

## АРХАНГЕЛЬСКАЯ ОБЛАСТЬ

В.И. Французова<sup>1,2</sup>, Я.В. Конечная<sup>2,1</sup>, Е.В. Иванова<sup>2</sup><sup>1</sup>Институт экологических проблем Севера УрО РАН,  
г. Архангельск, [vifrancuzova@gmail.com](mailto:vifrancuzova@gmail.com)<sup>2</sup>Сектор сейсмического мониторинга Севера Русской плиты ГС РАН,  
г. Архангельск, [arh-seismo@yandex.ru](mailto:arh-seismo@yandex.ru)

Анализ сейсмичности выполнялся, как и ранее [1, 2], для Севера Русской плиты, являющегося частью территории региона XIV – «Восточно-Европейская платформа» [3], в пределах 16-угольника (1. 60.8°N, 49.3°E; 2. 60.8°N, 38.5°E; 3. 62.6°N, 37.0°E; 4. 63.6°N, 35.9°E; 5. 65.3°N, 35.5°E; 6. 65.8°N, 35.7°E; 7. 65.8°N, 39.0°E; 8. 66.7°N, 42.0°E; 9. 82.0°N, 42.0°E; 10. 82.0°N, 70.0°E; 11. 68.5°N, 70.0°E; 12. 67.0°N, 62.0°E; 13. 67.0°N, 52.0°E; 14. 65.1°N, 49.1°E; 15. 64.8°N, 50.5°E; 16. 60.8°N, 49.3°E) и изображенного на рис. 1.

**Сеть станций.** Дополнительно к описанным в [2] семи цифровым станциям – «Архангельск» (ARH), «Климовская» (KLMR), «Пермгорье» (PRGR), «Тамица» (TMCR), «Пермилово» (PRM), «Лешуконское» (LSH), «Соловки» (SLV) запущена сейсмическая станция «Амдерма». Станция оснащена регистратором типа GSR-24 (производства GeoSIG-LTD, Швейцария) и трёхкомпонентным датчиком CMG-3ESP (производства фирмы Guralp Systems Limited, Англия). Частотный диапазон, согласно паспортной амплитудно-частотной характеристике, составляет 0.001–20 Гц. Частота опроса задана 50 отсчет/с. Разрядность АЦП – 24. Организована передача данных в обрабатывающий центр в Архангельске через Интернет еженедельно или по запросу.

Ранее сейсмическая станция «Амдерма» с 22.07.1983 г. [5, 6] находилась в ведении Кольского научного центра (переименованного позже в Кольский филиал ГС РАН) [7]. Как указано в [8], станция «Амдерма» не работала из-за частых поломок кабельной линии электроснабжения. В мае 2004 г. кабельная линия окончательно вышла из строя, что требовало полной замены и, соответственно, больших финансовых вложений. В этой связи было принято решение о закрытии станции. В сентябре 2004 г. оборудование станции «Амдерма» было демонтировано и вывезено в г. Апатиты.

