

СЕЙСМИЧНОСТЬ РАЙОНА АРХИПЕЛАГА ШПИЦБЕРГЕН В 2016, 2017 гг.*

С. В. Баранов, В. Э. Асминг, А. Н. Виноградов, А. В. Федоров

Кольский филиал ФИЦ «Единая геофизическая служба РАН», г. Апатиты

Аннотация

Рассматривается сейсмичность района арх. Шпицберген и прилегающей акватории за 2016, 2017 гг., приводится распределение землетрясений по годам и сейсмогенным зонам океанической и шельфовой частей архипелага. Подробно рассматривается пара землетрясений с магнитудой больше 5, которые произошли 29 марта 2016 г. в проливе Стур-фьорд, причем повторный толчок произошел через 27 с после первого в том же самом месте.

Ключевые слова:

сейсмичность, арх. Шпицберген, энерговыделение, парные землетрясения.

SEISMICITY OF SPITSBERGEN AREA IN 2016, 2017

Sergey V. Baranov, Vladimir E. Asming, Anatoliy N. Vinogradov, Andrey V. Fedorov

Kola Branch of the Geophysical Survey of the Russian Academy of Sciences, Apatity

Abstract

The paper considers seismicity of Spitsbergen archipelago and adjacent water areas in 2016 and 2017. The distribution of the earthquakes by years and seismic zones of the oceanic and shelf parts of the archipelago, is provided. A couple of earthquakes with a magnitude greater than 5 that occurred on 29.03.2016 in Storefjorden strait (the second event occurred in 27 seconds after the first one and in the same place) are in detail considered.

Keywords:

seismicity, Spitsbergen archipelago, energy release, earthquake pair.

Введение

Кольский филиал Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба РАН» (КоФ ФИЦ ЕГС РАН) осуществляет мониторинг сейсмичности района арх. Шпицберген с помощью региональной сети сейсмических станций: BRBA, BRBB (КоФ ФИЦ ЕГС РАН), KBS (IRIS), SPITS (NORSAR), HSPB (Институт геофизики Польской академии наук), VJO1 (Университет Бергена) (рис. 1).

Данные со всех станций сети Шпицбергена поступают в КоФ ФИЦ ЕГС РАН в г. Апатиты в режиме времени, близком к реальному, где с помощью специально разработанного программного обеспечения [1] выполняется автоматическая обработка, включающая обнаружение, локацию и определение энергетических параметров сейсмических событий. Результаты автоматической обработки просматриваются и, при необходимости, корректируются опытными интерпретаторами.

Статья является обзором сейсмичности района арх. Шпицберген, традиционно представляемым КоФ ФИЦ ЕГС РАН на конференции «Комплексные исследования природы Шпицбергена и прилегающего шельфа» [2]. Настоящий обзор охватывает период 2016–2017 гг. Помимо общей картины сейсмичности, рассматривается пара землетрясений с магнитудой больше 5, произошедших 29 марта 2016 г. в течение 27 с в проливе Стур-фьорд. Они примечательны тем,

* Статья подготовлена в рамках НИР государственного задания ФИЦ ЕГС РАН № № 007-00186-18-00.

что из-за пространственно-временной близости первичные волны второго события скрыты кодой первого события. Это привело к пропуску второго события мировыми агентствами при рутинной обработке.

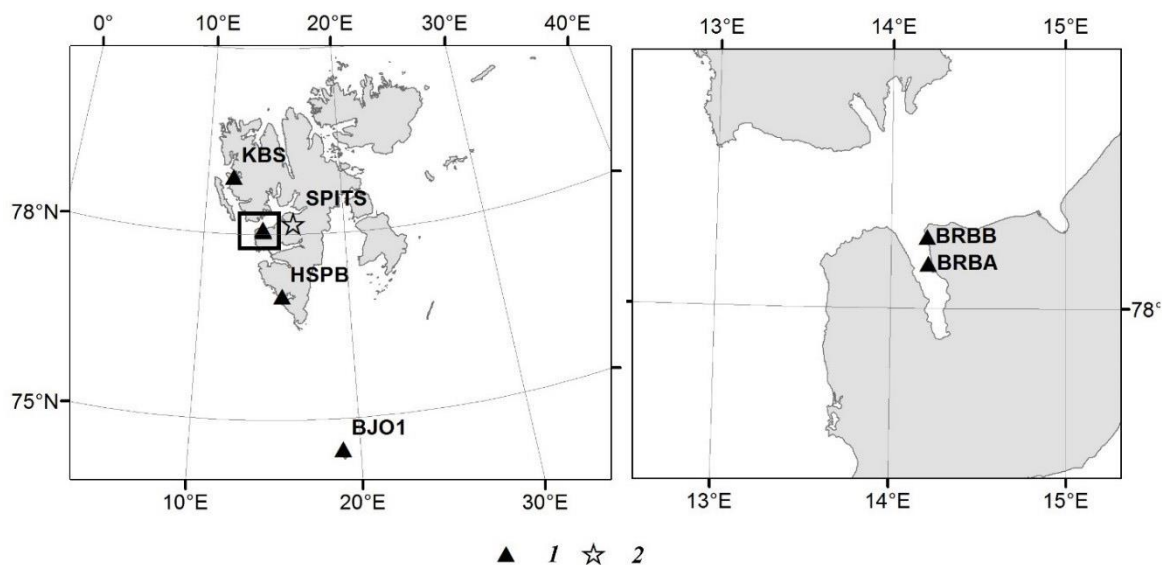


Рис. 1. Региональная сеть сейсмических станций Шпицбергена:

