

## ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКАЯ ПЛАТФОРМА, УРАЛ и ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ:

УДК 550.348. (470.11)

### БАРЕНЦ-ЕВРО/АРКТИКА

С.В. Баранов, С.И. Петров

Кольский филиал ФИЦ ЕГС РАН, г. Апатиты, Россия, [bars@krsc.ru](mailto:bars@krsc.ru), [serg@krsc.ru](mailto:serg@krsc.ru)

**Аннотация.** Проводился непрерывный сейсмический мониторинг Кольского полуострова и архипелага Шпицберген с прилегающими акваториями. Регистрация сейсмических событий осуществлялась с помощью цифровой аппаратуры. Составлены оперативные каталоги землетрясений. Большое внимание уделено совершенствованию систем сейсмоинфразвукового мониторинга. На территории Балтийского щита зарегистрировано 17 сейсмических событий с магнитудами  $M_{L_{пер}}$  от 0.8 до 2.8., которые могут интерпретироваться как землетрясения тектонической природы. Наиболее сильные землетрясения были зарегистрированы в Архангельской области 28 марта 2013 г. в 07<sup>h</sup>02<sup>m</sup> с  $M_{L_{пер}}=2.9$ , в северной Норвегии 9 февраля 2013 г. в 22<sup>h</sup>59<sup>m</sup> с  $M_{L_{пер}}=2.8$  и в северной Финляндии 21 ноября 2013 г. в 13<sup>h</sup>10<sup>m</sup> с  $M_{L_{пер}}=2.7$ . 2013 г. характеризуется наименьшей сейсмической активностью за пятилетний период с 2009 по 2013 гг. В районе архипелага Шпицберген было зарегистрировано наименьшее за пятилетний период с 2009 по 2013 гг. количество землетрясений во всех диапазонах магнитуд, и выделилось наименьшее количество сейсмической энергии. С помощью сейсмоинфразвукового комплекса, установленного на архипелаге Шпицберген, проведены экспериментальные работы по мониторингу сейсмоинфразвуковой эмиссии, генерируемой ледниками. В частности, сейсмическая эмиссия, генерируемая ледниками Ис-фиорда, имеет ярко выраженный сезонный характер. Активизация наблюдается во второй половине лета и продолжается до 20-х чисел сентября. В результате проведенных исследований была убедительно показана возможность дистанционного мониторинга деструкции ледников сейсмоинфразвуковым методом.

**Ключевые слова:** сейсмоинфразвуковая эмиссия, сейсмоинфразвуковой мониторинг, Балтийский щит, Шпицберген, сейсмичность, деструкция ледников.

**DOI:** 10.35540/1818-6254.2019.22.20

**Для цитирования:** Баранов С.В., Петров С.И. Баренц-Евро/Арктика // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – С. 232–239. doi: 10.35540/1818-6254.2019.22.20

**Сеть станций.** В 2013 г. сеть сейсмических станций Кольского филиала ФИЦ ЕГС РАН состояла из цифровой трехкомпонентной широкополосной станции «Апатиты» (АРА) в г. Апатиты; сейсмической группы АРО (Апатитский ARRAY), расположенной в 17 км от г. Апатиты; станции в п. Териберка (МЕТ), работающей в тестовом режиме; станции в г. Ковдоре (КОВД), закрытой 1 октября 2013 г. после полного отключения электроэнергии и консервации шахты, в которой было установлено сейсмическое оборудование. На Шпицбергене работали две сейсмические станции и интегрированный инфразвуковой комплекс (рис. 1). Данные о сейсмических станциях и параметрах аппаратуры представлены в Приложении [1] к наст. ежегоднику.



Рис. 1. Сейсмические станции КоФ ФИЦ ЕГС РАН в 2013 г.

**Результаты сейсмического мониторинга Балтийского щита.** В 2013 г. на контролируемой территории зарегистрировано 17 сейсмических событий с магнитудами  $M_{L_{пер}}$  от 0.8 до 2.8., которые могут интерпретироваться как землетрясения тектонической природы [2]. Карта эпицентров событий представлена на рис. 2.