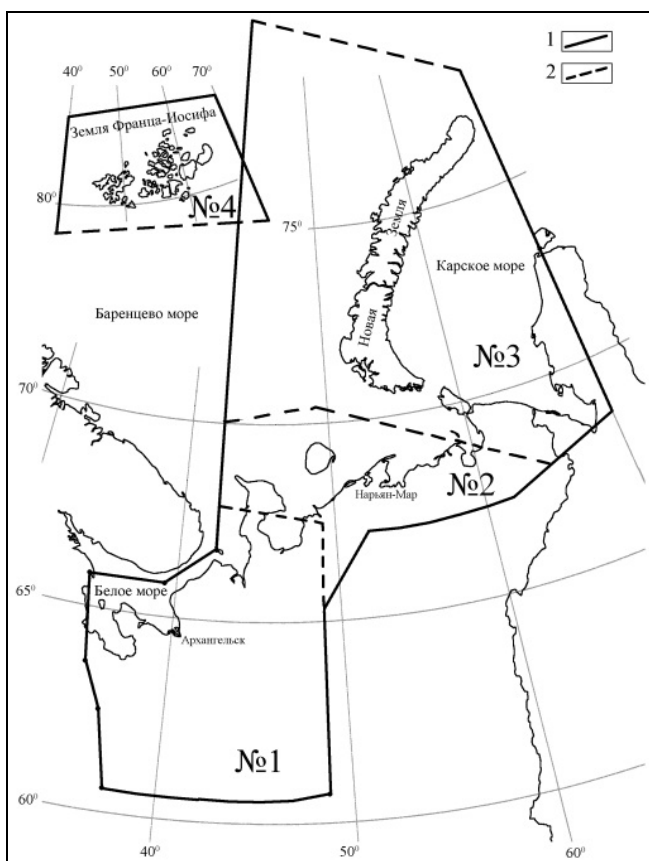


Рис. 1. Территория ответственности, контролируемая сейсмическими станциями Архангельской сети

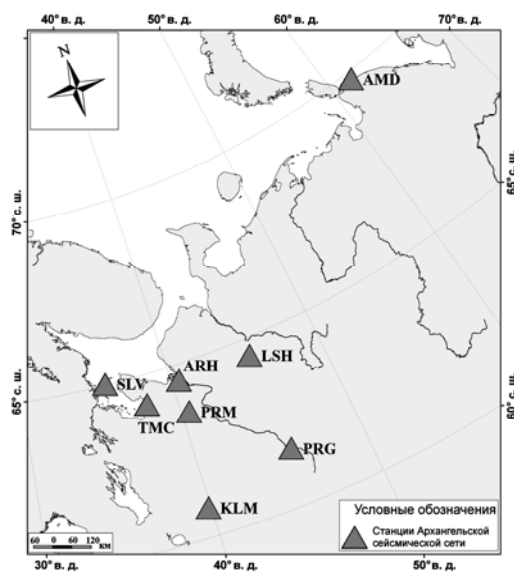
1, 2 – граница территории и района соответственно; названия районов: № 1 – Беломорско-Двинской; № 2 – Тимано-Печерский; № 3 – Новоземельско-Пай-хойский; № 4 – Земля Франца-Иосифа.

**Таблица 1.** Сведения о сейсмической станции «Амдерма» Восточной части Балтийского щита

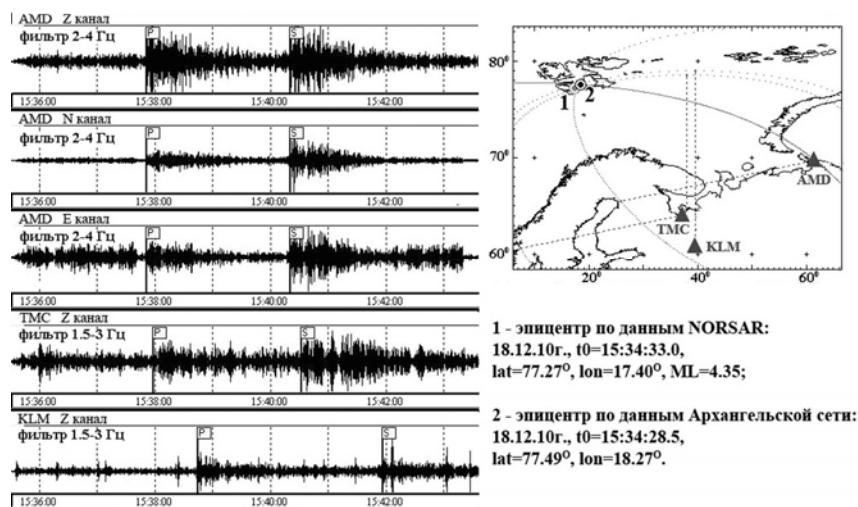
Станция Название	Код		Дата открытия	Дата закрытия	Координаты			Аппаратура				Ис- точ- ник
	станции	сети			φ°, N	λ° E	h, м	Тип прибора	Компо- нента	V <sub>max</sub>	ΔT <sub>max</sub> , с	
Амдерма	AMD		—1984		69.742	61.665		СКМ-3	N, E, Z	55000	0.60–1.00	[6–5]
	AMD	KORS	22.07.1983		69.744	61.648		5				[7–6]
	AMD	KORS			69.74	61.66	5	СКМ-3 S-500 Geoteh S-500 4 поз.	N, E, Z N, E, Z Z	55600 цифр. цифр.	0.50–0.80	[8–7]
				26.09.2004								[9–8]
AMD			28.11.2010		69.761	61.678	48	CMG-3ESP			цифр.	[4]

Список всех станций Архангельской сети и параметры аппаратуры даны по современному формату Сборника в Приложении [9]. Карта сейсмических станций Архангельской сети дана на рис. 2.

