

АРКТИКА

**А.Н. Морозов^{1,2}, Г.П. Аветисов³, Г.Н. Антоновская², В.Э. Асминг¹, С.В. Баранов¹,
Н.В. Ваганова², Ю.А. Виноградов¹, А.С. Жолондз³, Я.В. Конечная^{1,2},
А.В. Федоров¹, И.С. Федоров¹**

¹ФИЦ ЕГС РАН, Россия: г. Обнинск, morozovalexey@yandex.ru; г. Анапты, andrey_v_fedorov@inbox.ru;
г. Архангельск, arh-seismo@yandex.ru

²Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики
им. академика РАН Н.П. Лаверова УрО РАН, г. Архангельск, essm.ras@gmail.com

³ВНИИ геологии и минеральных ресурсов Мирового океана им. академика И.С. Грамберга Министерства
природных ресурсов Российской Федерации, г. Санкт-Петербург, gravet@mail.ru

Аннотация. В статье представлены обзор и анализ сейсмичности в пределах границ региона «Арктика» за 2014 г., дано описание сетей сейсмических станций и методики обработки. Каталог землетрясений по региону «Арктика» составлялся на основе каталогов нескольких организаций и сейсмологических центров. Всего в каталог включено 451 землетрясение с $M_L=1.5-4.5$. Большая часть очагов землетрясений приурочена к срединно-океаническим хребтам Мона, Книповича и Гаккеля. В пределах хребтов произошли все сильнейшие землетрясения в 2014 г. На шельфовых территориях большая часть землетрясений была приурочена к архипелагу Шпицберген, в частности, к сейсмоактивной зоне в проливе Стурфьорд. Возобновление сейсмометрических наблюдений на архипелаге Земля Франца-Иосифа позволило регистрировать слабые землетрясения на севере шельфа Баренцева и Карского морей, в частности, в районе желоба Франц-Виктория, в его устьевой части, и о. Белый. Для семи землетрясений приведены параметры механизма очага по данным GСMT. Дана оценка выделившейся на территории региона сейсмической энергии в 2014 г. – $5.24 \cdot 10^{11}$ Дж.

Ключевые слова: Арктика, землетрясения, сейсмичность, сейсмические станции.

DOI: 10.35540/1818-6254.2020.23.22

Для цитирования: Морозов А.Н., Аветисов Г.П., Антоновская Г.Н., Асминг В.Э., Баранов С.В., Ваганова Н.В., Виноградов Ю.А., Жолондз А.С., Конечная Я.В., Федоров А.В., Федоров И.С. Арктика // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 23 (2014 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – С. 228–234. doi: 10.35540/1818-6254.2020.23.22

Введение. Согласно решению Редакционного совета ежегодника «Землетрясения Северной Евразии» (Протокол № 1 от «9» октября 2019 г.), границы региона «Арктика» были изменены с целью создания единого каталога землетрясений по данным Федерального исследовательского центра Единой геофизической службы РАН (ФИЦ ЕГС РАН), в частности, ее Кольского филиала (КоФ ФИЦ ЕГС РАН), Федерального исследовательского центра комплексного изучения Арктики им. академика РАН Н.П. Лаверова (ФГБУН ФИЦКИА УрО РАН) и ВНИИ геологии и минеральных ресурсов Мирового океана Министерства природных ресурсов Российской Федерации (ФГБУ «ВНИИОкеангеология»), по данным которого в ежегодник представляется единая статья с обзором сейсмичности Арктики. Координаты угловых точек региона «Арктика» следующие: $72.8^{\circ}\text{N}-0^{\circ}$, $79.0^{\circ}\text{N}-0^{\circ}$, $79.0^{\circ}\text{N}-10.0^{\circ}\text{W}$, $90.0^{\circ}\text{N}-0^{\circ}$, $74.0^{\circ}\text{N}-168.0^{\circ}\text{W}$, $74.0^{\circ}\text{N}-162.0^{\circ}\text{E}$, $76.0^{\circ}\text{N}-162.0^{\circ}\text{E}$, $76.0^{\circ}\text{N}-74.0^{\circ}\text{E}$, $69.0^{\circ}\text{N}-74.0^{\circ}\text{E}$, $69.0^{\circ}\text{N}-37.0^{\circ}\text{E}$, $70.0^{\circ}\text{N}-37.0^{\circ}\text{E}$, $70.0^{\circ}\text{N}-29.0^{\circ}\text{E}$, $72.8^{\circ}\text{N}-0^{\circ}$ (рис. 1).

