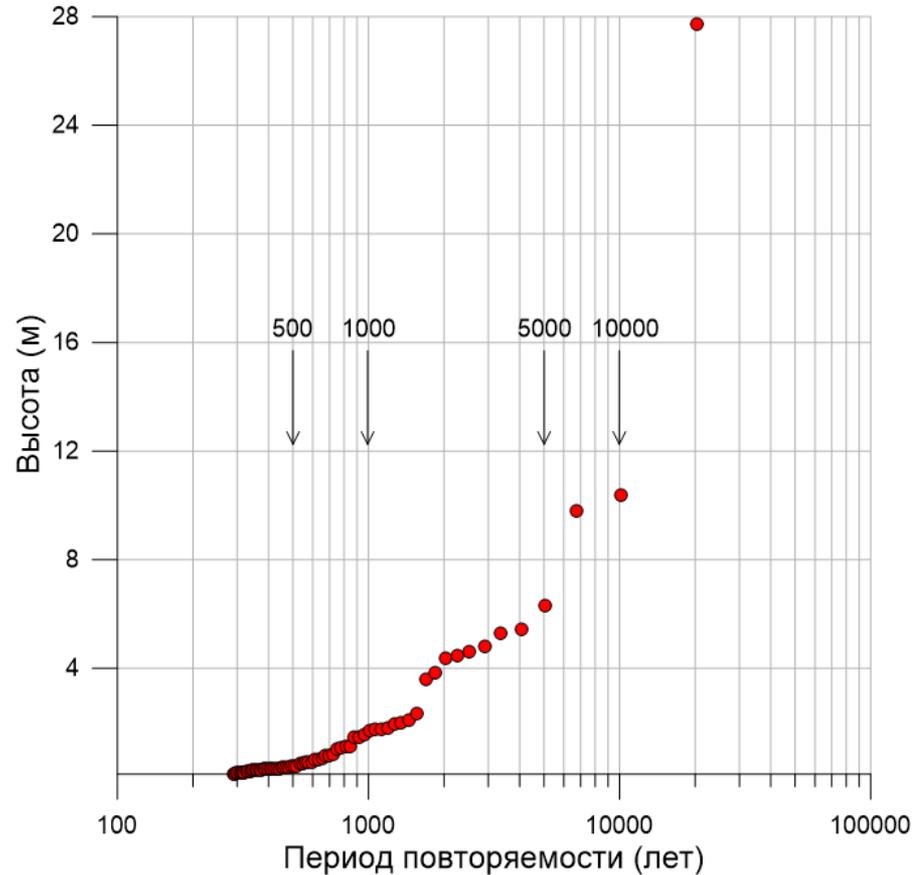


20 000 лет

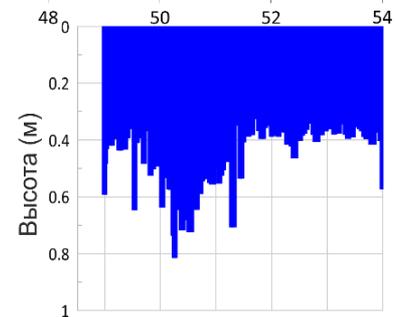
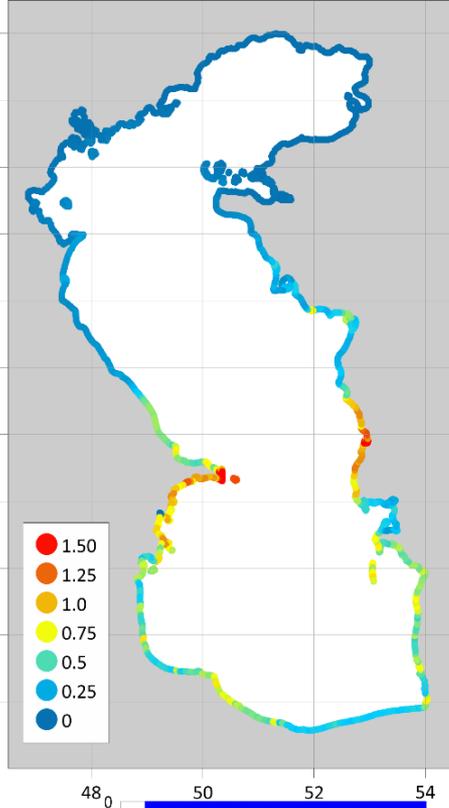
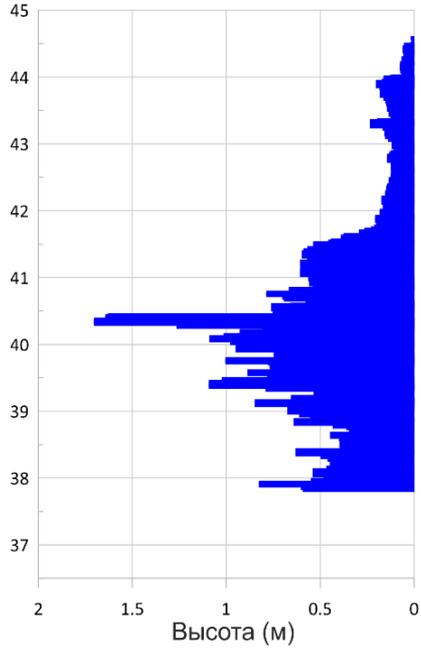
339 событий с
 $M_w \geq 7$