При установке сейсмической станции «Амдерма» изначально предполагалось, что станция будет являться приоритетной (наряду с широкополосными станциями «Климовская» и «Лешуконское» и короткопериодной «Соловки») в регистрации событий северных территорий. Среди региональных событий на записях станции выделяются в первую очередь землетрясения из Арктического сектора. Как видно на рис. 3, включение данных станции «Амдерма» значительно улучшает локацию Арктических землетрясений. При этом следует отметить, что при использовании фильтров 2–4 или 1.5–3 Гц фазы P- и S- выделяются более уверенно, чем на записях станций «Климовская» и «Тамица» (рис. 3). На данный момент представительной магнитудой для региональных событий, регистрируемых на сейсмограммах станции «Амдерма», можно считать величину 4.0, что полностью соответствует уровню представительности на региональных расстояниях для станций Архангельской сети в целом [10]. В дальнейшем записям именно этой станции сети следует уделять особое внимание при анализе и обработке событий, происходящих на арктических и субарктических территориях.



**Рис. 2.** Карта сейсмических станций Архангельской сети, работавших в 2010 г.



**Рис. 3.** Пример включения данных станции «Амдерма» в обработку Арктического землетрясения 18 декабря 2010 г. в районе архипелага Шпицберген

Анализ спектров вновь открытой станции «Амдерма» по участку записи с малым уровнем шумов (рис. 4) показал, что в спектре существует выраженный максимум в частотном диапазоне вблизи 0.1 Гц (естественные микросейсмы) и в области высоких частот (техногенная спектральная составляющая). В ночное время суток на спектрах хорошо выделяются наводки в виде линейчатых пиков (3.1; 6.3; 9.4; 12.4; 18.9 Гц), обусловленные воздействиями генераторных установок. В дневное время суток в области высоких частот (выше 2 Гц) наблюдается существенное повышение уровня микросейсмического фона, связанное с увеличением антропогенного воздействия на подстилающую среду в области установки сейсмической станции.

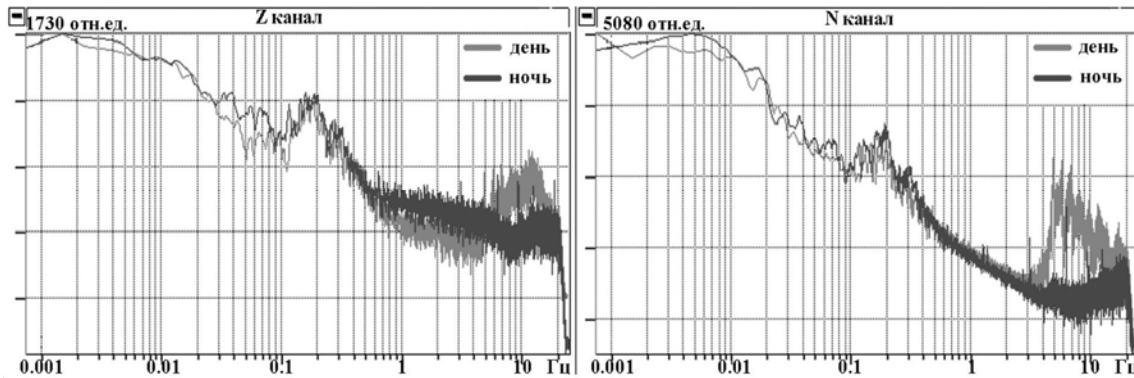


Рис. 4. Спектры записей сейсмической станции «Амдерма»

На записях станции «Амдерма» интерпретаторами регистрируются сейсмические события с различных эпицентральных расстояний. Большинство событий относятся к телесеismicким землетрясениям с магнитудой 5.8 и выше (расстояние свыше 2000 км). Согласно графику повторяемости в [2], средний уровень магнитудной представительности сети составляет 5.3. Очевидно, что вновь открытая сейсмическая станция «Амдерма» пока имеет невысокий уровень магнитудной чувствительности относительно других станций сети. Однако для более полной оценки возможностей станции по регистрации телесеismicких землетрясений необходимы как полная стабилизация работы оборудования, так и накопление статистических данных.