Проведение сейсмического мониторинга Арктики сталкивается с рядом объективных трудностей. Во-первых, редкая сеть сейсмических станций не позволяет регистрировать слабые землетрясения. Во-вторых, конфигурация (расположение в пространстве) станций порой не всегда позволяет достоверно определять координаты, глубину и механизм очага землетрясения. В результате, как отмечал в своей работе Г.Д. Панасенко [1], чьи слова не потеряли актуальности и по сей день, складывающиеся представления о сейсмичности Арктики неполны и односторонне отражают действительность, поскольку слабые землетрясения не участвуют в их формировании. Между тем изучение пространственно-временных особенностей слабой сейсмичности в связи с геологическим строением региона способствовало бы более правильному пониманию развивающихся в его пределах геодинамических процессов. Аналогичные выводы делают в своих работах и другие авторы, в частности [2, 3].

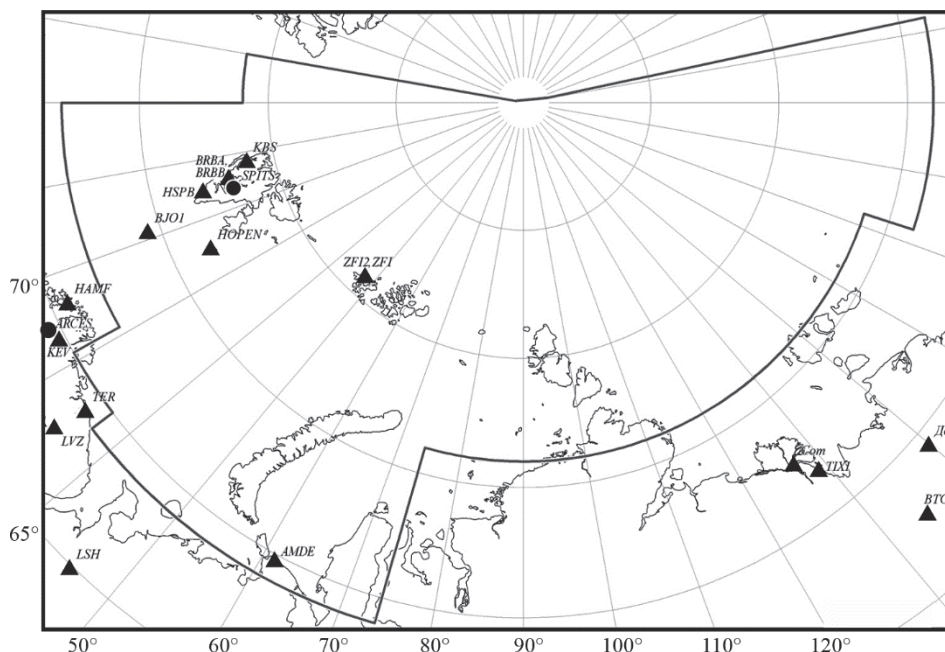


Рис. 1. Карта с указанием границ региона «Арктика» (линия), расположения сейсмических станций (треугольники) и сейсмических групп (кружки)

Развитие инструментальных сейсмологических наблюдений на архипелаге Шпицберген, а также возобновление в 2011 г. наблюдений на архипелаге Земля Франца-Иосифа (о. Земля Александры) и побережье Карского моря, в совокупности с развитием методических подходов, позволили создать благоприятные условия для проведения сейсмического мониторинга западной и центральной частей региона «Арктика», в частности, для регистрации слабых землетрясений [4]. Однако в целом Арктический регион не имеет однородных по представительной магнитуде M_{\min} сейсмологических данных.

В данной статье представлен обзор и анализ сейсмичности региона «Арктика» за 2014 г. на основе единого каталога землетрясений, включающий каталоги ФГБУН ФИЦКИА УрО РАН [5], КоФ ФИЦ ЕГС РАН [6] и ФГБУ «ВНИИОкеангеология» [7], с привлечением данных Сейсмологического бюллетеней ФИЦ ЕГС РАН [8, 9] и International Seismological Centre (ISC) [10].

