

## СЕВЕРО-ВОСТОК РОССИИ

Е.И. Алёшина, Л.В. Гунбина, Н.М. Лещук, Б.М. Седов

Магаданский филиал ГС РАН, г. Магадан, glv@memsd.ru

В 2002 г. сейсмический мониторинг Магаданской области, Чукотского автономного округа и шельфов прилегающих морей осуществлялся с помощью 12-ти сейсмических станций (табл. 1) Магаданского филиала ГС РАН (МФ ГС РАН). В действующей сети в 2002 г., по сравнению с таковой в 2001 г. [1], произошли следующие изменения: 16 февраля была окончательно закрыта временная станция «Тал-Юрях»; в мае 2002 г. законсервирована станция «Анадырь» на Чукотке в связи с тем, что с нее почти не поступали данные, а также из-за некачественной работы обслуживающего персонала; в апреле установлена временная цифровая станция «Артек» на территории Якутии, начавшая регистрацию землетрясений с 25 апреля. Фотогальванометрическая запись осталась на станциях «Омсукчан» и «Стекольный», хотя на первой из них еще с 4 июля 2001 г. параллельно работает цифровая аппаратура. Дополнительно в обработке землетрясений использовались данные цифровой станции «Усть-Нера» Якутского филиала ГС РАН. Сведения о типах и параметрах регистрирующей аппаратуры приведены в табл. 1 и 2.

Таблица 1. Сейсмические станции Северо-Востока России (в хронологии их открытия), действовавшие в 2002 г., и параметры аппаратуры с аналоговой записью

№	Станция		Дата		Координаты			Аппаратура			
	Название	Код	открытия	закрытия	$\varphi^\circ, N$	$\lambda^\circ, E$	$h_y, м$	Тип прибора	Комп-нента	$V_{max}$	$\Delta T_{max}, с$
	межд.	рег.									
1	Омсукчан	OMS	Омс	01.12.1967 04.07.2001	62.515	155.774	527	СМ-3 PAR-24В – цифровая станция	N, E, Z	12800	0.3–1.1
2	Сеймчан	SEY	Смч	03.04.1969 19.09.1999	62.9339	152.3844	218	СКМ PAR-24В – цифровая станция			
3	Сусуман	SUUS		01.08.1969 01.06.1999 17.08.1999	62.781 62.779	148.149 148.167	640				
4	Стекольный	MGD	Стк	26.03.1971	60.046	150.730	221	СМ-3 PAR-24В – цифровая станция	N, E, Z	15500	0.3–1.2
5	Анадырь	ANDR		10.11.1981 26.04.1989 00.09.1996 00.05.2002	64.783 64.734	177.583 177.496	20 55	СМ-3	N, E, Z	19000	0.2–1.1
6	Талая	TLAR	Тла	20.01.1989 29.07.1999 22.09.2000	61.129	152.392	730	СМ-3 PAR-24В – цифровая станция			
7	Магадан	MA2	Мгд	22.10.1993 31.10.1995	59.575	150.768	339	IRIS – цифровая станция			
8	Билибино	BILL	Блб	01.08.1995	68.039	166.271	299	IRIS – цифровая станция			
9	Омчак	OCHR		01.10.1999	61.665	147.867	820	PAR-24В – цифровая станция			
10	Охотск	OHTR		06.07.2000	59.369	143.331	40	PAR-24В – цифровая станция			
11	Тал-Юрях	TUR		16.03.2001 16.06.2002	63.307	146.634	55	PAR-24В – цифровая станция			
12	Артык	AYK2		25.04.2002	64.186	145.131	847	PAR-24В – цифровая станция			

Карта энергетической представительности  $K_{min}$  землетрясений, обеспечиваемая региональной сетью, показана на рис. 1. Как видим, минимальный уровень энергии представительных землетрясений соответствует  $K_{min}=6$  на участке севернее Магадана, вблизи станции «Стекольный». Землетрясения с  $K_{min}=7$  регистрируются в области наибольшей плотности станций, в центре Колымы (район № 2). В восточной части региона, на территории Чукотской автономной области (ЧАО), существующей сетью станций могут быть записаны лишь сильные ( $K_p \geq 12$ ) землетрясения. Для определения параметров эпицентров землетрясений ЧАО в 2002 г., кроме

сведений, полученных с региональных станций, использовались данные сейсмических станций США на Аляске, предоставленные профессором Мичиганского университета (MSU) К. Маккей.