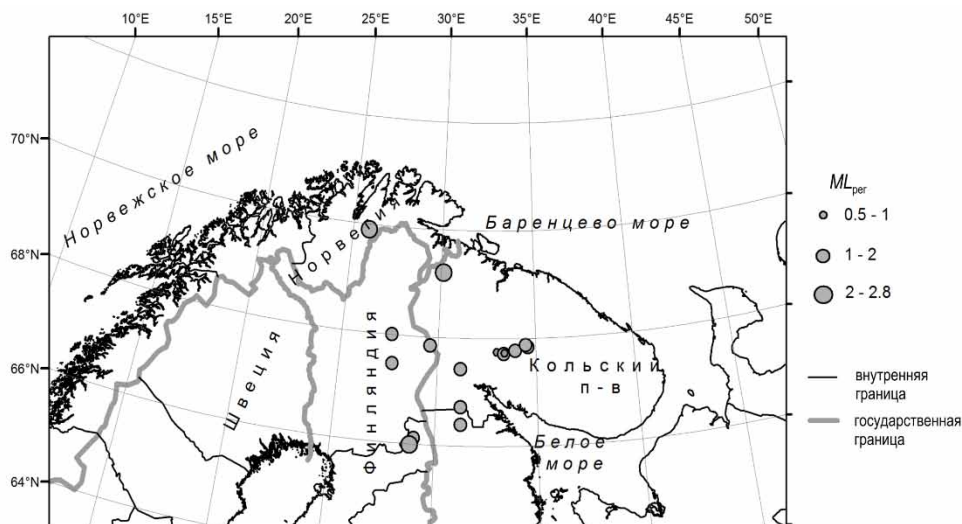


Рис. 2 Карта эпицентров землетрясений за 2013 г.

Наиболее сильные в 2013 г. землетрясения были зарегистрированы в Архангельской области 28 марта в 07<sup>h</sup>02<sup>m</sup> с  $ML_{\text{рег}}=2.9$ , в северной Норвегии 9 февраля в 22<sup>h</sup>59<sup>m</sup> с  $ML_{\text{рег}}=2.8$  и в северной Финляндии 21 ноября в 13<sup>h</sup>10<sup>m</sup> с  $ML_{\text{рег}}=2.7$ . Обращает на себя внимание некоторое увеличение сейсмической активности Хибинского массива. Здесь, вне территорий рудников, произошло пять землетрясений с магнитудами  $ML_{\text{рег}}$  от 0.8 до 2.0.

**Результаты сейсмического мониторинга района архипелага Шпицберген.** Сейсмический мониторинг на архипелаге Шпицберген проводился с помощью региональной сейсмической сети, состоящей из двух трехкомпонентных станций КоФ ФИЦ ЕГС РАН (BRBA и BRBB), расположенных в районе п. Баренцбург, сейсмической группы SPI (NORSAR, Норвегия), расположенной в районе г. Лонгиер и трехкомпонентной станции KBS (IRIS, США), расположенной в п. Нью-Олесунд (рис. 3).

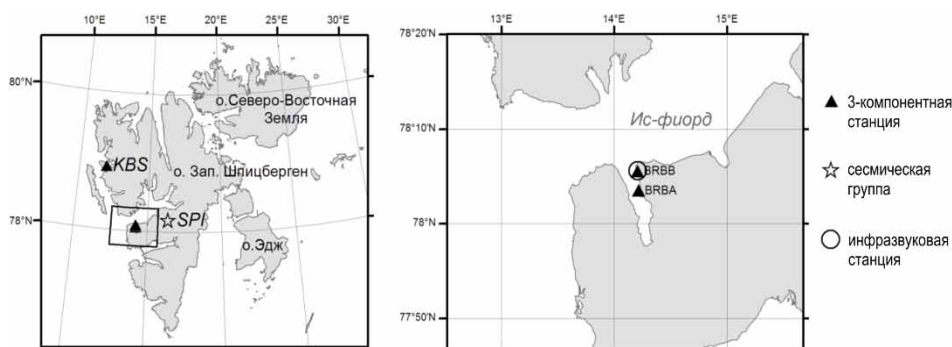


Рис. 3. Региональная сейсмическая сеть в районе архипелага Шпицберген

В 2013 г. Шпицбергена было зарегистрировано наименьшее за пятилетний период с 2009 по 2013 гг. количество землетрясений во всех диапазонах магнитуд и выделилось наименьшее количество сейсмической энергии (табл. 1). Для сравнения, суммарное энерговыделение в 2012 г. было в 3.2 раза больше, чем в 2013 году. С 2011 г. наблюдается спад сейсмической активности района Шпицбергена.

Таблица 1. Землетрясения, ранжированные по магнитудам и сейсмическая энергия в 2009 – 2013 гг.

Год	$ML_{\text{рег}}$				$N$	$\Sigma E,$ Дж
	2-3	3-4	4-5	>5		
2009	186	92	14	3	295	$5.4 \cdot 10^{14}$
2010	255	83	26	0	364	$2.5 \cdot 10^{13}$
2011	168	62	11	2	243	$3.2 \cdot 10^{14}$
2012	130	59	17	1	207	$5.8 \cdot 10^{13}$
2013	136	68	14	0	219	$1.8 \cdot 10^{13}$

В 2013 г. землетрясения с  $ML_{\text{рег}} \geq 4.0$  (14 событий) происходили как в океанической части в зонах спрединга, так и на континентальном шельфе (рис. 4). На долю этих событий приходится более 90 % всей сейсмической энергии, выделившейся в районе Шпицбергена в 2013 г. В океанической части было зарегистрировано:

- на хребте Мона – 1 событие;
- на хребте Книповича – 6 событий;
- в районе сочленения Шпицбергенской зоны разломов (ШЗР) и хребта Гаккеля – 3 события.