Сеть станций. Непосредственно на территории региона «Арктика», на архипелаге Шпицберген, функционировали сейсмические станции КоФ ФИЦ ЕГС РАН (код сети KOGSR) [11], Бергенского университета (Норвегия, код сети NS), агентства NORSAR (Норвегия, код сети NO) и Геофизического института Польской академии наук (Польша, код сети PL). На архипелаге Земля Франца-Иосифа и побережье Карского моря функционировали сейсмические станции ФГБУН ФИЦКИА УрО РАН (код сети АН) [12].

Сейсмическая сеть КоФ ФИЦ ЕГС РАН осуществляет мониторинг преимущественно западной части Арктического региона на основе данных сейсмоинфразвукового комплекса BRBB и станции BRBA с привлечением исходных данных сейсмической группы SPITS (код сети NO), станций KBS и VADS (коды сетей GE и NS) и станции HSPB (код сети PL). Согласно [13], для архипелага Шпицберген значение представительной магнитуды сети $ML_{\min}=1.0$.

Сейсмическая сеть ФГБУН ФИЦКИА УрО РАН осуществляет мониторинг преимущественно центральной части Арктического региона с помощью станций ZFI2, ZFI3 и AMDE с привлечением исходных данных сейсмической группы SPITS (код сети NO), станций KBS, HOPEN и BJOI (код сети NS) и станции HSPB (код сети PL). Для центральной части региона «Арктика» значение представительной магнитуды регистрации землетрясений с помощью этих станций составляет $ML_{\min}=2.9$.

В целом для региона, как показано в [2] и подтверждено в [14], представительными в настоящее время являются землетрясения, начиная с $m_b \geq 4.5$ и выше.

Расположение сейсмических станций, функционирующих на территории региона «Арктика» и вблизи него, показано на рис. 1. Параметры аппаратуры российских станций, расположенных непосредственно на территории региона, представлены в [11, 12].

Методика обработки и исходные данные. Обработка региональных событий по данным сети АН проводилась в программном комплексе WSG [15] методом «засечек» с выделением продольных (P -фаза) и поперечных (S -фаза) волн. Для событий из района хр. Гаккеля использовался годограф NOES [16], для остальной территории региона – годограф BARENTS [17]. Расчет локальной магнитуды ML производился в WSG [18].

При обработке региональных событий по данным сети KOGSR использовался программный комплекс EL [19], а также метод «засечек» с выделением продольных (P -фаза) и поперечных (S -фаза) волн. Локация событий осуществлялась с помощью годографа на основе модели SPITS [20]. Расчет локальной магнитуды $ML_{\text{рег}}$ производился в EL [19].

Каталог землетрясений по региону «Арктика» составлялся на основе каталогов сетей АН, KOGSR, ФГБУ «ВНИИОкеангеология», данных Сейсмологического бюллетеня ФИЦ ЕГС РАН и ISC. В случаях, когда события имели несколько решений, за основу выбирались те параметры гипоцентра, которые были получены с использованием наибольшего количества сейсмических станций и вступлений сейсмических фаз.

Анализ сейсмичности и обсуждение результатов. Всего в каталог сейсмических событий региона «Арктика» за 2014 г. включено 451 землетрясение с $ML=1.5-4.5$ [21]. Большая часть очагов землетрясений Арктики связана с сейсмоактивной зоной, протягивающейся через глубоководную часть Арктического бассейна и внедряющейся на шельф моря Лаптевых (рис. 2). Указанная зона является фрагментом глобального сейсмического пояса, трассирующего дивергентные границы литосферных плит. В глубоководной части Северного Ледовитого океана она приурочена к гребню подводных хребтов Мона, Книповича, Гаккеля и Шпицбергенской зоны разломов. По ней проходит граница Евразийской и Североамериканской литосферных плит [2]. В пределах хребтов произошли все сильные землетрясения в 2014 г., включая сильнейшее за 16 января в $08^{\text{h}}14^{\text{m}}$ с $MPSP=5.3$, согласно определению Сейсмологического бюллетеня ФИЦ ЕГС РАН [8, 9].

В каталог механизмов очагов землетрясений Арктики [22] включены фокальные механизмы по определениям GCMT [23] (рис. 2) землетрясений, зарегистрированных в пределах хребтов Мона, Книповича и Гаккеля. В течение 2014 г. магнитуда землетрясений региона не превышала значения $ML=4.5$, поэтому фокальные механизмы по данным Сейсмологического бюллетеня ФИЦ ЕГС РАН не определялись и не представлены на рис. 2 и в [22]. Большинство решений показало механизм сброса. При этом оси растяжения T практически ортогональны линии эпицентров и, соответственно, простирацию хребтов.

