

СЕВЕРО-ВОСТОК РОССИИ**Е.И. Алёшина, Л.В. Гунбина, Л.И. Карпенко, Б.М. Седов**Магаданский филиал ГС РАН, г. Магадан, evgeniya@memsd.ru

Сейсмический мониторинг территории Магаданской области, Чукотского автономного округа (ЧАО) и шельфов прилегающих морей в 2006 г. осуществлялся Магаданским филиалом ГС РАН 17-ю сейсмическими станциями. В Магаданской области действовали девять станций, в ЧАО – семь; в Хабаровском крае – одна. В 2006 г. была изменена граница зоны ответственности МФ ГС РАН, что связано с усилением сейсмической активности в Корякском нагорье. Большая часть **района № 7 (Корякия)** перешла Камчатскому филиалу ГС РАН, поскольку сеть станций Магаданского филиала в этом районе возможно локализовать события лишь с $K_p \geq 10.0$. В результате района № 7 не стало.

В сети станций в 2006 г. произошли следующие изменения: на территории Центральной Колымы со 2 октября 2006 г. возобновила работу сейсмическая станция «Синегорье» (SNGR), работа которой была приостановлена в октябре 2004 года. В Корякском автономном округе 20 апреля 2006 г. в 23^h24^m произошло сильное Олюторское землетрясение с $M_w=7.6$ [1, 2]. Для записи его афтершоков 5 мая была запущена в эксплуатацию станция «Эвенск» (EVNR). Работа станции «Талая» была приостановлена 21 февраля 2006 г. в связи с аварией в арендуемом помещении.

На территории ЧАО в течение года работали станции «Билибино» (BILL), «Анадырь» (ANDR). Открытые в декабре 2005 г. сейсмические станции «Угольные Копи» (AN-2) и «Лаврентия» (LAVR) проработали семь и пять месяцев соответственно и были остановлены из-за неисправности аппаратуры. По техническим причинам 6 октября 2006 г. была закрыта станция «Нешкан» (NSH). В июле 2006 г. была открыта временная станция «Уэлен» (ULN). После длительного перерыва (1994–2006 гг.) в июне 2006 г. была вновь открыта станция «Провидения» (PRVR).

Сведения о сейсмических станциях и типах аппаратуры приведены в табл. 1, 2, местоположение станций показано на рис. 1.

Таблица 1. Сейсмические станции Северо-Востока России в хронологии их открытия

№	Название	Станция		Аналоговая станция		Цифровая станция		φ°, N	λ°, E	h_y, m	Тип цифровой станции
		Код		Дата		Дата					
		межд.	рег.	открытия	закрытия	открытия	закрытия				
1	Омсукчан	OMS	ОМС	01.12.1967	31.12.2005	04.07.2001		62.515	155.774	527	PAR-24B
2	Сеймчан	SEY	СМЧ	03.04.1969	31.12.2000	19.09.1999		62.933	152.382	218	PAR-24B
3	Сусуман	SUUS	СМН	01.08.1969	01.06.1999			62.781	148.149	640	PAR-24B
				01.06.1999	17.08.1999	17.08.1999		62.779	148.167	640	
4	Стекольный	MGD	СТК	26.03.1971	13.10.2004	13.10.2004		60.046	150.730	221	PAR-24B
5	Анадырь	ANDR	АНД	10.11.1981	26.04.1989			64.783	177.583	20	PAR-24B
				26.04.1989	01.04.1993			64.734	177.496	55	
				01.09.1996	01.05.2002	24.01.2003	07.09.2003	64.734	177.496	70	
6	Талая	TLAR	ТЛА	20.11.1989	29.07.1999	29.07.1999		61.129	152.392	730	PAR-24B
						22.09.2000	21.02.2006	61.130	152.398	730	
7	Магадан	MA2				22.10.1993	17.07.1995	59.575	150.768	339	IRIS
8	Билибино	BILL				01.08.1995		68.039	166.271	299	IRIS
9	Омчак	OCHR	ОМЧ			01.10.1999		61.665	147.867	820	PAR-24B