На континентальном шельфе в 2013 г. было зарегистрировано:

- на континентальном склоне к западу от о. Западный Шпицберген – 1 событие;
- в зоне пролива Стур-фиорд – 3 события.

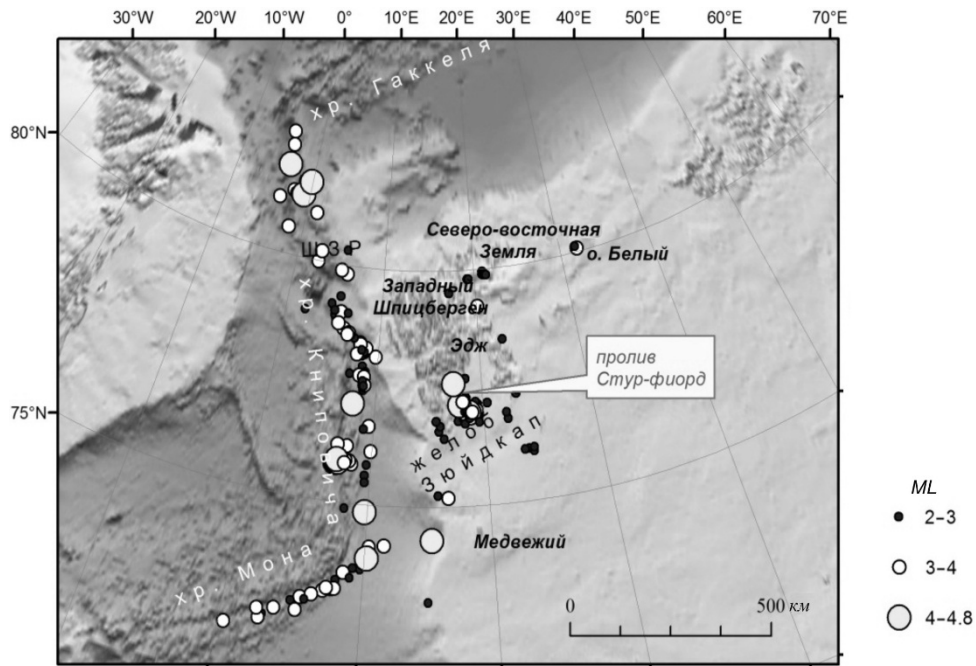


Рис. 4. Эпицентры землетрясений с  $ML_{\text{рег}} \geq 2.0$ , зарегистрированные в районе архипелага Шпицберген в 2013 г.

Годовые вариации количества землетрясений и сейсмической энергии, выделившейся в сейсмогенных зонах района Шпицбергена за 2009–2013 гг., приведены в табл. 2, соответствующие графики показаны на рис. 5. Эти данные свидетельствуют, что шельфовая часть характеризуется большим количеством сейсмических событий и меньшим (иногда на 1–2 порядка) энерговыделением, чем океаническая часть.

Таблица 2. Вариации количества землетрясений с магнитудой больше 2.0 и сейсмической энергии, выделившейся в сейсмогенных зонах в районе Шпицбергена за 2009–2013 гг.

№	Сейсмогенная зона	2009		2010		2011		2012		2013	
		N	E, Дж	N	E, Дж	N	E, Дж	N	E, Дж	N	E, Дж
Океаническая часть											
1	Хребет Мона	29	$1.9 \cdot 10^{13}$	39	$4.9 \cdot 10^{12}$	26	$2.7 \cdot 10^{14}$	58	$3.5 \cdot 10^{13}$	22	$8.4 \cdot 10^{11}$
2	Хребет Книповича	65	$4.5 \cdot 10^{12}$	31	$4.9 \cdot 10^{12}$	47	$3.2 \cdot 10^{12}$	20	$2.2 \cdot 10^{12}$	68	$1.2 \cdot 10^{13}$
3	Моллой+ШЗР	35	$5.1 \cdot 10^{14}$	29	$8.9 \cdot 10^{12}$	11	$4.0 \cdot 10^{13}$	18	$1.1 \cdot 10^{13}$	25	$1.8 \cdot 10^{12}$
	Всего	129	$5.3 \cdot 10^{14}$	99	$1.9 \cdot 10^{13}$	84	$3.1 \cdot 10^{14}$	96	$4.8 \cdot 10^{13}$	115	$1.5 \cdot 10^{13}$
Шельфовая часть											
4	Западный Шпицберген + Северо-восточная земля	14	$4.2 \cdot 10^{10}$	13	$3.1 \cdot 10^{10}$	6	$3.3 \cdot 10^{09}$	11	$1.7 \cdot 10^{10}$	17	$1.4 \cdot 10^{12}$
5	Стур-фиорд + Зюйдкапп	133	$1.6 \cdot 10^{12}$	238	$2.7 \cdot 10^{12}$	138	$7.5 \cdot 10^{12}$	85	$1.3 \cdot 10^{11}$	78	$8.8 \cdot 10^{11}$
6	Континентальный склон	9	$7.0 \cdot 10^{10}$	11	$3.2 \cdot 10^{12}$	7	$1.9 \cdot 10^{11}$	2	$1.4 \cdot 10^{10}$	4	$6.0 \cdot 10^{11}$
	Всего	156	$1.7 \cdot 10^{12}$	262	$5.9 \cdot 10^{12}$	151	$7.7 \cdot 10^{12}$	98	$1.7 \cdot 10^{11}$	99	$2.9 \cdot 10^{12}$