Таблица 2. Данные об аппаратуре цифровых станций МФ ГС РАН

Название станции	Тип АЦП и сейсмометра	Перечень каналов	Частотный диапазон, Гц	Частота опроса данных, Гц	Разрядность АЦП	Чувствительность, велосиграф – отсчет/(м/с), акселерограф – отсчет/(м/с <sup>2</sup> )
Омсукчан	PAR-24B – CM-3	SH (N, Z, E) v	0.5–10	30	24	$2.80 \cdot 10^8$
Сеймчан	IRIS – STS-1	BH (N, Z, E) v	0.0028–3.0	30	24	$9.73 \cdot 10^{10}$
Сусуман	PAR-24B – CM-3	SH (N, Z, E) v	0.2–10	30	24	$2.80 \cdot 10^8$
Талая	PAR-24B – CM-3	SH (N, Z, E) v	0.2–10	30	24	$2.80 \cdot 10^8$
Магадан	IRIS – STS-1	BH (N, Z, E) v	0.0028–3.0	20	24	$9.89 \cdot 10^{10}$
		LH (N, Z, E) v	0.0028–0.25	1	24	$2.47 \cdot 10^{10}$
		VH (N, Z, E) v	0.0028–0.02	0.1	24	$6.18 \cdot 10^{11}$
		VM (N, Z, E) a	0–0.0028	0.01	24	$8.14 \cdot 10^{11}$
Билибино	IRIS – GS-13	EH (N, Z, E) v	0.05–20	80	24	$7.76 \cdot 10^{12}$
		SH (N, Z, E) v	0.05–20	40	24	$7.76 \cdot 10^{12}$
	IRIS – STS-1	BH (N, Z, E) v	0.0028–3.0	20	24	$9.89 \cdot 10^{10}$
		LH (N, Z, E) v	0.0028–0.25	1	24	$2.47 \cdot 10^{10}$
		VH (N, Z, E) v	0.0028–0.02	0.1	24	$6.18 \cdot 10^{11}$
		VM (N, Z, E) a	0–0.0028	0.01	24	$8.14 \cdot 10^{11}$
IRIS – GS-13	EH (N, Z, E) v	0.05–20	80	24	$7.76 \cdot 10^{12}$	
	SH (N, Z, E) v	0.05–20	40	24	$7.76 \cdot 10^{12}$	
Омчак	PAR-24B – CM-3	SH (N, Z, E) v	0.8–5.0	30	24	$2.80 \cdot 10^8$
Охотск	PAR-24B – CMG-40T	SH (N, Z, E) v	0.06–100	30	24	$2.80 \cdot 10^8$
Тал-Юрях	PAR-24B – CM-3	SH (N, Z, E) v	0.2–1.0	30	24	$2.80 \cdot 10^8$
Артык	PAR-24B – CM-3	SH (N, Z, E) v	0.8–5.0	30	24	$2.80 \cdot 10^8$

