



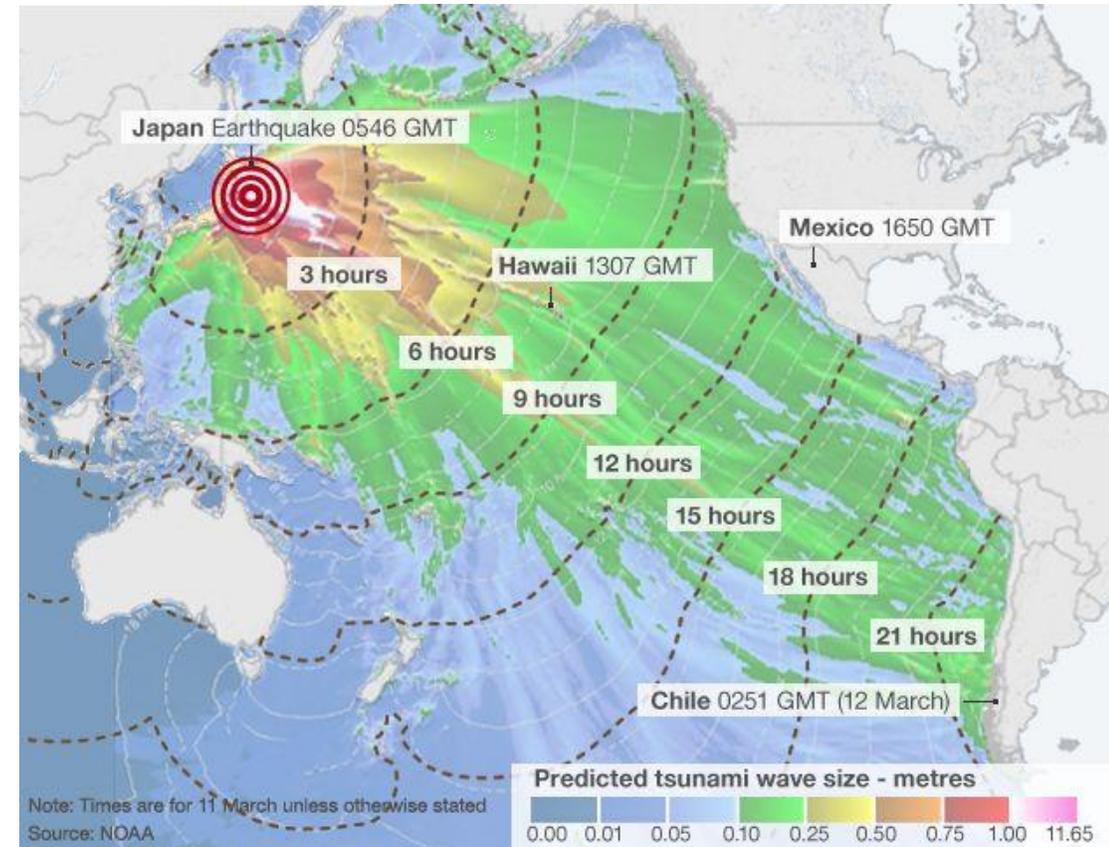
Экстремальные волны в океанах и морях с 2012 по 2024 гг.

Медведев Игорь

Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН
Лаборатория цунами им. Академика С.Л. Соловьева

Содержание лекции

- Самые сильные цунами с 2012 г.
- В 2011 г. произошло катастрофическое Японское (Тохоку) цунами, погибло около 20 тыс. чел.
- Цунами несейсмического происхождения



Цунами в Мировом океане

Транс-океанские цунами от сильнейших землетрясений	Цунами с наиболее высоким заплеском	Цунами с наибольшим числом жертв
1960 Чили Mw=9.5	524m 1958 Литуя	226,898 2004 Sumatra
1964 Аляска Mw=9.3	260m 1960 Св. Елена	36,417 1883 Krakatau
2011 Япония Mw=9.1	235m 1963 Вайонт	30,000 1755 Lisbon
2004 Суматра Mw=9.0	190m 2015 Таан	30,000 1707 Nankaido
1700 Каскадия Mw=9	150m 1936 Литуя	27,122 1896 Sanriku
1737 Камчатка Mw=9+	120m 1854 Литуя	26,000 1498 Enshunada
1755 Лиссабон Mw=9	100-150m 2018 Анак-Кракатау	19,057 2011 Tohoku
1788 Алеуты Mw=9	100m 2020 Элиот Крик	15,000 1741 Osima
1837 Чили Mw=9	90m 2017 Гренландия	13,486 1771 Ishigaky Is.
1868 Чили Mw=9	90m 2018 Буря	12,000 1952 Kamchatka
1604 Чили Mw=9	88m 1788 Алеуты	10,000 1765 Guanzhou
1952 Камчатка Mw=9	85m 1771 Ишигаки	5,233 1703 Boso Pen.
2010 Чили Mw=8.8	80m 1674 Индонезия	5,000 1605 Nankaido
1957 Алеуты Mw=8.6		4,376 1976 Philippines

Что такое цунами?

Цунами – «*волна в гавани*». Низкочастотные поверхностные гравитационные волны, возникающие в океане в результате сейсмических движений дна, оползней и обвалов (в том числе и подводных), вулканических извержений, воздействия на водный слой подвижных неоднородностей атмосферного давления и напряжения трения ветра (метеоцунами).

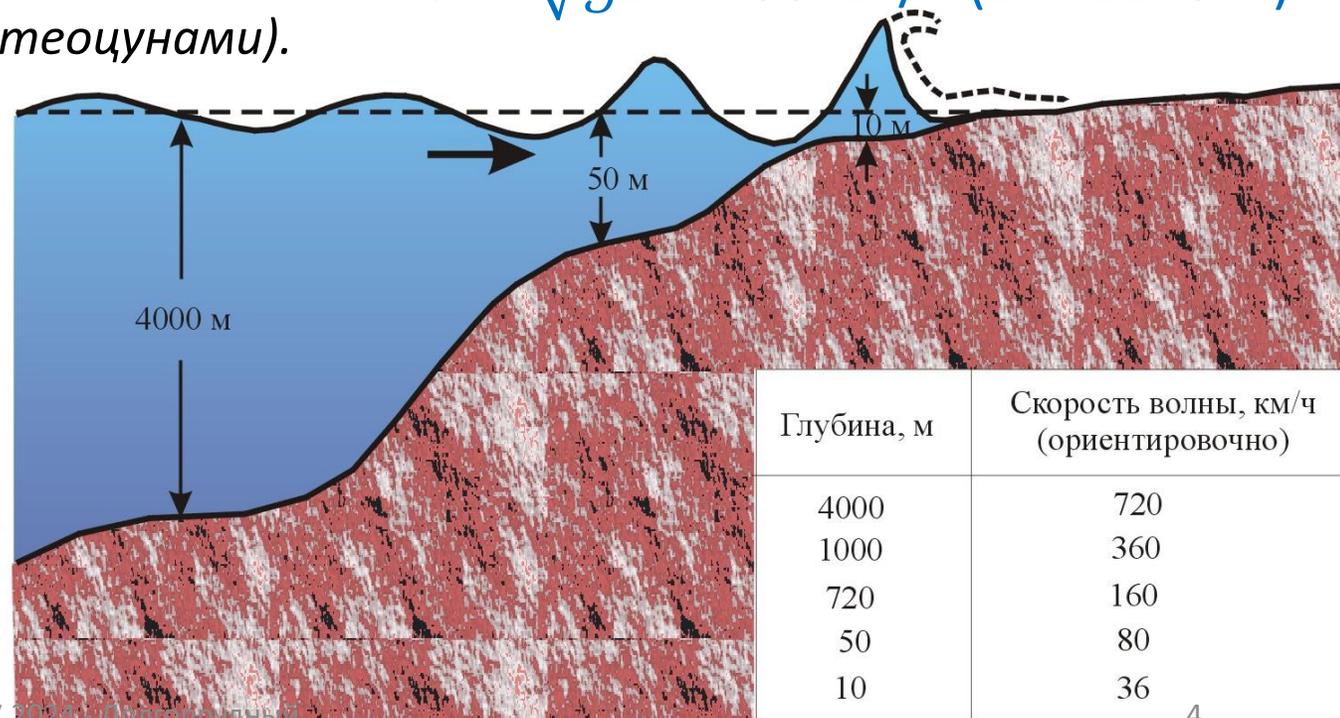
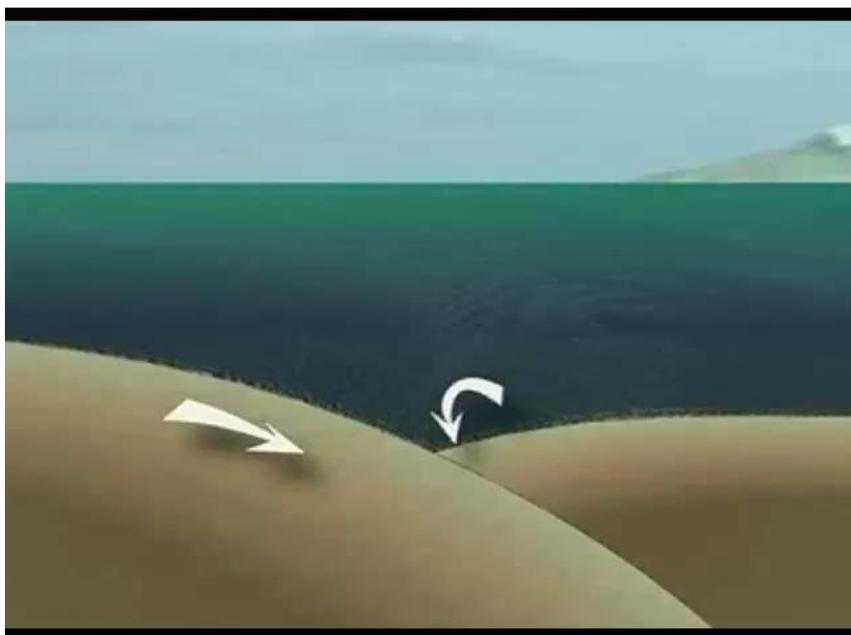
Высота: < 1 м – 500 м