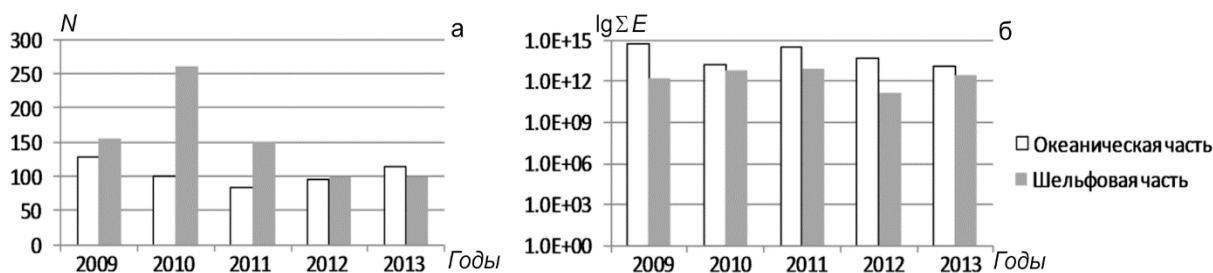


Рис. 5. Вариации количества землетрясений (а) и логарифма выделившейся суммарной сейсмической энергии (б) в океанической и шельфовой частях района архипелага Шпицберген за 2009–2013 гг. по данным КоФ ФИЦ ЕГС РАН и NORSAR

Таким образом, в 2013 г. отмечается минимальная сейсмическая активность океанической части района Шпицбергена за пятилетний период. Активность же шельфовой части возросла по сравнению с таковой в 2012 году.

**Сезонные вариации сейсмичности в районе архипелага Шпицберген.** В предыдущие годы в ходе ретроспективного изучения сейсмичности архипелага Шпицберген по данным региональной сейсмической сети, состоящей из трех сейсмических групп и трех 3-х компонентных станций, была обнаружена годовая периодичность вариаций количества землетрясений [3] как на территории архипелага Шпицберген, так и в близлежащей акватории (рис. 6 а). Это явление подтверждено также исследованиями в 2013 году. Четкую картину указанной периодичности дает график среднемесячного количества сейсмических событий, построенный методом наложения эпох (рис. 6 б). Наблюдается рост количества сейсмических событий с июля по сентябрь, затем начинается спад, продолжающийся до января. С февраля по июнь количество событий практически не меняется.

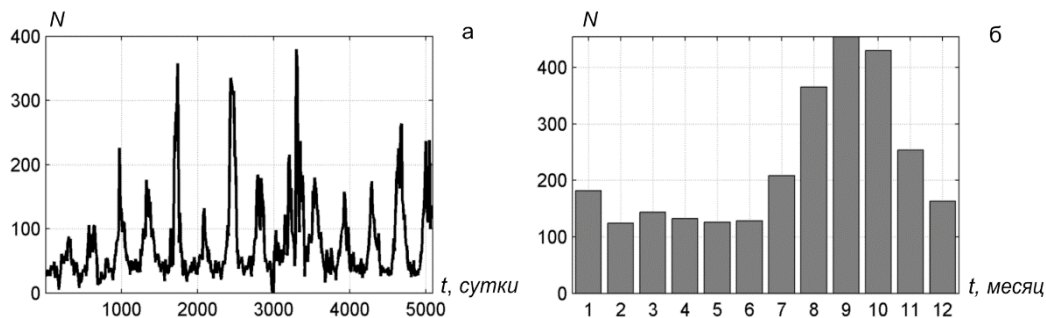


Рис. 6. Сейсмический процесс в районе архипелага Шпицберген за 2000–2013 гг.:

а – суммарное количество сейсмических событий с  $M_{L\text{пер}} \geq 1.0$  за десятидневные интервалы; б – среднемесячное количество сейсмических событий в районе исследования (метод наложения эпох).