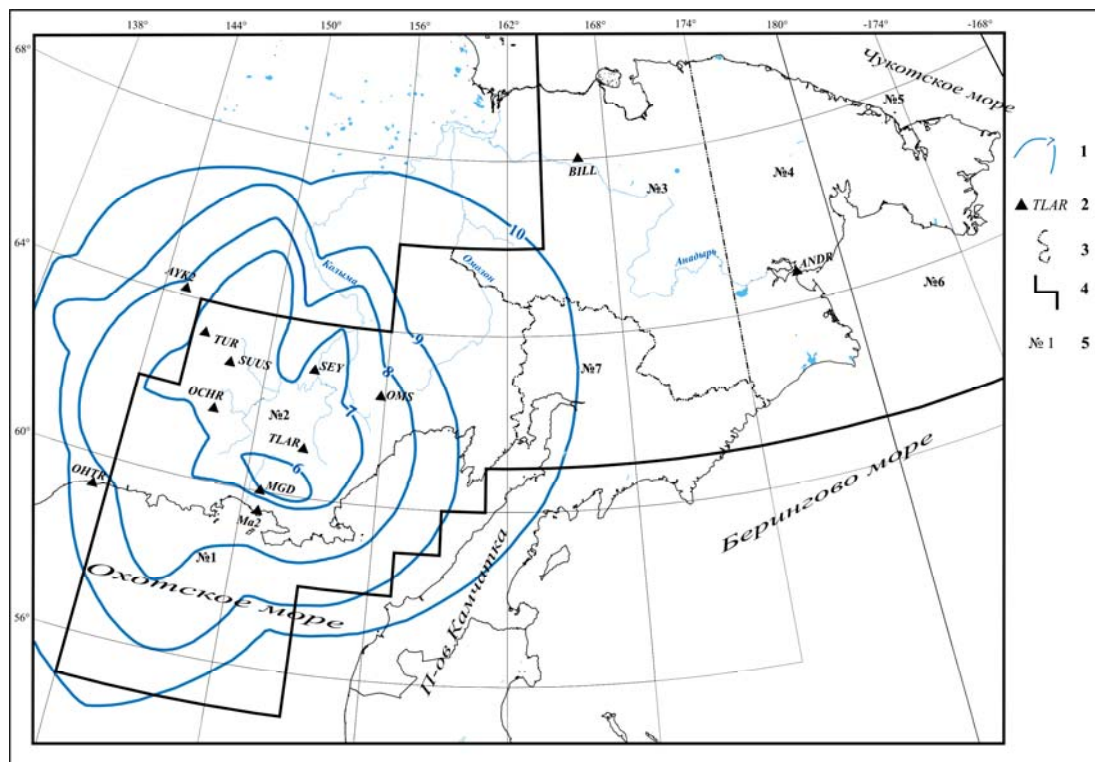


Рис. 1. Карта энергетической представительности  $K_{min}$  землетрясений Северо-Востока России по данным наблюдений за 2002 г.

1 – изолиния  $K_{min}$ ; 2 – сейсмическая станция; 3 – граница района; 4 – граница региона; 5 – номер района.

Параметры землетрясений рассчитывались с помощью программы НУР2DT, версия 7.1 [2]. Очаги всех землетрясений расположены в пределах земной коры на глубинах до 33 км.

Всего зарегистрировано 279 землетрясений с  $K_p=6.1-12.4$ , но локализованы 118 [3]. Из этого числа ред. были исключены три землетрясения на территории Якутии, как достаточно удаленные от западных границ региона. По этой причине они не вошли в каталог [4] в наст. сб. Кроме того, описанной сетью сейсмических станций зарегистрировано 547 промышленных взрывов. Распределение землетрясений по энергетическим классам представлено на графике повторяемости (рис. 2), а по площади – на карте эпицентров (рис. 3).

Из графика повторяемости следует, что его правый склон становится линейным, начиная с  $K_p=9$ . Величина его наклона  $\gamma$  в диапазоне  $K_p=9-12$  равна  $\gamma=-0.347\pm 0.033$ , что заметно ниже среднего ( $-0.43$ ).

Землетрясения, локализованные в 2002 г., неравномерно распределились на территории региона (рис. 3). Их повышенная плотность наблюдается вдоль границы с Якутией с  $K_p=7-12$ , северо-западнее пос. Сеймчан с  $K_p=7-11$  и северо-восточнее г. Магадан с  $K_p=7-10$ . В целом большинство из них приурочено к ранее известным сейсмогенным зонам [5, 6].

