

УДК 550.348 (551.242.3+481.922.1)

ВОСТОЧНАЯ ЧАСТЬ БАЛТИЙСКОГО ЩИТА

А. С. Коломиец, С.И. Петров

Территория восточной части Балтийского щита, для которой составлен каталог землетрясений, зарегистрированных в 1995 г. сетью сейсмических станций Кольского регионального сейсмологического центра (КРСЦ), ограничивается контуром 60-75°N и 25-42°E (рис. 1). Регистрация сейсмических событий осуществлялась на трех сейсмических станциях: "Апатиты", "Амдерма", "Полярный Круг" и сейсмической группе "Апатитский ARRAY" (рис. 1, табл. 1).

Таблица 1. Сведения о сейсмических станциях Восточной части Балтийского щита за 1995 г.

№	Станция			Дата открытия	Координаты			Аппаратура			
	Название	Код			φ°, N	λ° E,	h _y , м	Тип прибора	Компонента	V _{max}	ΔT _{max} , с
		Межд.	Рег.								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Апатиты	APA	APA	01.07.1956	67.56	33.44	182	СКМ-3 СКМ-3, КПЧ CX СКД СКД, КПЧ GURALP CMG-3T 100sek-50Hz	N,E,Z Z N E Z N,E,Z Z N E Z	55500 5500 19150 25600 26500 1040 100	0.50-0.80 0.50-0.80 0.40-0.60 0.40-0.60 0.40-0.60 0.20-19.0 0.20-19.0
2	Апатитский ARRAY	APO	APO	01.10.1992	67.60	32.99	240 180- 245	S-500 Geoteh S-500 8 поз.	N,E,Z Z		Широкополосный сейсмометр с цифровой регистрацией Короткопериодные сейсмометры с цифровой регистрацией
3	Амдерма	AMD	AMD	22.07.1983	69.74	61.66	5	СКМ-3 S-500 Geoteh S-500 4 поз.	N,E,Z N,E,Z Z	55600	0.50-0.80
4	Полярный Круг		PLQ	02.06.1988	66.41	32.75	120	СКМ-3 1-ый 2-ой	Z Z	100000 51500	0.10-0.45 0.10-0.35
	Полярные Зори закр. 17.07.92 г.	PLZ	PLZ	19.03.1987	67.40	32.53					
	Кемь закр. 08.03.92 г.	KEM	KEM	03.08.1988	64.95	34.6					
	Умба закр. ?			1987	66.68	34.24					

Примечание. Знаком * помечена опорная станция; "1-ый" и "2-ой" указывают режимы работы сейсмографов. Даты открытия и закрытия ныне действующих и закрытых сейсмических станций уточнены по запросу редакции сборника по факту стабильного поступления в обработку сейсмограмм каждой станции. Что касается сейсмической станции "Умба", то сейсмограммы в архиве отсутствуют. Имеющиеся сведения показывают, что станция "Умба" работала эпизодически и очень короткие промежутки времени, поэтому точные даты открытия и закрытия остаются под вопросом.

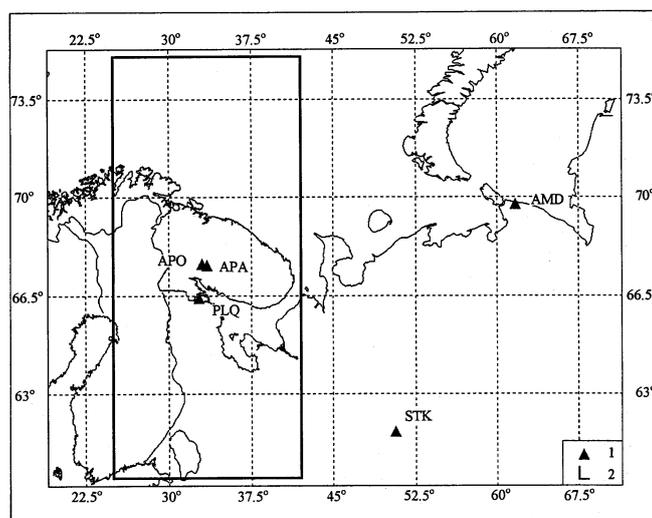


Рис. 1. Сейсмические станции КРСЦ в 1995 г.