Для изучения обнаруженного феномена был выделен район исследований, ограниченный прямоугольником от  $75^\circ\text{N}$  до  $82^\circ\text{N}$  и от  $0^\circ\text{E}$  до  $40^\circ\text{E}$ . В указанном районе отдельно рассматривались океаническая и шельфовая части архипелага. В океанической части расположены хребты Мона и Книповича, сейсмичность которых контролируется спредингом морского дна. Сейсмичность шельфовой части, состоящей из островов Северовосточная Земля, Западный Шпицберген и Баренцевоморского шельфа, включающего континентальную окраину и зону, расположенную в проливе Стур-фиорд и желобе Зюйдкапп, носит внутриплитовый характер. Представительная магнитуда региональной сети (рис. 1) для района исследований равна 1.0 (рис. 7).

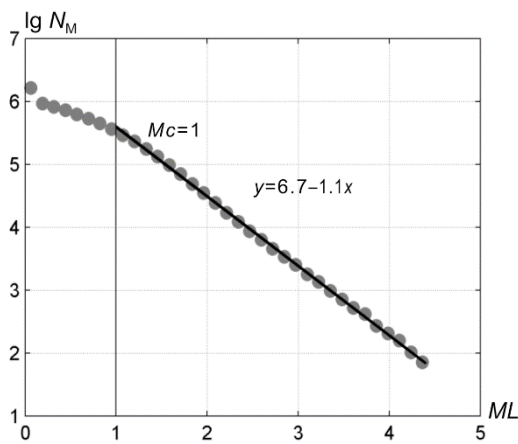


Рис. 7. График повторяемости землетрясений по магнитудам  $M_{L\text{пер}}$

База данных за 14 лет (2000–2013 гг.) содержит 37973 сейсмических события с магнитудами  $ML_{\text{пер}}$  от 1.0 до 6.0, а именно, координаты эпицентров, время в очаге, времена прихода фаз сейсмических волн на станции региональной сети и энергетические параметры. На рис. 8 показаны среднемесячные вариации количества сейсмических событий с магнитудами от 1.0 до 2.2 и больше 2.2 для океанической и шельфовой частей района исследований за период с 2000 по 2013 год.

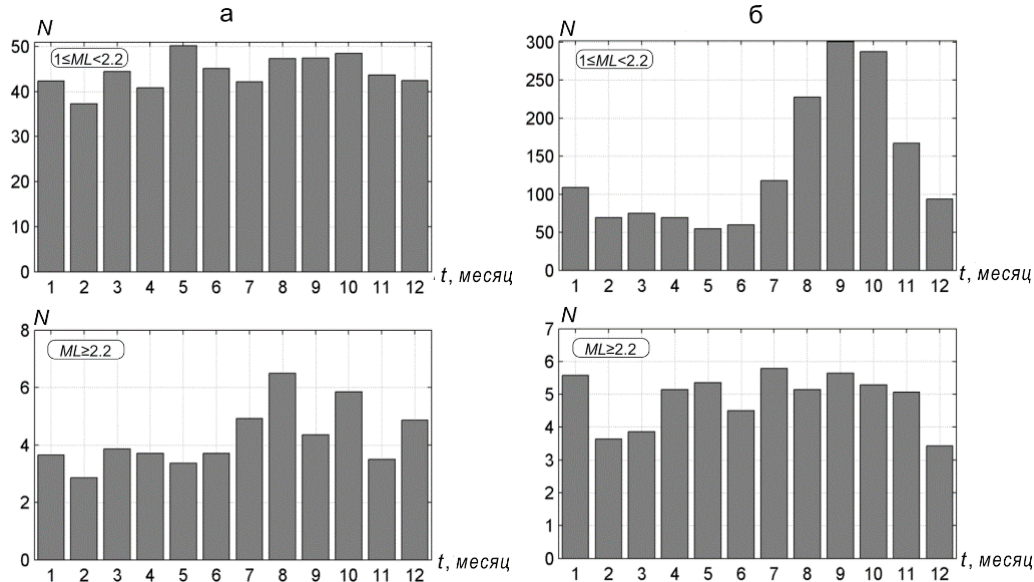


Рис. 8. Среднее количество сейсмических событий по месяцам года (метод наложения эпох) в различных диапазонах магнитуд, произошедшие в океанической (а) и шельфовой (б) частях района Шпицбергена за период с 2000 по 2013 гг.

Количество сейсмических событий с  $1.0 \leq ML_{\text{пер}} < 2.2$  шельфовой части равномерно возрастает, начиная с июля месяца до сентября. Затем равномерно убывает до февраля месяца. С марта по июнь наблюдается фоновое количество сейсмических событий. Для событий с  $ML_{\text{пер}} \geq 2.2$  в шельфовой части указанная закономерность не прослеживается (рис. 8). Так же она не прослеживается и для океанической части в различных диапазонах магнитуд. Таким образом, слабая сейсмичность шельфовой части района Шпицбергена имеет выраженный сезонный характер.

