

А.И. ЗАЙЦЕВ, Е.Н. ПЕЛИНОВСКИЙ

Регистрация глубокофокусного землетрясения 13 февраля 2020 года около острова Итуруп

Приведены данные глубокофокусного (около 150 км) землетрясения с магнитудой 7, случившегося 13 февраля 2020 г. в прол. Фриза между курильскими островами Итуруп и Уруп. Оно зарегистрировано одним из буев системы ДАРТ, предназначенной для регистрации волн цунами. Уровень моря в момент землетрясения понизился на 2 см, что свидетельствует о возможности возникновения очень слабого цунами.

Ключевые слова: цунами, глубокофокусное землетрясение, станция ДАРТ, Курильские острова.

Deep focus earthquake registration near the Iturup Island on February 13, 2020. A.I. ZAYTSEV (Special Research Bureau for Automation of Marine Researches, FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk), E.N. PELINOVSKIY (R.E. Alekseev Nizhny Novgorod State Technical University, Nizhny Novgorod).

The data of the deep-focus (about 150 km) earthquake with magnitude 7, which occurred on February 13, 2020 in the Fries Strait between the Kuril Islands of Iturup and Urup, are given. It is registered by one of the buoys of the DART system, designed to detect tsunami waves. The depth of the sea at the time of the earthquake decreased by 2 cm that indicates the possibility of a very weak tsunami.

Key words: tsunami, deep focus earthquake, DART station, Kuril Islands.

Введение

Общеизвестно, что глубокофокусные землетрясения не могут вызвать опасных цунами. Об этом сообщают информационные бюллетени Тихоокеанского центра предупреждения о цунами (PTWC), в частности, такой бюллетень был выпущен 13 февраля 2020 г. через 8 мин после сильного землетрясения в Охотском море в прол. Фриза около о-ва Итуруп. Предварительные параметры землетрясения, определенные Японским метеорологическим агентством (JMA), таковы: магнитуда 7,0, время 10:33 по Гринвичу (13:33 по московскому времени, или 21:33 по местному), координаты эпицентра 44,7° с.ш. 148,9° в.д., глубина фокуса 163 км.

Аналогичной была ситуация в акватории Охотского моря 24 мая 2013 г., когда на глубине 640 км произошло землетрясение, сильнейшее для этого района за последние 100 лет [1]. Магнитуда была очень большая – 8,3, так что Сахалинский центр цунами объявил тревогу, отмененную спустя 33 мин после события. Сейсмические волны распространились на большие расстояния и привели к колебаниям почвы на расстоянии до 8000 км, они

*ЗАЙЦЕВ Андрей Иванович – доктор физико-математических наук, врио директора (Специальное конструкторское бюро средств автоматизации морских исследований ДВО РАН, Южно-Сахалинск), ПЕЛИНОВСКИЙ Ефим Наумович – доктор физико-математических наук, профессор, старший научный сотрудник (Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Нижний Новгород). *E-mail: aizaytsev@mail.ru

Работа выполнена в рамках госзадания СКБ САМИ (АААА-А19-119051390003-0), поддержана грантом РФФИ 18-05-0019 (программа «Опасные явления») и грантом Президента РФ МД-148.2020.5.

ощущались в центральной части России, включая Москву и Нижний Новгород. Большой интерес к произошедшему отразился в серии публикаций [2, 6–10, 13, 15, 16].

Несмотря на глубокофокусность, землетрясение 2013 г. было зарегистрировано системой буев DART (Deep-Ocean Assessment and Reporting of Tsunamis) и вызвало незначительное (4 см) цунами на о-ве Итуруп [4], в связи с чем обсуждалась возможность возбуждения глубокофокусными землетрясениями цунами [5, 14, 17], которые хоть и малы, но интересны с научной точки зрения. Случившееся 13 февраля 2020 г. под морским дном глубокофокусное землетрясение дает возможность продолжить дискуссию о генерации цунами такими землетрясениями.

Данные о землетрясении 13 февраля 2020 г.