1 — трехкомпонентная сейсмическая станция; 2 — сейсмическая группа

Fig. 1. Regional seismic network of Svalbard: 1 — three-component seismic station; 2 — seismic array

Краткая геолого-тектоническая характеристика и сейсмогенез региона

Район арх. Шпицберген в геолого-тектоническом плане представляет собой пассивную окраину Евразийской плиты, граничащую с зонами ультрамедленного спрединга в областях молодого океанообразования в Северной Атлантике (хребты Книповича, Мона, Шпицбергенская зона разломов (ШЗР)) и Северном Ледовитом океане (хр. Гаккеля). Согласно общепринятым представлениям [3–6], ультрамедленный спрединг создает тектонические деформации, приводящие к подвижкам по трансформным разломам. Этот процесс определяет сейсмогенез этих территорий, в которых локализована основная масса ощутимых землетрясений [7]. Вместе с тем, согласно данным о тензорах сейсмического момента сильных землетрясений, значительный вклад в сейсмичность этих хребтов также вносит смещение Евразийской плиты относительно Североамериканской [8]. Это вывод согласуется и с данными GPS-наблюдений [9].

Центральные области Баренцевоморско-Карской шельфовой плиты практически асейсмичны (рис. 2). Исключением является западная окраина Баренцевоморского шельфа, охватывающая также континентальный склон и Свальбардское поднятие, морфологически проявленное в виде архипелага Шпицберген. Здесь зафиксировано поле сейсмичности, приуроченное к закартированным в этом районе дизъюнктивным структурам, на дне моря и на суше островов [10].

Один из самых активных очаговых ареалов внутриплитовых землетрясений приурочен к проливу Стур-фьорд (рис. 2), где 21 февраля 2008 г. произошло сильнейшее за всю историю инструментальных наблюдений на шельфе Баренцева моря землетрясение с Mw 6,1. Землетрясение 2008 г. вызвало сильнейший афтершоковый процесс [7, 11]. К настоящему времени (июнь 2018 г.) сейсмическая активность района пролива Стур-фьорд все еще не вернулась к уровню до 2008 г. В 2016 г. эта зона являлось наиболее активной — зарегистрировано два землетрясения с $M_L \geq 5$. Эти события примечательны тем, что они имели близкие магнитуды, причем второе событие произошло через 27 с после первого в том же самом месте.