На начальном этапе изучения обнаруженного явления была выдвинута следующая гипотеза. Сезонный характер слабой сейсмичности района обусловлен процессами в криосфере Шпицбергена и, следовательно, большая часть слабых сейсмических событий является ледотрясениями. Гипотеза подтверждалась, во-первых, тем, что аналогичные вариации демонстрируют ледотрясения ледников в Гренландии [4]. Во-вторых, имеется соответствие вариаций сейсмической активности и температуры воздуха (рис. 9). Количество слабых сейсмических событий начинает возрастать с началом периода положительных температур. Повышенный фон сейсмичности сохраняется на протяжении всего теплого сезона до конца сентября. С началом периода отрицательных температур количество сейсмических событий снижается до фонового значения.

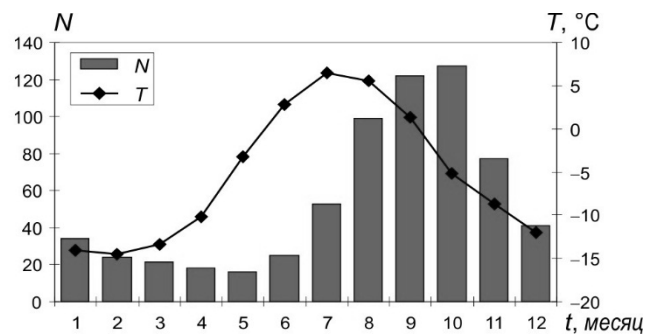
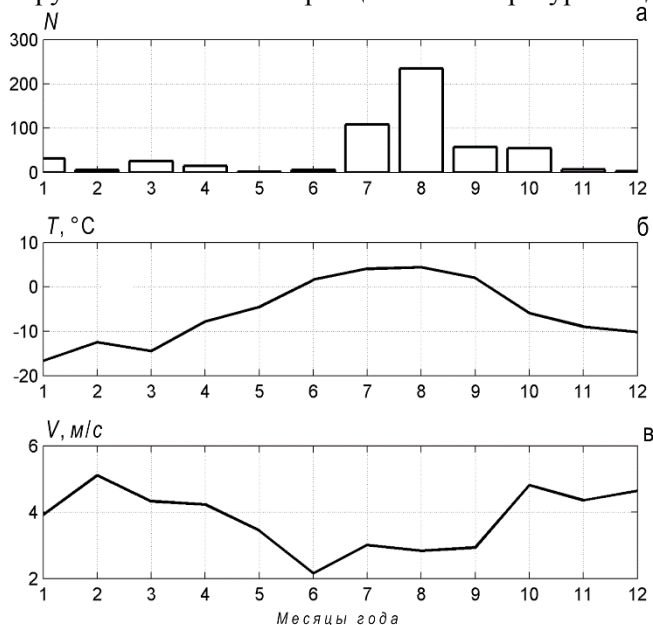


Рис. 9. Вариации количества ежесуточных сейсмических событий с  $ML_{\text{пер}} \geq 1.0$  за 2000–2013 гг. на о. Западный Шпицберген (верхний график) и температуры приземного слоя воздуха (по данным метеостанции в Лонгиербине за 2000–2013 гг.)

**Сезонные вариации инфразвуковой эмиссии.** Помимо вариаций сейсмичности, в районе Шпицбергена были обнаружены похожие вариации акустической эмиссии, которые также

согласуются с чередованием теплого и холодного времен года (рис. 10). Таким образом, можно предположить, что слабая сейсмичность и акустическая эмиссия на Шпицбергене в значительной мере генерируются процессами, происходящими в криосфере архипелага, которые контролируются сезонными вариациями температуры воздуха.



**Рис. 10.** Месячные вариации акустических и метеорологических параметров по данным норвежской станции GRUVEFJELLET за 2011–2013 гг. в районе сейсмоинфразвуковой станции BRBB:

а – количество зарегистрированных инфразвуковых событий, азимуты которых направлены в район ледников Нансена и Эсмарка (рис. 9); б – скорость ветра (м/с); в – температура воздуха на высоте 1 м (°C).

В пользу гипотезы о ледниковой природе акустической эмиссии свидетельствует тот факт, что большинство событий, азимуты которых направлены на ледники Нансена и Эсмарка, происходит в августе, причем месячные вариации количества событий (рис. 10 а) не зависят от скорости ветра (рис. 10 б), которая является основной помехой, препятствующей надежной регистрации инфразвуковых сигналов. Сопоставляя вариации количества инфразвуковых событий и температуры воздуха в приземном слое за 2011–2013 г. (рис. 10 в), можно заметить, что увеличение акустической активности соответствует периоду положительных температур. В июне температура воздуха становится положительной, начинается таяние ледников и через месяц увеличивается количество инфразвуковых событий с соответствующих направлений.