В 2010 г. на территории Архангельской области произошло землетрясение в районе арктического архипелага Новая Земля. Несмотря на то, что в тот момент арктических станций в составе Архангельской сейсмической сети еще не было, землетрясение было зарегистрировано и обработано по записям станций «Климовская», «Лешуконское» и «Тамица». В лаборатории сейсмологии ИЭПС УрО РАН удалось оценить положение эпицентра (11 октября 2010 г.  $t_0=22^h48^m19^s$ ,  $\varphi=76.20^\circ N$ ,  $\lambda=64.60^\circ E$ ). Отметим, что с применением фильтра 1.5–3 Гц на всех станциях фазы выделяются уверенно, зашумленность записей небольшая.

Данное сейсмическое событие было зарегистрировано отечественными и зарубежными сейсмологическими центрами (табл. 2).

Таблица 2. Разные решения параметров землетрясения на Новой Земле 11 октября 2010 г. с  $M_S=3.5_{ISC}$ ,  $m_b=4.7_{ISC}$

Агентство	$t_0$ , ч мин с	$\delta t_0$ , с	Гипоцентр					Магнитуда	Источ- ник
			$\varphi^\circ, N$	$\delta\varphi^\circ$	$\lambda^\circ, E$	$\delta\lambda^\circ$	$h, км$		
ACCO	22 48 19.8		76.2		64.6		5f		авторы
КоФ ГС РАН	22 48 28.8		76.222		63.883		0	$M_L=4.0$	[11]
NORSAR	22 48 31.0		76.1		62.4			$M_L=4.5$	[12]
MOS	22 48 25.4	1.05	76.288	0.19	64.593	0.04	10	$M_{PSP}=4.8/47$	[13]
ISC	22 48 28.82	0.58	76.300	0.02	64.265	0.02	19.4	$M_S=3.5/18, m_b=4.7/121$	[14]
ISCJB	22 48 25.6	0.15	76.299	0.03	64.341	0.03	10f	$M_S=3.5/18, m_b=4.7/121$	[14]
NEIC	22 48 27.6	0.16	76.238	0.04	64.628	0.04	10f	$m_b=4.8/59$	[14]
IDC	22 48 25.62	0.39	76.264	0.11	64.762	0.09	0f	$m_b=4.3/35$	[14]
CSEM	22 48 25.5	0.09	76.301	0.04	64.518	0.03	2	$m_b=4.6/71$	[14]
ВЛ	22 48 23.1		76.610		64.050		18	$M_S=4.2/4, m_b=4.6/24$	[14]

На рис. 5 показаны волновые формы и фрагменты обработки землетрясения, произошедшего 11 октября 2010 г. в районе архипелага Новая Земля.