Длина: 5 – 2000 км

Период: 2-3 мин – 2-3 ч

Скорость: 20 – 1000 км/ч

$$c = \sqrt{gD} = 400 \text{ км/ч} \quad (D = 1240 \text{ м})$$



Цунами в Мировом океане

Различные механизмы

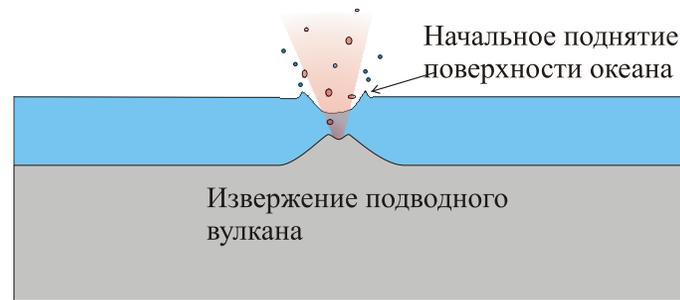
СЕЙСМИЧЕСКИЕ

Начальное поднятие
поверхности океана **82%**



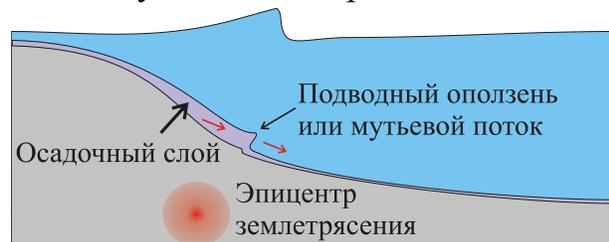
ВУЛКАНИЧЕСКИЕ

5%



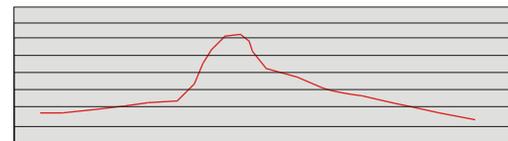
ОПОЛЗНЕВЫЕ

Возмущение поверхности океана **6%**



МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ

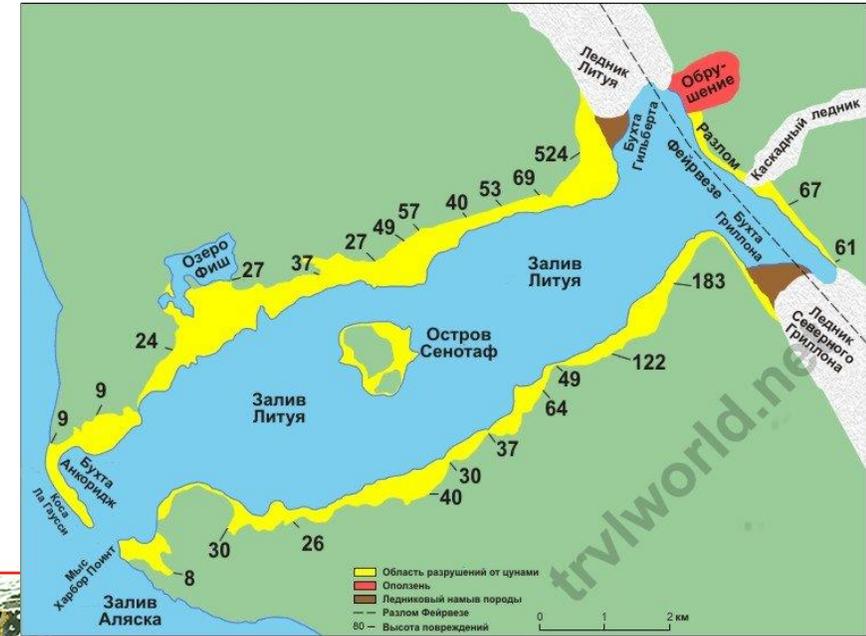
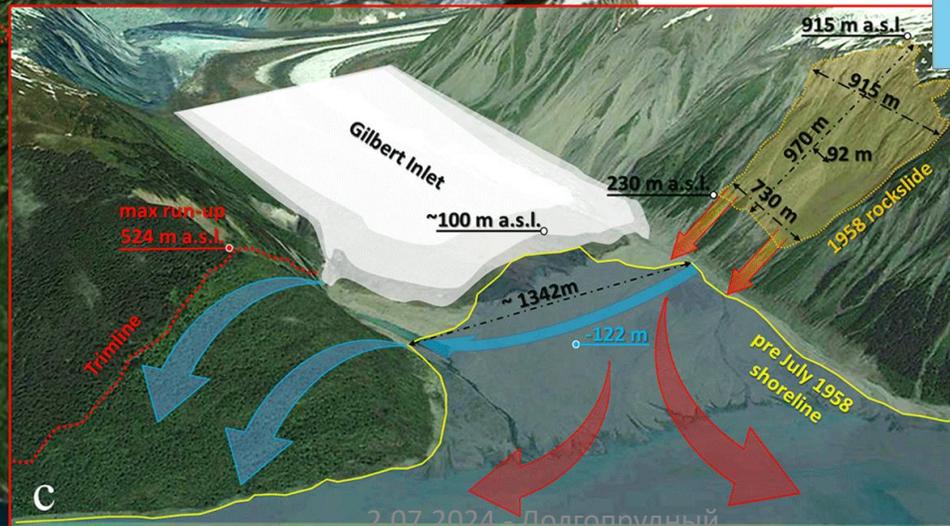
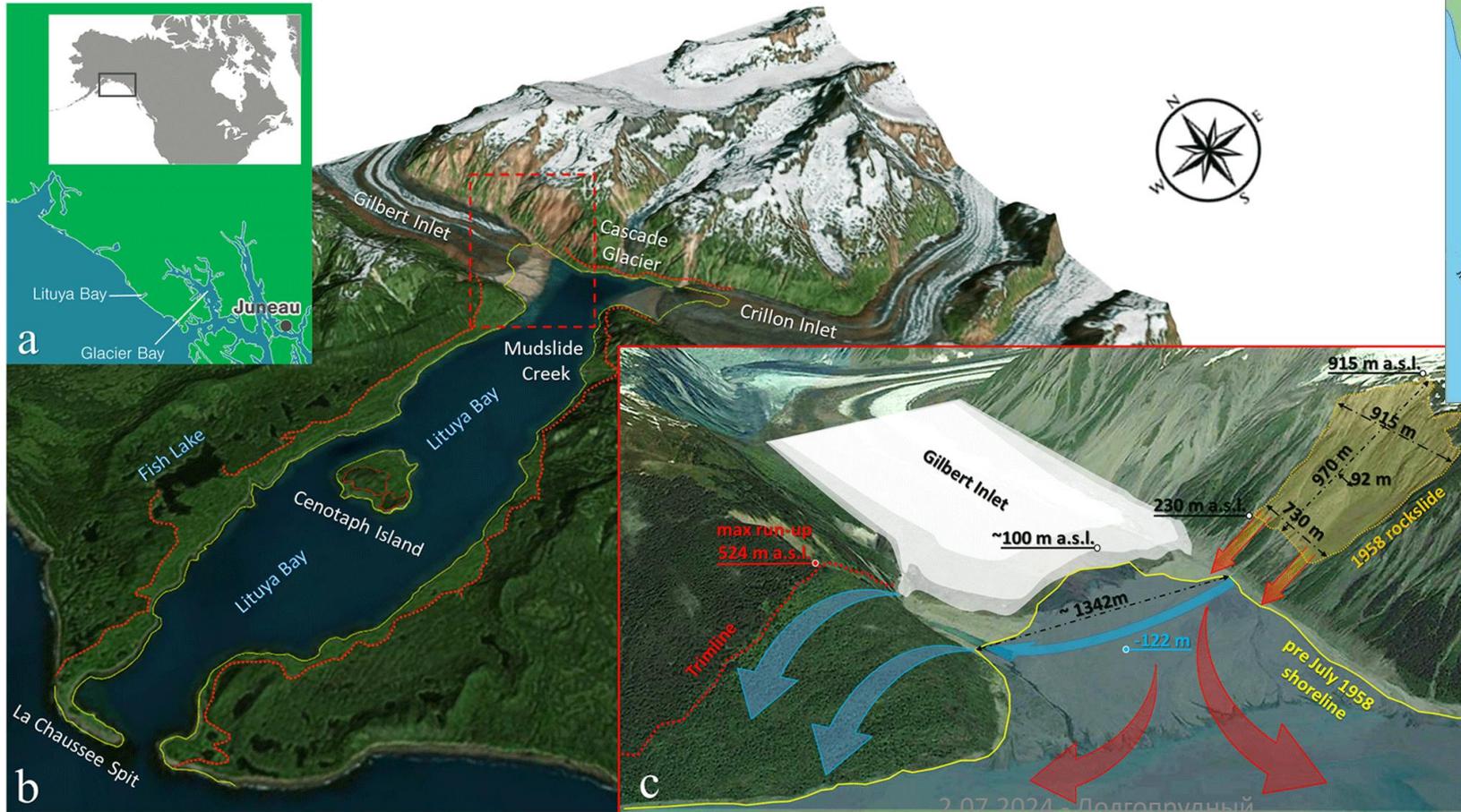
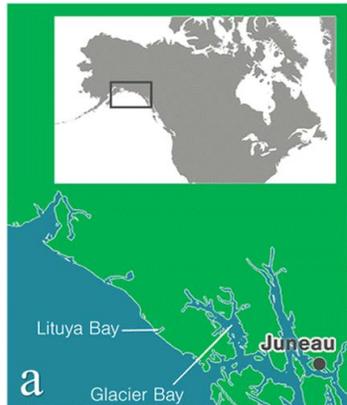
Изменение атмосферного давления **3%**



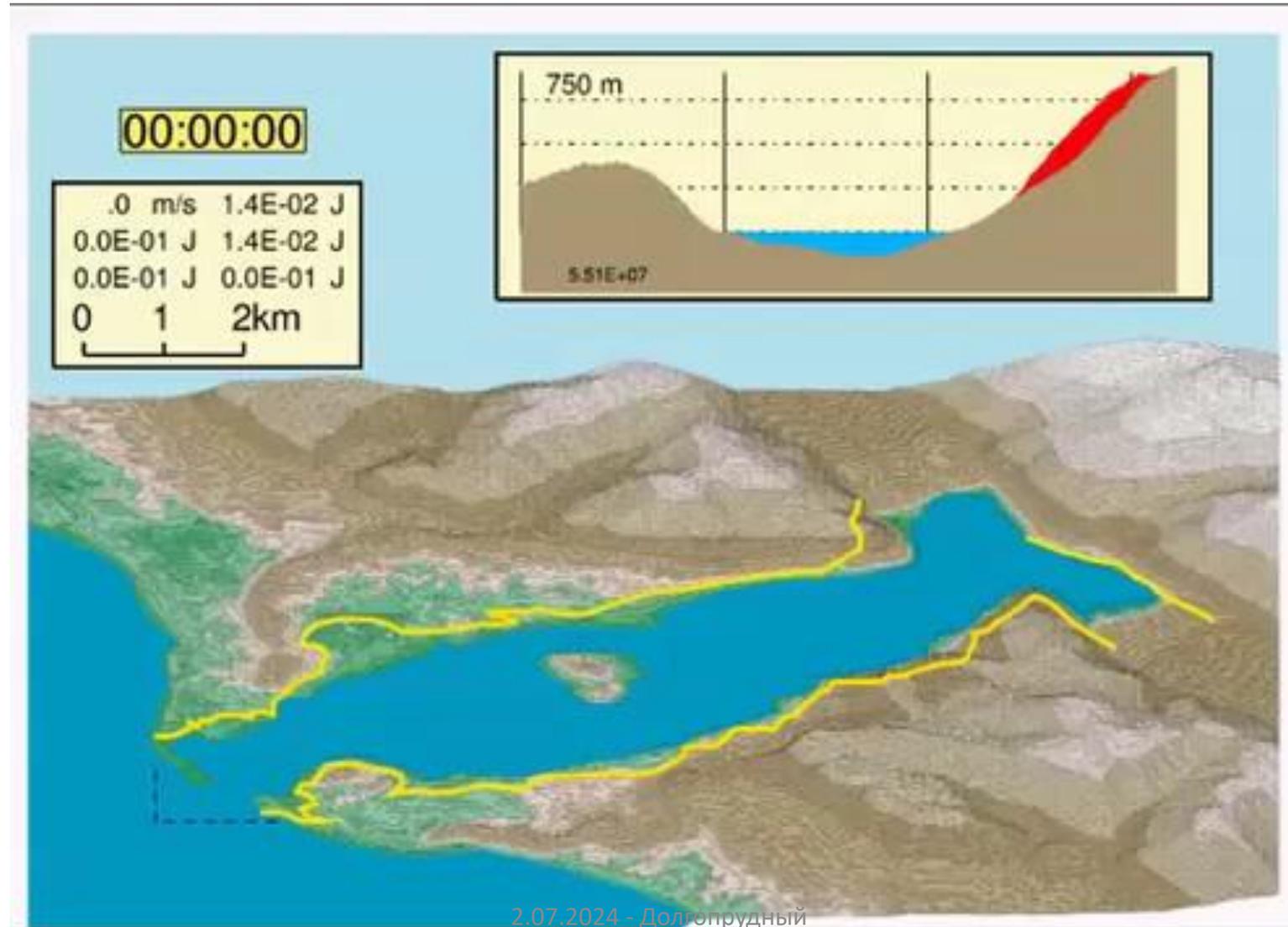
Землетрясения могут
быть триггерами
оползневых цунами!

Самая высокая волна цунами. Залив Литуя, 1958 г.

Высота волны = 524 м!



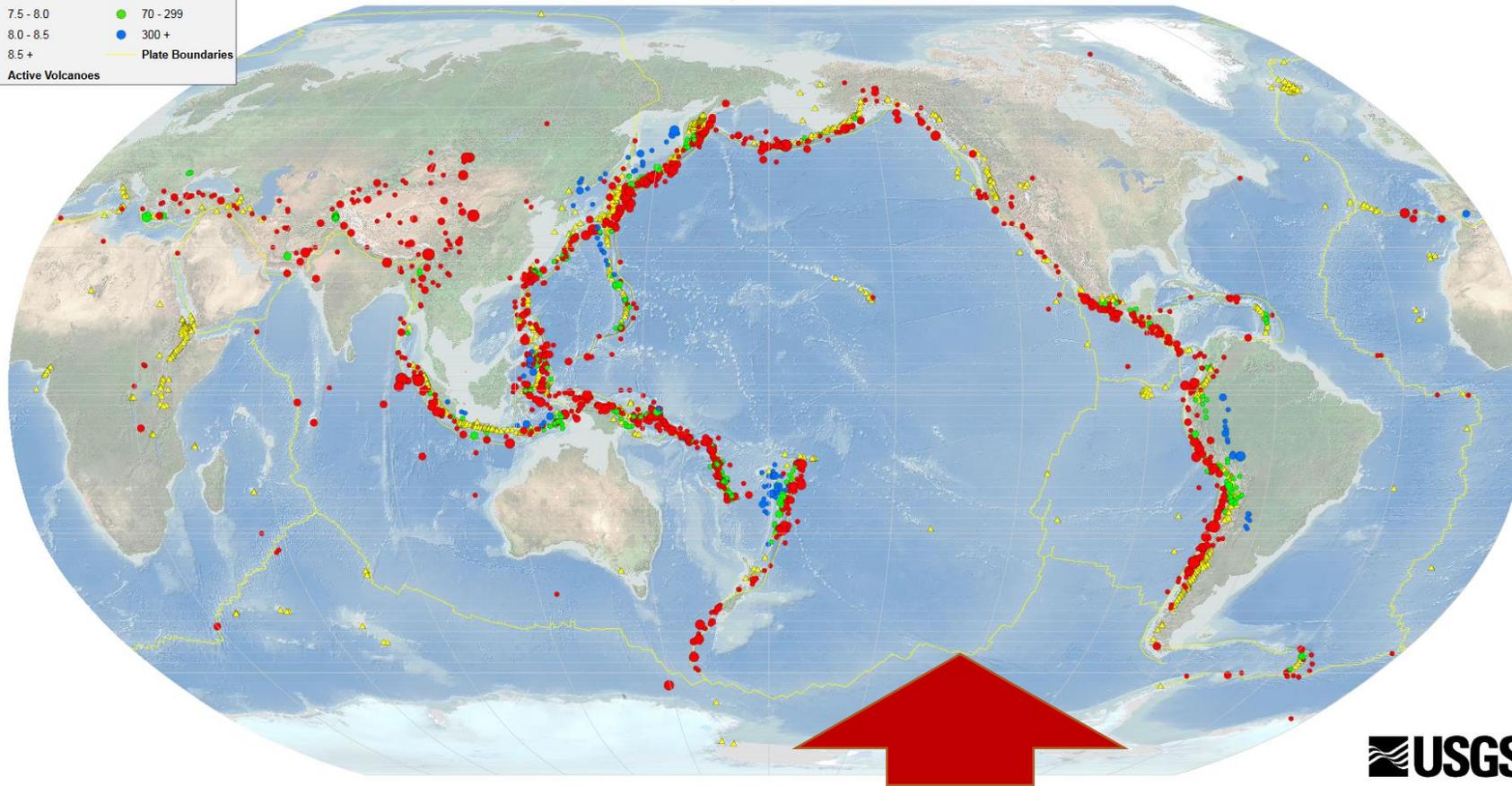
Самая высокая волна цунами



Цунами в Мировом океане



Global Earthquakes 1900 - 2013



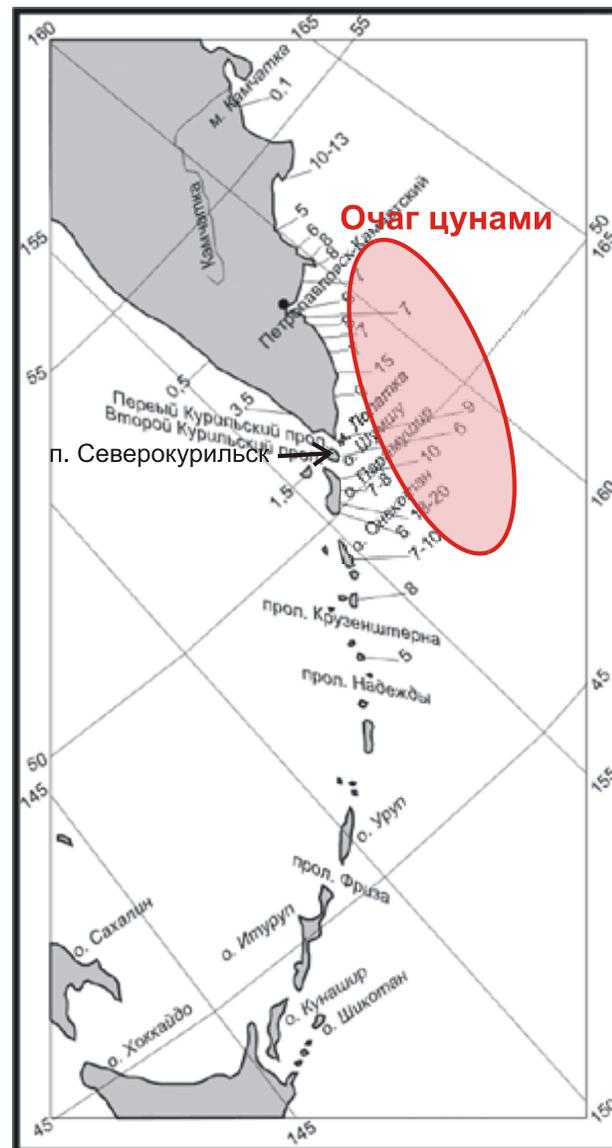
Тихоокеанское
огненное кольцо

NGDC/WDS Global Historical Tsunami Database

2640 цунами-события
до 2019 г.