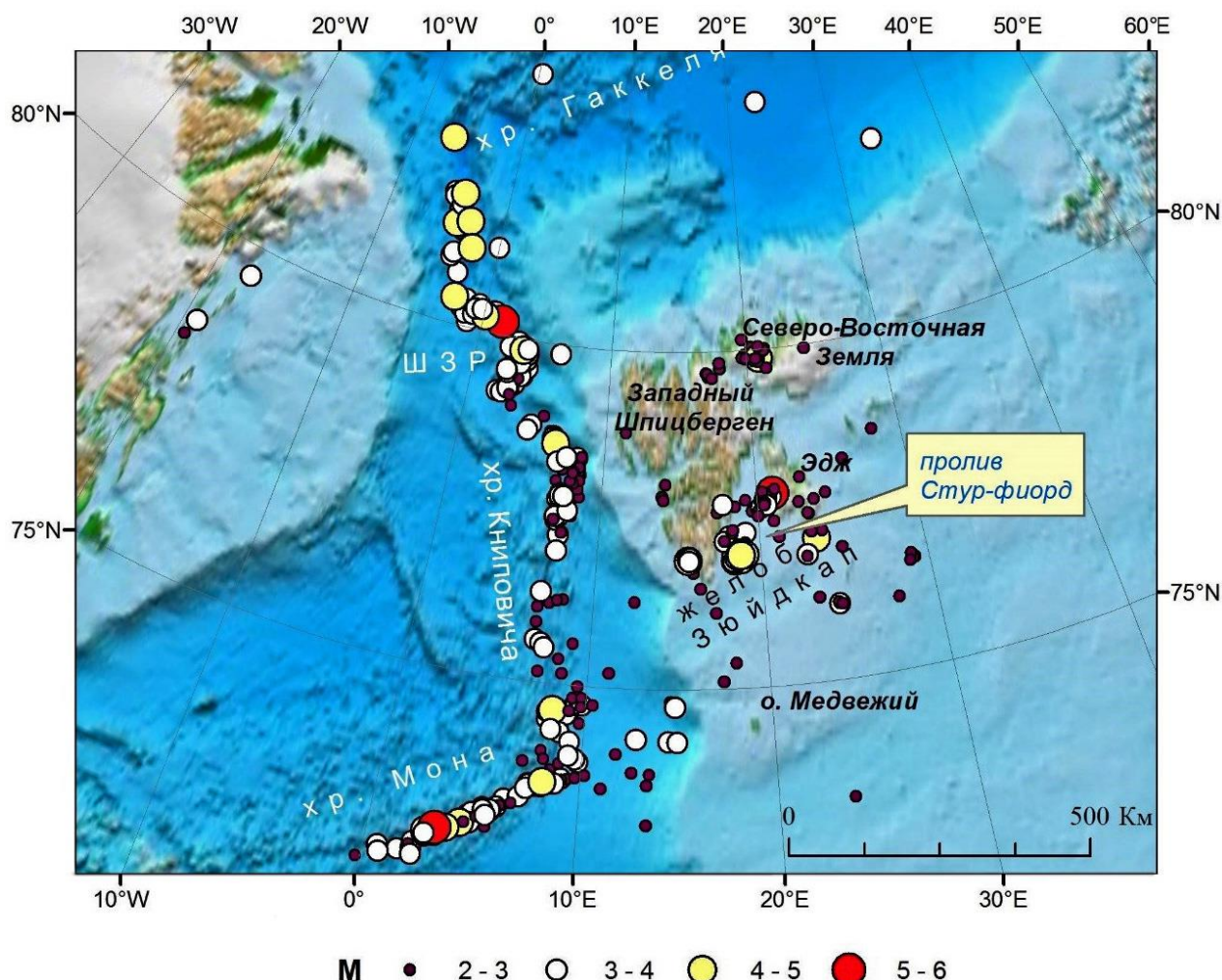


Рис. 2. Основные сейсмогенные зоны района арх. Шпицберген и землетрясения с магнитудой $M_L \geq 2$, зарегистрированные в 2016, 2017 гг.

Fig. 2. Main seismic zones of Svalbard and $M_L \geq 2$ earthquakes recorded in 2016, 2017

Сейсмичность 2016 и 2017 гг.

В 2016, 2017 гг. в районе арх. Шпицберген и прилегающей акватории, область с координатами $72-84^\circ$ с. ш. и 8° з. ш. — $33,5^\circ$ в. ш., было зарегистрировано 476 землетрясений с магнитудами M_L от 2 до 5,6 (рис. 2). Распределение количества землетрясений и выделившейся сейсмической энергии по годам и сейсмогенным зонам приведено в табл. 1. Наиболее активной зоной (максимум выделившейся энергии) в 2016 г. являлся пролив Стур-фьорд, где 29 марта 2016 г. произошло 2 землетрясения с магнитудами M_L 5,3 и 5,1. Эти два события оказались сильнейшими землетрясениями, зарегистрированными в районе Шпицбергена в 2016 г. В 2017 г. наибольшая активность отмечена в ШЗР, 9 июня в 20:49:48 UTC произошло землетрясение с магнитудой M_L 5,6. Другое землетрясение с M_L 5,1 произошло 29 декабря в 13:15:43 UTC на хребте Мона (рис. 2).

Суммарное выделение сейсмической энергии в зонах, составляющих океаническую часть района Шпицбергена (хребты Мона, Книповича, ШЗР), в 2016 г. было примерно в 7 меньше, чем в зонах шельфовой части (континентальный склон, острова Западный Шпицберген и Северо-Восточная Земля, пролив Стур-фиорд и желоб Зюйдкап). В 2017 г. энерговыделение в океанической части было в 15 раз больше, чем на шельфе. Ситуация, когда энерговыделение океанической части значительно превосходит выделение сейсмической энергии на шельфе, является типичной. Тем не менее время от времени в проливе Стур-фьорд и желобе Зюйдкап происходят сильные землетрясения (1976, 2003, 2008, 2016 гг.), в результате которых шельф является более активным, чем океаническая часть.

Таблица 1
 Table 1

Распределение землетрясений с магнитудой $ML \geq 2$ (количество и энергия E), зарегистрированных в районе Шпицбергена в 2016, 2017 гг. по сейсмогенным зонам
 Distribution of $ML \geq 2$ earthquakes in seismic zones (number and energy E in Joules) recorded in the area of Svalbard in 2016, 2017

Сейсмогенная зона Seismic zone	2016 г.		2017 г.	
	Количество Number	E , Дж	Количество Number	E , Дж
Континентальный склон Continental margin	5	$4,3 \cdot 10^{10}$	7	$2,0 \cdot 10^{10}$
Пролив Стур-фьорд и желоб Зюйдкап The strait of Storefjorden and the trough of Zuidkapp	106	$5,1 \cdot 10^{13}$	34	$6,6 \cdot 10^{12}$
Острова Западный Шпицберген и Северо-Восточная Земля West Svalbard and Northeastern Land	28	$3 \cdot 10^{10}$	55	$4,2 \cdot 10^{12}$
Шельфовая часть Shelf part	139	$5,1 \cdot 10^{13}$	96	$1,1 \cdot 10^{13}$
ШЗР и Моллой SFZ and Molloy	35	$6,5 \cdot 10^{12}$	30	$1,4 \cdot 10^{14}$
Хребет Книповича Knipovich Ridge	58	$4,1 \cdot 10^{11}$	39	$1,6 \cdot 10^{12}$
Хребет Мона Mohn Ridge	33	$7,3 \cdot 10^{11}$	32	$1,9 \cdot 10^{13}$
Океаническая часть Oceanic part	126	$7,7 \cdot 10^{12}$	101	$1,6 \cdot 10^{14}$