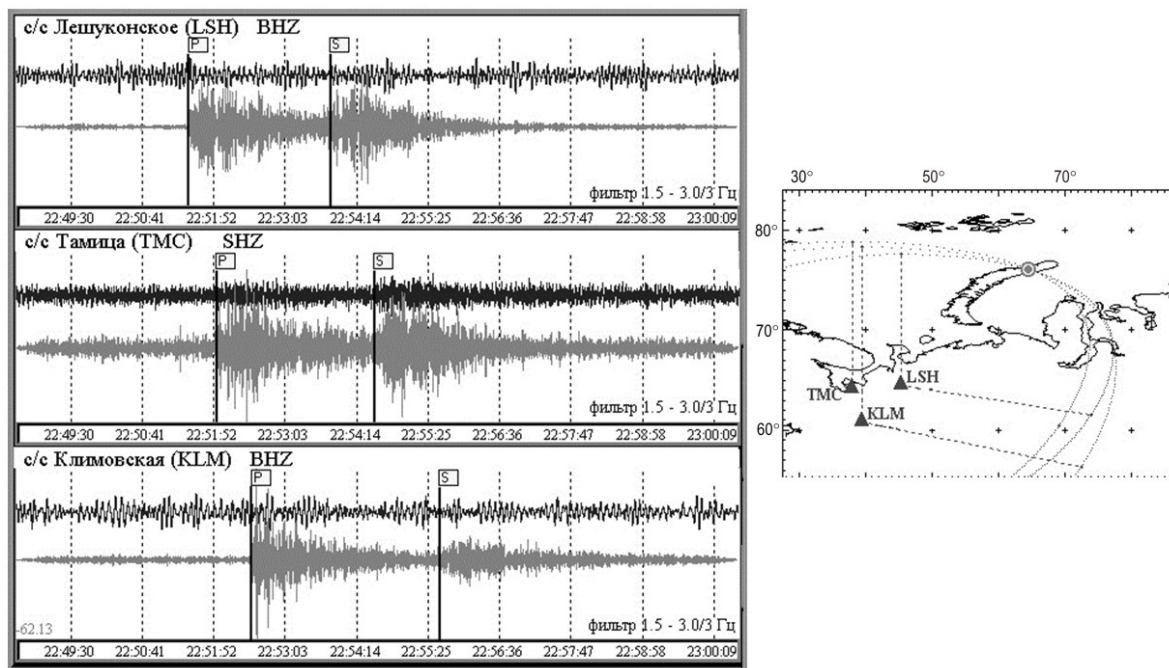


Рис. 5. Волновые формы и фрагмент обработки землетрясения на архипелаге Новая Земля 11 октября 2010 г.

Расположение разных решений в плане изображено на рис. 6.

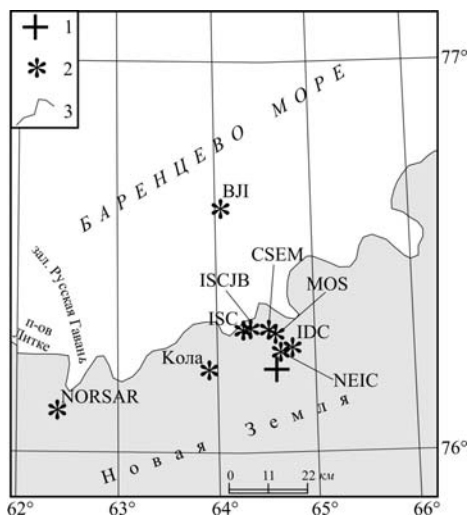


Рис. 6. Решения эпицентра землетрясения на Новой Земле 11 октября 2010 г. с  $M_s=3.5_{ISC}$ ,  $m_b=4.7_{ISC}$

1 – инструментальный эпицентр ACCO; 2 – эпицентр по данным; 3 – береговая линия.

Как видим, решение Архангельской сети достаточно близко к решениям NEIC, IDC, MOS, CSEM и ISC, хотя и южнее всех перечисленных. Решение Кола хорошо согласуется с ACCO по широте, но в 20 км западнее от него. Самые неточные решения этого эпицентра по данным агентств NORSTAR и VJI.

По имеющимся данным, в районе эпицентра события не существует действующих добывающих предприятий, полигонов и других промышленных объектов. Проверить событие по критериям разделения взрывов и землетрясений [15] в данном случае не представляется возможным, поскольку оно удалено от имеющихся сейсмических станций на значительное расстояние и отсутствуют примеры техногенных событий из этого района. Природа данного события, вероятнее всего, тектоническая. Заметим, что относительно его природы существует и иное мнение. В [11] авторы обосновывают происхождение события образованием айсберга (так называемое «льдотрясение»). Тем не менее, наиболее вероятным механизмом представляется его тектоническое происхождение, и в силу этого

возможность включения его в каталог землетрясений Архангельской области [16].