Тихий океан	1657
Средиземное море	477
Атлантический океан	302
Индийский океан	161
Черное и Каспийское моря	26

Камчатское цунами 1952 г.



4 ноября 1952 г. Полностью разрушен п. Северо-Курильск

Высота волны цунами достигала 18-20 м



Максимальные высоты (м)

Погибло по разным данным от 3 до 15 тыс. чел.

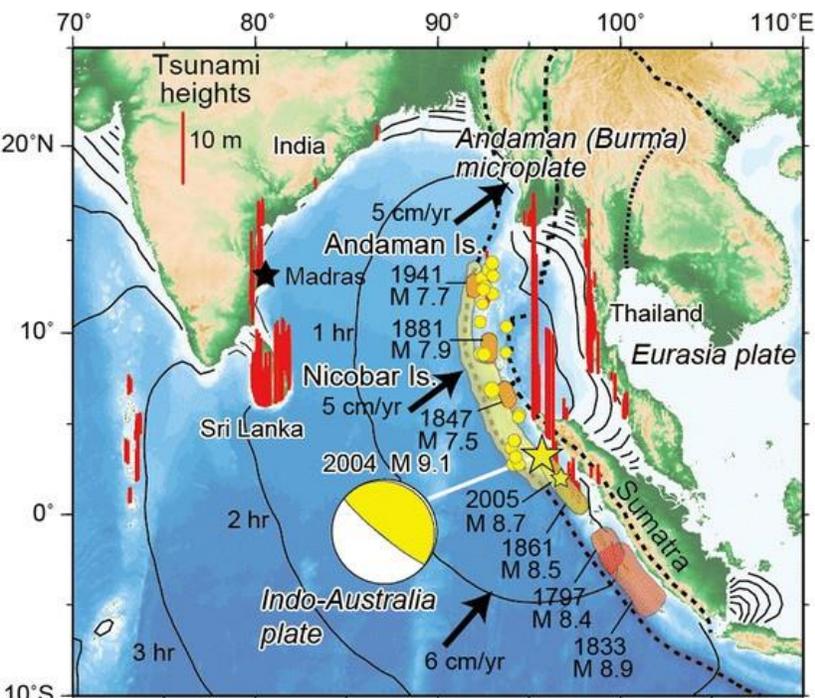


Территория морской базы Катаока на о. Шумшу после цунами 1952 г.

Шевченко и др., 2022

Самые сильные цунами в Мировом океане в XXI веке

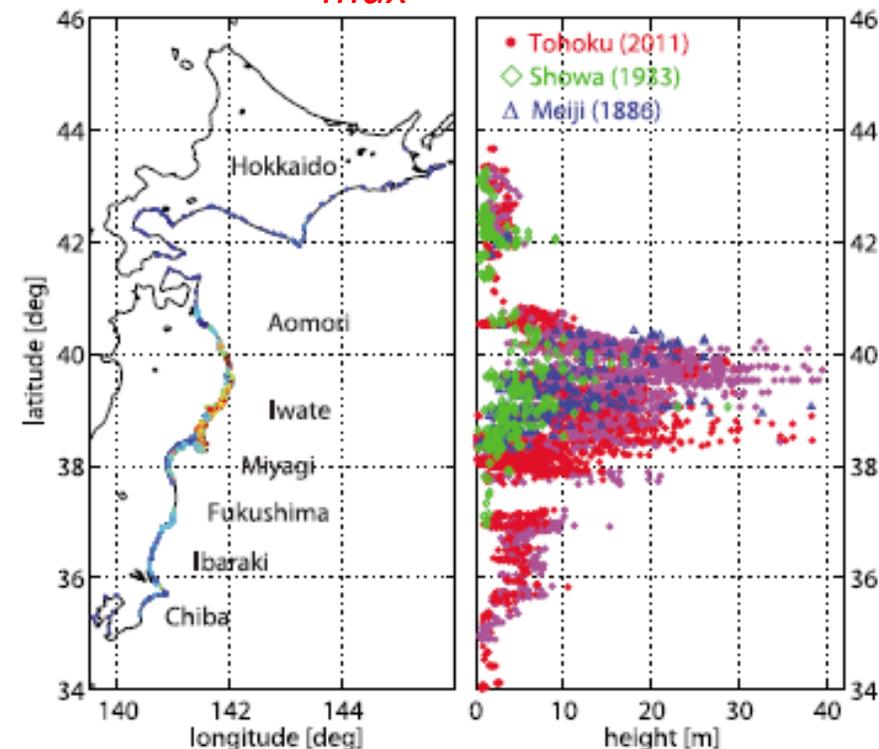
Суматра, $M_w = 9.1$
 26.12.2004
 $H_{max} = 51 \text{ м}$



Погибло
 > 220 000 чел.



Тохоку, $M_w = 9.0$
 11.03.2011
 $H_{max} = 42 \text{ м}$



Погибло
 > 20 000 чел.

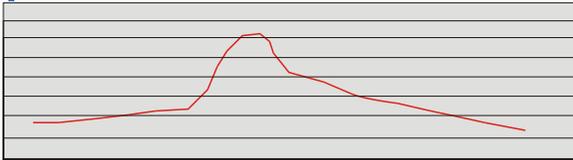


2014-2017 гг.

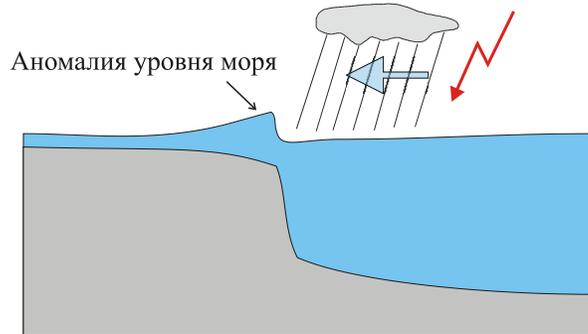
2.07.2024 - Долгопрудный

Метеоцунами в Средиземном море, 22-27.06.2014

Изменение атмосферного давления



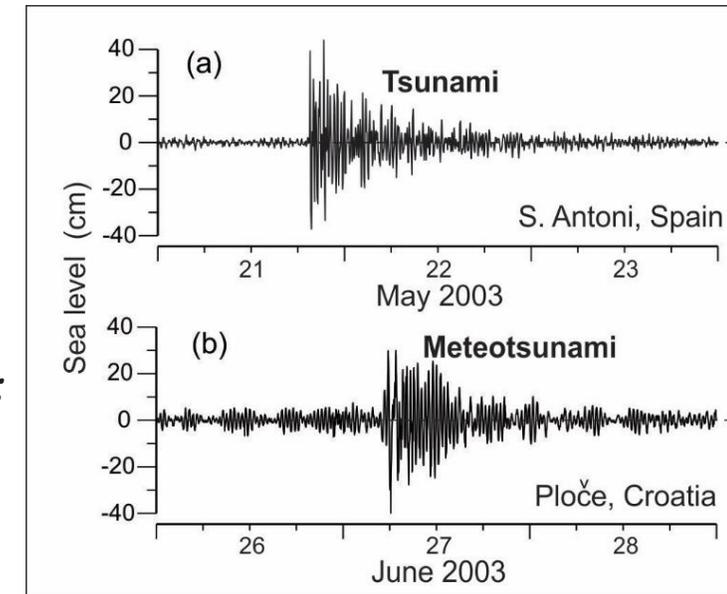
Быстро движущийся грозовой фронт



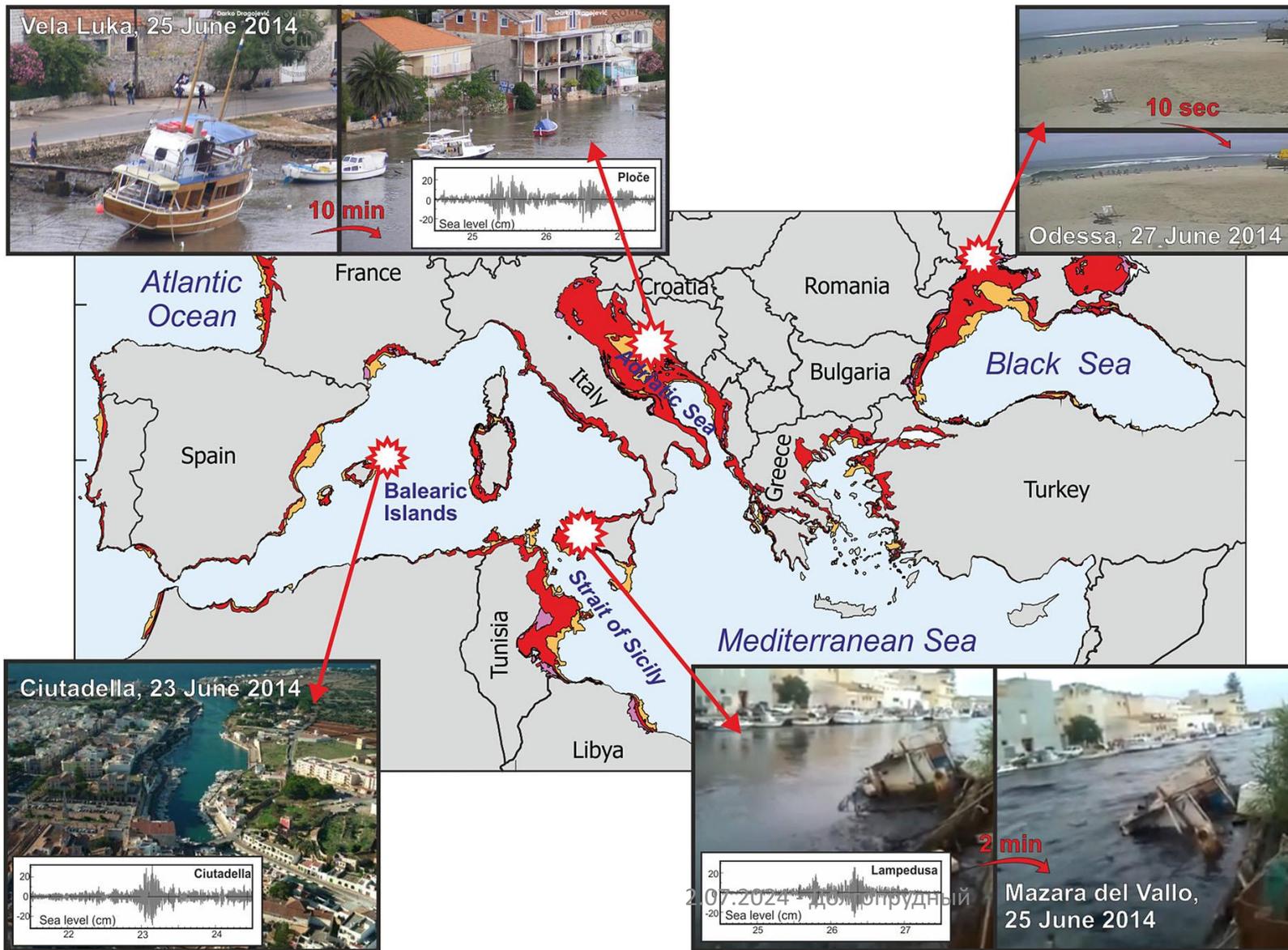
Метеорологические цунами — это длинные океанские волны, которые имеют те же пространственные и временные масштабы, что и обычные волны цунами, и могут оказывать на побережье аналогичное разрушительное воздействие.

Вызываются они **атмосферными процессами**: тайфунами, ураганами, линиями шквалов, прохождением фронтальных зон, атмосферными внутренними волнами или просто скачками атмосферного давления.

Записи цунами и метеоцунами



Метеоцунами в Средиземном море, 22-27.06.2014

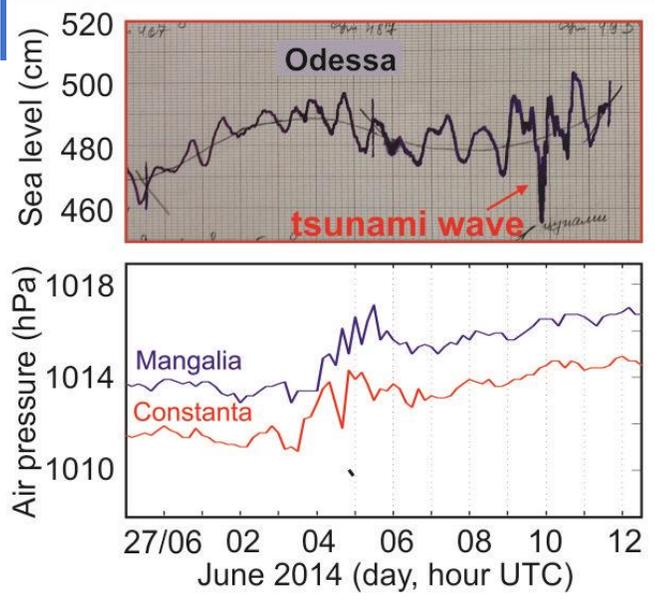


$H = 1-3 \text{ м}$

Цунами в Одессе. 27 июня 2014 г.



Цунами в Одессе. 27 июня 2014 г.



Запись мареографа
в Одессе

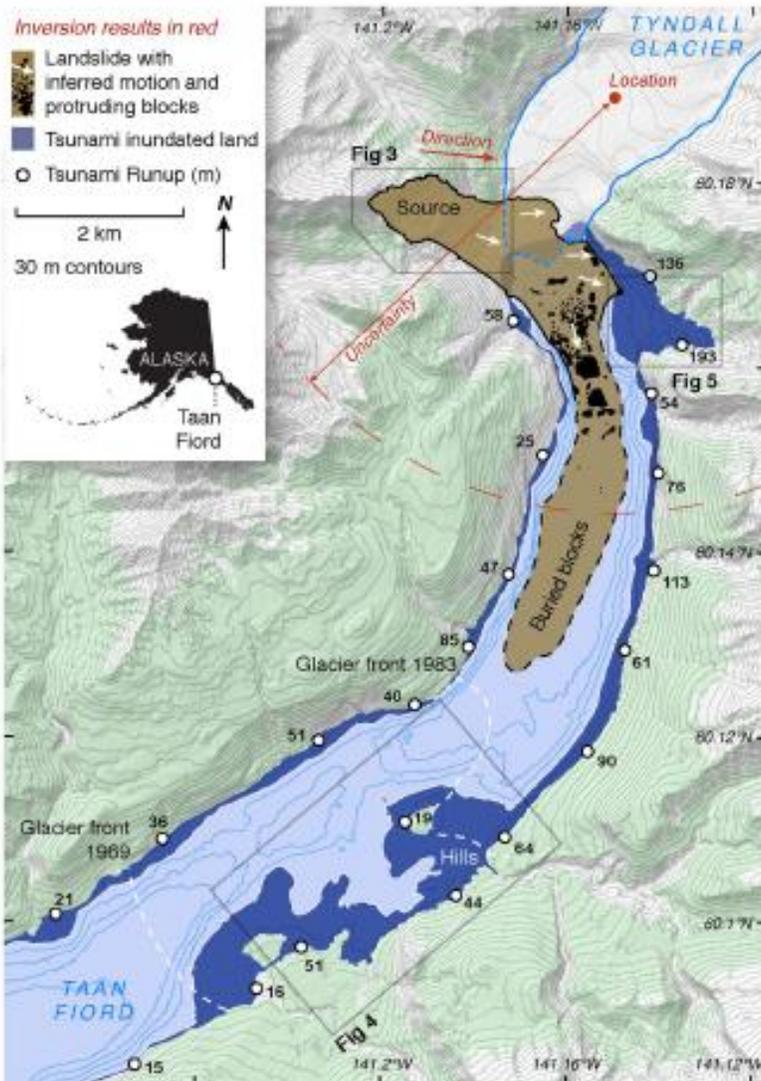
Последствия

Ранено около 10 чел.