13 февраля 2020 г. в 10:33 гринвичского времени на Курильских островах произошло сильное землетрясение с магнитудой $M = 6,9-7,0$. Его параметры были определены Японским метеорологическим агентством (см. Введение), Единой геофизической службой РАН (<http://mseism.Gsras.ru/eqInfo/RequestsHandler?cmd=toinfmsg&lang=ru&imid=121>) и Геологической службой США – USGS (<https://prod-earthquake.cr.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us70007pa9/finite-fault>). Их данные несколько различаются в деталях, но в целом они свидетельствуют, что очаг землетрясения находился на глубине 144–149 км в Охотском море в прол. Фриза у северной оконечности о-ва Итуруп; координаты эпицентра: 45,63–45,67° с.ш. 148,71–148,93° в.д. (рис. 1). По данным Геофизической службы РАН землетрясение ощущалось на Кунашире, Шикотане и Итурупе, в частности: в Южно-Курильске, Крабовозовском, Малокурильском, Курильске, Лагунном, Горном и Горячих Ключах – силой 5 баллов, в Головново, Менделеево, Горячем пляже, Китовом и Рейдово – силой 4–5 баллов. Жители Итурупа сообщают, что трясло примерно полминуты и люди выбегали из домов.

Механизм землетрясения, приведенный на сайте Геофизической службы РАН со ссылкой на данные, полученные в Национальном центре информации о землетрясениях Геологической службы США, USGS NEIC и в Ламонт-Дохертской обсерватории Земли



Рис. 1. Эпицентр землетрясения 13 февраля 2020 г. (звездочка) на юге Курильской гряды, контуры интенсивности и положение буя ДАРТ 21419 (круг)

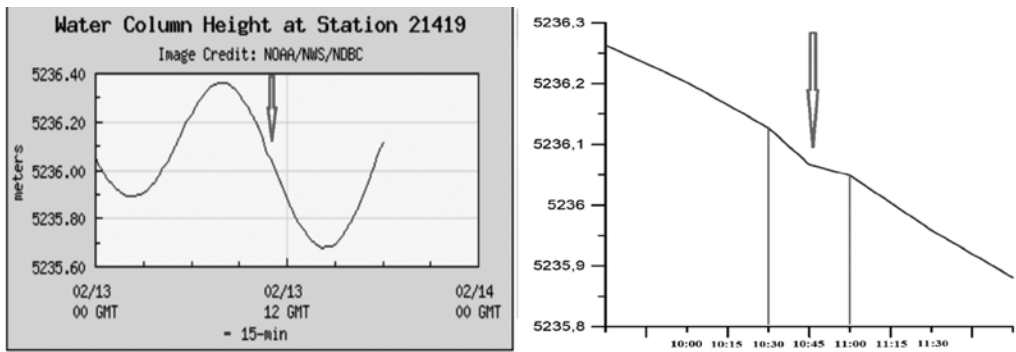


Рис. 2. Запись 13 февраля 2020 г. уровня моря с ДАРТ № 21419 ($44,435^{\circ}$ с.ш. $155,717^{\circ}$ в.д.). Стрелкой показано понижение уровня океана в зависимости от реального времени (по оси абсциссе)

Колумбийского университета США (GCMT), описан в <http://mseism.gsras.ru/EqInfo/RequestsHandler?cmd=toinfmsg&lang=ru&imid=121>. Длина разлома 120 км, ширина разлома 70 км, угол между меридианной и линией разлома (strikeangle) 239° , угол падения (dipangle) 79° , угол направления подвижки (rake (slip) angle) 100° , смещение 6 м.

Это землетрясение зафиксировано на глубине 5282 м одним из ДАРТ (№ 21419), показанном на рис. 1. Координаты буя: $44,435^{\circ}$ с.ш. $155,717^{\circ}$ в.д. Запись уровня моря в этот день, зафиксированная ДАРТ, представлена на рис. 2. Дискретность записи составляет 15 мин, поэтому изменение уровня моря произошло в момент времени 10:45 по Гринвичу (напомним, что землетрясение произошло в 10:33, т.е. уже после предыдущего отчета времени). Глубина моря уменьшилась почти на 2 см.