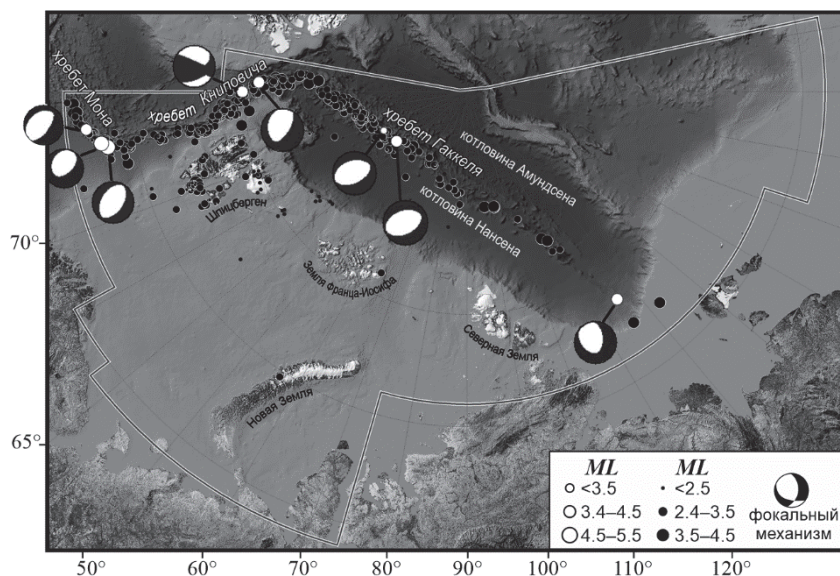


Рис. 2. Карта эпицентров землетрясений (кружки) в пределах региона «Арктика» за 2014 г.

Линией указана граница региона, белыми кружками эпицентры, для которых выполнены определения фокального механизма по GCMT [22, 23].

В пределах шельфовых территорий большая часть очагов землетрясений была приурочена к архипелагу Шпицберген, в частности, к сейсмоактивной зоне в проливе Стур-фьорд. В этой

зоне, в пределах шельфовых территорий, 16 апреля в 08^h33^m произошло и самое сильное землетрясение с $m_{b,ISC}=4.2$. Одно землетрясение было зарегистрировано 4 марта в 04^h42^m с $ML_{АН}=3.3$ в пределах архипелага Новая Земля (рис. 3).

Возобновление в 2011 г. сейсмометрических наблюдений на архипелаге Земля Франца-Иосифа [24] позволило регистрировать слабые землетрясения на севере шельфа Баренцева и Карского морей. Землетрясения регистрируются в районах жёлоба Франц-Виктория, в его устьевой части, и о. Белый. Данные особенности пространственного расположения эпицентров зарегистрированных землетрясений хорошо согласуются с ранее зарегистрированной сейсмичностью в этой зоне [25, 26].

