

КОМАНДОРСКОЕ-II ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ 5 декабря 2003 года**с $MS=6.8$, $I_0=7$ (Командорские острова)****В.И. Левина¹, А.Ю. Чеброва¹, А.В. Ландер², Е.И. Иванова¹, С.В. Митюшкина¹, Н.Н. Титков¹**¹Камчатский филиал ГС РАН, г. Петропавловск-Камчатский, valeria@emsd.ru²Международный институт теории прогноза землетрясений и математической геофизики РАН, г. Москва, land@mitp.ru

5 декабря 2003 г. в 21^h26^m к северо-западу от о. Беринга произошло землетрясение с $MS=6.8$ [1]. На о. Беринга, в пос. Никольское, землетрясение ощущалось с интенсивностью $I=5-6$ баллов, а на побережье Камчатки – до 4 баллов. В эпицентре расчетная интенсивность сотрясений $I_0^p \sim 7$ баллов получена по стандартному для Камчатки уравнению макросейсмического поля [2]:

$$I_0=1.5 MLH - 2.63 \lg h - 0.0087 h + 2.5$$

при $h_{rp}=16$ км и в предположении равенства $MLH=MS$.

Сводка определений параметров землетрясения, полученных из различных источников, приведена в табл. 1. На рис. 1 показано положение эпицентра главного события по данным агентств, упомянутых в табл. 1.

Таблица 1. Основные параметры Командорского-II землетрясения по данным КФ ГС РАН в сопоставлении с определениями других агентств

Агентство	t_0 , ч мин с	Гипоцентр			Магнитуда	Нодальные плоскости						Источ- ник
		φ°, N	λ°, E	h, км		NP1			NP2			
						STK	DP	SLIP	STK	DP	SLIP	
KRSC	21 26 14.1	55.78	165.43	29	$K_S = 14.8, M_c = 7.0$						[3]	
KRSC					179	80	33	83	58	168	[4]	
MOS	21 26 12	55.54	165.69	25	$MPSP=6.3, MPLP=6.9, MS=6.8$						[1]	
HRVD	21 26 18.9	55.68	165.53	18	$M_w=6.6$						[5]	
ISC	21 26 09.8	55.59	165.76	29	$m_b=6.0, M_s=6.6$						[6]	
NEIC	21 26 09.5	55.54	165.78	10	$M_s=6.5, m_b=6.1, M_w=6.7$						[7]	

С тектонической позиции основной толчок произошел вблизи северо-восточной границы небольшого Командорского блока, вытянутого в северо-западном направлении. Эпицентр локализован примерно в 50 км северо-западнее о. Беринга (в 70 км от пос. Никольское), у подножья склона шельфа. Командорский блок является самостоятельной микроплитой, зажатой между двумя значительно более крупными образованиями: медленной плитой Берингией [8] на севере и быстро перемещающейся с относительной скоростью около 8 см/год на северо-запад Тихоокеанской плитой (рис. 2) [9]. Узкая (ширина менее 100 км) Командорская микроплита протянулась на ~500 км в направлении, практически параллельном вектору движения Тихоокеанской плиты, и отделена от последней трансформной границей, проходящей по Алеутскому глубоководному желобу.

Морфологически Командорский блок встроен в Алеутскую островную дугу, являясь ее северо-западным окончанием. Однако полоса сейсмичности в районе с $\lambda=169-170^\circ E$, проходящая по северному борту Алеутского желоба, раздваивается, частично переходя на северо-восточный берингийский борт Командорского блока и отделяя его в современной тектонике от остальной

Алеутской дуги. В результате Командорская микроплита ограничена с северо-востока и юго-запада двумя узкими параллельными сейсмическими поясами. Сейсмичность северо-восточной границы микроплиты концентрируется вдоль разлома Беринга [9], протянувшегося на океаническом основании непосредственно у подножья склона Командорского шельфа.