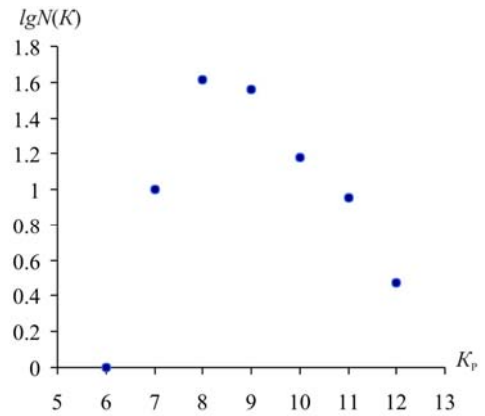


Рис. 2. График повторяемости землетрясений Северо-Востока России за 2002 г.

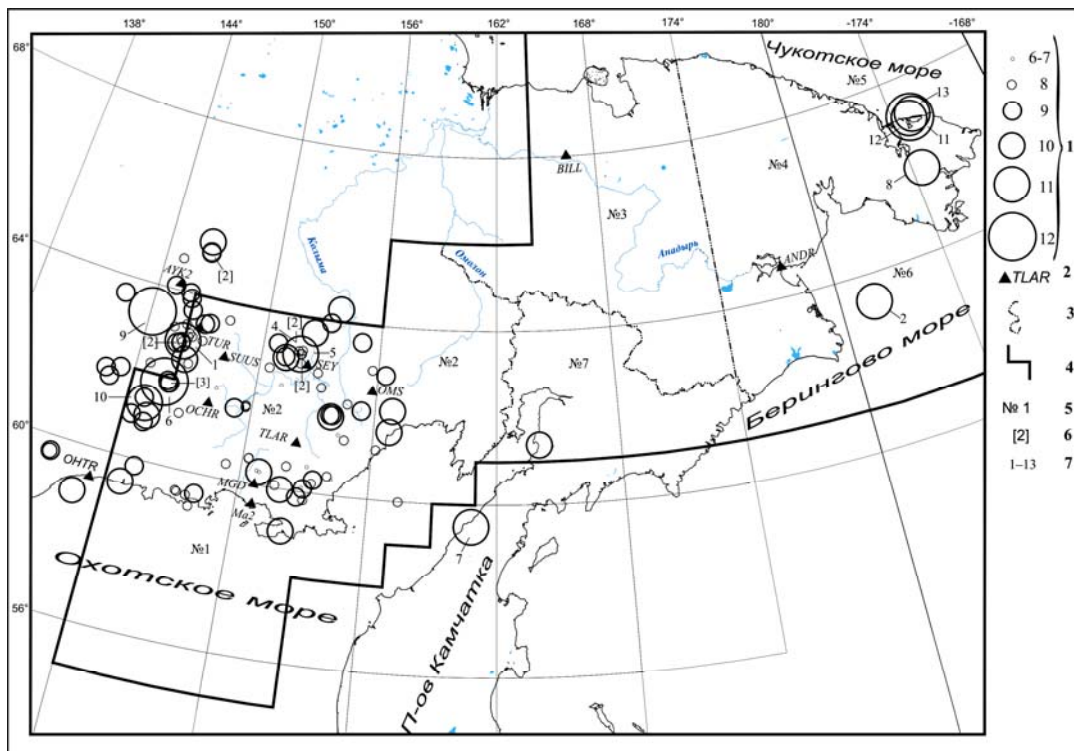


Рис. 3. Карта эпицентров землетрясений Северо-Востока России за 2002 г.

1 – энергетический класс  $K_p$ ; 2 – сейсмическая станция; 3 – граница района; 4 – граница региона; 5 – номер района; 6 – число эпицентров с одинаковыми координатами; 7 – номера сильных ( $K_p \geq 10.6$ ) землетрясений в соответствии с графой 1 каталога [3].