$H_{max} = 1-1.5 \text{ м}$

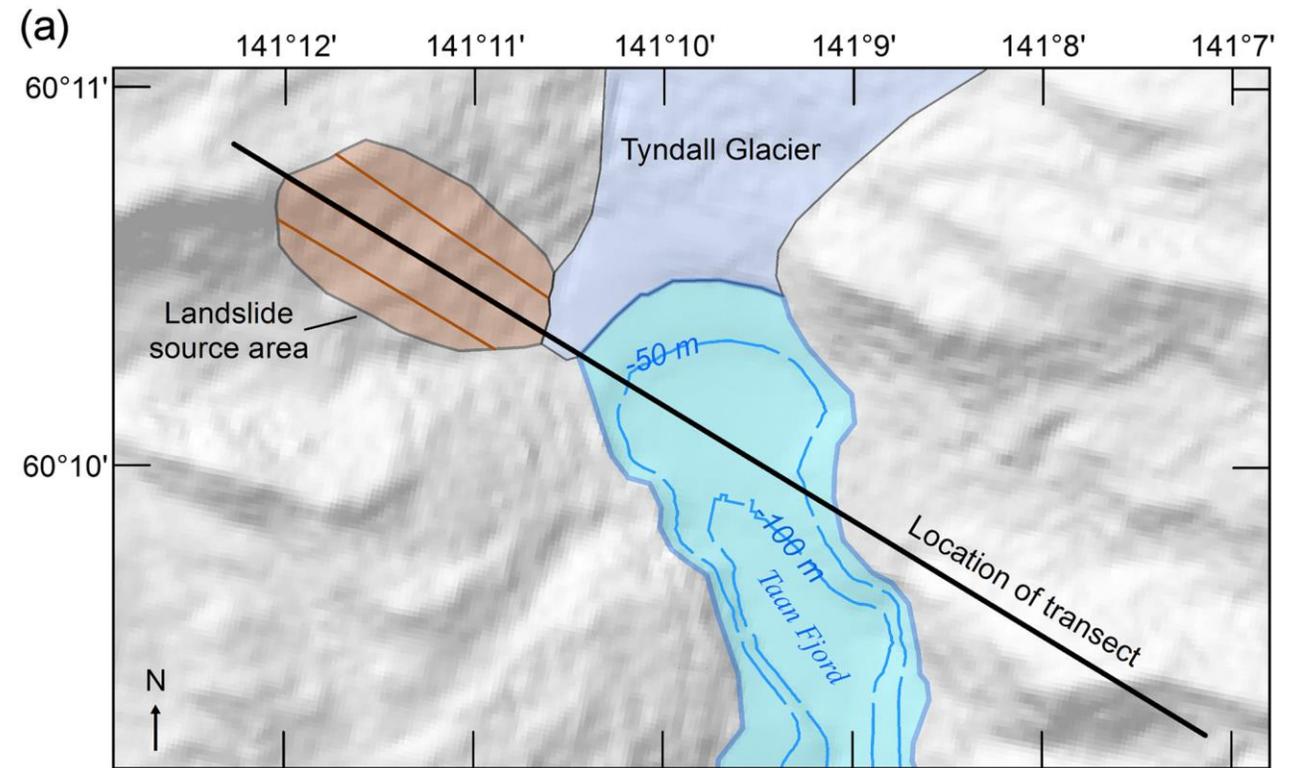


Цунами в Таан-фьорде (Аляска, США), 17.10.2015



Обвал горных пород!!!

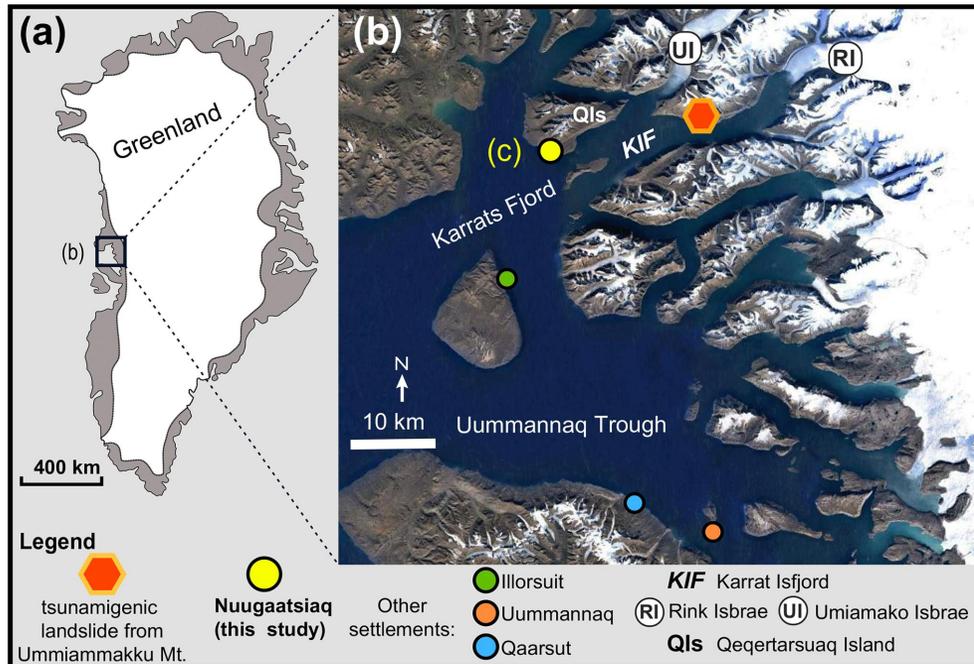
$H = 193$ м!!



$H = 15$ см на ближайшем мареографе (140 км)

Цунами в Каррат-фьорде (Гренландия), 17.06.2017

$M_w = 4.1, H = 90 \text{ м}$



Strzelecki and Jaskólski, 2020

Оползень!!!



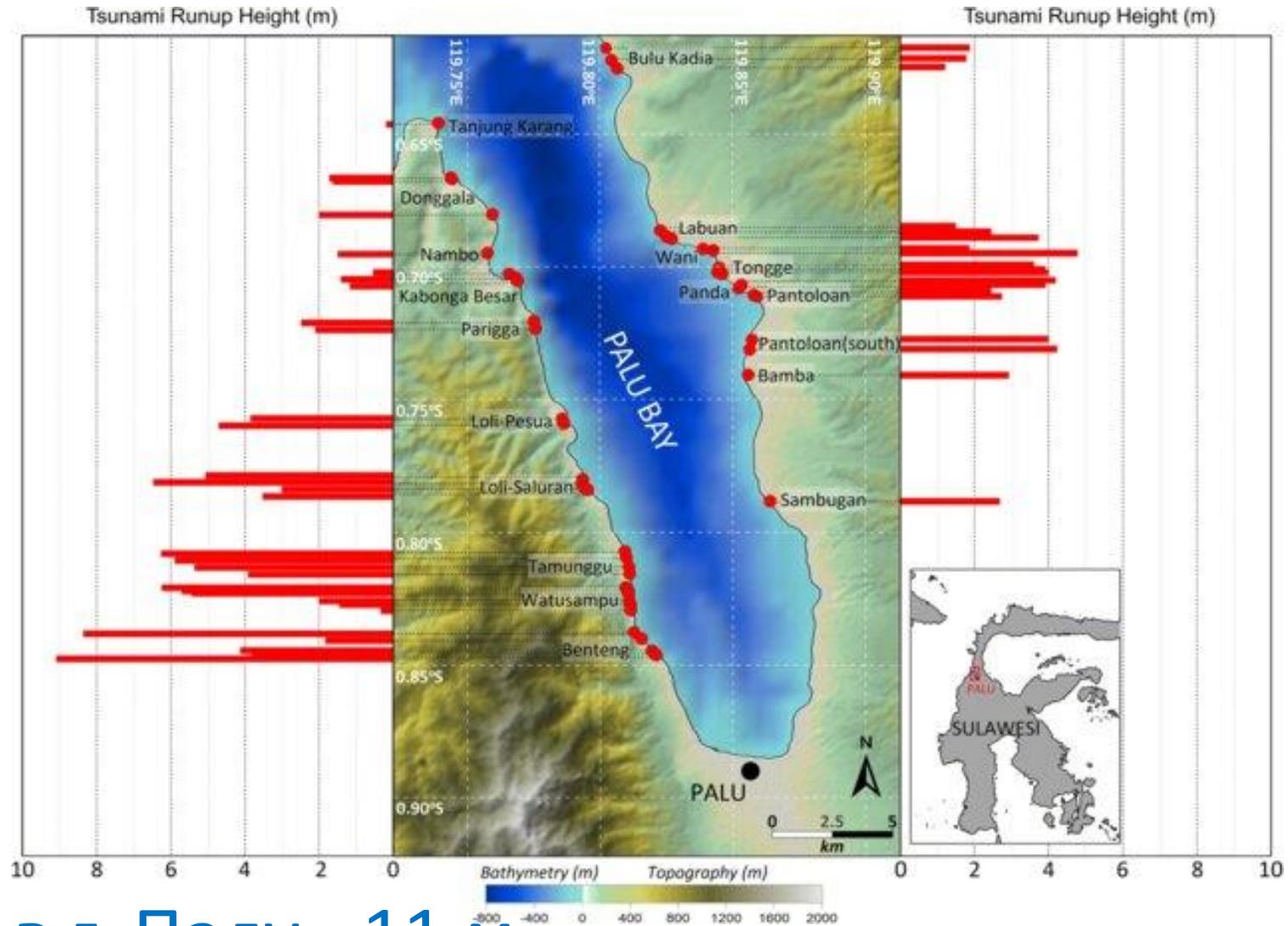
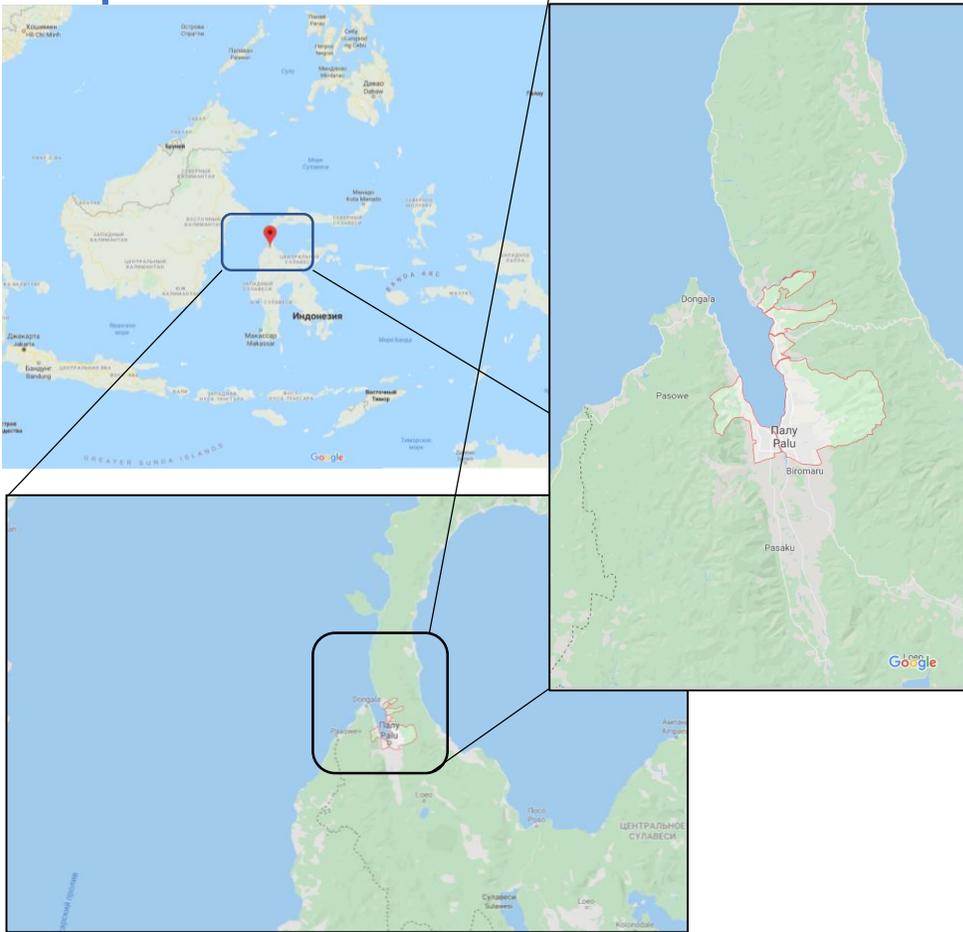
Деревня Нугатсиак: $H = 9 \text{ м}$, $T = 5 \text{ мин}$
погибло 4 чел., уничтожено 11 домов



2018 г.