Землетрясения на юго-западной границе происходят вдоль Алеутского желоба и параллельного ему разлома Стеллера [9] (на западе микроплиты). За столетний интервал инструментальных наблюдений сейсмическая активность северо-восточной границы Командорской микроплиты в целом несколько превосходит активность юго-западной границы. Однако, возможно, это связано с неполнотой накопленной статистики в частности с длительным затишьем, наблюдаемым на юго-восточном сегменте Алеутского желоба.

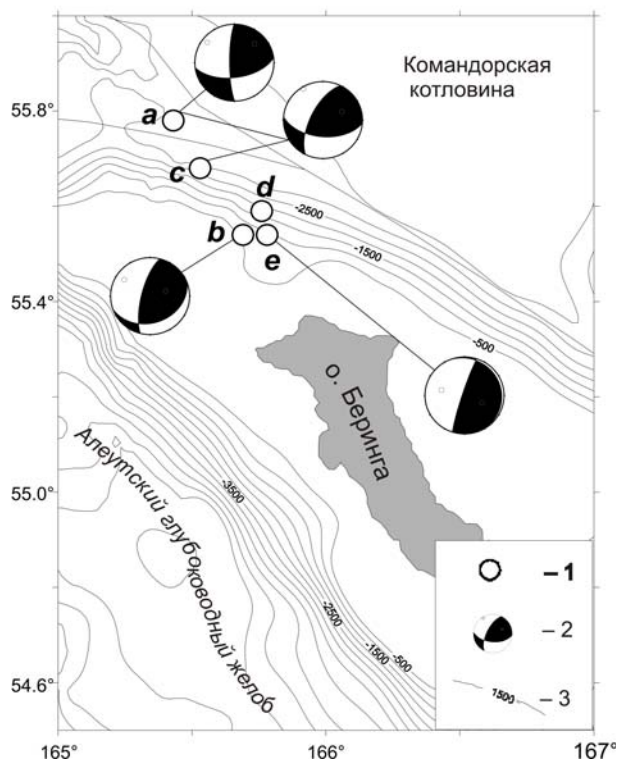


Рис. 1. Решения (a, b, c, d, e) эпицентра и механизма очага (a, b, c) главного толчка Командорского землетрясения 5 декабря 2003 г.

1 – эпицентр по данным различных служб (a, b, c, d, e – по [1–7] соответственно); 2 – механизм очага (a, b – по знакам первых вступлений *P*-волн [1, 4], c, e – ближайший двойной диполь к тензору сейсмического момента); 3 – изобата морских глубин.