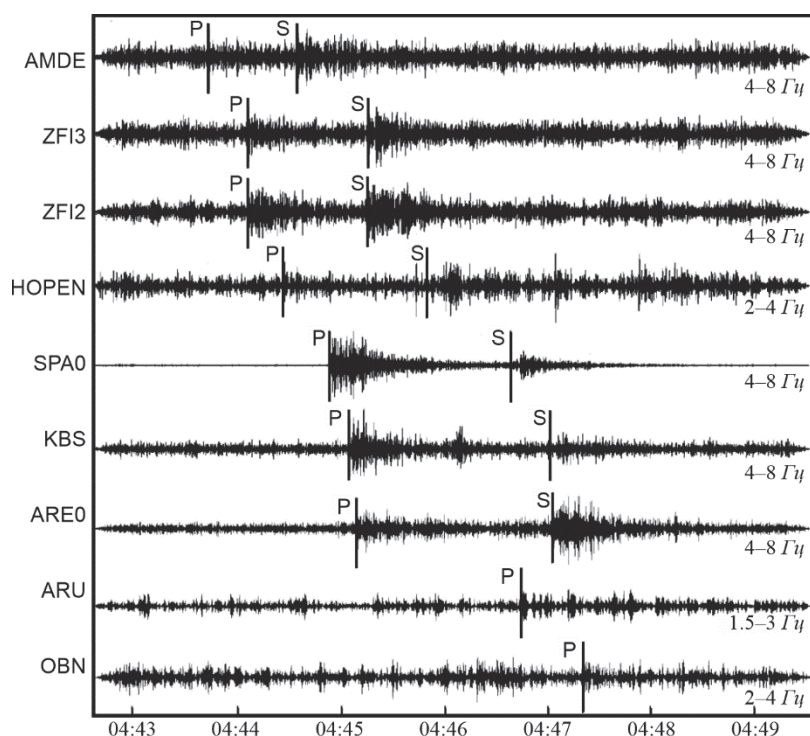


Рис. 3. Фрагменты сейсмограмм землетрясения, зарегистрированного 4 марта в 04^h42^m с $ML_{АН}=3.3$ в районе архипелага Новая Земля

Оценка выделенной сейсмической энергии проводилась по аналогии с работой [27] по формуле К. Касахара [28]:

$$\lg E, \text{ Дж} = 2.4m_b - 1.2,$$

в которой использовались значения $m_{b,ISC}$ для 54 землетрясений и $m_{b,ISC}$ для восьми землетрясений (табл. 1).

Таблица 1. Число землетрясений разных магнитуд m_b и суммарная выделенная сейсмическая энергия ΣE в Арктическом бассейне за 2014 г.

Год	m_b						N_Σ	$\Sigma E,$ 10^{11} Дж
	3.1–3.5	3.6–4.0	4.1–4.5	4.6–5.0	5.1–5.5	5.6–6.0		
2014	23	24	8	6	1	0	62	5.24

Выводы. Сейсмичность, зарегистрированная в 2014 г. в границах региона «Арктика», является типичной для данного региона как по распределению эпицентров, так и по выделенной сейсмической энергии. Особенностью этого года, в отличие от предыдущих, является регистрация слабой сейсмичности на севере шельфа Баренцева и Карского морей, ставшая возможной благодаря возобновлению инструментальных наблюдений на архипелаге Земля Франца-Иосифа, а также зарегистрированное вне срединно-океанических хребтов, в пределах архипелага Новая Земля, землетрясение 4 марта с $ML_{АН}=3.3$ [21].