Таким образом, зафиксированы акустические проявления часто наблюдаемого явления «весеннего ускорения» (spring speedup) ледников, инициированного изменением гидрологического режима из-за увеличения потока талых вод

[5]. В силу климатических особенностей архипелага Шпицберген термин «весеннее ускорение» более уместно заменить «летним ускорением».

Для доказательства ледниковой природы инфразвуковых событий необходимо обнаружить сейсмические события, которые бы ассоциировались с инфразвуковыми сигналами, и локализовать источники этих сигналов. С этой целью в 2012–2013 гг. был проведен эксперимент по сейсмоинфразвуковому мониторингу ледников северного берега залива Ис-фиорд [6]. В результате эксперимента впервые в условиях архипелага Шпицберген были обнаружены сейсмоинфразвуковые события, генерируемые ледниками Эсмарк и Нансена. В результате эксперимента была убедительно показана возможность дистанционного мониторинга деструкции ледников сейсмоинфразвуковыми методами. В результате экспериментального сейсмоинфразвукового мониторинга района выводных ледников Эсмарка и Нансена, стекающих в залив Ис-фиорд с северного побережья, было установлено:

1. Сейсмическая эмиссия, генерируемая ледниками Ис-фиорда, имеет ярко выраженный сезонный характер. Активизация наблюдается во второй половине лета и продолжается до 20-х чисел сентября. Этот результат согласуется с ранее обнаруженными вариациями слабой сейсмичности на архипелаге Шпицберген в целом.

2. Суточный ход сейсмической эмиссии ледников согласован с суточными вариациями температуры воздуха в приземном слое, что также косвенно подтверждает ледниковую природу обнаруженных сигналов.

3. В ходе сейсмоинфразвукового мониторинга было обнаружено 228 событий, произошедших в районе ледников на северном берегу залива Ис-фиорд. Около половины (117) этих событий приурочены к краю ледника Эсмарка и, скорее всего, генерируются обрушениями края ледника.

4. Характерной особенностью этих событий является то, что они плотно сконцентрированы в 10 временных промежутках, 8 из которых приходятся на конец августа или сентября (период максимального водонасыщения и подвижности ледников). Логично предположить, что такая активизация сейсмической эмиссии, скорее всего, связана с калвингом.

5. Было показано, что в условиях Шпицбергена возможна уверенная регистрация льдотрясений с отрицательными магнитудами на расстояниях до 23 км с помощью цифровых сейсмических станций.

Таким образом, основные результаты сводятся к следующему:

1. Сейсмическая активность контролируемой территории Балтийского щита остается на уровне незначительной.

2. В результате мониторинга сейсмической активности района архипелага Шпицберген и прилегающей акватории в 2013 г. было установлено:

– 2013 г. характеризуется наименьшей сейсмической активностью за пятилетний период с 2009 по 2013 год. Активность океанической части также является минимальной за период 2009–2013 гг. Активность же шельфовой части в 2013 г. возросла по сравнению с активностью в 2012 году.

– Исследование сезонных вариаций сейсмичности за 2000–2013 гг. и акустической эмиссии за 2011–2013 гг. на архипелаге Шпицберген выявило регулярную периодичность процессов и закономерную связь их с метеоусловиями.

– Наблюдается устойчивая регулярная периодичность исключительно низкоэнергетической сейсмической эмиссии, выражающаяся в активизации слабой сейсмичности (события с  $1.0 \leq M_{L\text{per}} < 2.2$ ) с июля по сентябрь и плавным снижением ее с октября по февраль до фонового уровня. В проявлении более сильных сейсмических событий сезонность отсутствует.

– Сезонная вариабельность слабой сейсмичности на архипелаге соответствует колебаниям температуры приземного слоя воздуха, что позволяет связать генерацию слабых событий с деструкцией криосферы и отнести большую часть регистрируемых событий к генетическому типу «льдотрясений», а не землетрясений тектонической природы.

– Годовой ход вариаций низкочастотной (инфразвуковой) акустической эмиссии имеет аналогичную форму, коррелируется с ходом температуры приземного воздуха и не зависит от ветрового режима территории. Это дает основания для предположения, что значительная часть регистрируемых инфразвуковых событий является акустическим откликом на процессы деструкции ледников.

– В океанической зоне, прилегающей с запада к архипелагу Шпицберген, сезонные вариации сейсмической активности не проявляются во всем регистрируемом магнитудном диапазоне.