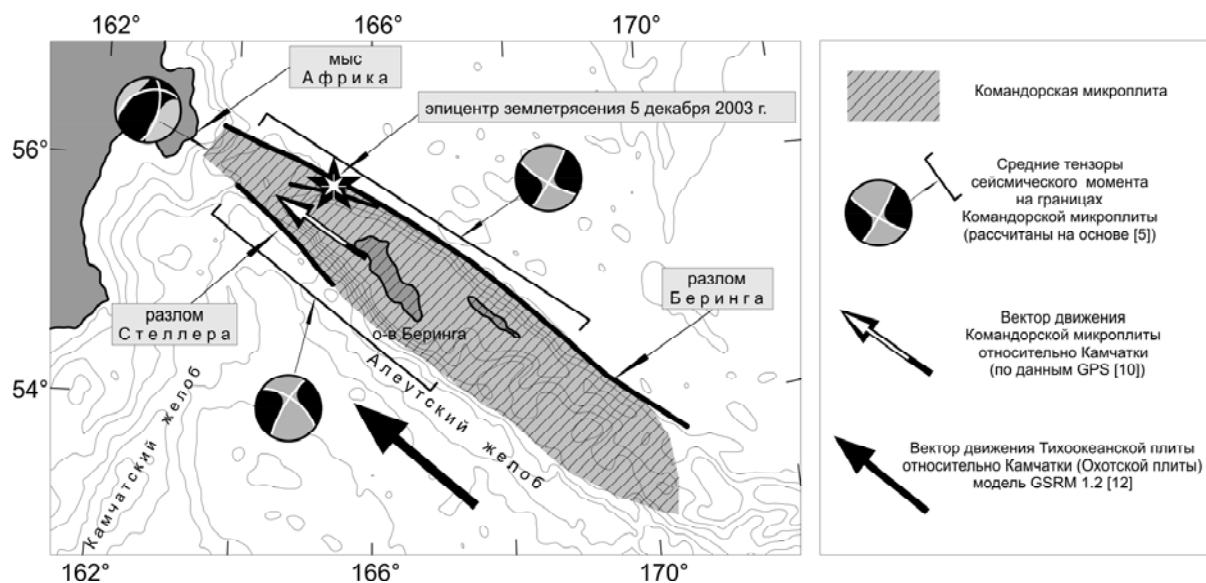


Рис. 2. Тектоническая позиция землетрясения 5 декабря 2003 г.

В очагах землетрясений на обеих параллельных границах Командорской микроплиты преобладают правые сдвиги [5]. Это указывает на то, что узкая вытянутая микроплита скользит на северо-запад параллельно движению Тихоокеанской плиты, отставая от последней. Действительно, прямые GPS-измерения на о. Беринга демонстрируют стабильное перемещение Командорской микроплиты на северо-запад и ее сближение с Камчаткой со скоростью около 5 см/год [10]. Сравнение с современными моделями движения плит [11, 12] показывает,

что Командорская плита, двигаясь на северо-запад, отстает от Тихоокеанской. На северо-западе Командорская микроплита сталкивается с Камчаткой (Охотской плитой). Здесь на небольшом участке в районе мыса Африка реализуются землетрясения, в очагах которых наблюдаются взбросовые подвижки [5].

Землетрясение 5 декабря 2003 г. произошло на коротком юго-западном ответвлении активного разлома Беринга, отделенном от последнего невысоким поднятием океанического (Берингоморского) основания, вблизи того места, где подножье Командорского шельфа отходит к западу от прямолинейного разлома Беринга [13]. Короткий разлом, на котором произошло землетрясение, тянется вдоль подножья склона, вместе с ним поворачивая к западу от генерального направления правых сдвигов. Вполне вероятно, что с этим связано появление в механизме главного толчка взбросовой компоненты [5].

Сейсмичность района очага, приуроченная к разлому Беринга [13], в юго-западной окраине Берингова моря представлена на рис. 3, где приведена карта эпицентров землетрясений с $K_S \geq 11.6$ по данным регионального каталога Камчатки и Командорских островов за 1962–2003 гг. На этой же карте нанесены очаговые области землетрясений, происходивших в этом районе в период 1962–2003 гг. Очаговые области нанесены по афтершокам с $K_S \geq 8.6$. Сейсмичность исследуемого района характеризуется как возникновением групп землетрясений, так и одиночных событий. Доля одиночных землетрясений с $K_S \geq 8.6$ составляет 73% от общего числа землетрясений, произошедших в период с 1962 по 2003 г. За 22 года в этом районе зафиксировано шесть значительных групп землетрясений с главными толчками с $K_S \geq 12.0$ [14–21]. В табл. 2 приведена сводка основных параметров афтершоковых последовательностей землетрясений юго-восточной окраины Берингова моря. Кроме групп, в рассматриваемой части Командорской котловины наблюдались также сильные одиночные землетрясения: 15.08.1975 г. с $K_S=13.6$, $h=38$ км и 26.07.1988 г. с $K_S=12.9$, $h=36$ км [16, 21]. Как видно из рис. 3 и табл. 2, Командорское-II землетрясение 5 декабря 2003 г. явилось вторым значительным событием за период 1962–2003 гг. после землетрясения 1988 г. (№ 3 в табл. 2) [17].