Ощутимые землетрясения ($ML \geq 3,5$ или выше) распределены по сейсмогенным зонам неравномерно. В 2016 г. ощутимые землетрясения происходили на континентальном склоне (1 событие), спрединговый центр Моллой и ШЗР (9 событий), пролив Стур-фьорд и желоб Зюйдкап (7 событий), хребет Книповича (3 события), хребет Мона (10 событий), острова Западный Шпицберген и Северо-Восточная Земля (0 событий). В 2017 г. ощутимые землетрясения происходили в районе спредингового центра Моллой и ШЗР (16 событий), пролива Стур-фьорд и желоба Зюйдкап (6 событий), хр. Книповича (5 события), хр. Мона (7 событий), островов Западный Шпицберген и Северо-Восточная Земля (8 событий).

Пара землетрясений 29 марта 2016 г. в проливе Стур-фьорд

Пара землетрясений 29 марта 2016 г. в проливе Стур-фьорд примечательна тем, что эти события имели близкие магнитуды, причем второе событие произошло через 27 с после первого в том же самом месте. Географическая и временная близость этих землетрясений привела к наложению сейсмограмм этих событий и явилась причиной того, что второе событие отсутствует в каталогах мировых агентств за исключением каталога КоФ ФИЦ ЕГС РАН. Ниже рассматриваются особенности волновых форм и определение координат гипоцентров этих землетрясений, а также деформация в очаге первого толчка.

Определение гипоцентра первого землетрясения 29 марта 2016 г. выполнялось по первым вступлениям Р-волн с использованием данных 10 станций, включая станции сети Шпицбергена (рис. 1), а также станцию ARCES (NORSAR), расположенную в Северной Норвегии, и станции PRYB, TER, APA (КоФ ФИЦ ЕГС РАН), расположенные в Мурманской обл. Время в очаге — 10:32:09

(UTC), координаты гипоцентра — $77,859^\circ$ с. ш. и $21,026^\circ$ в. д., глубина — 27 км (рис. 3). Мы считаем, что при нечетких вступлениях S-волн и наличии большого числа зарегистрировавших событие станций такой способ локации более предпочтительным по сравнению с использованием фаз P- и S-волн, поскольку определение времени вступления S-волны менее точно, чем P-волны.

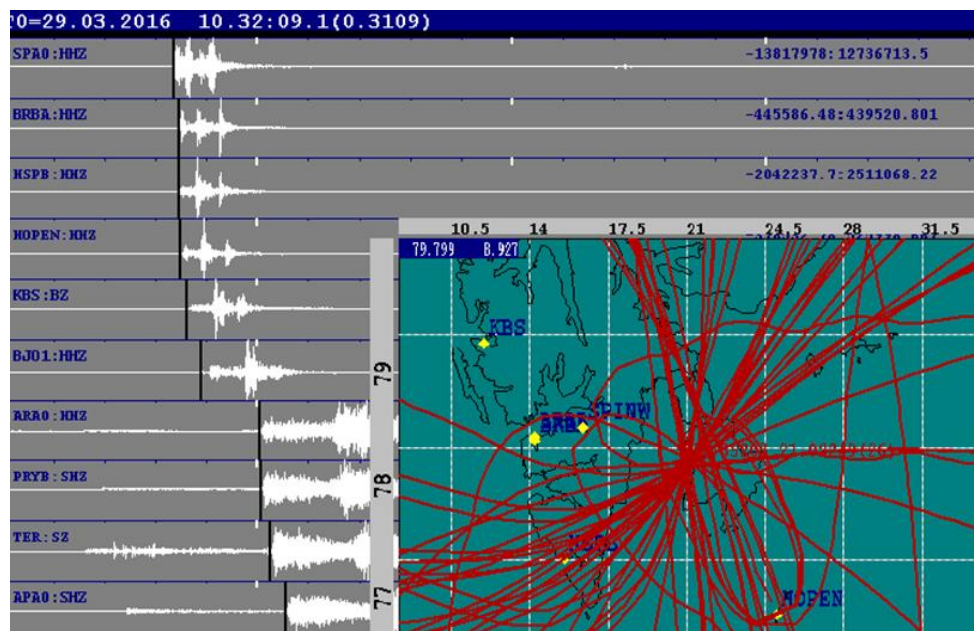


Рис. 3. Определение координат гипоцентра первого землетрясения 29 марта 2016 г. по первым вступлениям P-волн

Fig. 3. Determination of the hypocenter coordinates of the first earthquake occurred on March 29, 2016 using the P-wave onsets

Выполнив фильтрацию записей на региональных станциях в полосе 2–10 Гц, мы обнаружили, что через 27 с после основного толчка на каждой станции присутствует некая фаза (рис. 4). Временная задержка между этой фазой и вступлением S-волны первого толчка одинакова на всех станциях (рис. 4), следовательно, данная фаза не порождена переотражением сейсмических волн первого события от неоднородностей внутри Земли. Таким образом, данная фаза принадлежит второму толчку, произошедшему через 27 с после первого в том же самом месте. Поляризационный анализ этой фазы показал, что фаза принадлежит S-волне.