78 событий в
акватории моря

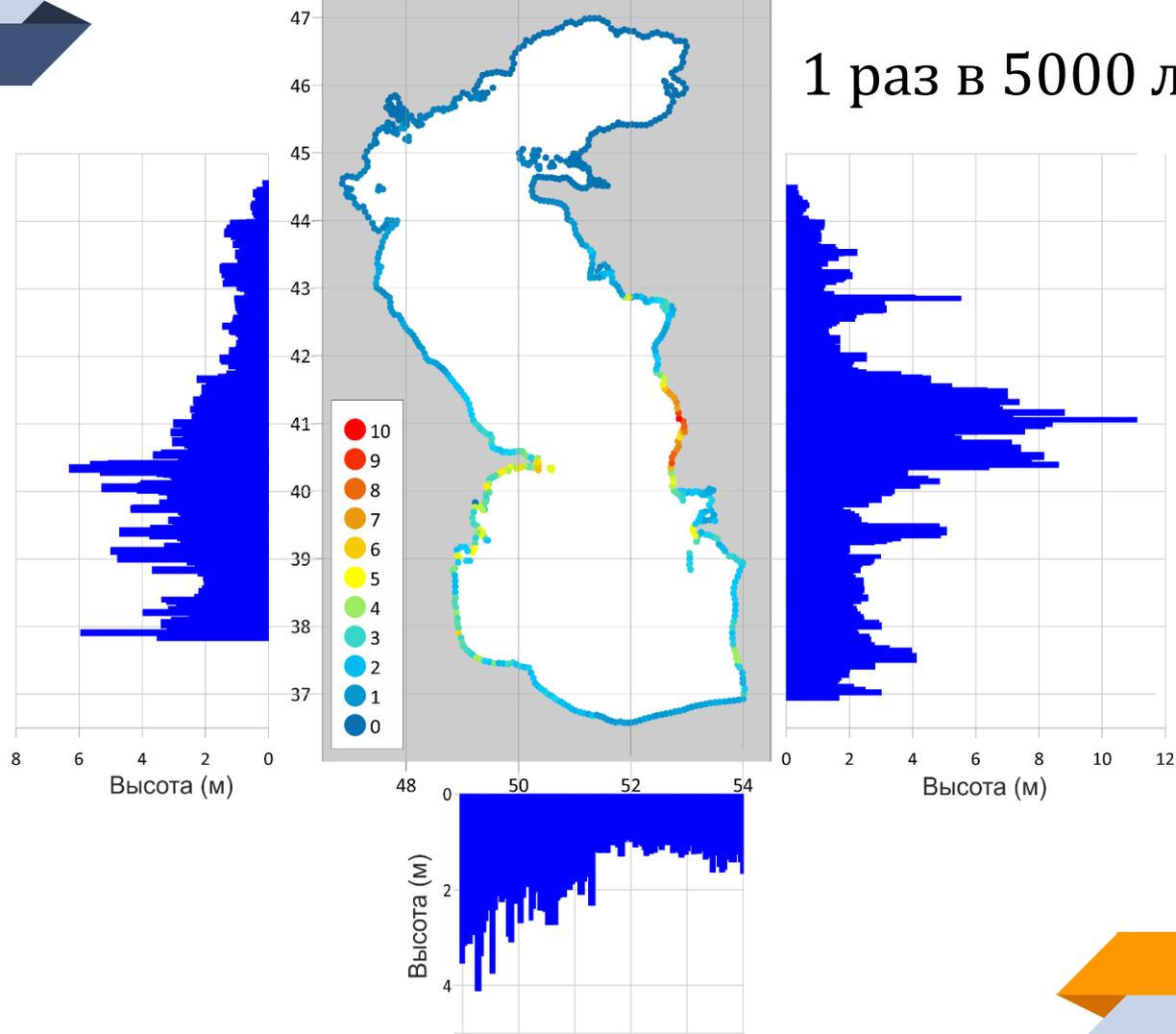
Кривые повторяемости высоты волн цунами в отдельном узле расчетной сетки