Таблица 2. Сводка основных параметров максимальных толчков групп и одиночных землетрясений юго-восточной окраины Берингова моря по данным [14–21]

№	Дата, д мес год	Гипоцентр			$K_{S,max}$	M_{max}	N_{Σ} с $K_S \geq 8.6$	Продолжи- тельность группы, сутки	ΣE , 10^{13} Дж	S_0 , $км^2$	h_1-h_2 , км
		φ° , N	λ° , E	h , км							
1	28.07.1968	55.37	167.08	40	13.4	6.0	10	19	2.65	*	15–40
2	27.07.1974	55.36	166.36	10	12.8	5.9	19	9	0.66	400	10–49
3	29.02.1988	54.99	167.38	40	13.9	6.9	24	11	8.96	2300	0–40
4	20.10.1992	55.52	166.65	40	12.3	5.4	10	5	0.36	*	10–40
5	28.09.1999	54.4	168.52	40	13.4	5.2	55	46	3.13	1800	14–62
6	31.12.2002	55.42	166.34	15	12.4	5.2	8	11	0.25	340	15–40
7	05.12.2003	55.78	165.43	29	14.8	6.7	103	43	63.97	1600	0–65
8	15.08.1975	54.75	167.92	38	13.6	6.9					
9	26.07.1988	55.40	166.62	36	12.9	5.3					

Примечание. Знаком * отмечена недостаточность данных для проведения оценки площади очага землетрясения

Очаговая зона Командорского-II землетрясения располагалась в 50 км к северо-западу от о. Беринга (рис. 3). По данным камчатского каталога в этой зоне размером около $2000 км^2$ в 1962–2002 гг. не наблюдалось ни одиночных сильных ($K_S \geq 11.6$) событий, ни групп землетрясений.

Развитие сейсмического процесса в очаговой зоне связано лишь с афтершоками, т.к. форшоковая активность в ней не зафиксирована, хотя в его восточной части в самом конце 2002 г.– начале 2003 г. наблюдался рой землетрясений с $K_{S,max}=12.4$ (31.12.2002 г. в 06^h02^m). Можно предположить, однако, что этот рой является независимым событием, поскольку отстоит по времени от обсуждаемого землетрясения почти на год и локализован на периферии его очаговой зоны.

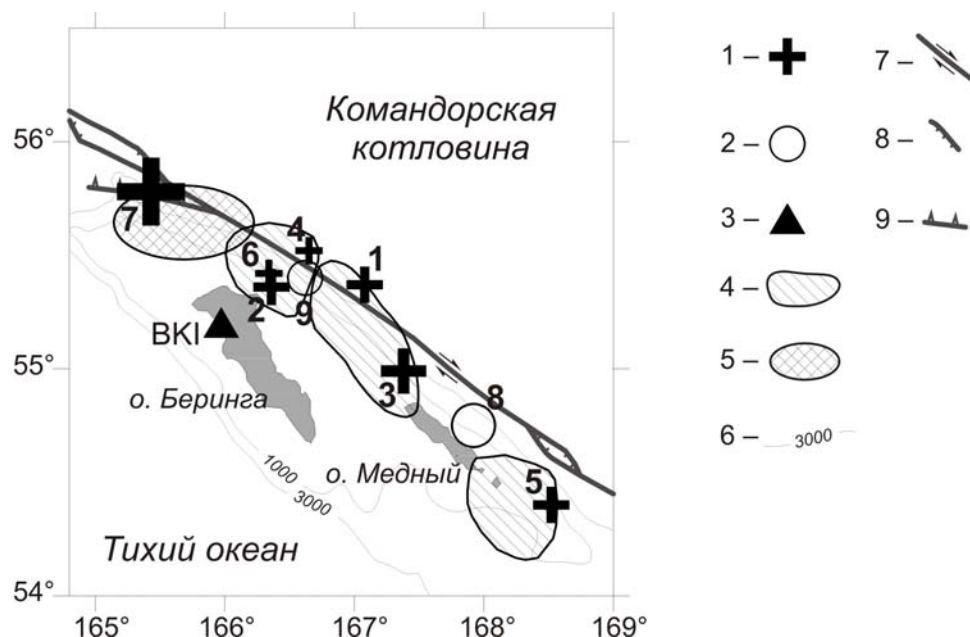


Рис. 3. Карта эпицентров землетрясений с $K_S \geq 11.6$ по данным регионального каталога Камчатки и Командорских островов за 1962–2003 гг.