Используя времена прихода S-волн от второго события на региональные станции BRBA, HSPB, HOPEN, KBS и координаты первого события, мы рассчитали времена прихода P-волны от второго события на станции, по которым выполнялась локация (рис. 5). На всех станциях вступление P-волны от второго события скрыто кодой P-волны от первого события. Вступление S-волны от второго события просматривается в диапазоне частот 2–10 Гц только на станциях, удаленных не более чем на 250 км от эпицентра. На остальных же станциях это вступление скрыто кодой S-волны. Таким образом, близость времен в очаге, а также одни и те же координаты эпицентров являются причинами пропуска второго землетрясения при рутинной обработке, несмотря, как показано ниже, на близкие магнитуды этих событий.

Непосредственное определение магнитуды второго толчка невозможно, поскольку фазы сейсмических волн перекрываются кодами волн первого землетрясения (рис. 5). Вместе с тем на ближних станциях BRBA и SPI S-волна от второго события четко просматривается. На ближайшей станции SPI (111 км от эпицентра) присутствует зашкал записи на S-волнах обоих событий. На станции BRBA (160 км от эпицентра) амплитуда S-волны от первого события меньше, чем

от второго, периоды S-волн совпадают. На станции HSPB (165 от эпицентра) амплитуда S-волны второго события меньше, чем от первого, что свидетельствует об ориентации источника; периоды совпадают. Таким образом, исходя из соотношения максимальных амплитуд S-волн и совпадения их периодов, мы можем заключить, что магнитуды первого и второго землетрясений близки, а плоскости разрыва в очагах имеют разную ориентацию. Мы определили магнитуды второго события ML 5,1.

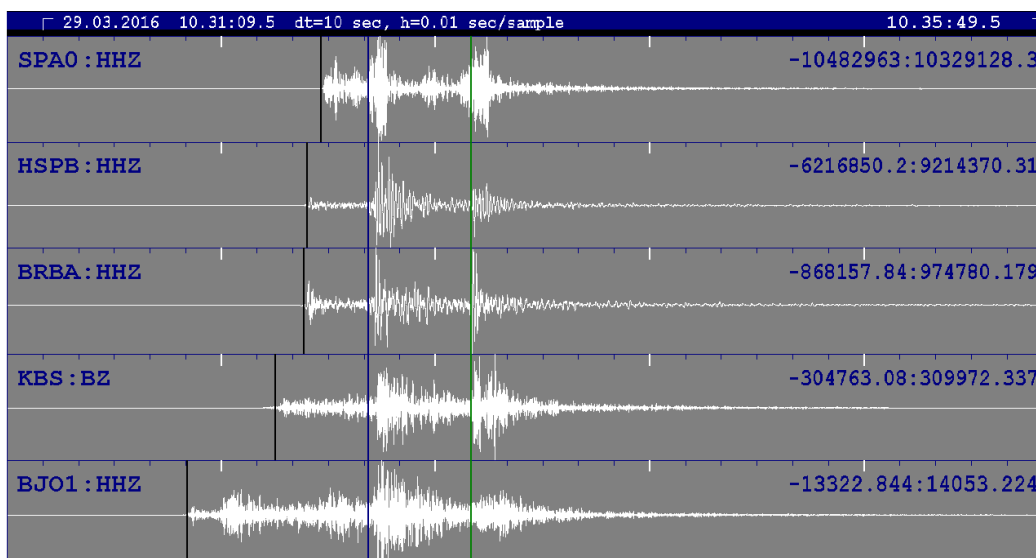


Рис. 4. Сейсмограммы землетрясения 29 марта 2016 г., выравненные по временам вступления S-волн на станции (черные и синие вертикальные прямые — вступления P- и S-волн первого события; зеленая вертикальная прямая — S-фаза второго события)

Fig. 4. Seismograms of the March 29, 2016 earthquake aligned according to the S-wave onsets at the station (black vertical lines are P-wave onsets and the blue ones are S-wave onsets of the first event; green vertical line marks S-phase of the second event)