№	Название	Станция		Аналоговая станция		Цифровая станция		φ°, N	λ°, E	h_y, m	Тип цифровой станции
		Код		Дата		Дата					
		межд.	рег.	открытия	закрытия	открытия	закрытия				
10	Охотск	OHTR	OXT			06.07.2000	02.06.2005	59.359	143.331	40	PAR-24B
		OKHR				05.10.2005		59.361	143.248	8	
11	Синегорье		SNG			26.04.2003	13.10.2004	62.059	150.405	450	PAR-24B
			SNGR			02.10.2006		62.08	150.521	300	
12	Нешкан		NSH			11.09.2003	06.10.2006	67.036	-172.960	0.8	PAR-24B
13	Лаврентия	LAVR				15.12.2005	18.07.2006	65.585	-171.012	18	PAR-24B
14	Угольные Копи		AN-2			26.12.2005	09.05.2006	64.719	177.740	48	PAR-24B
15	Эвенск	EVNR				05.05.2006		61.924	159.267	75	PAR-24B
16	Провидения	PRVR		01.09.1980	01.01.1994	14.06.2006		64.446	-173.175	86	PAR-24B
17	Уэлен*		ULN			15.07.2006		66.160	-169.819	13	PAR-24B

Примечание. Символом * отмечена временная станция.

Таблица 2. Данные об аппаратуре цифровых станций в 2006 г.

Название станции	Тип датчика	Перечень каналов	Частотный диапазон, Гц	Частота дискретизации, Гц	Разрядность АЦП	Чувствительность, велосиграф – отсчет/(м/с), акселерограф – отсчет/(м/с ²)
Омсукчан	CM-3	SH (N, E, Z) v	0.2–10	50	24	$2.8 \cdot 10^8$
Сеймчан	STS-1	BH (N, E, Z) v	0.1–100	50	24	$9.73 \cdot 10^{10}$
Сусуман	CM-3	SH (N, E, Z) v	0.2–10	50	24	$2.8 \cdot 10^8$
Стекольный	CM-3	SH (N, E, Z) v	0.2–10	50	24	$2.8 \cdot 10^8$
Анадырь	CM-3	SH (N, E, Z) v	0.2–10	50	24	$2.8 \cdot 10^8$
Талая	CM-3	SH (N, E, Z) v	0.2–10	50	24	$2.8 \cdot 10^8$
Магадан	STS-1	BH (N, E, Z) v	0.0028–3.0	20	24	$9.89 \cdot 10^{10}$
		LH (N, E, Z) v	0.0028–0.25	1	24	$2.47 \cdot 10^{10}$
		VH (N, E, Z) v	0.0028–0.02	0.1	24	$6.18 \cdot 10^{11}$
		VM (N, E, Z) a	0–0.0028	0.01	24	$8.14 \cdot 10^{11}$
	GS-13	EH (N, E, Z) v	0.05–20.0	80	24	$7.76 \cdot 10^{12}$
		SH (N, E, Z) v	0.05–20.0	40	24	$7.76 \cdot 10^{12}$
Билибино	STS-1	BH (N, E, Z) v	0.0028–3.0	20	24	$9.89 \cdot 10^{10}$
		LH (N, E, Z) v	0.0028–0.25	1	24	$2.47 \cdot 10^{10}$
		VH (N, E, Z) v	0.0028–0.02	0.1	24	$6.18 \cdot 10^{11}$
		VM (N, E, Z) a	0–0.0028	0.01	24	$8.14 \cdot 10^{11}$
	GS-13	EH (N, E, Z) v	0.05–20.0	80	24	$7.76 \cdot 10^{12}$
		SH (N, E, Z) v	0.05–20.0	40	24	$7.76 \cdot 10^{12}$
Омчак	CM-3	SH (N, E, Z) v	0.2–10	50	24	$2.8 \cdot 10^8$
Охотск	CMG-40T	SH (N, E, Z) v	0.06–100	50	24	$2.8 \cdot 10^8$
Синегорье	CM-3	SH (N, E, Z) v	0.5–50	50	24	$2.8 \cdot 10^8$
Нешкан	CM-3	SH (N, E, Z) v	0.2–10	50	24	$2.8 \cdot 10^8$
Лаврентия	CM-3	SH (N, E, Z) v	0.2–10	50	24	$2.8 \cdot 10^8$
Угольные Копи	CM-3	SH (N, E, Z) v	0.2–10	50	24	$2.8 \cdot 10^8$
Эвенск	CM-3	SH (N, E, Z) v	0.8–10	50	24	$2.8 \cdot 10^8$
Провидения	CM-3	SH (N, E, Z) v	0.5–10	50	24	$6.5 \cdot 10^8$
Уэлен	CM-3	SH (N, E, Z) v	0.8–10	50	24	$2.8 \cdot 10^8$

Примечание. Буквами v и a обозначены велосиграф и акселерограф соответственно.