1 – эпицентр максимального землетрясения группы; 2 – одиночное землетрясение; 3 – сейсмическая станция; 4 – очаговая область роя, 1962–2002 гг., см. табл. 2 (очаговые области землетрясений 2, 4, 6 объединены в одну); 5 – очаговая область Командорского землетрясения; 6 – изобата; 7–9 – новейшие разрывные нарушения морского дна типа сдвиг, сброс и взброс соответственно [9].

Инструментальный гипоцентр Командорского-II землетрясения определен по 34 фазам P -волн и по 6 фазам S -волн, зарегистрированным региональной сетью сейсмических станций КФ ГС РАН. По этим данным землетрясение произошло 5 декабря в $21^{\text{h}}26^{\text{m}}14.1^{\text{s}}$ в точке с координатами $\varphi=55.78^{\circ}\text{N}$, $\lambda=165.43^{\circ}\text{E}$, $h=29$ км с $K_S=14.8$ [3].

За первый час после землетрясения было зафиксировано восемь афтершоков (рис. 4). Они обозначили магистральный разрыв в восточном направлении, с которым связана последующая афтершоковая активность. На рис. 4 видно, что в период 05.12.2003 г.–16.01.2004 г. была активна вся очаговая область вдоль предполагаемого разрыва. Активную зону в плане по афтершокам с момента главного толчка можно оконтурить эллипсом с осями $a=66$ км, $b=31$ км, центр которого имеет координаты $\varphi=55.65^{\circ}\text{N}$, $\lambda=165.7^{\circ}\text{E}$.

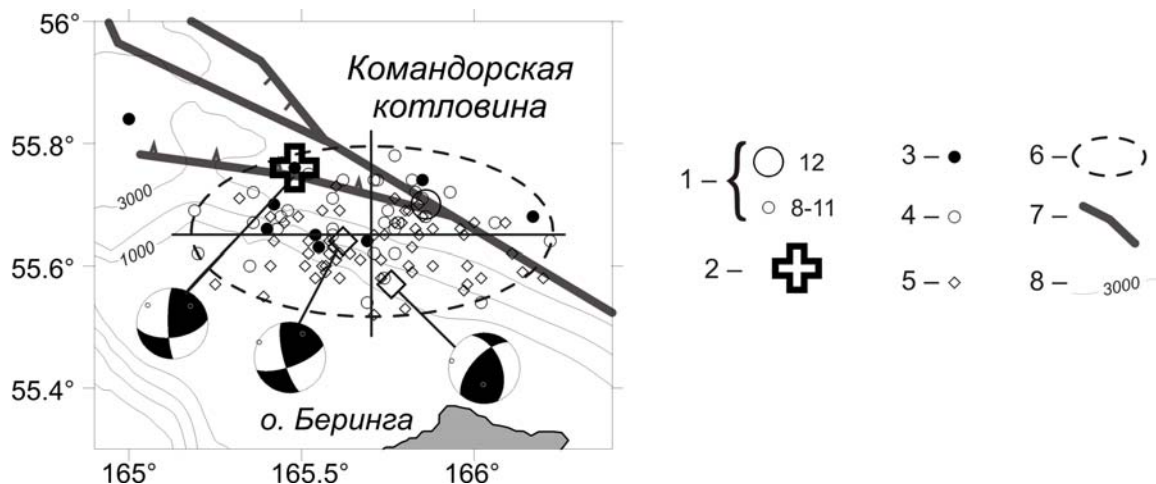


Рис. 4. Афтершоки Командорского-II землетрясения в период с 05.12.2003 г. по 16.01.2004 г.

1 – энергетический класс K_S ; 2 – инструментальный эпицентр; 3, 4 – землетрясения, произошедшие после главного толчка за час, за сутки и за 40 дней соответственно; 6 – граница очаговой области; 7 – разлом Беринга по [9]; 8 – изобата.