1 раз в 1000 лет

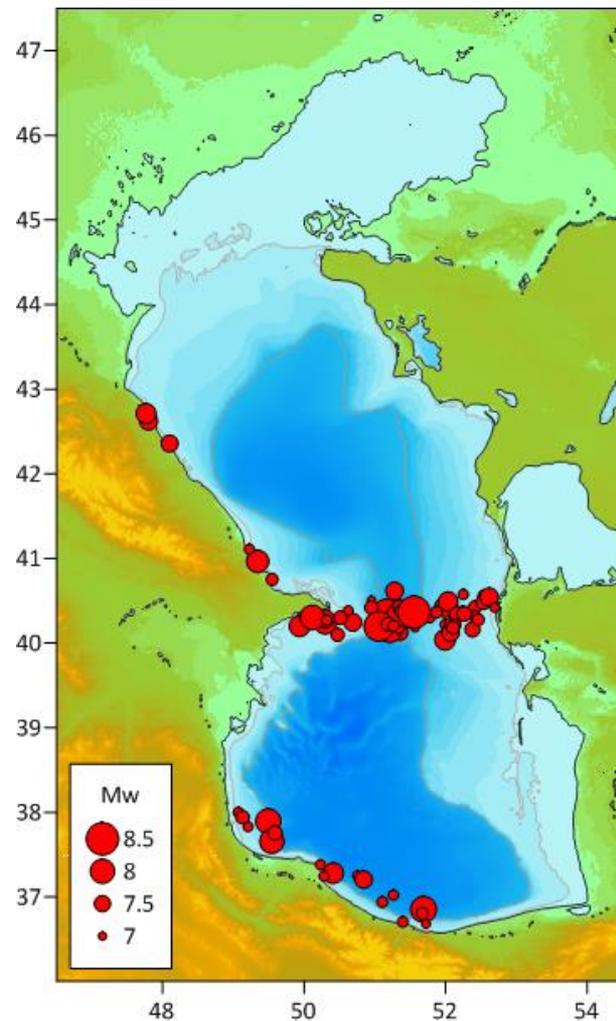


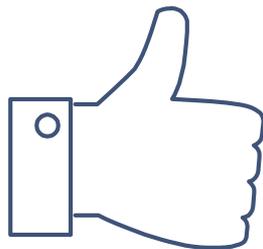
1 раз в 5000 лет



Высота волн цунами 1 раз в n -лет

	250	500	1000	5000
Западное побережье	0.03	0.49	1.70	6.32
Восточное побережье	0.03	0.55	1.49	11.11
Южное побережье	0.01	0.17	0.81	4.11
Северное побережье	0.00	0.03	0.09	0.91
о. Огурчинский	0.02	0.27	0.84	3.07
о. Жилой	0.02	0.37	1.29	4.75
о. Пираллахи	0.03	0.49	1.64	5.65
о. Курдили	0.01	0.14	0.60	2.79
о. Тюлений	0.00	0.03	0.12	0.79
Тюленьи о-ва	0.00	0.02	0.08	0.55