Распределение землетрясений по энергетическим классам и выделенная ими суммарная сейсмическая энергия по районам даны в табл. 3. Общая выделившаяся сейсмическая энергия составила  $\Sigma E=69.24 \cdot 10^{11}$  Дж, т.е. в три раза меньше, чем в 2001 г. ( $\Sigma E=218.87 \cdot 10^{11}$  Дж) [1].

Таблица 3. Распределение числа землетрясений по энергетическим классам  $K_p$  и суммарная сейсмическая энергия  $\Sigma E$  по районам и приграничным территориям за 2002 г.

№	Район	$K_p$								$N_{\Sigma}$	$\Sigma E$ , Дж
		6	7	8	9	10	11	12	13		
1	Охотское море	–	–	2	–	–	–	–	–	2	$0.002 \cdot 10^{11}$
2	Колыма	1	10	37	27	12	4	1	–	92	$30.545 \cdot 10^{11}$
3	Западная Чукотка	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
4	Восточная Чукотка	–	–	–	–	–	1	–	–	1	$0.501 \cdot 10^{11}$
5	Чукотское море	–	–	–	–	–	2	1	–	3	$22.742 \cdot 10^{11}$
6	Берингово море	–	–	–	–	–	1	–	–	1	$1.0 \cdot 10^{11}$
7	Корякия	–	–	–	–	1	–	–	–	1	$0.10 \cdot 10^{11}$
	<b>Приграничная территория:</b>										
	Северо-Восток–Якутия	–	–	2	5	1	–	1	–	9	$12.675 \cdot 10^{11}$
	Северо-Восток–Хабаровский край	–	–	–	4	1	–	–	–	5	$0.091 \cdot 10^{11}$
	Северо-Восток–Камчатка	–	–	–	–	–	–	1	–	1	$1.585 \cdot 10^{11}$
	Всего	1	10	41	36	15	9	3	–	115	$69.240 \cdot 10^{11}$

Рассмотрим более детально и последовательно области повышенной плотности эпицентров.

В южной части региона следует отметить полосу эпицентров вдоль побережья Охотского моря (рис. 3) в пределах  $\lambda=141-152^{\circ}E$ , включающую два землетрясения (4 января в  $01^h14^m$  с  $K_p=9.4$  и 17 августа в  $05^h54^m$  с  $K_p=9.6$ ) в Хабаровском крае, и восемь эпицентров, в том числе 10-го класса (7 февраля в  $05^h34^m$  с  $K_p=9.7$  и 16 марта в  $11^h46^m$  с  $K_p=9.6$ ). В Охотском море локализовано землетрясение 7 мая в  $17^h14^m$  с  $K_p=7.8$ . Заметны два землетрясения вдоль западного побережья Камчатки: первое, более южное, зарегистрировано 9 июня в  $21^h40^m$  с  $K_p=11.2$ , второе (16 октября в  $17^h55^m$  с  $K_p=10.0$ ) произошло севернее и отнесено в каталоге к району Корякии.

Область эпицентров северо-восточнее Магадана имеет близширотное простираение с крайними очагами, произошедшими на востоке 30 марта в  $19^h27^m$  с  $K_p=7.0$  и на западе 30 июня в  $03^h49^m$  с  $K_p=8.4$ . Максимальным ( $K_p=10.5$ ) здесь было землетрясение 26 ноября в  $02^h13^m$ , которое ощущалось с  $I=3$  балла немногими жителями близлежащих поселков Палатка и Карамкен. В Магадане, находящемся на расстоянии 81 км от эпицентра, колебания ощутили лишь несколько человек на 4–5 этажах зданий с  $I=2$  балла. Еще два землетрясения также относятся к 10-му классу (16 марта в  $11^h46^m$  с  $K_p=9.6$  и 20 декабря в  $05^h08^m$  с  $K_p=9.9$ ). Толчок 20 декабря ощущался в Магадане ( $\Delta=78$  км [4]) отдельными людьми, находящимися в состоянии покоя на верхних этажах.