До 16 января 2004 г. в исследуемом районе было локализовано 103 землетрясения с $K_S \geq 8.6$, из них четыре с $K_S \geq 11.6$. Гипоцентры афтершоков по данным регионального каталога Камчатки и Командорских островов имели глубины от 0 до 70 км. Методика обработки землетрясений, принятая в настоящее время в КФ ГС РАН, вероятнее всего, систематически заглубляет землетрясения, происходящие в районе Командорских островов. Это связано с отсутствием поправок к временам пробега P - и S -волн для станций, расположенных на территории полуострова. Поэтому в качестве наиболее достоверной для оценки глубины очага Командорского землетрясения выбраны значения глубин 16–26 км, полученных по волнам pP [6].

Механизм очага определен для двух землетрясений, произошедших в 2003 г., и одного – в январе 2004 г. Исходными были данные о знаках смещений в первых вступлениях P -волн на станциях сети КФ ГС РАН, а также на станциях мировых сетей. На рис. 4 показаны стереограммы полученных механизмов. Во всех очагах наблюдаются подвижки типа правостороннего сдвига по плоскости субширотного простирания, что хорошо согласуется с направлением ответвления разлома Беринга, по которому, по-видимому, происходили эти движения. Присутствует также взбросовая компонента. Это может быть связано с тем, что простирание предполагаемого разрыва отличается от направления скольжения Командорской микроплиты.

Макросейсмические проявления довольно скудны, т.к. Командорское-II произошло в малонаселенном районе Камчатского края. На Командорских островах имеется лишь один населенный пункт – пос. Никольское, который находится на расстоянии 73 км от эпицентра. Следующей точкой наблюдения явился маяк Африка, расположенный на п-ве Камчатский. Поэтому составить карту изосейст невозможно. Согласно собранным данным, наиболее сильные сотрясения отмечены в ближайшем от эпицентра населенном пункте – пос. Никольское. Менее заметные проявления, убывающие с расстоянием от очага, наблюдались юго-западнее эпицентра вдоль восточного побережья Камчатки. В населенных пунктах, расположенных северо-западнее источника и в глубине полуострова, ощутимые сотрясения не зафиксированы (см. табл. 3). Несмотря на малое число пунктов наблюдений, можно, однако, с определенностью говорить о юго-западной направленности излучения в очаге землетрясения, наблюдающейся также и для камчатских очагов [22].

Таблица 3. Макросейсмические данные о Командорском-II землетрясении 5 декабря 2003 г. с $M_S=6.8$

№	Пункт	Δ , км	№	Пункт	Δ , км
	<u>5–6 баллов</u>			<u>2–3 балла</u>	
1	Никольское	73	4	Институт	535
	<u>3–4 балла</u>		5	Петропавловск	536
2	Мыс Африка	145		<u>Не ощущалось</u>	
3	Усть-Камчатск	191	6	Ключи	291
			7	Козыревск	349
			8	Оссора	412

Никольское, $\Delta=73$ км, $I=5–6$ баллов.

Землетрясение ощущали все жители поселка, как в помещениях, так и на открытом воздухе. Спавшие проснулись. Люди в испуге выходили из домов, некоторых охватила паника. В зданиях скрипели полы и потолки, дребезжала посуда и стекла окон, качались все висячие предметы, открывались дверцы шкафов, открывались или закрывались двери, падали предметы на столах и полках. В деревянных зданиях образовались тонкие трещины в штукатурке. Землетрясение ощущалось как сильный толчок с продолжительным трясением. В течение последующих трех часов наблюдалась серия слабо ощутимых толчков.

Мыс Африка, $\Delta=145$ км, $I=3–4$ балла.

Землетрясение ощущали около 6 с, находясь в состоянии покоя (сидели). В одноэтажном здании колебались висячие предметы, дребезжала посуда и стекла окон. Был слышен продолжительный подземный гул с монотонным возрастанием интенсивности.

Усть-Камчатск, $\Delta=191$ км, $I=3–4$ балла.

Землетрясение ощущали в состоянии покоя (лежа, сидя). На первом этаже деревянного двухэтажного здания почувствовали несильный толчок с последующим раскачиванием. В школе землетрясение ощущали все сидевшие за партами ученики, закачались лампы и затрещали стекла в оконных рамах.