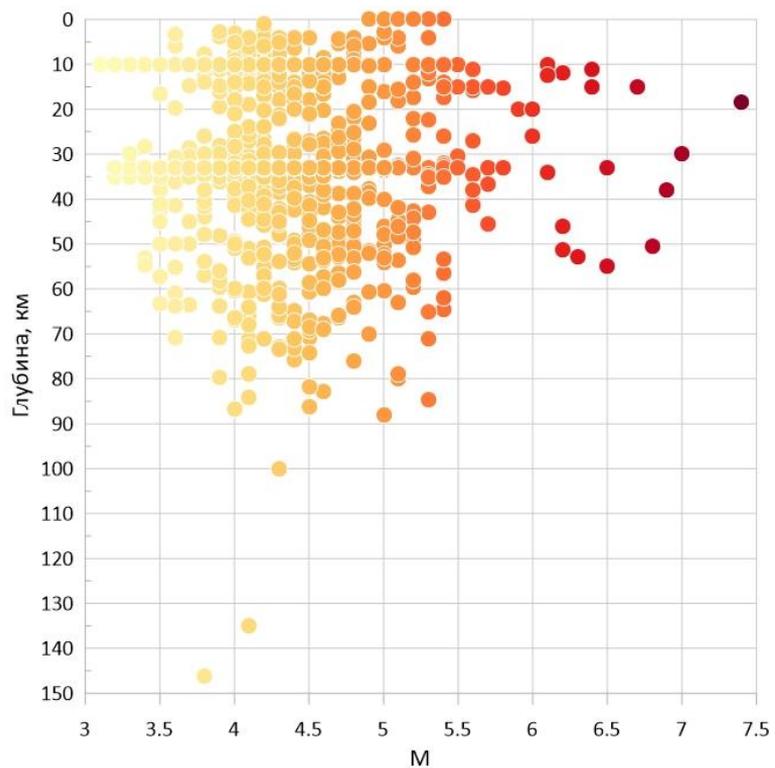


СПАСИБО!

Вопросы?