Наблюдающееся скопление из 45 землетрясений с  $K_p=7-12$  вдоль границы с Якутией представлено линейно вытянутой структурой повышенной плотности эпицентров меридионального простираения. Большая часть эпицентров в этой области сконцентрирована в восточной части с максимальным толчком 1 марта в  $02^h40^m$  с  $K_p=12.4$ . В западной части локализовано лишь несколько эпицентров, в том числе и еще одно землетрясение 12-го класса – 29 августа в  $09^h17^m$  с  $K_p=12.1$ . Крайние эпицентры по простираению зоны отмечены 5 января в  $18^h37^m$  с  $K_p=9.7$  на севере, и 30 ноября в  $21^h09^m$  с  $K_p=9.1$  – на юге (рис. 3 [4]).

Полоса эпицентров из 26 землетрясений с  $K_p=7-11$  северо-западнее пос. Сеймчан вытянута между крайними толчками, зарегистрированными 10 апреля в  $08^h34^m$  с  $K_p=10.1$  – на севере и 6 декабря в  $10^h00^m$  с  $K_p=9.2$  – на юге. Рядом с последним из них реализовалась группа из трех толчков 8-го класса, произошедшими в разное время (28 февраля в  $05^h24^m$  с  $K_p=7.8$ , 6 мая в  $07^h38^m$  с  $K_p=7.6$ , 19 декабря в  $03^h28^m$  с  $K_p=7.9$ ), но с очень близкими координатами [4]. Непосредственно вблизи сейсмической станции «Сеймчан» локализованы десять землетрясений с  $K_p \geq 7.3$ , среди которых следует отметить два землетрясения  $K_p=10.9$  и  $11.3$ , произошедшие в один день (19 февраля в  $16^h14^m$  и  $16^h29^m$ ) и, практически, в одном очаге (табл. 4). Жители Сеймчана (в 30 км от эпицентров) ощущали эти землетрясения с интенсивностью 4 балла [4]: спящие проснулись, дребезжали посуда, стекла окон, слегка раскачивались всяческие предметы, скрипела мебель, некоторые слышали гул, сходный со звуком проезжающего трактора, многие испугались после второго толчка. Первый из них можно, по-видимому, считать сильным форшоком. Кроме того, были локализованы четыре афтершока (табл. 4), хотя их было больше.