Энергетическая представительность землетрясений K_{min} , обеспечиваемая данной сетью, показана на рис. 1. Минимальный уровень энергии представительных землетрясений соответствует $K_{min}=6$ в области наибольшей плотности сети станций в центре Колымы (район № 2). Конфигурация изолиний $K_{min}=7-9$ в 2006 г. несколько изменилась, по сравнению с таковой в 2005 г., за счет открытия станции «Эвенск» в мае 2006 г. и закрытия станции «Кубака» в апреле 2005 г. При этом площадь регистрации сейсмических событий с $K_{min}=7-10$ в 2006 г., по сравнению с таковой в 2005 г. [3], практически не изменилась.

Для территории ЧАО из-за недостаточности материалов сейсмических наблюдений удалось построить лишь предполагаемую изолинию $K_{min}=9$.

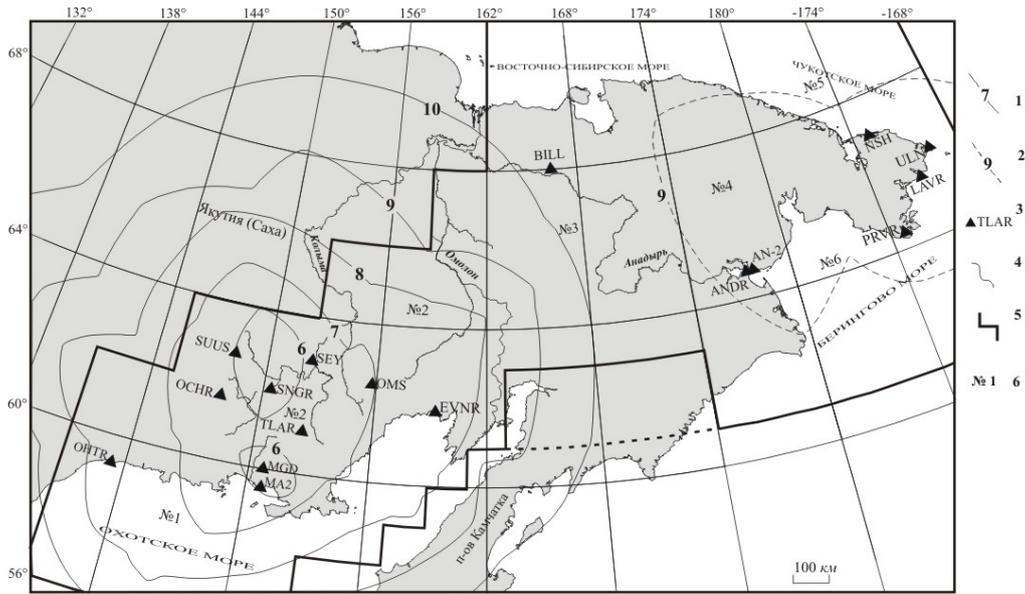


Рис. 1. Карта энергетической представительности K_{\min} землетрясений Северо-Востока России по данным наблюдений за 2006 г.

1, 2 – изолиния K_{\min} уверенная и приближенная соответственно; 3 – сейсмическая станция; 4, 5 – граница района и региона соответственно (пунктиром здесь и на рис. 2 изображен фрагмент границы по 2005 г.); 6 – номер района.

Параметры землетрясений рассчитывались по программе НУР2ДТ (версия 7.1), составленной в отделе геологии и геофизики Университета штата Мичиган (США) (разработчик – К.Д. Маккей) с использованием времен пробега прямых и преломленных P и S -волн.

В каталог землетрясений Северо-Востока и приграничных районов за 2006 г. включены 117 событий с $K_p=6.1-13.7$, из них 16 находятся за границами зоны ответственности сети МФ ГС РАН [4]. Очаги всех землетрясений расположены в пределах земной коры на глубинах $h \leq 33$ км. Карта эпицентров рассматриваемых землетрясений представлена на рис. 2.