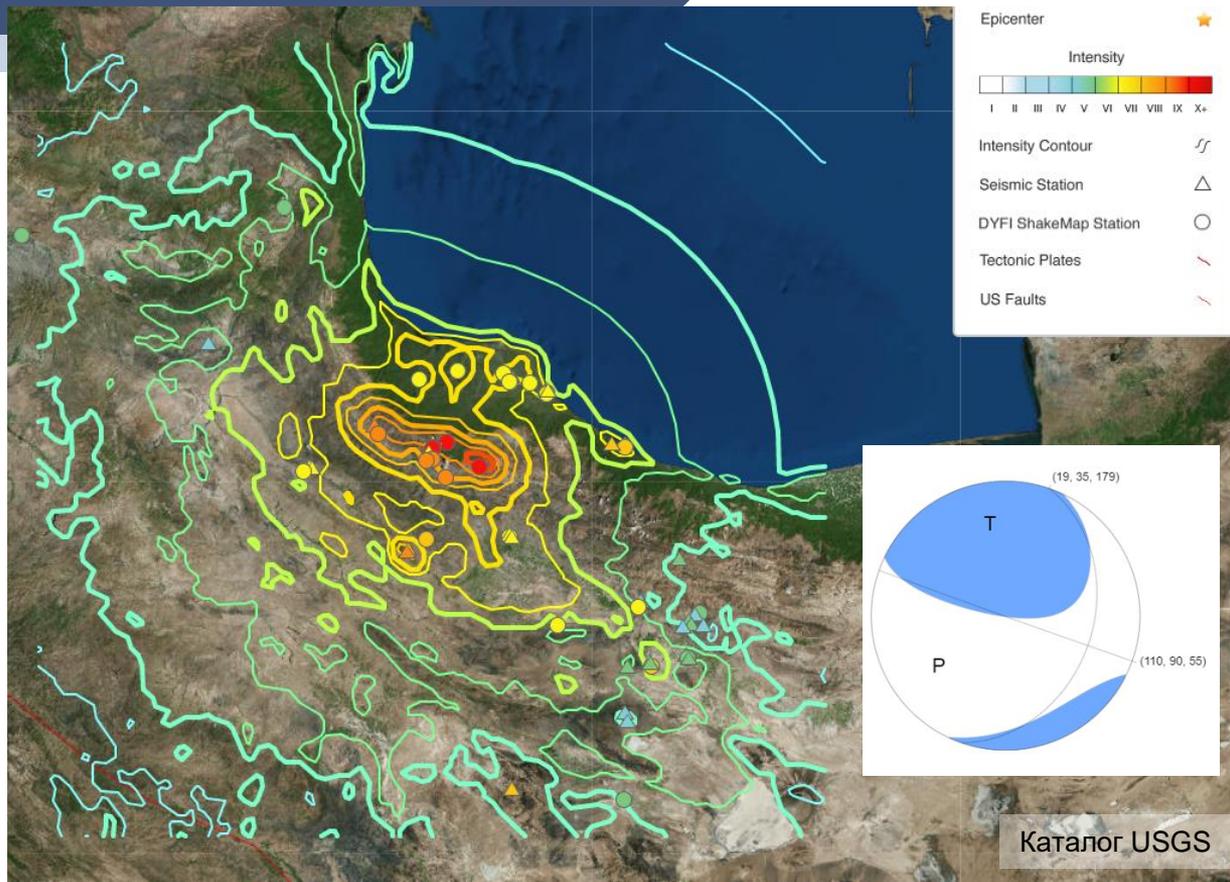
medvedev@ocean.ru

Глубина очага

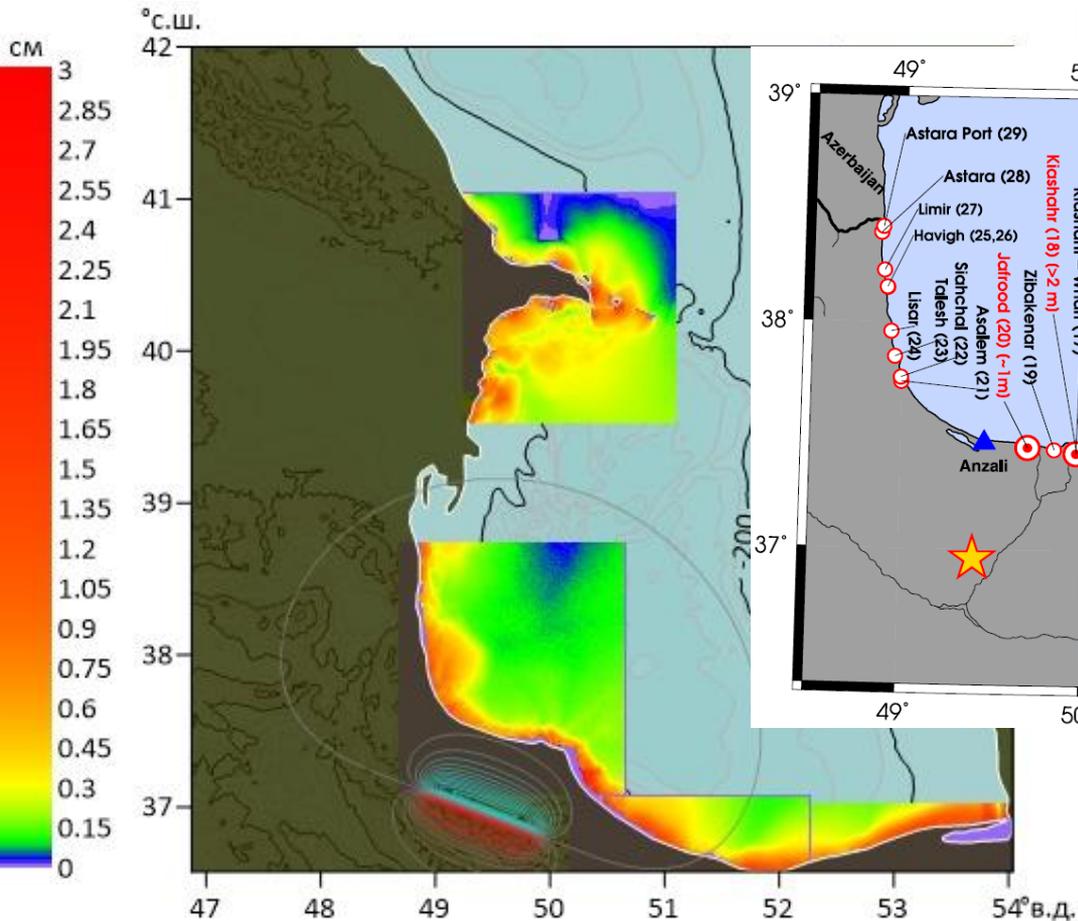


Рудбарское землетрясение 1990 г. (Иран)

- М 7.4
- 20 июня 1990 г.
- 36.957°N 49.409°E
- 18.5 км глубина
- Погибли, по разным оценкам, от 35 тыс. до 50 тыс. человек, до 105 тыс. человек получили ранения, около 400 тыс. остались без крова.