1 – сейсмическая станция; 2 – граница региона.

Сейсмическая группа "Апатитский ARRAY" создана для повышения надежности и точности регистрации местных и близких сейсмических событий. Расположена она в 17 км к западу от г. Апатиты

вдали от источников промышленных помех. Сейсмическая группа представляет собой комбинированную установку из 11 сейсмометров типа S-500 фирмы Teledyne Geotech, равномерно распределенных на площади около 3 км². Сигналы от каждого сейсмометра, предварительно усиленные и преобразованные в цифровой код, по радиоканалам передаются в центр обработки в г. Апатиты.

На сейсмической станции "Амдерма", наряду с наблюдениями приборами СКМ-3, ведется также цифровая регистрация комбинированной установкой группы из семи сейсмометров типа S-500, размещенных в горизонтальных горных выработках, пройденных в скальных породах на глубине 15 м от дневной поверхности.

В декабре 1995 г. была открыта сейсмическая станция "Сыктывкар" (табл. 2), первая в ряду планируемой сети на территории Республики Коми. Принадлежит станция Институту геологии научного центра Коми, а в соответствии с договором о научно-техническом сотрудничестве между Институтом геологии Коми научного центра Уральского отделения РАН и Кольским региональным сейсмологическим центром она включена в сеть станций КРСЦ, образующих региональную систему сейсмологического мониторинга Европейского сектора Арктики Российской Федерации. Кольский региональный сейсмологический центр оснастил станцию сейсмографами типа СКМ-3 и приборами службы времени, а также участвовал в работах по инженерному оборудованию станции и наладке непрерывных записей на осциллографную фотобумагу.

Таблица 2. Сведения о сейсмической станции "Сыктывкар"

№	Станция			Дата открытия	Координаты			Аппаратура			
	Название	Код			φ°, N	λ° E,	h _y , м	Тип прибора	Комп- нента	V _{max}	ΔT _{max} , с
		Межд.	Рег.								
	Сыктывкар		STK	20.12.1995	61.64	50.73	140	СКМ-3	N	6400	0.10-0.40
									E	5650	0.10-0.40
									Z	9400	0.10-0.40

Приводимые в каталоге сведения об основных параметрах гипоцентров землетрясений взяты из сводного бюллетеня, составленного в соответствии с Инструкцией [1] по данным сети станции КРСЦ. В 1995 г. зарегистрировано всего семь землетрясений с энергетическим классом K=4-9 [2].

Значения классов K=lgE (Дж) вычислены на основе предварительного определения магнитуд ML. Следует отметить, что до настоящего времени систематическое определение величины энергетического класса землетрясений в нашем регионе не проводилось и региональные особенности соотношений энергетических параметров не изучались. К тому же локальные магнитуды ML(p), ML(s), M_τ, определяемые по формулам из [3,4], не могут быть использованы для статистических исследований, так как не установлены соотношения их значений с общепринятыми в мировой практике шкалами ML, Ms и m_b. Поэтому, а также из-за отсутствия региональной калибровочной кривой, в данной работе магнитуда для близких землетрясений определялась по методу Рихтера [5] – по максимальным амплитудам на сейсмограммах короткопериодных сейсмографов СКМ и СХ. При этом сначала по записям СКМ и СХ, с учетом их амплитудно-частотных характеристик, определялось истинное смещение грунта, а затем вычислялось, какой была бы соответствующая амплитуда на записи стандартного крутильного сейсмографа Вуда-Андерсона. Приведение к значению Δ=100 км производилось также с помощью экспериментально полученной таблицы значений lgA от Δ [5].

Справедливость применения метода Рихтера для определения магнитуды близких землетрясений нашего региона подтверждается сравнением результатов оценки магнитуды для землетрясения 20.05.1967 г. в Кандалакшском заливе Белого моря, полученных Г.Д. Панасенко [6], с данными наших определений.