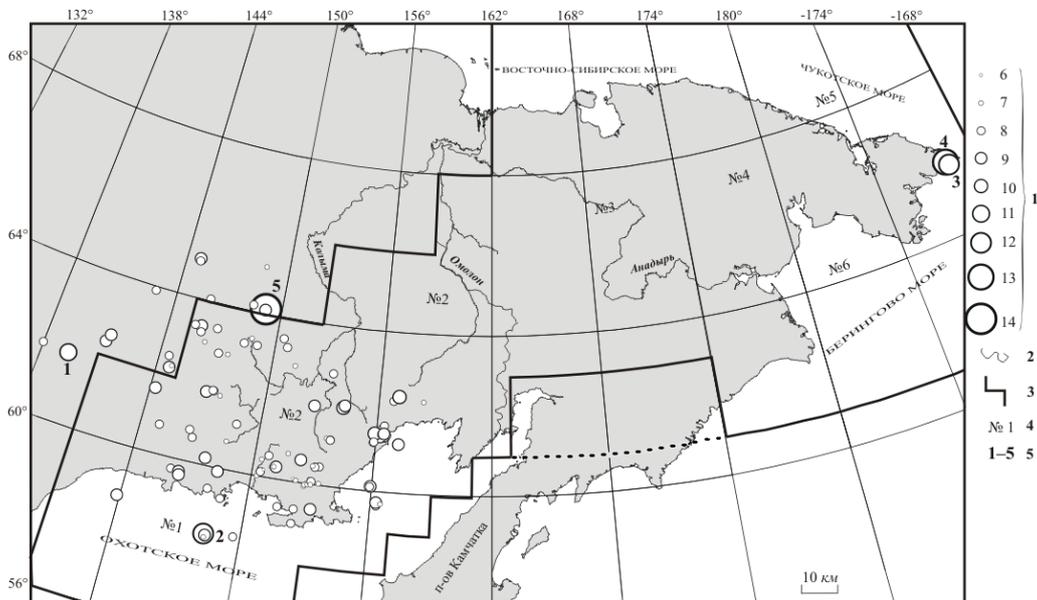


Рис. 2. Карта эпицентров землетрясений Северо-Востока России за 2006 г.

1 – энергетический класс K_p ; 2, 3 – граница района и региона соответственно; 4 – номер района; 5 – номер сильного ($K_p \geq 10.6$) землетрясения, указанного в графе 1 каталога [4].

Распределение землетрясений по энергетическим классам и выделенной суммарной сейсмической энергии в разных районах представлено в табл. 3.

Таблица 3. Распределение числа землетрясений по энергетическим классам K_p и суммарной сейсмической энергии ΣE по районам № 1–№ 6 и приграничной Якутии

№	Район	K_p									N_{Σ}	ΣE , 10^{11} Дж
		6	7	8	9	10	11	12	13	14		
1	Охотское море		2	5	5			1			13	6.38
2	Колыма	3	25	38	17	3					86	0.55
3	Западная Чукотка											
4	Восточная Чукотка											
5	Чукотское море											
6	Берингово море							1	1		2	110.00
	Всего внутри региона	3	27	42	23	3		2	1		101	116.93
	Якутия		3	6	5		1			1	16	503.79
	Всего	3	30	49	27	3	1	2	1	1	117	620.72

Суммарная сейсмическая энергия, выделившаяся внутри границ региона, в 2006 г. составила $\Sigma E=116.93 \cdot 10^{11}$ Дж, что в 6.5 раз больше ее уровня в 2005 г. ($\Sigma E=17.94 \cdot 10^{11}$ Дж) [3]. Число событий увеличилось незначительно (2006 г. – $N_{\Sigma}=101$; 2005 г. – $N_{\Sigma}=91$). Увеличение количества высвобожденной сейсмической энергии связано с землетрясениями (3, 4), произошедшими в Беринговом море (район № 6) с энергетическими классами $K_p=12.0$ и $K_p=13.0$. В их очагах высвободилась энергия, равная $\Sigma E=110.00 \cdot 10^{11}$ Дж, или 94% от суммарного ее значения в границах ответственности региона ($\Sigma E_{\pi}=116.93 \cdot 10^{11}$ Дж).

Эпицентры землетрясений распределены по территории региона крайне неравномерно (рис. 2). Рассмотрим сейсмичность по районам Северо-Востока.

В **Охотском море (№ 1)** локализованы 13 землетрясений с $K_p=7.5-11.8$, что составляет 12.9% от общего числа событий. Доля выделившейся сейсмической энергии за год составила 5.5% ($\Sigma E=6.38 \cdot 10^{11}$ Дж) от суммарной. Основная часть энергии высвобождена в очаге ощутимого землетрясения (2), которое произошло 28 мая в 20^h19^m (2) на глубине $h=5$ км с $K_p=11.8$, $MPSP=4.7$ и вызвало в Магадане ($\Delta=194$ км) сотрясения с интенсивностью $I=2$ балла. Зарегистрированы два его афтершока – 29 мая в 04^h26^m с $K_p=9.4$ и в 17^h33^m с $K_p=7.3$. Главный толчок и оба афтершока приурочены к Спафарьевскому поднятию фундамента Северо-Охотоморского прогиба [6, 7]. Событие (2) произошло в эпицентральной зоне Спафарьевско-II землетрясения 07.11.2001 г. с $K_p=12.6$ [8], которое вызвало в Магадане сотрясения с интенсивностью $I=3-4$ балла.