2.07.2024 - Долгопрудный

Цунами в Палу (о. Сулавеси), 28.09.2018



$M_w = 7.5$, цунами 1-2 м, в г. Палу — 11 м

2.07.2024 Долгопрудный

Omira et al., 2019

Цунами в Палу (о. Сулавеси, Индонезия), 2018 г

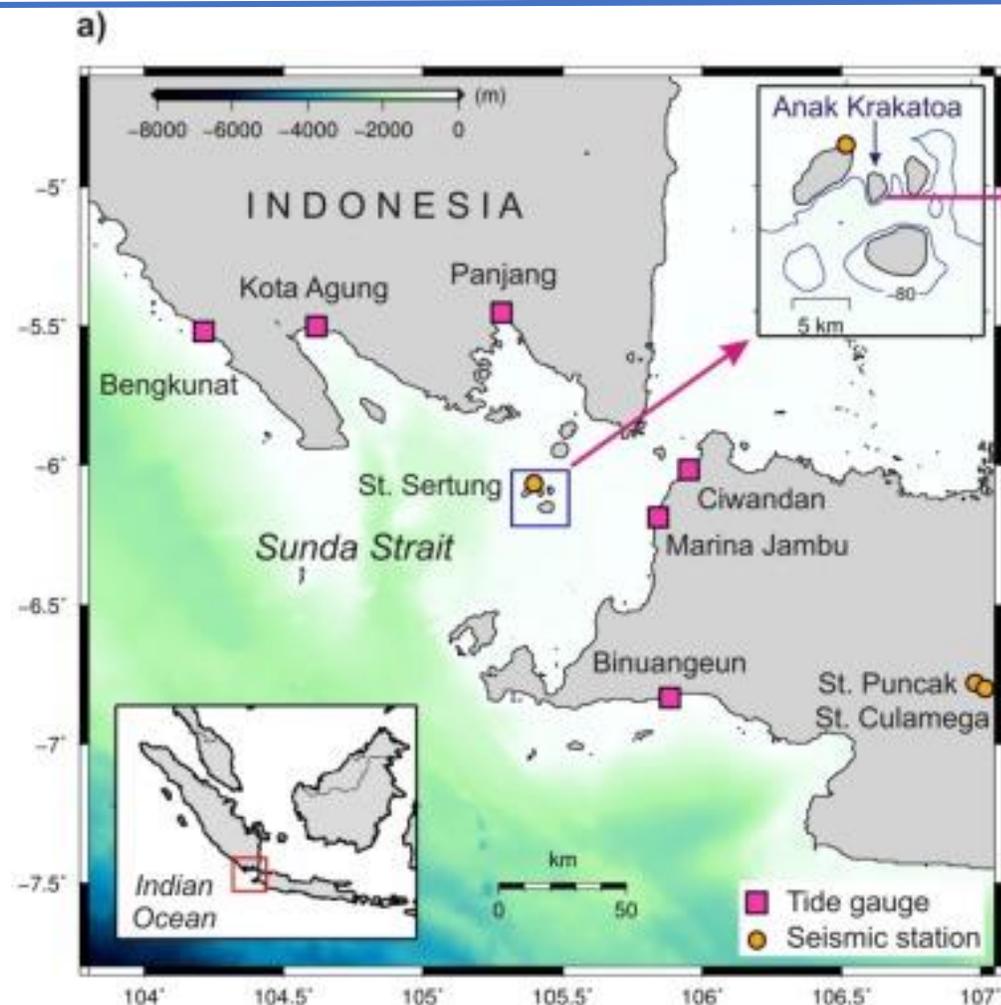


- > 2 200 человек погибло
- > 6 000 строений разрушено

Цунами в Зондском проливе (Индонезия), 22.12.2018

$H = 5-13 \text{ м}$

Взрыв вулкана
Анак-Кракатау!



Heidarzadeh et al., 2020

Погибло 426 чел., 14 059 пострадало

Цунами в Зондском проливе (Индонезия), 22.12.2018

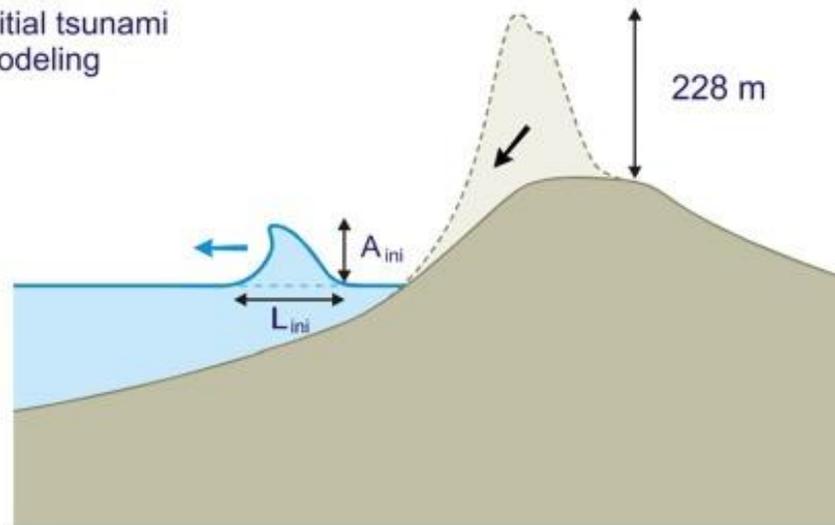
a) Anak Krakatoa before eruption



b) Anak Krakatoa after eruption



c) Parameters of initial tsunami wave used for modeling



Heidarzadeh et al., 2020

H=100-150 m

***Взрыв вулкана
Анак-Кракатау!***

Погибло 426 чел., 14 059 пострадало

р. Бурея (Хабаровский край), 11.12.2018



р. Бурея (Хабаровский край), 11.12.2018



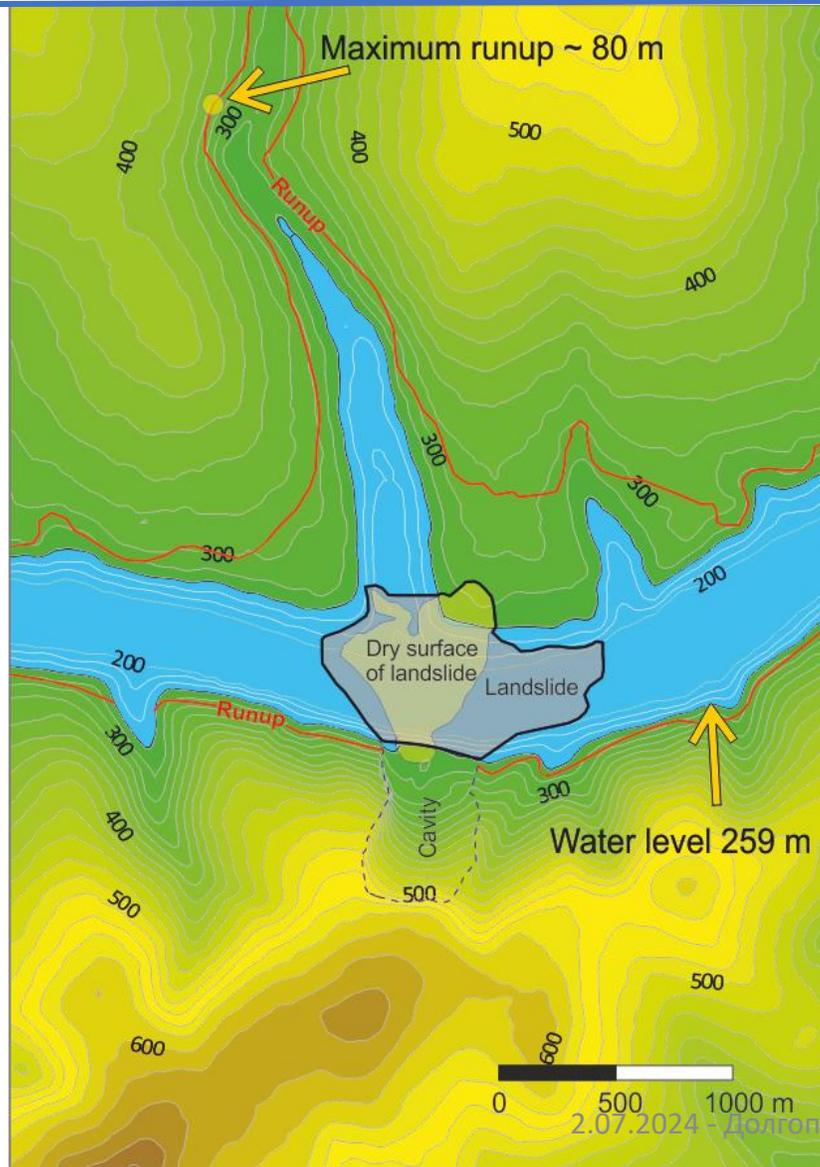


2.07.2024 - Долгопрудный

р. Бурея (Хабаровский край), 11.12.2018



р. Бурея (Хабаровский край), 11.12.2018



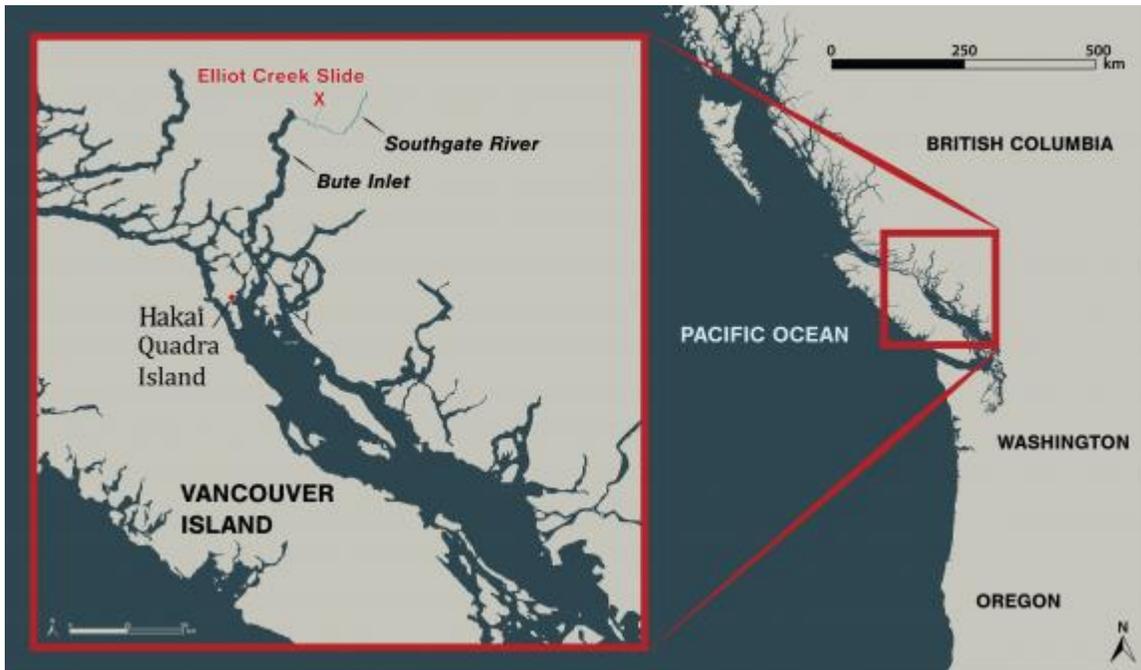


2020 г.