Л и т е р а т у р а

1. Панасенко Г.Д. Проблемы сейсмического районирования Западного сектора советской Арктики // Природа и хозяйство Севера. – 1986. – Вып. 14. – С. 4–6.
2. Аветисов Г.П. Сейсмоактивные зоны Арктики. – СПб: ВНИИОкеангеология, 1996. – 185 с.
3. Ассиновская Б.А. Сейсмичность Баренцева моря. – М.: РАН, 1994. – 128 с.
4. Morozov A.N., Konechnaya Ya.V. Monitoring of the Arctic region: contribution of the Arkhangelsk seismic network // Journal of Seismology. – 2013. – 17. – № 2 – P. 819–827. – Doi: <https://doi.org/10.1007/s10950-012-9356-x>
5. Конечная Я.В. Каталог землетрясений Архангельской области за 2014 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 23 (2014 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – Приложение на CD-ROM.
6. Баранов С.В., Петров С.И., Нахшина Л.П. Каталог землетрясений Баренц-Евро/Арктики (архипелаг Шпицберген) в 2014 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 23 (2014 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – Приложение на CD-ROM.
7. Аветисов Г.П. Каталог землетрясений Арктического бассейна за 2014 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 23 (2014 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – Приложение на CD-ROM.
8. Сейсмологический бюллетень (сеть телесеизмических станций), 2014. (2020) // ФИЦ ЕГС РАН [Сайт]. – URL: ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_bulletin/2014
9. Болдырева Н.В., Аторина М.А., Бабкина В.Ф., Лёвкина А.В., Малянова Л.С., Павская И.М., Рыжикова М.И., Щербакова А.И. Каталог землетрясений Земли за 2014 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 23 (2014 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – Приложение на CD-ROM.
10. International Seismological Centre (2020) // On-line Bulletin. – Doi: <https://doi.org/10.31905/D808B830>
11. Баранов С.В., Петров С.И. Сейсмические станции региона Арктика в 2014 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 23 (2014 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – Приложение на CD-ROM.
12. Конечная Я.В. Сейсмические станции региона Арктика в 2014 году // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 23 (2014 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – Приложение на CD-ROM.
13. Баранов С.В., Петров С.И. Сейсмические станции Кольского филиала ФИЦ ЕГС РАН, работавшие на территории Арктики в 2014 году // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – С.232–239. – Doi: 10.35540/1818-6254.2019.22.20
14. Аветисов Г.П. Арктический бассейн за 2001 год // Землетрясения Северной Евразии в 2001 году. – Обнинск: ГС РАН, 2007. – С. 248–251.
15. Красилов С.А., Коломиец М.В., Акимов А.П. Организация процесса обработки цифровых сейсмических данных с использованием программного комплекса WSG // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы Международной сейсмологической школы. – Обнинск: ГС РАН, 2006. – С. 77–83.
16. Морозов А.Н., Ваганова Н.В. Годографы региональных волн P и S для районов срединговых хребтов Евро-Арктического региона // Вулканология и сейсмология. – 2017. – № 2. – С. 59–67.
17. Kremenetskaya E., Asming V., Ringdal F. Seismic location calibration of the European Arctic // Pure and Applied Geophysics. – 2001. – 158. – № 1–2. – С. 117–128.
18. Габсатарова И.П. Внедрение в рутинную практику подразделений Геофизической службы РАН процедуры вычисления локальной магнитуды // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы Международной Сейсмологической школы. – Обнинск: ГС РАН, 2006. – С. 49–53.
19. Асминг В.Э. Создание программного комплекса для автоматизации детектирования, локации и интерпретации сейсмических событий и его использование для изучения сейсмичности Северо-западного региона // Диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. – М.: Ин-т динамики геосфер РАН, 2004. – 140 с.
20. Kremenetskaya E., Baranov S., Filatov Y., Asming V., Ringdal F. Study of seismic activity near the Barentsburg mine (Spitsbergen) // NORSAR Scientific Report: Semiannual Technical Summary. – 2001. – № 1–2001. – С. 114–121.
21. Морозов А.Н., Баранов С.В., Петров С.И., Нахшина Л.П., Конечная Я.В., Аветисов Г.П. Каталог землетрясений региона «Арктика» за 2014 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 23 (2014 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – Приложение на CD-ROM.
22. Лукаш Н.А. Каталог механизмов очагов землетрясений региона Арктика за 2014 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 23 (2014 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – Приложение на CD-ROM.
23. Global Centroid Moment Tensor (GCMT) Catalog Search [Site]. – URL: <http://www.globalcmt.org/>
24. Антоновская Г.Н., Данилов К.Б., Конечная Я.В., Данилов А.В. Установка и первые результаты работы сейсмической станции ZFI на архипелаге Земля Франца-Иосифа // Физический вестник Института естественных наук и биомедицины САФУ. – 2011. – Вып. 10. – С. 31–38.

25. Аветисов Г.П. Сейсмическое районирование территории архипелага Земля Франца-Иосифа // Геофизические методы разведки в Арктике. – Л.: 1971. – Вып. 6. – С. 128–134.
26. Morozov A.N., Vaganova N.V., Asming V.E., Konechnaya Y.V., Evtuygina Z.A. The instrumental seismicity of the Barents and Kara sea region: relocated event catalog from early twentieth century to 1989 // Journal of Seismology. – 2018. – 22. – № 5. – pp. 1171–1209. – Doi: <https://doi.org/10.1007/s10950-018-9760-y>
27. Аветисов Г.П., Жолондз А.С. Арктический бассейн // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – С. 268–272. – Doi: 10.35540/1818-6254.2019.22.24
28. Касахара К. Механика землетрясений. – М.: Мир, 1985. – С. 25.