В районе **Колымы (№ 2)** зарегистрировано наибольшее число ($N=86$) землетрясений с $K_p=6.1-10.0$, что составляет 85% от всей суммы событий в регионе. Однако выделенная ими суммарная сейсмическая энергия за год составила $\Sigma E=0.55 \cdot 10^{11}$ Дж (3.2%), что в 33 раза меньше таковой в 2005 г. ($\Sigma E=17.94 \cdot 10^{11}$ Дж). Это объясняется отсутствием событий с $K_p > 10.0$.

Сильное ($K_p=13.7$, $M_w=5.2$) землетрясение (5) произошло 19 октября в 07^h15^m на глубине $h=22$ км и приурочено к крупнейшему глубинному разлому Улахан. Разлом имеет северо-западное простирание [9] и входит в состав Индигиро-Колымской системы. На разломе Улахан протяженностью около 1500 км наблюдаются левосторонние сдвиги [10]. По данным каталога [4], его эпицентр находится в зоне ответственности Якутского филиала ГС СО РАН. Землетрясение 19 октября ощущалось с интенсивностью $I=5$ баллов в сел. Сусуман (150 км) и Омчак (260 км), 4 балла – в Сеймчан (194 км) и 2 балла – в Стекольном (445 км) и Магадане (511 км) (рис. 3). После него зарегистрирован лишь один поздний толчок (12 ноября в 05^h46^m с $K_p=8.7$).

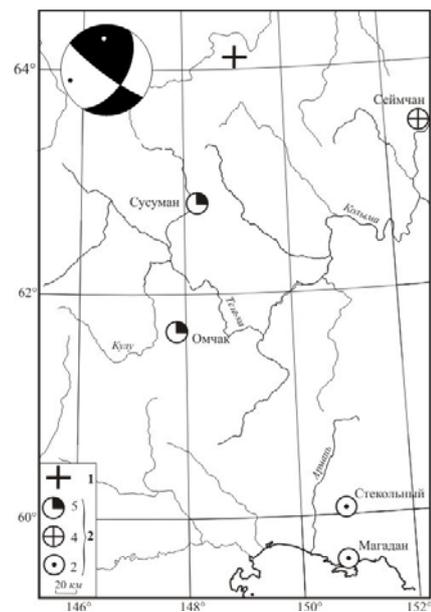


Рис. 3. Макросейсмические проявления землетрясения 19 октября с $K_p=13.7$

1 – инструментальный эпицентр; 2 – интенсивность сотрясений в баллах по шкале MSK-64 [11].

Для этого землетрясения в [12] есть решение механизма очага, согласно которому в его очаге несколько преобладали напряжения сжатия, т.к. $PL_P=18^\circ < PL_T=31^\circ$ (табл. 3). Такая система напряжений обусловила преимущество сдвиговых подвижек: практически чистый правосторонний сдвиг по наклонной ($DP=54^\circ$) плоскости $NP1$ с незначительной взбросовой составляющей, а по крутой ($DP=82^\circ$) плоскости $NP2$ – левосторонний взбросо-сдвиг. С учетом левосторонних сдвигов на разломе Улахан в качестве действующей плоскости следует выбрать крутую плоскость $NP2$ с азимутом 128° , т.е. простирающуюся с юго-востока на северо-запад (табл. 3, рис. 3).

Таблица 3. Параметры механизмов очагов землетрясений в 2006 г.