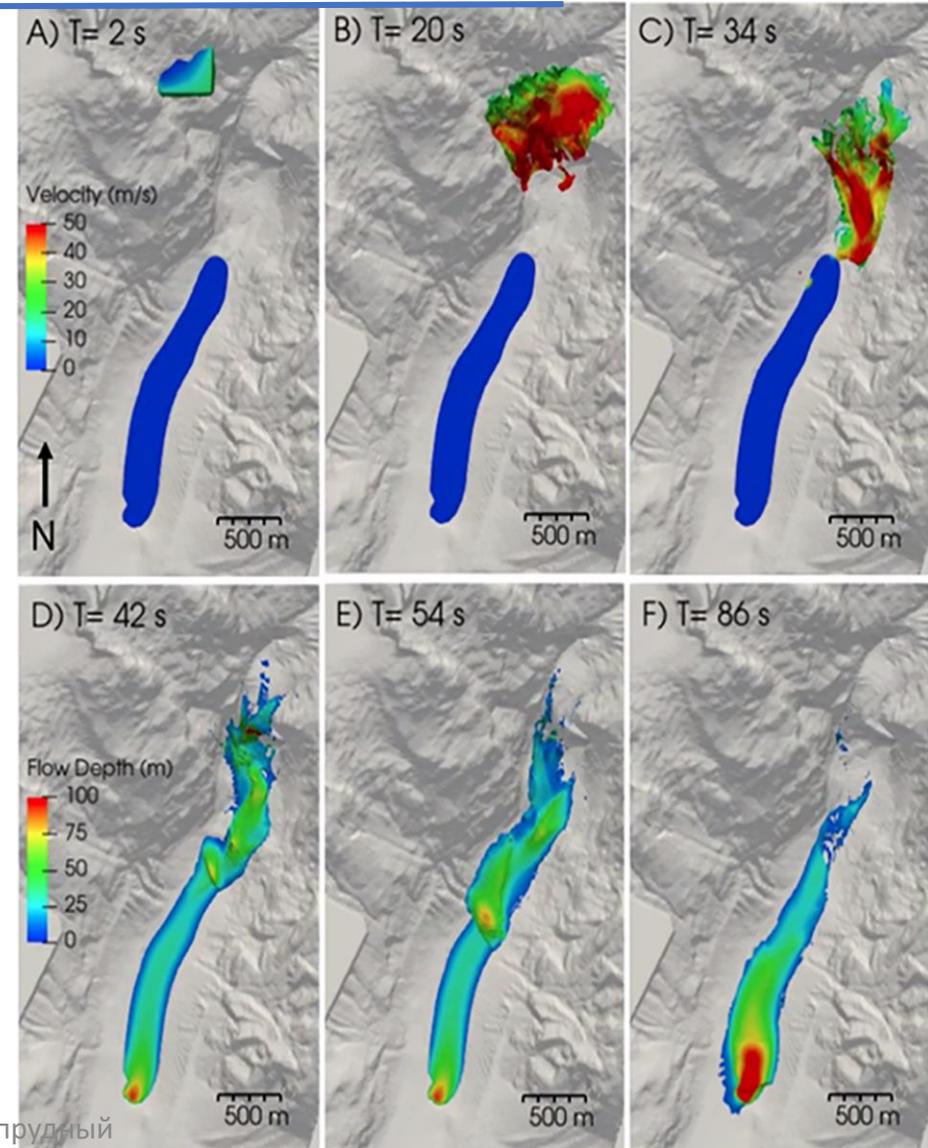
2.07.2024 - Долгопрудный

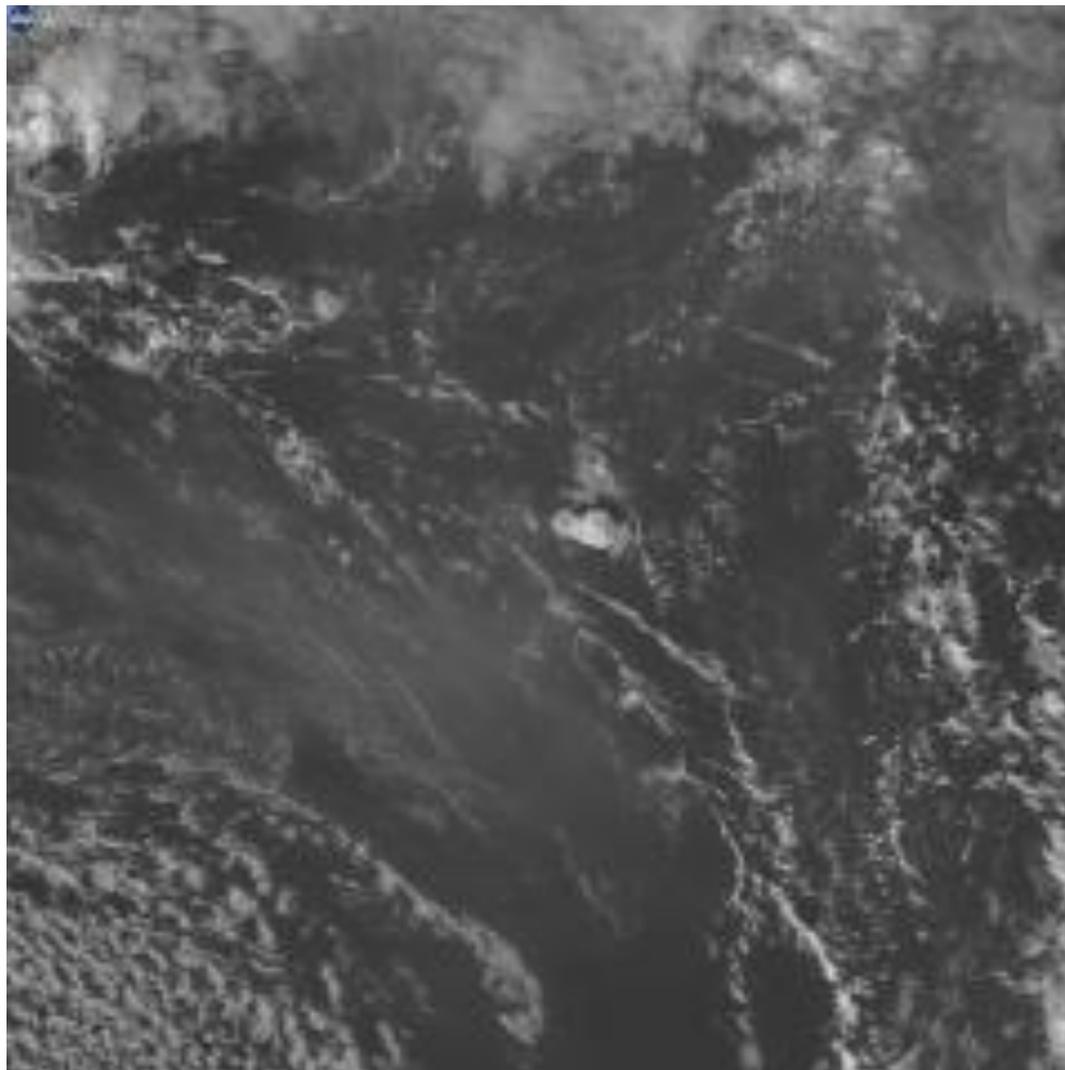
Цунами в Эллиот Крик (БК, Канада), 28.11.2020

$H = 100 \text{ м}$



Сильный ливень вызвал сход оползня!!!





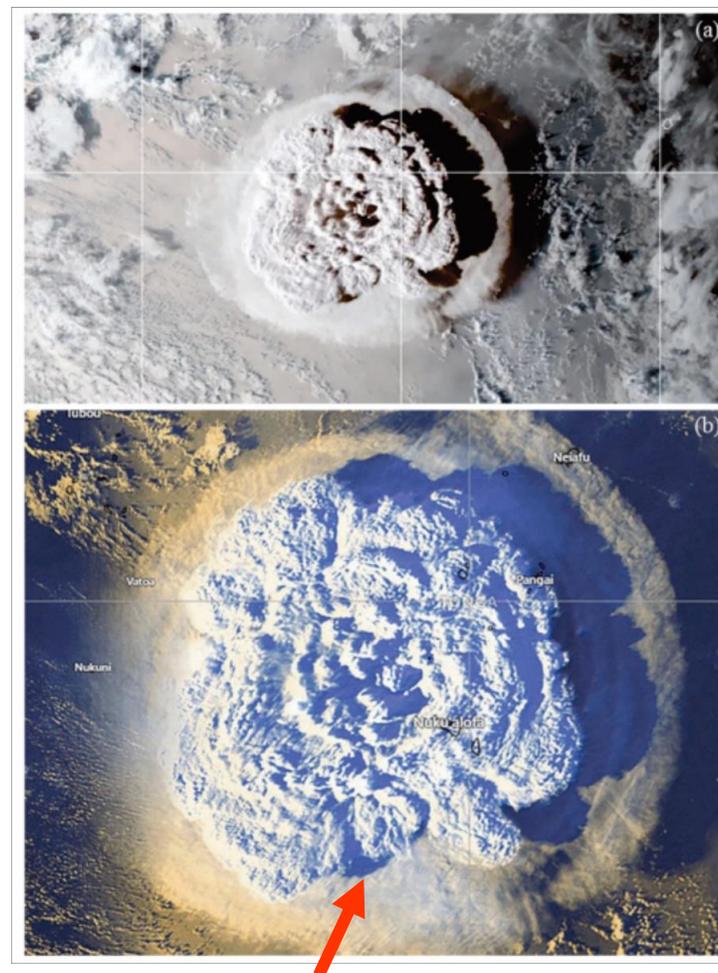
2022 г.

2.07.2024 - Долгопрудный

Извержение вулкана Хунга-Тонга в 2022 году

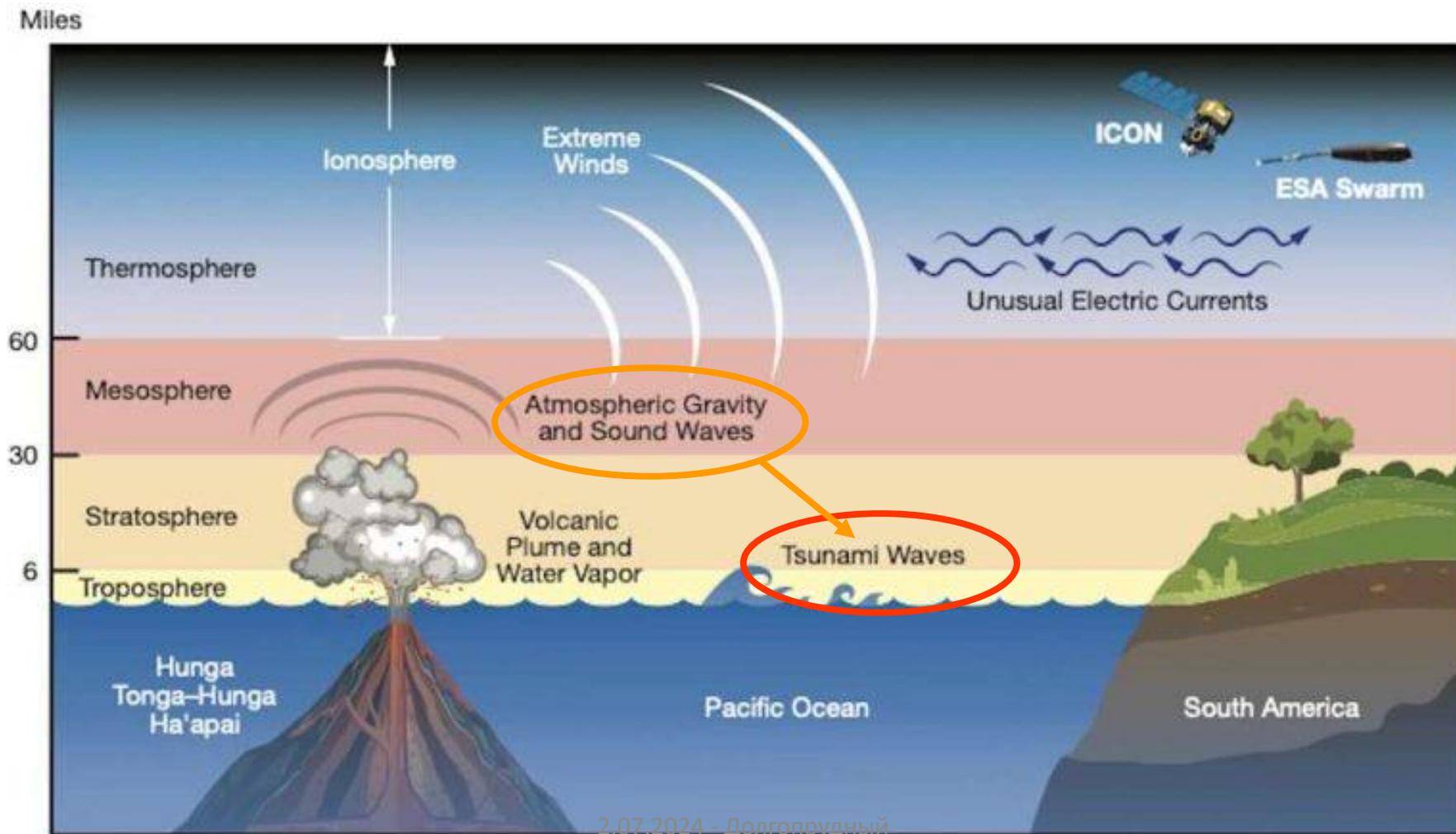


Две фотографии, сделанные за день до этого события (05:27 UTC, 14 января 2022 г.)
Геологической службой Тонги

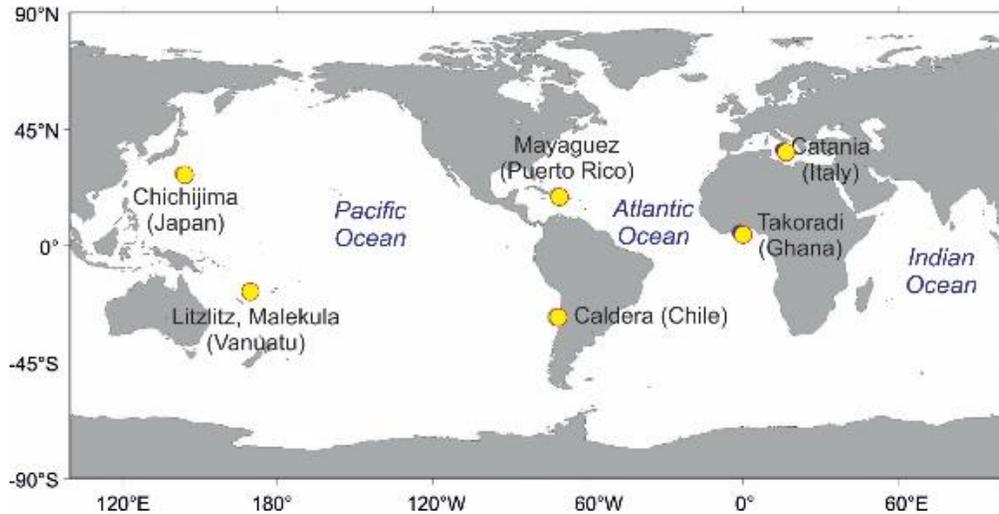


Спутниковый снимок GOES-West (US NOAA) извержения вулкана Хунга-Тонга (05:10 UTC, 15 января 2022 г.)

Различные геофизические явления вызванные извержением вулкана Тонга в 2022 г.

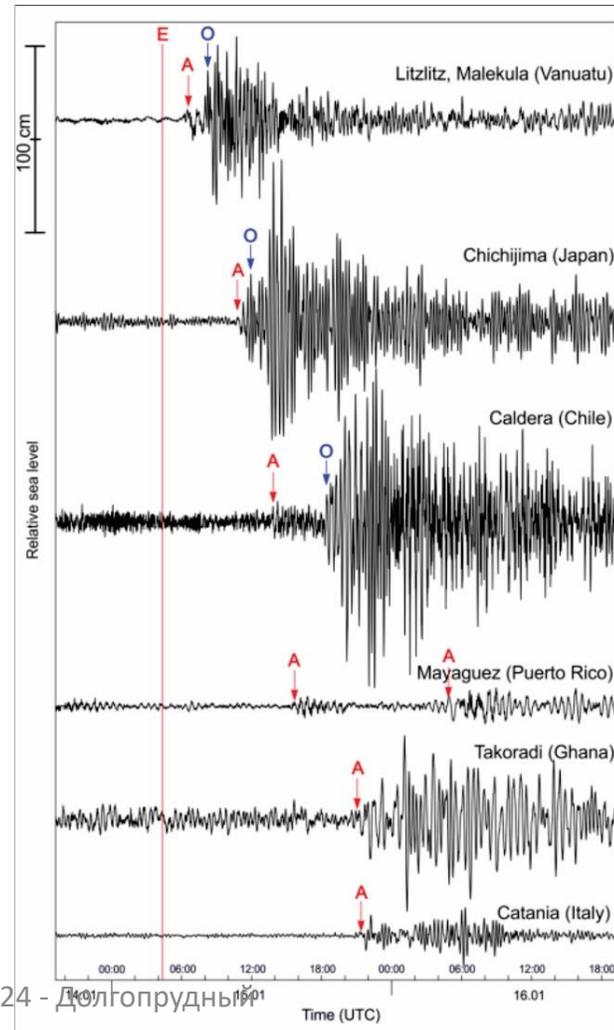


Почему знания об уровне моря важны?

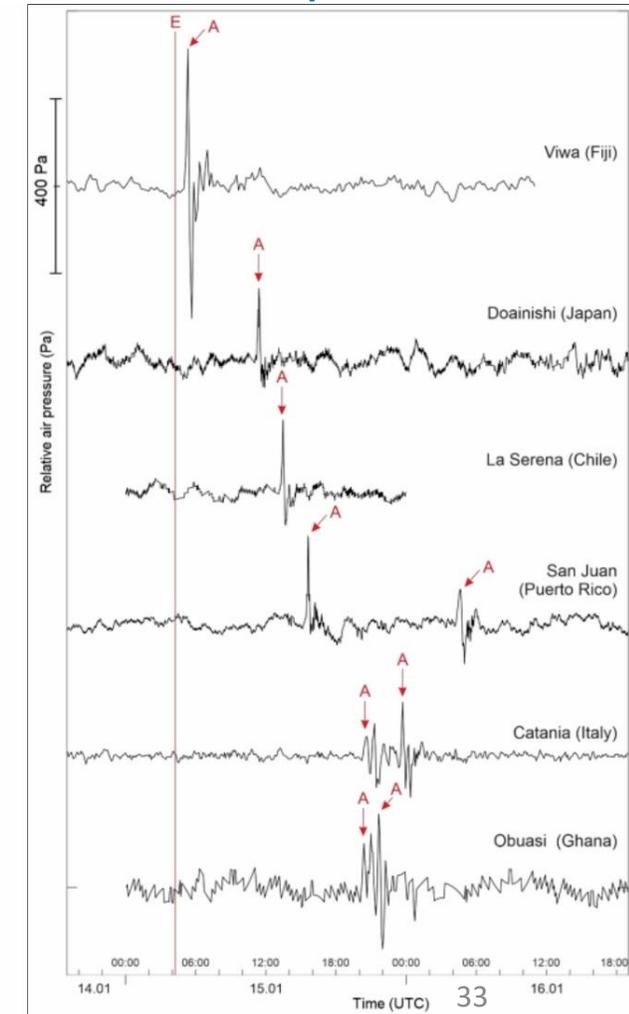


Записи относительных ВЧ колебаний атмосферного давления в различных точках, примерно соответствующих местам наблюдений за уровнем моря. Вертикальная красная линия с надписью «Е» обозначает извержение вулкана, «А» указывает время прихода атмосферной волны Лэмба.