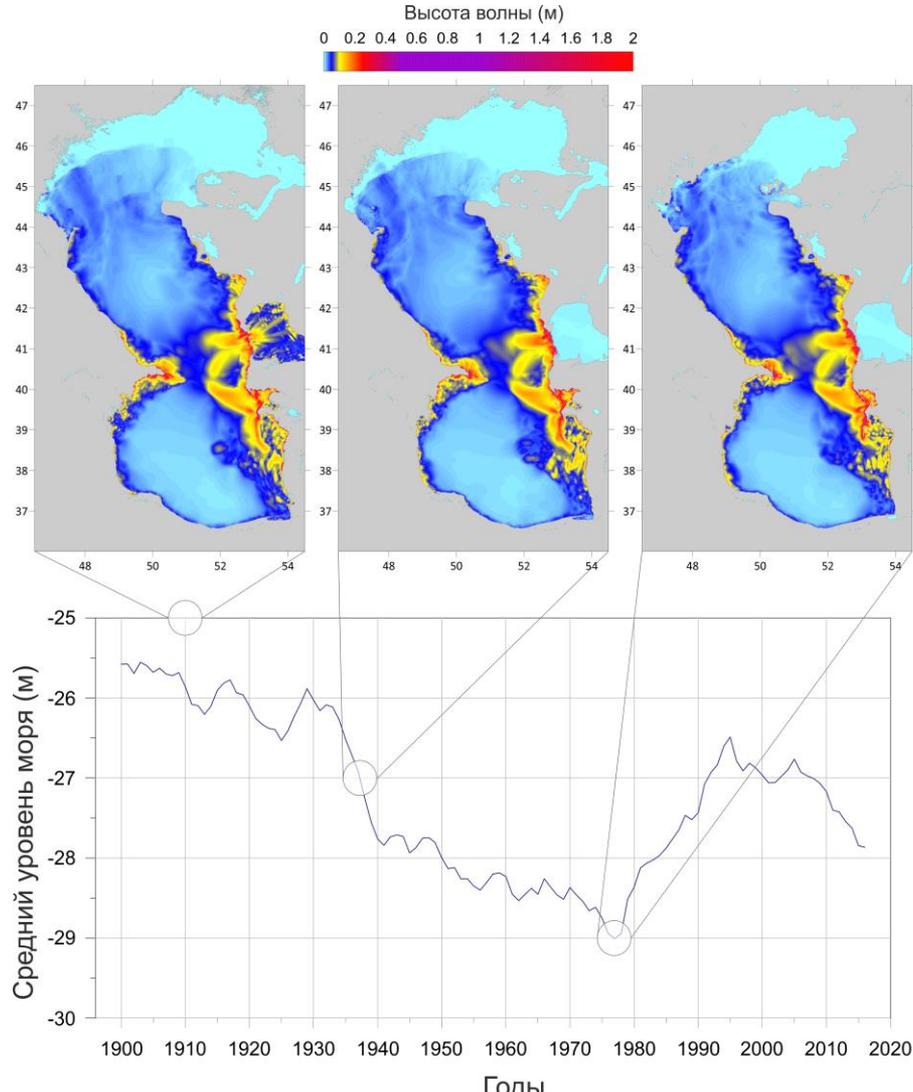


Рудбарское землетрясение 1990 г. (Иран)



Максимум составил 6.6 см (Азербайджан),
3 см – Иран (совпадает с [Periáñez, Cortés, 2018]).
По наблюдениям – 1-2 м

Влияние среднего уровня Каспийского моря



КБГ залив

-25 м, 0.9–1 м
-27 м, 1.6–1.9 м

Апшерон

-25 м, 1.08 м
-27 м, 0.84 м
-29 м, 0.90 м