ARCTIC

A.N. Morozov^{1,2}, G.P. Avetisov³, G.N. Antonovskaya², V.E. Asming¹, S.V. Baranov¹,
N.V. Vaganova², Yu.A. Vinogradov¹, A.S. Jolondz³, Ya.V. Konechnaya^{1,2},
A.V. Fedorov¹, I.S. Fedorov¹

¹Geophysical Survey of the Russian Academy of Sciences, Russia: Obninsk, morozovalexey@yandex.ru;
Apatity, andrey_v_fedorov@inbox.ru; Arkhangelsk, arh-seismo@yandex.ru

²Federal Research Center for the Comprehensive Study of the Arctic named after Academician
of the Russian Academy of Sciences N.P. Laverov, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,
Arkhangelsk, Russia, essm.ras@gmail.com

³Federal State Budgetary Institution “Academician I.S. Gramberg All-Russian Scientific Research Institute
for Geology and Mineral Resources of the Ocean” of the Ministry of Natural Resources of the Russian Federation,
Saint-Petersburg, Russia. gpavet@mail.ru

Abstract. The article provides an overview and analysis of seismicity within the boundaries of the Arctic region for 2014, a description of seismic station networks and processing methods. The catalog of earthquakes in the Arctic region was compiled on the basis of catalogs of several organizations and seismological centers. In total, 452 earthquakes with $ML \geq 1.5$ are included in the earthquake catalog. Most of the earthquakes occurred in 2014, including all the strongest earthquakes, were located within the mid-ocean ridges of Mon, Knipovich and Gakkel. In the offshore territories, most of the earthquakes were confined to the Svalbard archipelago, in particular, to the seismically active zone in the Sturfjord strait. The renewal of instrumental seismological observations in 2011 (station ZFI) on Alexandra Land Island in the Franz Josef Land archipelago made it possible to record weak earthquakes in the north of the shelf of the Barents and Kara Seas. For seven earthquakes, the focal mechanism parameters are presented according to Global CMT catalog.

Keywords: Arctic, earthquake, seismicity, seismic stations.

DOI: 10.35540/1818-6254.2020.23.22

For citation: Morozov, A.N., Avetisov, G.P., Antonovskaya, G.N., Asming, V.E., Baranov, S.V., Vaganova, N.V., Vinogradov, Yu.A., Jolondz, A.S., Konechnaya, Ya.V., Fedorov, A.V., & Fedorov, I.S. (2020) [Arctic]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 23(2014), 228–234. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2020.23.22

References

1. Panasenko, G. (1986). [Problems of seismic zoning of the Western sector of Soviet Arctic]. *Priroda i khoziaistvo Severa* [The nature and economy of the North], 14, 4–6. (In Russ.).
2. Avetisov, G.P. (1996). *Seismoaktivnye zony Arktiki* [Seismically active zones in the Arctic]. Saint-Petersburg, Russia: VNIIOkeangeologia Publ., 186 p. (In Russ.).
3. Assinovskaya, B. (1994). *Seismichnost' Barentseva moria* [Seismicity of the Barents sea]. Moscow, Russia: Russian Academy of Science Publ., 128 pp. (In Russ.).
4. Morozov, A.N., & Konechnaya, Y.V. (2013). Monitoring of the Arctic region: contribution of the Arkhangelsk seismic network. *Journal of Seismology*, 17(2), 819–827. Doi: <https://doi.org/10.1007/s10950-012-9356-x>
5. Konechnaya, Ya.V. (2020). [Catalog of earthquakes of the Arkhangelsk region for 2014]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 23(2014), Appendix on CD. (In Russ.).
6. Baranov, S.V., Petrov, S.I., & Nakhshina, L.P. (2020). [Earthquake catalog of the Barents Euro/Arctic region (Svalbard archipelago) in 2014]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 23(2014), Appendix on CD. (In Russ.).