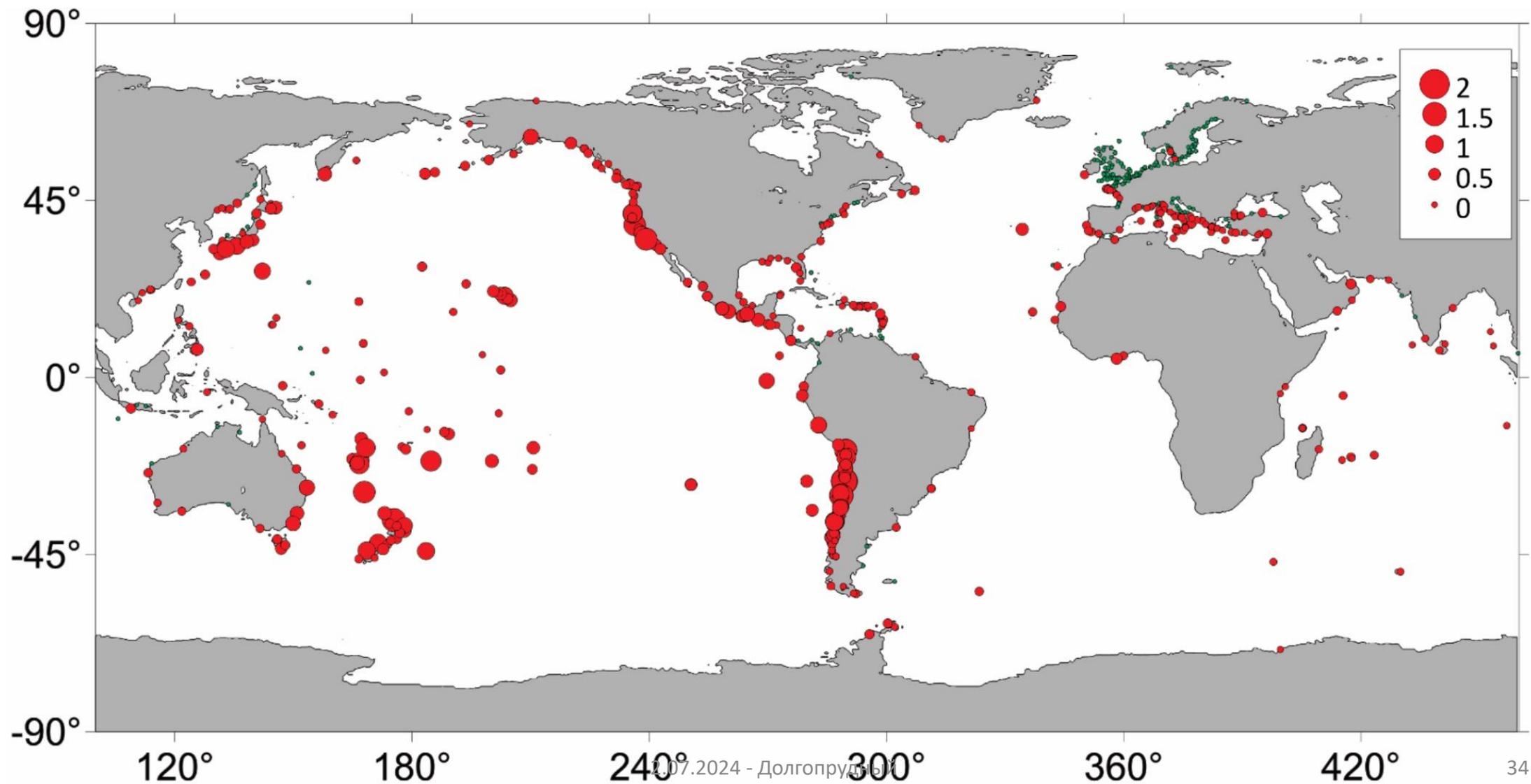
Sea level



Air pressure

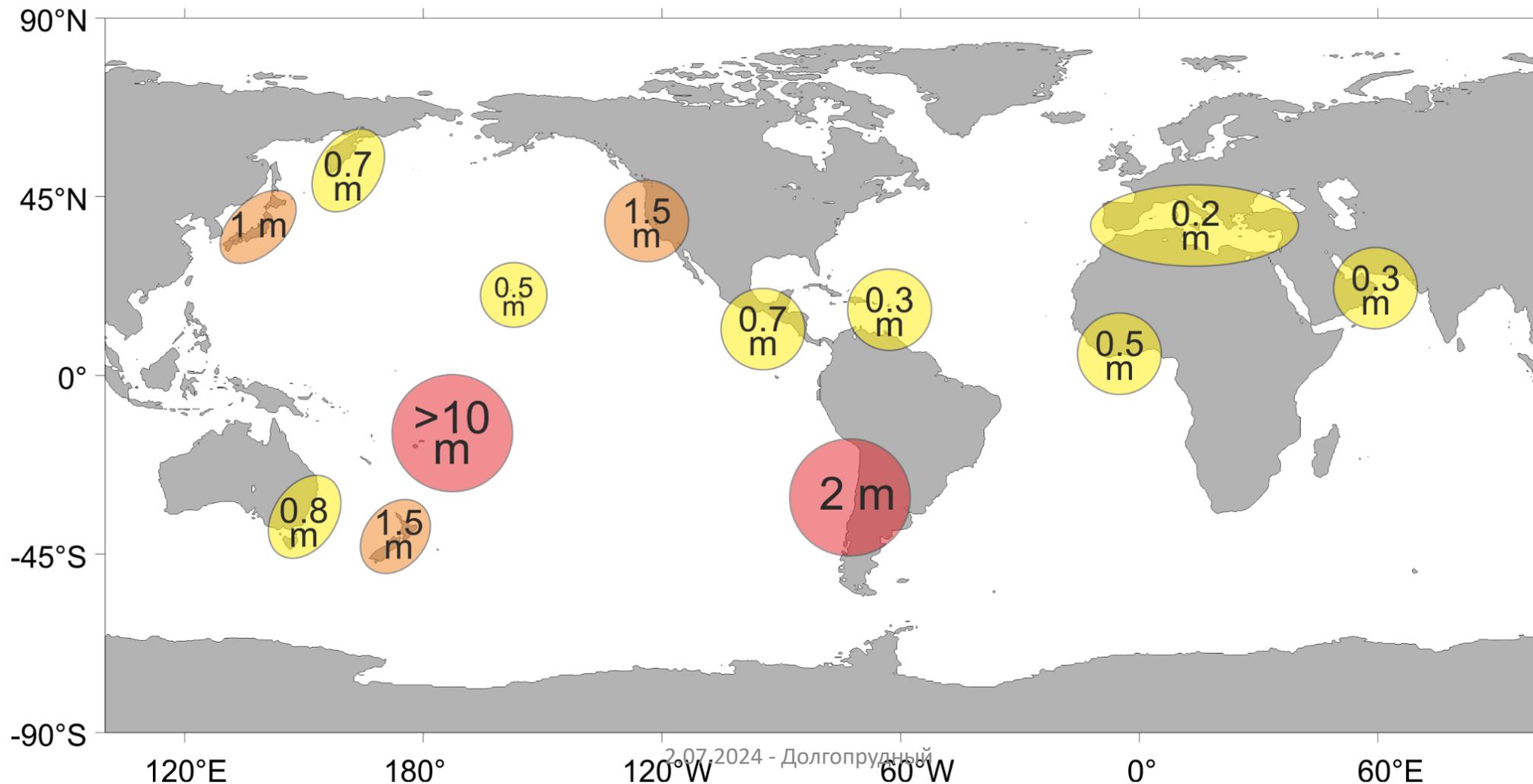


Максимальные амплитуды цунами на Тонге в 2022 г.

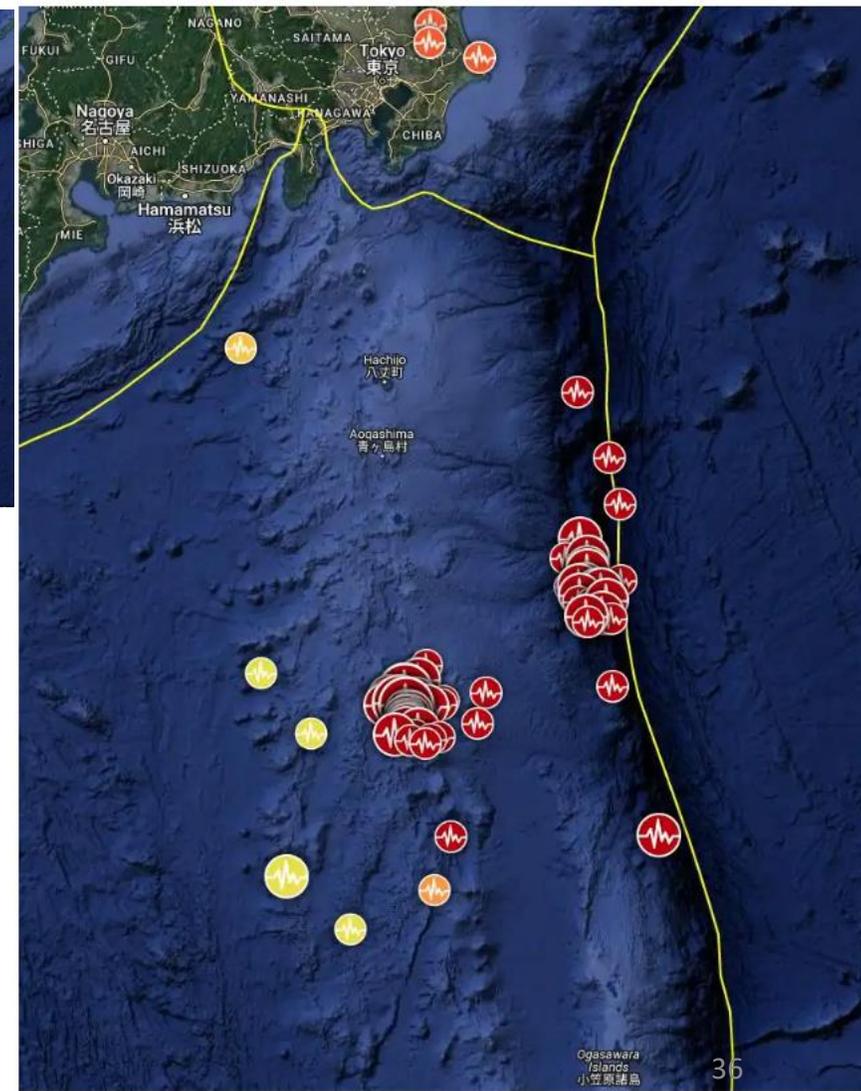
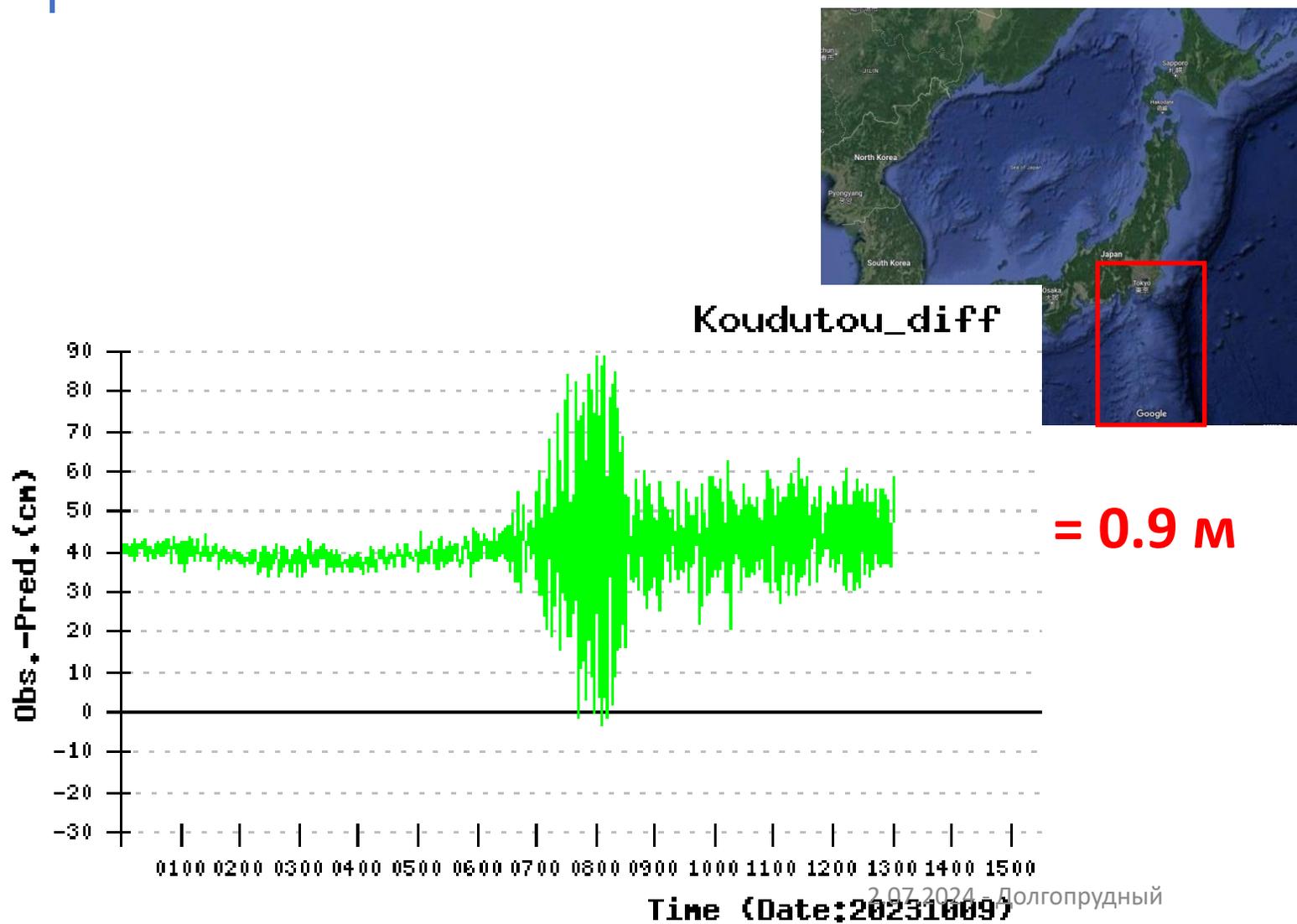


Максимальные амплитуды цунами на Тонге в 2022 г.