Г.Д. Панасенко, применяя разные способы и зависимости, вычислил 16 значений магнитуды этого землетрясения и получил разброс их величин от 4.3 до 5.4, а в качестве среднего принял M=4.8±0.17. Используя величину максимального смещения горизонтальной составляющей A=35.5 микрон на расстоянии Δ=111 км, измеренную Г.Д. Панасенко на сейсмограмме станции "Апатиты", по методу Рихтера получаем ML=5.08 и в пересчете Ms=4.65 (формулы пересчета даны ниже). Эта величина отличается от среднего значения на 0.15 и близка, что особенно важно, к значениям магнитуд M=4.6-4.7, вычисленным по макросейсмическим данным – по зависимостям M от I₀, принятым для землетрясений Европы и Фенноскандии. Действительно, по формулам, приводимым В. Карником [7,8] для землетрясений Европы с глубиной очага h=31-50 км в земной коре

$$M=0.4 I_0 + 2.36, \quad (1)$$

получаем M=4.6, и для усредненной формулы для землетрясений Европы с очагами в земной коре

$$M= 0.5 I_0 + Igh + 0.35 \quad (2)$$

получаем M=4.7. Этот пример свидетельствует о приоритетном значении, по сравнению с другими способами, метода Рихтера и его экспериментальной таблицы зависимости lgA от Δ для определения магнитуд и статистического учета сейсмической энергии землетрясений Восточной части Балтийского щита.

Для перехода от значений магнитуд к энергии использовалось уравнение, предложенное М. Ботом [9]:

$$E(\text{Дж}) = 5.24 + 1.44 M_s \quad (3),$$

которое, согласно [10], использует большинство сейсмологов.

В соответствии с рекомендациями, принятыми на международном совещании по магнитуде, состоявшемся в Цюрихе в 1967 г., переход от магнитуды по объемным волнам m_b к магнитуде по поверхностным волнам осуществлялся по формуле из [11]:

$$m_b = 2.9 + 0.56 M_s, \quad (4)$$

а для согласования магнитуд по объемным волнам m_b и ML использовалось уравнение Гутенберга [12]:

$$m_b = 1.7 + 0.8 ML - 0.01 ML^2. \quad (5)$$

Согласно [1] смысл величин энергетического класса землетрясения K определен как логарифм энергии E, выраженной в джоулях:

$$K = \lg E, \text{ Дж.}$$

Поэтому можно полагать, что вычисляемые по (3) величины lgE (Дж) с учетом общепринятых зависимостей между магнитудами и энергией сопоставимы со значениями K по региональным номограммам и, следовательно, могут быть использованы для учета высвобожденной энергии.

Территориальное распределение эпицентров зарегистрированных в 1995 г. землетрясений представлено на рис. 2. Сопоставление этих данных с результатами предшествующих исследований [13,14,15] показывает, что большая часть гипоцентров находится в известных, ранее выявленных сейсмических зонах, а эпицентры двух землетрясений находятся в пределах Ловозерского горного массива,

который по геолого-геофизическим признакам может рассматриваться, как отдельная сейсмическая зона. Границы и названия сейсмических зон соответствуют контурам и наименованиям географических объектов и территорий, где произошли землетрясения. Распределение землетрясений по энергетическим классам и сейсмическим зонам приведено в табл. 3.

Небольшое число землетрясений и незначительная высвобожденная энергия указывают на низкий уровень сейсмической активности восточной части Балтийского щита в 1995 г. Суммарная высвобожденная энергия всех землетрясений $E=1.25 \cdot 10^9$ Дж, что соответствует одному слабому землетрясению с $M_s=2.7$.