## Л и т е р а т у р а

1. **Баранов С.В., Петров С.И. (сост.).** Сейсмические станции Кольского филиала ГС РАН, работавшие на территории Баренц-Евро/Арктики в 2013 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – Приложение на CD\_ROM.
2. **Баранов С.В., Петров С.И., Ковалева И.С. (отв. сост.).** Каталог землетрясений Баренц-Евро/Арктики (Балтийский щит) в 2013 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – Приложение на CD\_ROM.
3. **Асминг В.Э., Баранов С.В., Виноградов А.Н., Виноградов Ю.А.** Сезонный характер сейсмичности в районе архипелага Шпицберген // Вестник МГТУ. – 2009. – 12. – № 4. – С. 571–575.
4. **Ekstrom G., Nettles M., Tsai V.C.** Seasonality and Increasing Frequency of Greenland Glacial Earthquakes // Science. – 2006. – 311. – P. 1756–1758.
5. **Willis I.C.** Interannual variations in glacier motion. // A review: Progress in Physical Geography. – 1995. – 19. – P. 61–106, doi: 10.1177/030913339501900104.
6. **Виноградов Ю.А., Асминг В.Э., Баранов С.В., Федоров А.В., Виноградов А.Н.** Сейсмоинфразвуковой мониторинг деструкции ледников (пилотный эксперимент на архипелаге Шпицберген) // Сейсмические приборы. – 2014. – 50, – № 1. – С. 5–14.

## METADATA IN ENGLISH

### *BARENTS-EURO/ARCTIC*

*S.V. Baranov, S.I. Petrov*

*Kola Branch of Geophysical Survey of the Russian Academy of Sciences,  
Apatity, Russia, [bars@krsc.ru](mailto:bars@krsc.ru), [serg@krsc.ru](mailto:serg@krsc.ru)*

**Abstract.** Continuous seismic monitoring of the Kola Peninsula and the Spitsbergen archipelago with adjacent water areas was carried out. Seismic events were recorded using digital equipment. Operational catalogs of earthquakes were compiled. Great attention is paid to the improvement of systems for seismic and infrasonic monitoring. Seventeen seismic events with magnitudes from 0.8 to 2.8 which can be interpreted as tectonic earthquakes were recorded in the Baltic Shield area. The strongest earthquakes were recorded in the Arkhangelsk region (28.03.2013,  $M=2.9$ ), in northern Norway (09.02.2013,  $ML_{per}=2.8$ ) and in northern Finland (21.11.2013,  $ML_{per}=2.7$ ). The maximum magnitude of the event in the Murmansk region was 2.3. The seismic activity in 2013 was the lowest over the last five-year period (from 2009 to 2013). The Spitsbergen archipelago was characterised by the smallest number of earthquakes in all ranges of magnitudes and by the smallest amount of released seismic energy for the five-year period from 2009 to 2013. The experimental research to monitor seismic and infrasonic emissions generated by glaciers was carried out using a seismic and infrasonic system installed before in Spitsbergen archipelago. In particular, the seismic emission generated by the Isfjord glaciers has a strong seasonality. Activation is observed in the second half of summer and continues until the 20th of September. As a result of the studies, the possibility of remote monitoring of the destruction of glaciers by seismic and infrasonic method was convincingly demonstrated.

**Keywords:** seismic and infrasonic emissions, seismic and infrasonic monitoring, Baltic Shield, Spitsbergen, Seismicity, destruction of glaciers.

**DOI:** 10.35540/1818-6254.2019.22

**For citation:** Baranov S.V., & Petrov S.I. (2019). Barents-Euro/Arctic. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22 (2013), 232–239. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2019.22

## R e f e r e n c e s

1. Baranov, S.V., & Petrov, S.I. (2019). Seismic stations of the Kola branch of the GS RAS, operating in the Barents Euro/Arctic in 2013. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22 (2013), Appendix on CD. (In Russ.).
2. Baranov, S.V., Petrov, S.I., & Kovaleva, I.S. (2019). Catalog of earthquakes of the Barents Euro / Arctic (Baltic Shield) in 2013. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22 (2013), Appendix on CD. (In Russ.).
3. Asming, V.E., Baranov, S.V., Vinogradov, AN, & Vinogradov, Yu.A. (2009). [Seasonal nature of the seismicity in the area of the Spitsbergen archipelago]. *Vestnik MGTU* [Vestnik of MSTU], 12 (4), 571–575.
4. Ekström, G., Nettles, M., & Tsai, V.C. (2006). Seasonality and increasing frequency of Greenland glacial earthquakes. *Science*, 311 (5768), 1756–1758.
5. Willis, I.C. (1995). Intra-annual variations in glacier motion: a review. *Progress in Physical Geography*, 19 (1), 61–106.
6. Vinogradov, Yu.A., Asming, V.E., Baranov, S.V., Fedorov, A.V., & Vinogradov, A.N. (2014). [Seismoinfrasound monitoring of glacier destruction (pilot experiment on the Svalbard archipelago)]. *Seismicheskie pribory* [Seismic Instruments], 50 (1), 5–14.