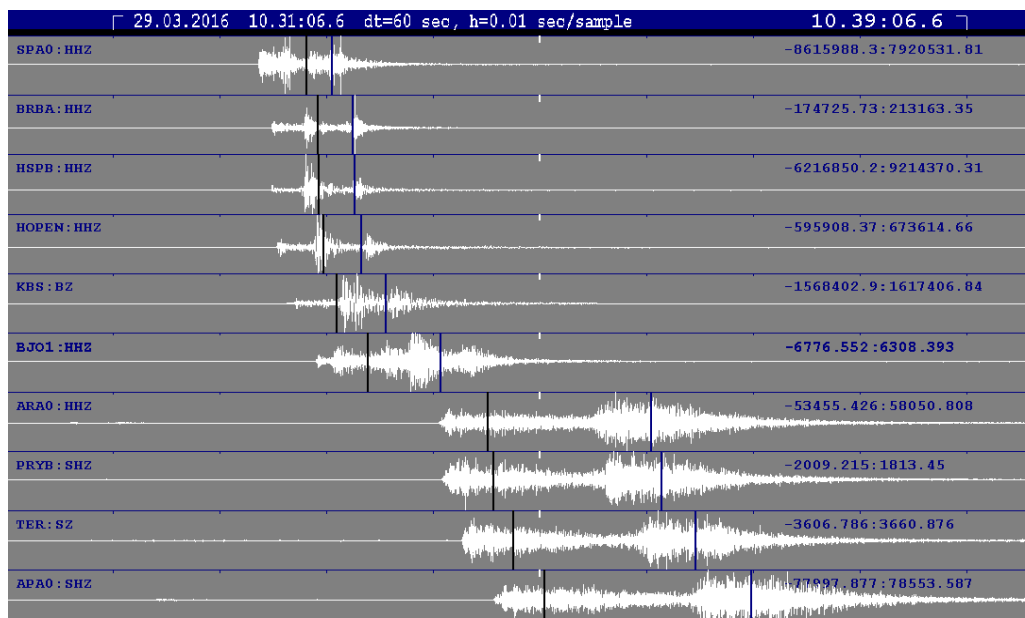


Рис. 5. Рассчитанные времена прихода сейсмических волн станции региональной сети Шпицбергена от второго события 29 марта 2016 г. в 0:32:36 UTC (черные и синие прямые — рассчитанные вступления P- и S-волн соответственно)

Fig. 5. Calculated seismic wave onsets at the station of Svalbard regional network from the second event on March 29, 2016 at 0:32:36 UTC (the black and blue straight lines are the calculated P- and S-wave onsets, respectively)

Деформации в очаге первого землетрясения 29 марта 2016 г.

Тип деформации в очаге землетрясения (сдвиг, растяжении или сжатие) можно определить с помощью коэффициента Лода — Надаи:

$$LN = 3V_2/(V_1 - V_3) \quad (0 \leq LN \leq 1),$$

где $V_1 \geq V_2 \geq V_3$ — собственные числа тензора.

При $LN = 0$ имеет место простой сдвиг, двухдипольный источник, при $LN = 1$ (–1) — одноосное растяжение (сжатие), недвухдипольный источник. Применение коэффициента LN без учета ошибок компонент тензора сейсмического момента часто приводит к ложному определению типа источника [12].

Расчетав методом Монте-Карло коэффициент LN (1) с учетом стандартных ошибок компонент тензора (табл. 2), получим распределение значений (рис. 6), из которого следует, что источник значительно отклоняется от двойного диполя (LN значительно меньше 0), среднее $LN = -0,49$, то есть половина сейсмического момента вызвано деформацией сжатия, а другая половина — сдвигом вдоль плоскости разрыва.

Таблица 2
Table 2

Значения компонент тензора сейсмического момента землетрясения 23 марта 2016 г., в 10:32:09 Mw 5,2 (по данным Глобального каталога СМТ)
The values of seismic moment tensor components of the March 23, 2016 earthquake occurred at 10:32:09, Mw 5.2 (according to the Global CMT Catalog)

Компонента Component	M_{RR}	M_{TT}	M_{PP}	M_{RT}	M_{RP}	M_{TP}
Значение компоненты Component value	-0,232	0,828	-0,596	0,106	0,042	0,023
Стандартная ошибка Standard error	0,019	0,02	0,013	0,03	0,027	0,012

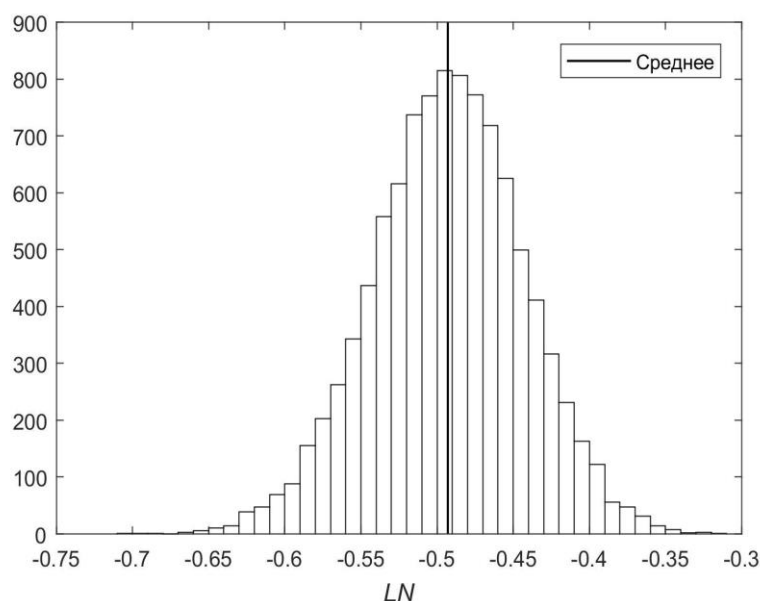


Рис. 6. Гистограмма значений коэффициента Лода — Надаи (1), рассчитанная с учетом ошибок компонент тензора сейсмического момента (табл. 2) для первого землетрясения 23 марта 2016 г. в 10:32:09 UTC, ML 5.3 (вертикальная прямая — среднее значение –0,49)