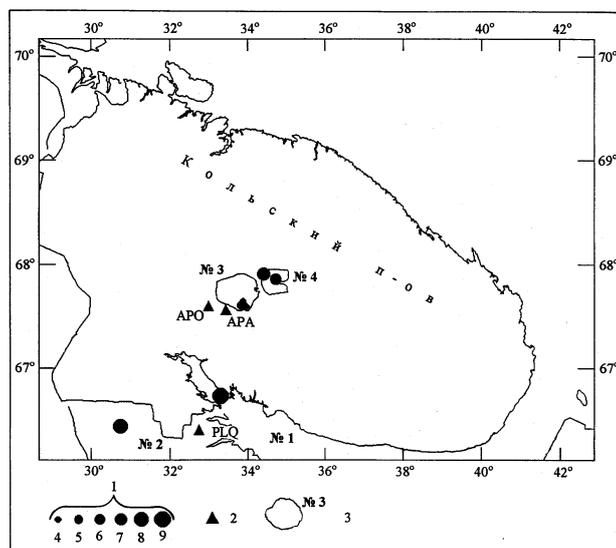


Рис. 2. Карта эпицентров землетрясений Восточной части Балтийского щита за 1995 г.

1 – расчетный энергетический класс K_p ; 2 – сейсмическая станция; 3 – граница и номер района.

Таблица 3. Распределение числа землетрясений по энергетическим классам и суммарная сейсмическая энергия по районам

№	Район	K_p						N_{Σ}	$\Sigma E \cdot 10^9$, Дж
		4	5	6	7	8	9		
1.	Кандалакшский залив	-	-	-	-	-	1	1	1.09600
2.	Северная Карелия	-	-	-	-	1	-	1	0.12500
3.	Хибинский массив	2	-	1	-	-	-	3	0.00062
4.	Ловозерский массив	-	-	1	1	-	-	2	0.02364
Всего:		2		2	1	1	1	7	1.24526

Л и т е р а т у р а

1. Инструкция о порядке производства и обработки наблюдений на сейсмических станциях Единой системы сейсмических наблюдений СССР. 1982. М.: Наука. 272 с.
2. Коломиец А.С., Нахшина Л.П. Восточная часть Балтийского щита. См. раздел III (Каталоги землетрясений) в наст. сб.
3. Кременецкая Е.О., Кузьмин И.А., Асминг В.Э. 1997. Землетрясения Восточной части Балтийского щита // Землетрясения Северной Евразии в 1992 году. М.: Изд-во Геоинформмарк. С. 110-112.
4. Коломиец А.С., Асминг В.Э., Кременецкая Е.О. 1999. Землетрясения Восточной части Балтийского щита // Землетрясения Северной Евразии в 1993 году. М.: Изд-во НИИ-Природа. С. 125-128.
5. Рихтер К.Ф. 1961. Инструментальная шкала для магнитуд землетрясений // Слабые землетрясения. М.: Изд-во ИЛ. С. 13-44.
6. Панасенко Г.Д. 1974. Землетрясение в Кандалакшском заливе Белого моря 20 мая 1967 г. // Новейшие и современные движения земной коры восточной части Балтийского щита. Петрозаводск: Изд-во Карельского филиала АН СССР. С. 47-58.
7. Karnik V. 1965a. Magnitude-Intensity relations for European and Mediterranean seismic regions // St. Geophys. Et Geodet. Praha. V.9. P. 3.
8. Karnik V. 1965b. Seismicity of Europe. Paris: Progress Report IY. IUGG Monographie – 29.
9. Båth M. 1973. Introduction to seismology. Basel and Stuttgart: Birkhauser Verlag.
10. Эйби Дж.А. 1982. Землетрясения. М.: Изд-во Недра. 264 с.
11. Рекомендации по вопросам определения магнитуды и энергетической классификации землетрясений. 1974. // Магнитуда и энергетическая классификация землетрясений. Т. II. М.: Изд-во ИФЗ АН СССР. С. 217.
12. Рихтер Ч.Ф. 1963. Элементарная сейсмология. М.: Изд-во ИЛ. 670 с.
13. Панасенко Г.Д. 1969. Сейсмические особенности северо-востока Балтийского щита. Л.: Наука. 184 с.
14. Панасенко Г.Д. 1980. Сейсмичность восточной части Балтийского щита // Сейсмичность и современные движения земной коры восточной части Балтийского щита. Апатиты: Изд-во Кольского филиала АН СССР. С. 7-24.
15. Панасенко Г.Д. 1993. Основные черты сейсмичности Фенноскандии в 1951-1985 г.г. // Физика Земли. №2. С. 57-62.