Анализ полученных данных

Используя данные о землетрясении, приведенные выше, нами рассчитано начальное смещение уровня моря в момент землетрясения по формулам Окады [12]. Расчеты выполнены с помощью вычислительного комплекса НАМИ-ДАНС, используемого для моделирования цунами различного происхождения [3], результаты представлены на рис. 3. Максимальный подъем уровня воды в очаге составляет 3 см на охотоморской

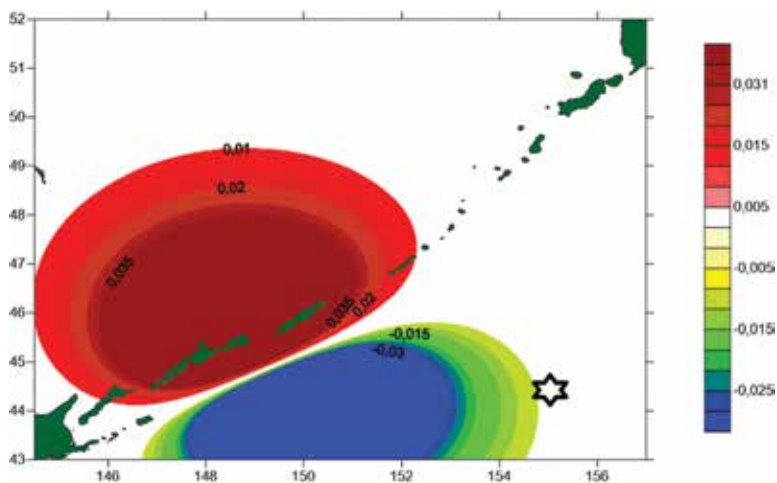


Рис. 3. Рассчитанное начальное смещение уровня океана (в метрах) в момент землетрясения 13 февраля 2020 г. по данным Геофизической службы РАН. Звездочка – положение буя ДАРТ 21419

стороне, понижение уровня на тихоокеанской стороне – до 2,5 см. В начальный момент времени в точке расположения ДАРТ по расчетам понижение уровня воды оказывается немногим больше 1 см.

Грубую оценку максимального значения вертикального смещения уровня воды в очаге можно сделать по формуле из [11]:

$$\lg H = 1,5M_w - 21gh - 5,96,$$

где H – максимальная высота смещения дна в очаге (см), M_w – магнитуда землетрясения, h – глубина фокуса (км), g – ускорение свободного падения. Подстановка значений магнитуды $M = 7$ и глубины фокуса $h = 150$ км приводит к оценке $H \sim 1,5$ см, что очень близко к наблюдаемым смещениям на ДАРТ. Отметим, что рассчитанная величина смещения уровня воды в очаге меньше рассчитанной для землетрясения 2013 г. (7 см), т.е. нынешнее землетрясение, хотя глубина его фокуса не так велика, в состоянии породить лишь более слабое цунами.