Агентство	Дата, д м	t_0 , ч мин с	h , км	Магнитуды			K_p	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Источник
				M_w	M_S	M_s		T		N		P		NP1			NP2			
								PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	SLIP	STK	DP	SLIP	
HRVD	10.07	15 30 28.1	0	4.9	4.1	4.2	13.0	2	348	11	257	79	89	89	44	-74	247	48	-105	[12]
GCMТ	19.10	07 15 34.4	25	5.2	4.7	4.7	13.7	31	356	53	139	18	254	31	54	170	128	82	36	[12]

В районе **Берингова моря (№ 6)** величина высвобожденной за год сейсмической энергии составила $\Sigma E=110.0 \cdot 10^{11}$ Дж (94.1%). Здесь локализована группа из двух сильных землетрясений (3, 4) с близким расположением эпицентров – 8 июля в 09^h05^m с $K_p=12.0$ [4], $M_s=4.4$ [13] и 10 июля в 15^h30^m с $K_p=13.0$ [4], $M_s=4.2$ и $M_w=4.9$ [13]. Второй толчок более сильный, т.к. записан большим числом мировых станций – $n=746$, а для первого – $n=258$ [13]. Оба землетрясения ощущались в пос. Лаврентия, находящемся на расстоянии $\Delta=65$ км и $\Delta=62$ км к юго-западу от эпицентров с интенсивностью $I=2-3$ балла. Сразу после землетрясений был обследован район вблизи поселка. На берегу зал. Лаврентия найден небольшой срыв пород, состояние которого позволяет предполагать, что он образовался лишь за несколько дней до момента обследования. К сожалению, нет бесспорных доказательств того, что он возник при землетрясениях 8 или 10 июля 2006 г.

Для второго толчка в [12] имеется решение механизма очага, согласно которому в его очаге абсолютно преобладали напряжения растяжения, т.к. они горизонтальны – $PL_T=2^\circ$. В результате по близнаклонным ($DP_1=44^\circ$, $DP_2=48^\circ$) нодальным плоскостям реализовались практически чисто сбросовые подвижки (табл. 3, рис. 4).

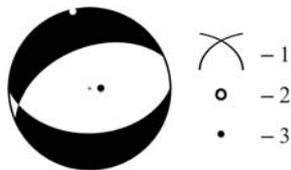


Рис. 4. Стереодиаграмма механизма очага землетрясения 10 июля в 15^h30^m с $K_p=13.0$ в проекции нижней полусферы

1 – нодальные линии; 2, 3 – оси главных напряжений: сжатия и растяжения, соответственно (зачернена область волн сжатия).

В районах **Западная Чукотка (№ 3), Восточная Чукотка (№ 4) и Чукотское море (№ 5)** в 2006 г. не локализовано ни одного сейсмического события.

Л и т е р а т у р а

1. Гунбина Л.В., Лещук Н.М., Курткин С.В. Северо-Восток России и Чукотка // Землетрясения России в 2006 году. – Обнинск: ГС РАН, 2009. – С. 38–41.
2. Левина В.И., Чебров В.Н. Камчатка и Командорские острова // Землетрясения России в 2006 году. – Обнинск: ГС РАН, 2009. – С. 42–47.
3. Алёшина Е.И., Гунбина Л.В., Карпенко Л.И., Комарова Р.С., Седов Б.М. Северо-Восток России // Землетрясения Северной Евразии, 2005 год. – Обнинск: ГС РАН, 2010. – С. 228–233.
4. Алёшина Е.И., Комарова Р.С. (отв. сост.). Каталог землетрясений Северо-Востока России за 2006 г. ($N=117$). (См. Приложение к наст. сб. на CD).
5. Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 2006 год / Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ГС РАН, 2006–2007. – [Электронный ресурс]. – ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_bulletin/2006.

6. **Sedov B.M.** The Setting of the Okhotsk Sea Microplate Northern Boundary and its Seismicity // Abs. AGU meeting, San-Francisco, 2004.
7. **Алёшина Е.И., Седов Б.М.** Развитие структуры и геодинамики северной границы Охотоморской плиты // Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России. Тезисы докладов на региональной научно-технической конференции. – Петропавловск-Камчатский: КФ ГС РАН, 2009. – С. 11.
8. **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. 223–232.
9. **Медведев С.В. (Москва), Шпонхойер В. (Иена), Карник В. (Прага).** Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.
10. **Кузнецов В.М., Алевская Н.Л.** Схема тектонического районирования Колымо-Охотского водораздела. Масштаб 1: 1 000 000. – ФГУП «Магадангеология», 2001.
11. **Имаев В.С., Имаева Л.П., Козьмин Б.М.** Сейсмотектоника Якутии. – М.: ГЕОС, 2000. – 227 с.
12. **Lamont Doherty Earth Observatory (LDEO)**, Columbia University, 61 Route 9W, P.O. Box 1000, Palisades, NY 10964-1000, U.S.A. <http://www.globalcmt.org>
13. **Bulletin of the International Seismological Centre for 2006.** – Berkshire: ISC, 2008.