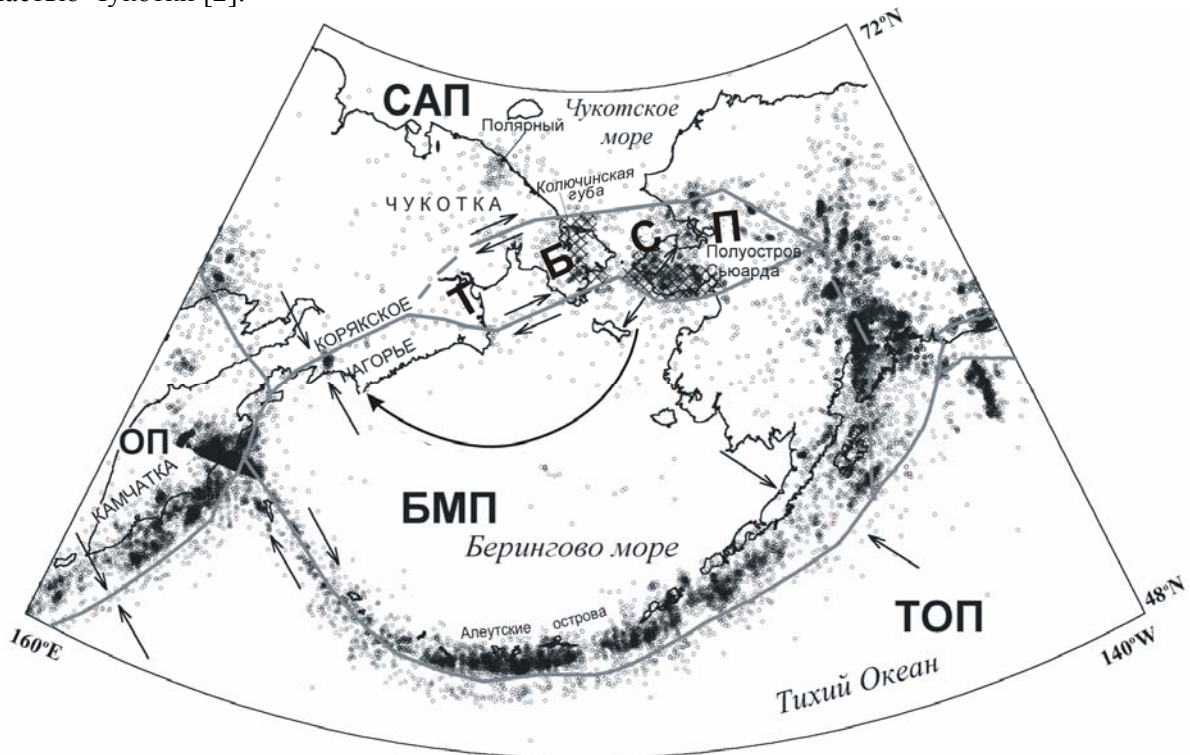
**Таблица 4.** Основные параметры форшока, основного толчка и афтершоков землетрясения 19 февраля в 16<sup>h</sup>29<sup>m</sup> с  $K_p=11.3$

№	Дата, д м	$t_0$ , ч мин с	Эпицентр		$h$ , км	$K_p$
			$\varphi^\circ, N$	$\lambda^\circ, E$		
Форшок						
1	09.02	16 14 02.5	63.12	151.90	4	10.9
Основной толчок						
	<b>19.02</b>	<b>16 29 42.0</b>	<b>63.11</b>	<b>151.87</b>	<b>4</b>	<b>11.3</b>

№	Дата, д м	$t_0$ , ч мин с	Эпицентр		$h$ , км	$K_p$
			$\varphi^\circ, N$	$\lambda^\circ, E$		
Афтершоки						
1	19.02	21 55 44.5	63.13	151.93	5	7.7
2	20.02	02 54 40.3	63.19	151.82	10	8.5
3	20.02	13 06 44.0	63.14	151.96		7.3
4	22.02	04 58 01.3	63.13	151.97		8.5

В 2002 г. активизировались районы Восточной Чукотки (№ 4), Чукотского (№ 5) и Берингового (№ 6) морей, где произошел ряд землетрясений с  $K_p=9.8-12.3$ . Однако параметры удалось определить только у пяти толчков, три из которых зарегистрированы на побережье Чукотского моря в декабре (9 декабря в 03<sup>h</sup>35<sup>m</sup> с  $K_p=12.3$ , 24 декабря в 06<sup>h</sup>11<sup>m</sup> с  $K_p=10.9$ , 27 декабря в 17<sup>h</sup>54<sup>m</sup> с  $K_p=11.3$  [4]). Эти землетрясения ощущались в поселках Нешкан (5 км), Энурмино (55 км), Лаврентия (188 км) с интенсивностью до 6 баллов: скрипели полы, потолки, мебель, предметы сдвигались с места, падали на столах и полках, обваливалась штукатурка, образовались тонкие трещины в штукатурке, люди в испуге выходили из домов. В Неткане в одноэтажных чукотских домах из-под пола слышался гул и треск почвы. Неоднократные сотрясения в течение полумесяца привели к провалам полов в некоторых деревянных одноэтажных зданиях, перекосам дверных проемов и выпадению кирпичной кладки в печах.