7. Avetisov, G.P. (2020). [Earthquake catalog of the Arctic in 2014]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 23(2014), Appendix on CD. (In Russ.).
8. GS RAS, Bulletin of Teleseismic Stations, 2014. (2020). Retrieved from ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_bulletin/2014/
9. Boldyreva, N.V., Atorina, M.A., Babkina, V.F., Levkina, A.V., Malianova, L.S., Pavskaia, I.M., Ryzhikova, M.I., & Shcherbakova, A.I. (2020). [Earthquake catalog for 2014]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 23(2014), Appendix on CD. (In Russ.).
10. International Seismological Centre. (2020). On-line Bulletin, Internatl. Seis. Cent., Thatcham, United Kingdom. Retrieved from <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/bulletin/>
11. Baranov, S.V., & Petrov, S.I. (2020). [Seismic stations of the Kola branch of GS RAS, operating in the Arctic in 2014]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 23(2014), Appendix on CD. (In Russ.).
12. Konechnaya, Ya.V. (2020). [Seismic stations in the Arctic region in 2014]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 23(2014), Appendix on CD. (In Russ.).
13. Baranov, S.V., & Petrov, S.I. (2019). [Barents-Euro/Arctic]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 23(2014), 232–239. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2019.22.20
14. Avetisov, G.P. (2020). [Arctic]. In *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii v 2001*. [Earthquakes in Northern Eurasia, 2001] (pp. 248–251). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
15. Krasilov, S.A., Kolomiets, M.V., & Akimov, A.P. (2006). [Organization of digital seismic data processing using the WSG software]. In *Materialy Mezhdunarodnoi seismologicheskoi shkoly "Sovremennye metody obrabotki i interpretatsii seismologicheskikh dannykh"* [Proceedings of the International Seismological Workshop "Modern Methods of Processing and Interpretation of Seismological Data"] (pp. 77–83). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
16. Morozov, A.N., & Vaganova, N.V. (2017). The travel times of regional P and S for spreading ridges in the European Arctic. *Journal of Volcanology and Seismology*, 11(2), 156–163.
17. Kremenetskaya, E., Asming, V., & Ringdal, F. (2001). Seismic location calibration of the European Arctic. *Pure and applied geophysics*, 158(1–2), 117–128.
18. Gabsatarova, I.P. (2006). [Introduction into routine practice of divisions of Geophysical Survey of RAS of procedure of calculation of local magnitude]. In *Materialy Mezhdunarodnoi seismologicheskoi shkoly "Sovremennye metody obrabotki i interpretatsii seismologicheskikh dannykh"* [Proceedings of the International Seismological Workshop "Modern Methods of Processing and Interpretation of Seismological Data"] (pp. 49–53). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
19. Asming V.E. (2004). *Sozdanie programmnoho kompleksa dlia avtomatizatsii detektirovaniia, lokatsii i interpretatsii seismicheskikh sobytii i ego ispol'zovanie dlia izucheniia seismichnosti Severo-zapadnogo regiona*. Diss. Kand. fiziko-matem. nauk [Creation of a software package for the automation of detection, location and interpretation of seismic events and its use for studying the seismicity of the North-West region. Cand. phys. and math. sci. diss.]. Moscow, Russia, 140 p. (In Russ.).
20. Kremenetskaya, E., Baranov, S., Filatov, F., Asming, V.E., & Ringdal, F. (2001). Study of seismic activity near the Barentsburg mine (Spitsbergen). *NORSAR Scientific Report: Semiannual Technical Summary*, (1–2001), 114–121.
21. Morozov, A.N., Baranov, S.V., Petrov, S.I., Nakhshina, L.P., Konechnaya, Ya.V., & Avetisov, G.P. (2020). [Earthquake catalog of the Arctic region in 2014]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 23(2014), Appendix on CD. (In Russ.).
22. Lukash, N.A. (2020). [Catalog of earthquake focal mechanisms for the Arctic region in 2014]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 23(2014), Appendix on CD. (In Russ.).
23. Global CMT catalog. (2020). Retrieved from <http://www.globalcmt.org/>
24. Antonovskaya, G.N., Danilov, K.B., Konechnaya, Ya.V., & Danilov, A.V. (2011). [Installation and first results of the ZFI seismic station on the Franz Josef Land archipelago]. *Fizicheskii vestnik Instituta estestvennykh nauk i biomeditsiny SAFU* [Physical Bulletin of the Institute of Natural Sciences and Biomedicine, NArFU], 10, 31–38. (In Russ.).
25. Avetisov, G.P. (1971). [Seismic zoning of the Franz Josef Land archipelago] *Geofizicheskie metody razvedki v Arktike* [Geophysical exploration methods in the Arctic], 6, 128–134. (In Russ.).
26. Morozov, A.N., Vaganova, N.V., Asming, V.E., Konechnaya, Y.V., & Evtyugina, Z.A. (2018). The instrumental seismicity of the Barents and Kara sea region: relocated event catalog from early twentieth century to 1989. *Journal of Seismology*, 22(5), 1171–1209. Doi: <https://doi.org/10.1007/s10950-018-9760-y>
27. Avetisov, G.P., & Jolondz, A.S. (2019). Arctic. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22(2013), 268–272. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2019.22.24.
28. Kasakhara, K. (1985). *Mekhanika zemletryaseniia* [Earthquake mechanics]. Moscow: Mir publ. (In Russ.).