Заключение

Случившееся 13 февраля 2020 г. около северной оконечности острова Итуруп (Курильские острова) сильное землетрясение с магнитудой $M = 7$ и глубиной фокуса 150 км обсуждается с позиций возможного возникновения слабого цунами в акватории Охотского моря. Приведена запись глубины с одного из буев системы ДАРТ, предназначенной для регистрации цунами; уровень моря изменился на 2 см. Такая же оценка вытекает из расчетов по модели Окады и приближенной аналитической формулы. Она в несколько раз меньше полученной ранее для глубокофокусного землетрясения (640 км) в Охотском море в 2013 г., которое привело к слабому цунами, зарегистрированному на о-ве Итуруп. Именно поэтому землетрясение 2020 г. оказалось «ненаблюдаемым» мареографами (по крайней мере, у нас таких данных пока нет). Тем не менее регистрация колебаний уровня моря донными датчиками системы ДАРТ подтверждает принципиальную возможность генерации слабых цунами глубокофокусными землетрясениями, что важно с научной точки зрения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воронина Е.В. Глубокофокусные землетрясения Охотского моря // Уч. зап. физ. фак. МГУ. 2016. Вып. 3. 163902.
2. Гонтовая Л.И., Гордиенко В.В., Назарова З.А. О возможной природе глубокофокусного охотоморского землетрясения 24 мая 2013 года // Вестн. КРАУНЦ. Науки о Земле. 2017. № 1. С. 46–57.
3. Зайцев А.И., Куркин А.А., Пелиновский Е.Н., Ялченир А. Вычислительный комплекс НАМИ-ДАНС в проблеме цунами // Вычислит. механика сплошных сред. 2019. Т. 12, № 2. С. 161–174.
4. Зайцев А.И., Пелиновский Е.Н., Куркин А.А., Костенко И.С., Ялченир А. О возможности цунами в Охотском море при глубокофокусных землетрясениях // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2016. Т. 52, № 2. С. 246–254.
5. Носов М.А., Колесов С.В., Нурисламова Г.Н., Большакова А.В. Влияние вращения Земли на волны цунами, вызванные глубокофокусным Охотоморским землетрясением 2013 г. // Вестн. МГУ. Серия 3: Физика. Астрономия. 2018. № 6. С. 117–123.
6. Татевосян Р.Э., Косарев Г.Л., Быкова В.В., Мацневский С.А., Уломов И.В., Аптекман Ж.Я., Вакарчук Р.Н. Глубокофокусное землетрясение с M_w 8.3, ощущавшееся на расстоянии 6500 км // Физика Земли. 2014. № 3. 154–162.
7. Чебров В.Н., Кугаенко Ю.А., Викулина С.А. и др. Глубокое Охотоморское землетрясение 24.05.2013 г. с магнитудой $M_w = 8.3$ – сильнейшее сейсмическое событие у берегов Камчатки за период детальных сейсмологических наблюдений // Вестн. КРАУНЦ. Науки о Земле. 2013. № 1. 17–24.
8. Чеброва А.Ю., Чебров В.Н., Гусев А.А. и др. Воздействие Охотоморского землетрясения 24 мая 2013 г. ($M_w = 8,3$) на территории Камчатки и мира // Вулканология и сейсмология. 2015. № 4. С. 3–22.

9. Chen Y., Wen L., Ji C. A cascading failure during the 24 May 2013 great Okhotsk deep earthquake // *J. Geophys. Res.: Solid Earth*. 2014. Vol. 119. P. 3035–3049.
10. Meng L., Ampuero J.-P., Bürgmann R. The 2013 Okhotsk deep-focus earthquake: rupture beyond the metastable olivine wedge and thermally controlled rise time near the edge of a slab // *Geophys. Res. Lett.* 2014. Vol. 41. P. 3779–3785.
11. Okada Y. Simulated empirical law of coseismic crustal deformation // *J. Phys. Earth*. 1995. Vol. 43. P. 697–713.
12. Okada Y. Surface deformation due to shear and tensile faults in a half-space // *Bull. Seismol. Soc. Am.* 1985. Vol. 75 (4). P. 1135–1154.
13. Okal E.A., Salooji N., Kirby S.H., Nettles M. An implosive component to the source of the deep Sea of Okhotsk earthquake of 24 May 2013: Evidence from radial modes and CMT inversion // *Phys. Earth Planet. In.* 2018. Vol. 281. P. 68–78.
14. Okal E.A. The excitation of tsunamis by deep earthquakes // *Geophys. J. Int.* 2017. Vol. 209. P. 234–249.
15. Wei S., Helmberger D., Zhan Z., Graves R. Rupture complexity of the Mw = 8.3 Sea of Okhotsk earthquake: rapid triggering of complementary earthquakes? // *Geophys. Res. Lett.* 2013. Vol. 40. P. 5034–5039.
16. Ye L., Lay T., Kanamori H., Koper K.D. Energy release of the 2013 Mw 8.3 Sea of Okhotsk earthquake and deep slab stress heterogeneity // *Science*. 2013. Vol. 341. P. 1380–1384.
17. Zaytsev A., Kostenko I., Kurkin A., Pelinovsky E., Yalciner A. The depth effect of earthquakes on tsunami heights in the Sea of Okhotsk // *Turkish J. Earth Sci.* 2016. Vol. 25, N 4. P. 289–299.