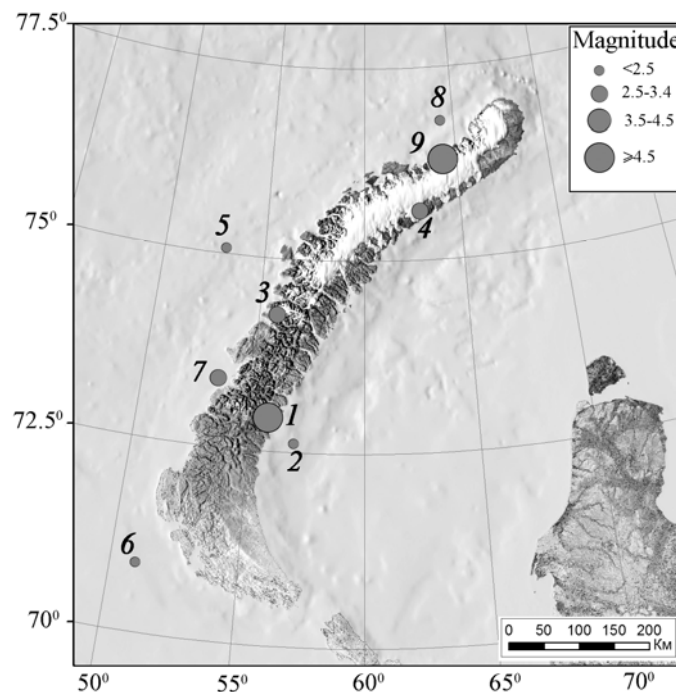
**История мониторинга на архипелаге Новая Земля.** Отметим, что проведение различного рода мониторинга (в том числе сейсмического) этого района Арктики весьма важно по нескольким причинам: в XX веке на архипелаге проводились ядерные испытания [17, 18], а в настоящее время в районе Карского и Баренцева морей активно ведется разведка нефтяных

месторождений. Здесь за весь период инструментальных сейсмологических наблюдений каталог International Seismological Centre (ISC) содержит информацию о 59 сейсмических событиях [14]. Большинство их них – ядерные взрывы, проводимые на полигоне «Новая Земля» в советское время. Воздушные ядерные испытания были прекращены на архипелаге в 1963 г., последние подземные ядерные взрывы проведены 24 октября 1990 г. [17]. Учитывая это обстоятельство и проанализировав имеющуюся информацию о взрывах в районе Новой Земли [19, 20], из каталога ISC были отобраны данные о сейсмических событиях, не идентифицированных как взрывы (табл. 3) и имеющих, по всей вероятности, естественную природу. События зарегистрированы в период после 1990 г., за исключением события № 1.

**Таблица 3.** Список сейсмических событий, зарегистрированных в районе Новой Земли за период с 1986 по 2010 г.

№	Дата, д м год	$t_0$ , ч мин с	Гипоцентр			Магнитуда				Источник
			$\varphi^\circ$ , N	$\lambda^\circ$ , E	$h$ , км	$M_s$	$m_b$	$MPSP$	$M_L$	
1	01.08.1986	13 56 37.07	72.931	55.756	10f	3.7/1	4.8/13	4.4/4		[14]
2	16.08.1997	02 10 59.18	72.617	56.935	10f		3.8/3		3.6	[12, 14]
3	23.02.2002	01 21 12.17	74.267	55.830	10f		3.0/1	3.9/2	3.0	[12–14]
4	08.10.2003	23 07 19.70	75.642	62.892					2.6	[12]
5	14.03.2006	20 57 02.40	75.072	53.056					2.2	[12]
6	30.03.2006	10 46 02.43	70.889	51.013	0f				2.3	[12, 14]
7	26.06.2007	03 19 19.40	73.4	53.4					2.8	[12]
8	05.03.2006	23:17:35.73	76.8	64.3					2.5	[12]
9	11.10.2010	22 48 28.82	76.300	64.264	19.4	3.5/18	4.7/121	4.8/47		[11–13]

Механизмы возникновения сейсмических событий, произошедших в районе архипелага Новая Земля (рис. 7), подробно изучены специалистами всего мира [19, 21, 22]. В результате тщательного рассмотрения [19, 21, 22] события № 1 и № 2 из табл. 3 идентифицированы как землетрясения.



**Рис. 7.** Карта эпицентров сейсмических событий в районе архипелага Новая Земля за период с 1966–2010 г. с нумерацией согласно табл. 3

Эпицентры сейсмических событий, представленных на рис. 7, сосредоточены либо в акваториях Карского и Баренцева морей (№ 2, 5, 6, 8), либо у береговой линии (№ 1, 3, 4, 7, 9). Природа большинства данных событий до сих пор определяется неоднозначно.