Maximum amplitude of the tsunami (m)

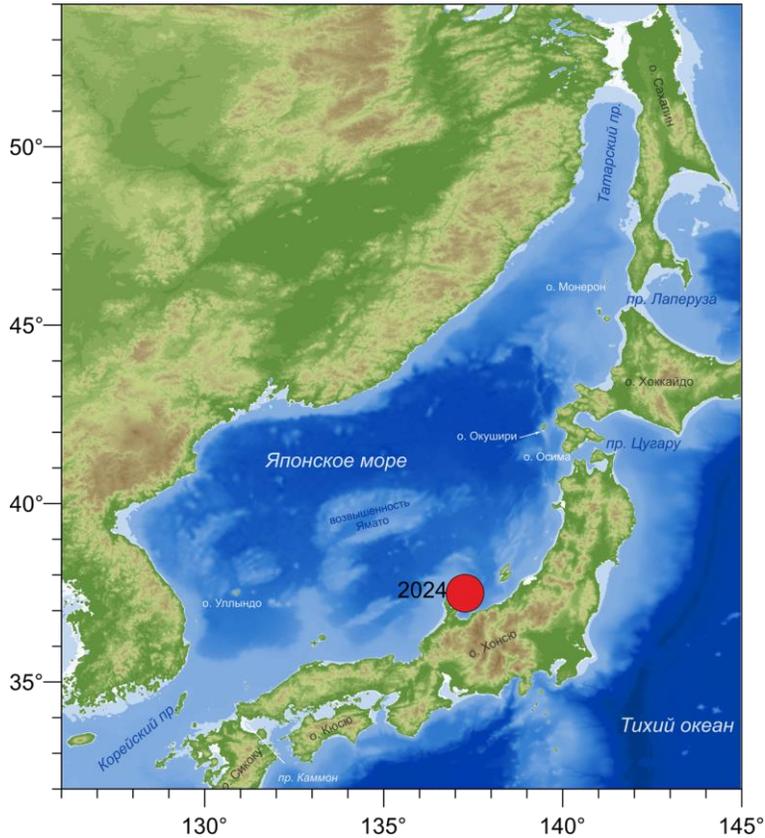


Извержение вулкана на о-вах Идзу. 9 октября 2023 г.

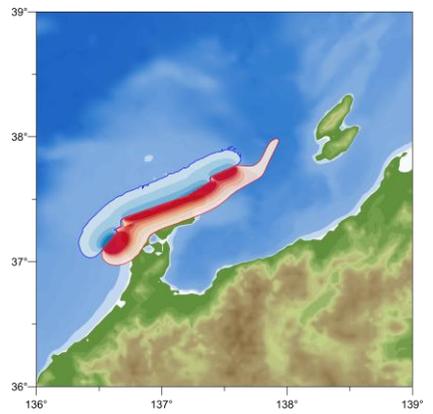


Цунами в Японском море, 1 января 2024

Землетрясение на
полуострове Ното
1 января 2024 09:10 (UTC)
 M_w 7.5

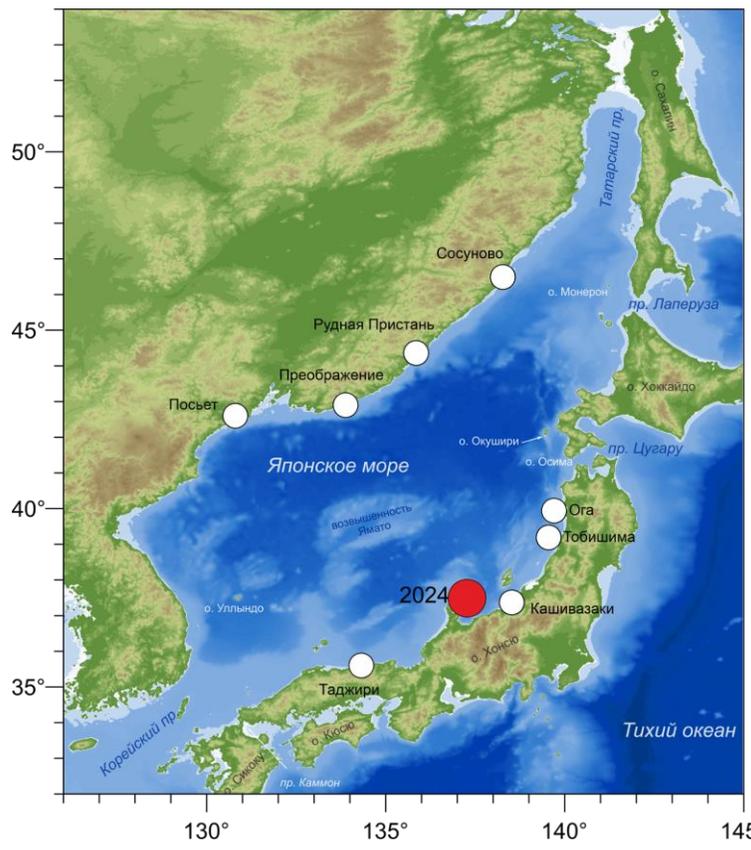


2024 NOTO PENINSULA EARTHQUAKE

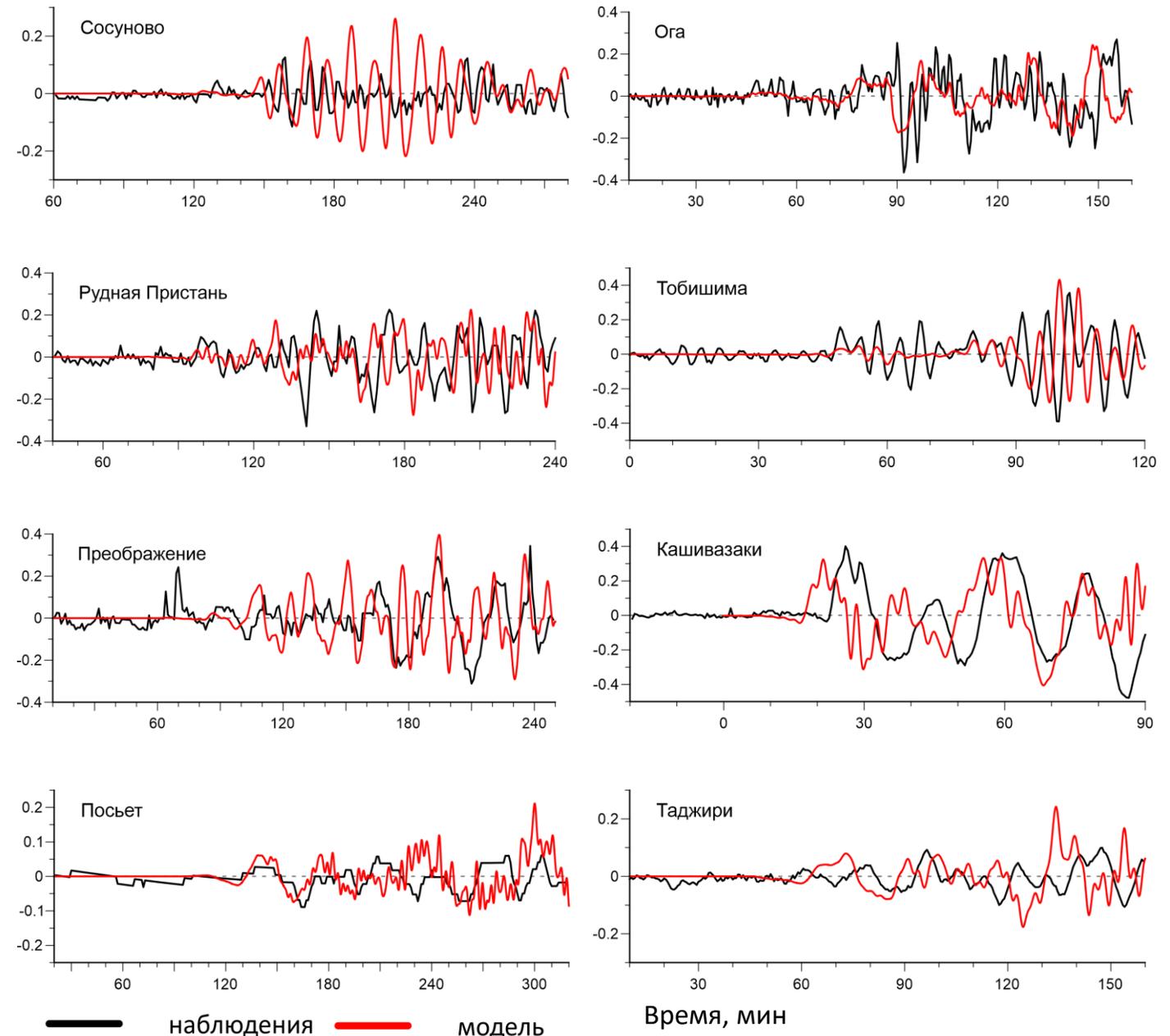


$D_{max} = 3.7 \text{ м}$

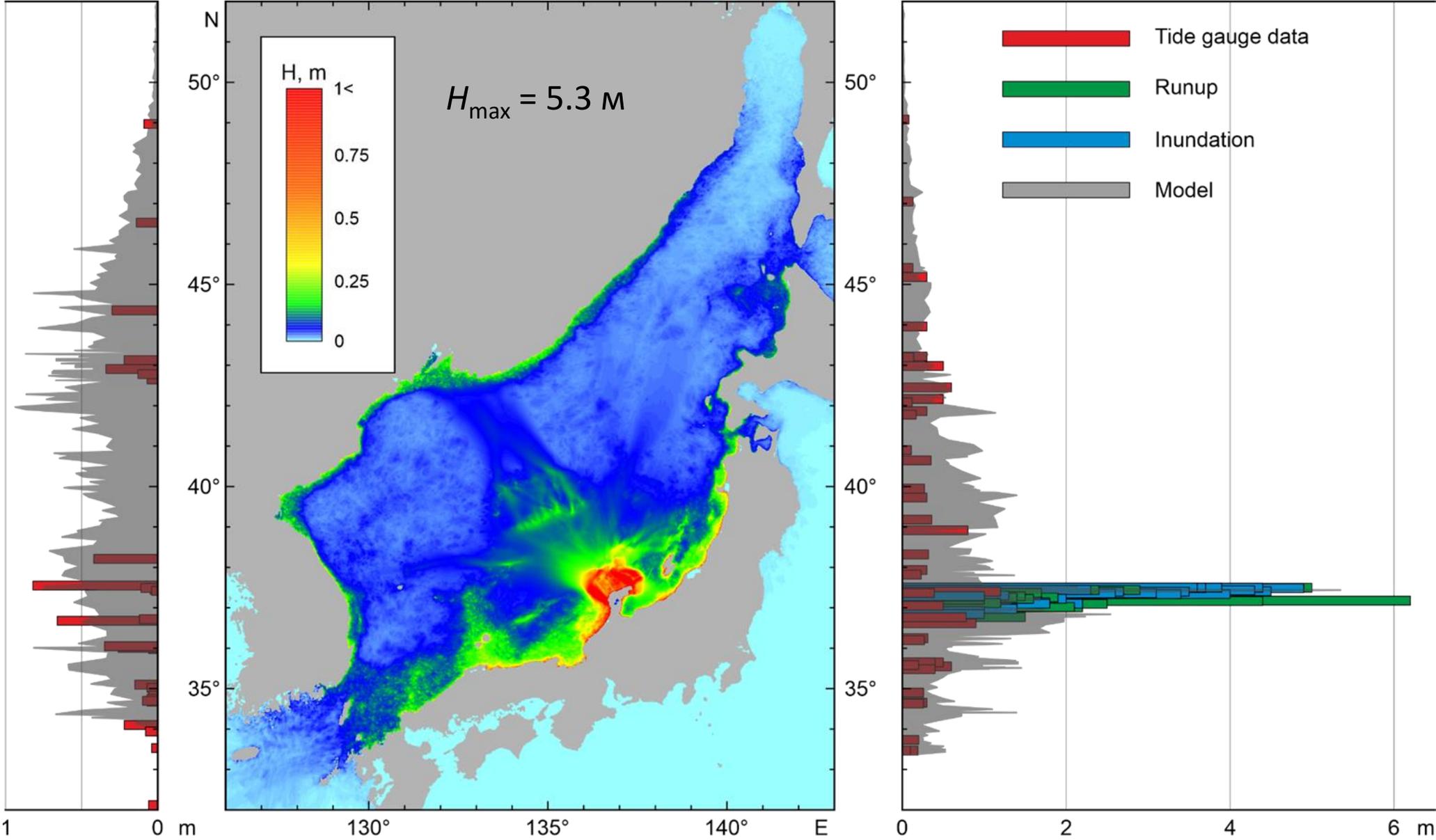
[Fujii and Satake, 2024]



Относительный уровень моря, м



2024 NOTO PENINSULA EARTHQUAKE



Цунами в Мировом океане

Транс-океанские цунами от сильнейших землетрясений	Цунами с наиболее высоким заплеском	Цунами с наибольшим числом жертв
1960 Чили Mw=9.5	524m 1958 Литуя	226,898 2004 Sumatra
1964 Аляска Mw=9.3	260m 1960 Св. Елена	36,417 1883 Krakatau
2011 Япония Mw=9.1	235m 1963 Вайонт	30,000 1755 Lisbon
2004 Суматра Mw=9.0	190m 2015 Таан	30,000 1707 Nankaido
1700 Каскадия Mw=9	150m 1936 Литуя	27,122 1896 Sanriku
1737 Камчатка Mw=9+	120m 1854 Литуя	26,000 1498 Enshunada
1755 Лиссабон Mw=9	100-150m 2018 Анак-Кракатау	19,057 2011 Tohoku
1788 Алеуты Mw=9	100m 2020 Элиот Крик	15,000 1741 Osima
1837 Чили Mw=9	90m 2017 Гренландия	13,486 1771 Ishigaky Is.
1868 Чили Mw=9	90m 2018 Буря	12,000 1952 Kamchatka
1604 Чили Mw=9	88m 1788 Алеуты	10,000 1765 Guanzhou
1952 Камчатка Mw=9	85m 1771 Ишигаки	5,233 1703 Boso Pen.
2010 Чили Mw=8.8	80m 1674 Индонезия	5,000 1605 Nankaido
1957 Алеуты Mw=8.6		4,376 1976 Philippines

Полезные ТГ-каналы

Фобос. Катаклизмы и катастрофы природы

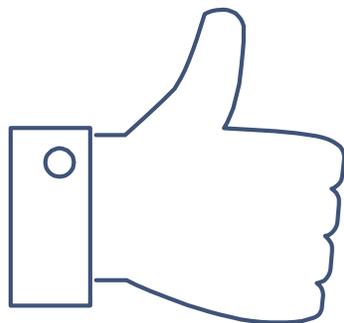


Стихийное явление



Институт океанологии





СПАСИБО!

Вопросы?
medvedev@ocean.ru