Fig. 6. The histogram of the values of Lode-Nadai coefficient (1) calculated taking into account the errors of the seismic moment tensor components (Table 2) of the first earthquake on March 23, 2016 at 10:32:09 UTC, ML 5.3 (vertical line denotes an average value –0,49)

Очаги с недвухдипольным источником возникают в областях с вулканизмом. Другой причиной недвухдипольного источника является сложное строение очаговой зоны: имеются две или более плоскости разрыва [13]. Примером такого очага является Рачинское землетрясение с магнитудой M_s 6,9, произошедшее в 1991 г. на Кавказе [14].

При определении механизма очага, значимо отклоняющегося от двойного диполя, по знакам первых вступлений Р-волн при определении нодальных плоскостей должна возникать неопределенность, вызванная перемешиванием положительных и отрицательных знаков на стереографической проекции. Вместе с тем при определении механизма очага первого землетрясения 23 марта 2016 г. нодальные плоскости определяются без затруднений (рис. 7).

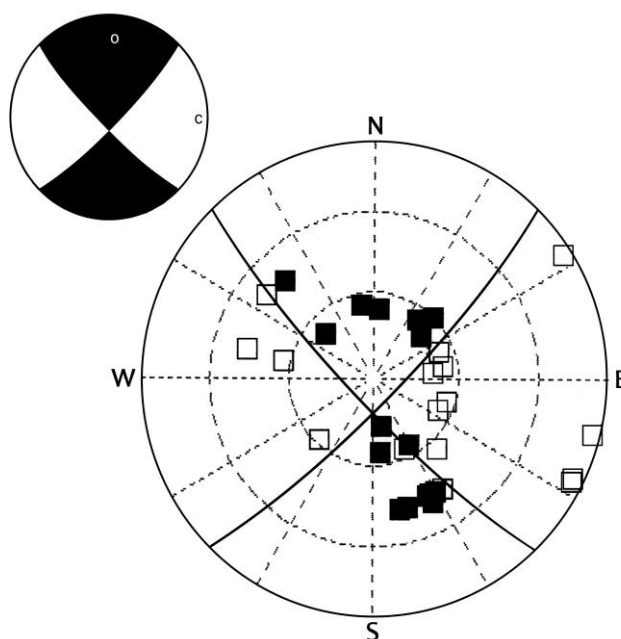


Рис. 7. Определение механизма очага землетрясения 23 марта 2016 г. в 10:32:09 по знакам первых вступлений
 Fig. 7. Determination of focal mechanism of the earthquake of March 23, 2016 at 10:32:09 using the signs of the first arrivals

При расчете компонент тензора сейсмического момента в каталоге GCMТ с помощью моделирования полного волнового пакета [15] наложение волн от разных событий, имеющих различную ориентацию плоскостей разрыва, искажает значение компонент тензора и увеличивает стандартные ошибки. Таким образом, отклонение очага первого землетрясения вызвано не строением очаговой зоны, а наложением волн от второго события на волны первого события.

Отметим, что рассчитать тензор сейсмического момента или хотя бы механизма очага для второго землетрясения невозможно из-за перемешивания волн первого и второго землетрясений.