## Л и т е р а т у р а

1. Юдахин Ф.Н., Французова В.И. Архангельская область // Землетрясения Северной Евразии в 1996 году. – М.: ГС РАН, 2002. – С. 152–154.
2. Французова В.И., Иванова Е.В., Конечная Я.В. Архангельская область // Землетрясения Северной Евразии, 2008 год. – Обнинск: ГС РАН, 2014. – С. 236–240.
3. Введение // Землетрясения Северной Евразии, 2008 год. – Обнинск: ГС РАН, 2014. – С. 7–13.
4. Юдахин Ф.Н., Конечная Я.В. Первые результаты эксплуатации сейсмической станции «Амдерма» в составе Архангельской сети // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы Шестой Международной сейсмологической школы. – Обнинск: ГС РАН, 2010. – С. 377–381.
5. Кондорская Н.В., Фёдорова И.В. Сейсмические станции Единой системы сейсмических наблюдений СССР (ЕССН) на 01.01.1990. – М.: ОИФЗ РАН, 1996. – 36 с.
6. Старовойт О.Е., Мишаткин В.Н. Сейсмические станции РАН. – Москва–Обнинск, ГС РАН, 2001. – 85 с.
7. Коломиец А.С., Петров С.И. Восточная часть Балтийского щита // Землетрясения Северной Евразии в 1995 году. – Обнинск: ГС РАН, 2001. – С. 140–142.
8. Баранов С.В., Петров С.И. Восточная часть Балтийского щита // Землетрясения Северной Евразии, 2004 год. – Обнинск: ГС РАН, 2010. – С. 216–219.
9. Французова В.И. (сост.). Цифровые станции Архангельской сейсмической сети в 2010 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
10. Французова В.И., Иванова Е.В., Конечная Я.В. Особенности регистрации сейсмических событий заполярной станцией «Амдерма» // Юдахинские чтения. Геодинамика и экология Баренц-региона в XXI в.: Материалы конференции с международным участием (15–18 сентября 2014 года). – Архангельск, 2014. – С. 282–286.
11. Виноградов Ю.А., Виноградов А.Н., Кровотынец В.А. Применение геофизических методов для дистанционного контроля динамики процессов деструкции ледовых покровов Арктики // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы Шестой Международной Сейсмологической школы. – Обнинск: ГС РАН, 2011. – С. 87–89.
12. NORSAR Monthly Seismic Bulletins. – URL: <http://www.norsardata.no/NDC/bulletins/norsar/>.
13. Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 2010 год / Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ГС РАН, 2010–2011. – URL: [ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic\\_bulletin/2010](ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_bulletin/2010).
14. International Seismological Centre, On-line Bulletin, Internatl. Seis. Cent., Thatcham, United Kingdom, 2013. – URL: <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/bulletin/>.
15. Морозов А.Н. Метод идентификации взрывной сейсмичности на территории Архангельской области // Вестник КРАУНЦ. – Серия: Науки о Земле. – 2008. – Выпуск № 11 – № 1. – С. 177–184.
16. Французова В.И. (отв. сост.). Каталог землетрясений Архангельской области за 2010 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
17. Прекращение ядерных испытаний – URL: <http://www.un.org/ru/events/againstnucleartestsday/history.shtml#a32>.
18. Nucleartesting – URL: <http://www.ctbto.org/nuclear-testing/>.
19. Ringdal F. Study of Low-Magnitude Seismic Events near the Novaya Zemlya Nuclear Test Site // Bulletin of the Seismological Society of America. – 87. – N 6. – P. 1563–1575.
20. Yang X., North R., Romney C. Richards P. Worldwide Nuclear Explosions – URL: [http://www.ldeo.columbia.edu/~richards/my\\_papers/WW\\_nuclear\\_tests\\_IASPEI\\_HB.pdf](http://www.ldeo.columbia.edu/~richards/my_papers/WW_nuclear_tests_IASPEI_HB.pdf).
21. Bowers D. Was the 16 August 1997 Seismic Disturbance near Novaya Zemlya an Earthquake? // Bulletin of the Seismological Society of America. – 92. – N 6. – P. 2400–2409.
22. Ассиновская Б.А. Сейсмичность Баренцева моря. – М.: РАН, 1994. – 128 с.