Согласно рис. 4, этот участок Чукотки располагается в Транс-Берингийском сейсмическом поясе (ТБСП), на границе зон Колючинская Губа–Восточная Чукотка Анадырь–Амгуэма–Чукотское море. Место этого контакта является наиболее сейсмически активной частью Чукотки [2].



**Рис. 4.** Границы основных литосферных плит и сейсмичность Северо-Восточной Азии и Западной Аляски с прилегающей акваторией по [2]

ТБСП – Транс-Берингийский сейсмический пояс, САП – Северо-Американская плита, ТОП – Тихоокеанская плита, БМП – Берингоморская плита, ОП – Охотоморская плита; большой дуговой стрелкой показано направление вращения Берингоморской плиты относительно Северо-Американской; прямые стрелки указывают направление относительных движений плит на границах; сплошные линии – границы между плитами, установленные, штриховые – предполагаемые; сеткой отмечены участки наиболее высокой плотности эпицентров в ТБСП.

Ранее в этом районе также фиксировались сильные землетрясения: серия сильных толчков в 1928 г. (21.02. с  $M=6.9$ , 24.02. с  $M=6.3$ , 26.02. с  $M=6.4$ , 01.05. с  $M=6.2$ ), а также землетрясения 04.03.1962 г. с  $M=5.0$ , 05.10.1971 г. с  $M=5.0$  (Нешканское) [7], 24.10.1996 г. с  $M=6.2$  [8, 9] и 24.03.1997 г. с  $M=5.1$  [10, 11].

#### Л и т е р а т у р а

1. Алёшина Е.И., Гунбина Л.В., Лещук Н.М., Седов Б.М. Северо-Восток России // Землетрясения Северной Евразии в 2001 году. – Обнинск: ГС РАН, 2007. – С. 223–240.
2. Fujita K., Mackey K.G., McCaleb R.C., Gunbina L.V., Kovalev V.N., Imaev V.S., Smirnov V.N. Seismicity of Chukotka, northeastern Russia // Geolog. Soc. of America. – 2002. – Special Paper. – 360. – P. 259–272.
3. Алёшина Е.И., Лещук Н.М. (отв. сост.), Гунбина Л.В., Седов Б.М. Каталог (оригинал) землетрясений Северо-Востока России за 2002 г. с  $K_p \geq 6.1$ . – Обнинск: Фонды ГС РАН, 02.07.2007. – 3 с.
4. Алёшина Е.И., Лещук Н.М. (отв. сост.), Гунбина Л.В., Седов Б.М. Северо-Восток России. (См. раздел VI (Каталоги землетрясений) в наст. сб. на CD).
5. Андреев Т.А., Шищенко А.П. Оценка сотрясаемости Примагаданья // Сейсмологические и петрофизические исследования на Северо-Востоке России. – Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 1992. – С. 38–52.
6. Андреев Т.А., Кравец И.Ф., Мишин С.В. Проблема науки на Северо-Востоке // Сейсмическая активность Северо-Востока (Тр. СВКНИИ; Вып. 30). – Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 1967. – С. 159–166.
7. Лазарева А.П. (отв. сост.) XI. Чукотка [1908–1974 гг.;  $M \geq 0$ ,  $I_0 \geq 3$ ] // Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. – М.: Наука, 1977. – С. 448–454.
8. Гунбина Л.В., Лещук Н.М. Северо-Восток России // Землетрясения Северной Евразии в 1996 году. – М.: ГС РАН, 2002. – С. 144–147.
9. Гунбина Л.В., Лещук Н.М. Северо-Восток России // Землетрясения Северной Евразии в 1996 году. – М.: ГС РАН, 2002. (На CD).
10. Гунбина Л.В., Лещук Н.М., Седов Б.М. Северо-Восток России // Землетрясения Северной Евразии в 1997 году. – Обнинск: ГС РАН, 2003. – С. 146–150.
11. Гунбина Л.В., Лещук Н.М. (отв. сост.). Северо-Восток России // Землетрясения Северной Евразии в 1997 году. – Обнинск: ГС РАН, 2003. (На CD).