Заключение

Рассмотрена сейсмичность района арх. Шпицберген за 2016 и 2017 гг., приведено распределение землетрясений по сейсмогенным зонам океанической и шельфовой частей района Шпицбергена. Определены координаты гипоцентра, время в очаге и магнитуда землетрясения 29 марта 2016 г. с M_L 5,3 по данным 10 станций. Установлено, что через 27 с после первого землетрясения в том же самом месте произошло второе землетрясение с близкой магнитудой, сведения о котором отсутствуют в каталогах мировых агентств, за исключением каталога ФИЦ ЕГС РАН. С помощью решения прямой задачи были определены моменты прихода сейсмических волн от второго землетрясения на станции сети. Показано, что отклонение очага первого землетрясения от двойного диполя вызвано перекрытием волн первого и второго землетрясений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Система автоматического мониторинга сейсмичности Европейской Арктики / А. В. Фёдоров [и др.] // Сейсмические приборы. 2018. Т. 54, № 1. С. 29–39.
2. Баранов С. В., Виноградов А. Н. Сейсмичность района Шпицбергена в 2012–2013 годах // Комплексные исследования природы Шпицбергена и прилегающего шельфа: материалы междунар. науч. конф. (Мурманск, 6–8 ноября 2014 г.). М.: ГЕОС, 2014. Вып. 12. С. 21–27.
3. Аветисов Г. П. Некоторые параметры землетрясений Срединно-Арктического сейсмического пояса // Геолого-геофизические характеристики литосферы Арктического региона. 2006. Т. 210. С. 176–187. (Труды ВНИИОкеангеология, вып. 6).
4. Bird P., Kagan Y. Y., Jackson D. D. Plate tectonics and earthquake potential of spreading ridges and oceanic transform faults // Plate Boundary Zones, Geodynamics Series / Edt. S. Stein, J. T. Freymueller. Washington DC: Am. Geophys. U., 2002. Vol. 30. P. 203–218.
5. Seismicity and active tectonic processes in the ultra-slow spreading Lena Trough, Arctic Ocean / C. Läderach [et al.] // Geophysical J. Intern. 2011. Vol. 184, Is. 3. P. 1354–1370.
6. Schindwein V., Muller C., Jokat W. Microseismicity of the ultraslow-spreading Gakkel ridge, Arctic Ocean: a pilot study // Geophys. J. Intern. 2007. Vol. 169. P. 100–112.
7. Баранов С. В. Афтершоковый процесс землетрясения 21.02.2008 г. в проливе Стур-фьорд (архипелаг Шпицберген) // Вулканология и сейсмология. 2013. № 3. С. 1–15.
8. Vinogradov A. N., Baranov S. V. Recent geodynamic regime of the Eurasia — North American interplate boundary: Evidences from seismology of Arctic / MSTU. 2012. Vol. 15, No. 2. P. 435–438.
9. GPS-Measuring Plate Motion. How fast are the tectonic plates moving? URL: https://www.iris.edu/hq/files/programs/education_and_outreach/aotm/14/1.GPS_Background.pdf.
10. Dallmann W. K. Piepjohn K. Blomeier D. Geological map of Billefjorden, 1:50000, Central Spitsbergen, Svalbard, with geological excursion guide // Norsk Polarinstittut Temakart 36. 2004.
11. Баранов С. В., Виноградов А. Н. Возможные причины аномальной сейсмической активности в проливе Стур-фьорд (архипелаг Шпицберген) в 2008–2009 годах // Вестник СПбГУ. Сер. 7. 2010. Вып. 4. С. 23–31.
12. Yunga S., Lutikov A., Molchanov O. Non double couple seismic sources, faults interaction and hypothesis of self-organized criticality // Natural Hazards and Earth System Sciences. 2005. Vol. 5. P. 11–15.
13. Frohlich C. Earthquakes with non-double-couple mechanisms // Science. 1994. Vol. 264. P. 804–809.
14. Строение очаговой зоны Рачинского землетрясения 1991 г. по данным локальной сейсмической томографии с адаптивной параметризацией среды / С. А. Тихоцкий [и др.] // Геофизические исследования. 2011. Т. 12, № 1. С. 5–32.
15. Dziewonski A. M., Chou T.-A., Woodhouse J. H. Determination of earthquake source parameters from waveform data for studies of global and regional seismicity // J. Geophys. Res. 1981. Vol. 86. P. 2825–2852.

Сведения об авторах

Баранов Сергей Владимирович — кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Кольского филиала ФИЦ «Единая геофизическая служба РАН»

E-mail: bars.vl@gmail.com

Асминг Владимир Эрнестович — кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Кольского филиала ФИЦ «Единая геофизическая служба РАН»

E-mail: asmingve@mail.ru

Виноградов Анатолий Николаевич — кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник Кольского филиала ФИЦ «Единая геофизическая служба РАН»

E-mail: vino@admksk.apatity.ru

Фёдоров Андрей Викторович — кандидат физико-математических наук, директор Кольского филиала ФИЦ «Единая геофизическая служба РАН»

E-mail: andrey_v_fedorov@inbox.ru

Author Affiliation

Sergey V. Baranov — PhD (Physics & Mathematics), Leading Researcher, Kola Branch of the Geophysical Survey of RAS

E-mail: bars.vl@gmail.com

Vladimir E. Asming — PhD (Physics & Mathematics), Leading Researcher, Kola Branch of the Geophysical Survey of RAS

E-mail: asmingve@mail.ru

Anatoliy N. Vinogradov — PhD (Geology & Mineralogy), Leading Researcher, Kola Branch of the Geophysical Survey of RAS

E-mail: vino@admksk.apatity.ru

Andrey V. Fedorov — PhD (Physics & Mathematics), Director of the Kola Branch of the Geophysical Survey of RAS

E-mail: andrey_v_fedorov@inbox.ru

Библиографическое описание статьи

Сейсмичность района архипелага Шпицберген в 2016, 2017 гг. / С. В. Баранов [и др.] // Вестник Кольского научного центра РАН. — 2018. — № 3 (10). — С. 132–140.

Reference

Baranov Sergey V., Asming Vladimir E., Vinogradov Anatoliy N., Fedorov Andrey V. Seismicity of Spitsbergen Area in 2016, 2017. *Herald of the Kola Science Centre of the RAS*, 2018, vol. 3 (10), pp. 132–140 (In Russ.).