Институт, Петропавловск-Камчатский, $\Delta=535$ и 536 км, $I=2-3$ балла.

Ощущали операторы телеметрии в состоянии покоя (сидели). При вступлении P -волны задрожали комнатные растения, S -волна вызвала дрожание стульев, на которых сидели работники.

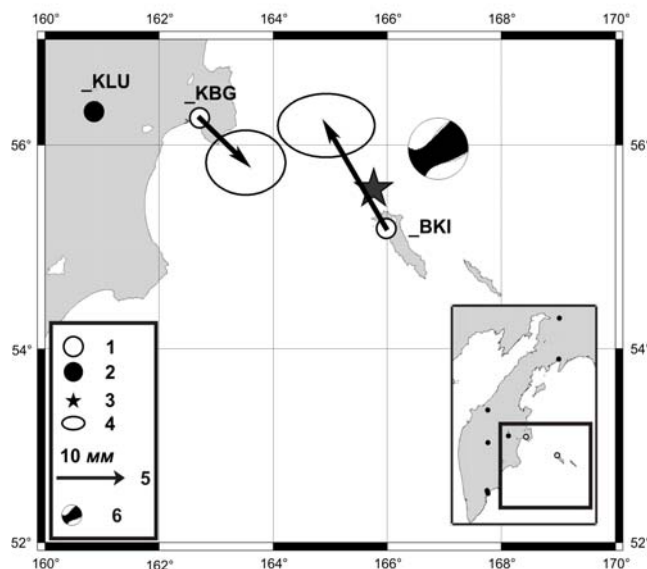
Ключи, $\Delta=291$ км.

Землетрясение не ощущали. Но по поводу трясения на сейсмическую станцию поступали звонки из Усть-Камчатска.

Козыревск (349 км), Оссора (412 км): землетрясение не ощущали.

Деформационные процессы с движениями земной коры, вызванные Командорским землетрясением, были зафиксированы региональной сетью GPS-станций. Сеть GPS-станций непрерывного наблюдения KAMNET создана в конце 1997 г. Сеть создавалась с целью определения глобальных движений тектонических блоков, регистрации смещений земной коры, возникающих от сейсмических событий, и как опорная сеть для эпизодических и полевых GPS-наблюдений на локальных полигонах в районах активных вулканов. Сеть оснащена двухчастотными GPS-приемниками геодезического класса. Обработка данных проводится пакетом GAMIT/GLOBK. Сеть KAMNET привязывается к системе координат ITRS/ITRF2000 посредством совместной обработки с решением для глобальной сети станций IGS. Решения для сети IGS берутся с центра обработки SOPAC (Scripps orbit and permanent array center) [23].

С момента создания сети были зарегистрированы деформационные процессы, сопровождающие сильное Кроноцкое землетрясение 05.12.1997 г. с $M_w=7.8$ [10, 22]. Командорское-II землетрясение 2003 г. с $M_S=6.8$ в районе о. Беринга стало вторым событием, зафиксированным сетью GPS. В момент землетрясения работало 10 постоянных GPS станций сети KAMNET (рис. 5). На ближайших к событию станциях – «Беринг» (BKI), «Крутоберегово» (KBG) – были зафиксированы косейсмические деформации (рис. 6 и табл. 4). Следующая ближайшая станция – «Ключи» (KLU) – отстоит от эпицентра на 300 км. Наблюдаемое смещение станции «Ключи» составило 3 мм при среднеквадратичном отклонении 2.5 мм, т.е. находится за пределами точности GPS-наблюдений и не может считаться значимым. Косейсмические смещения на станциях «Крутоберегово» и «Беринг» указывают на деформацию сжатия по направлению на эпицентр, что согласуется с механизмом очага землетрясения по данным [5].



находится за пределами точности GPS-наблюдений и не может считаться значимым. Косейсмические смещения на станциях «Крутоберегово» и «Беринг» указывают на деформацию сжатия по направлению на эпицентр, что согласуется с механизмом очага землетрясения по данным [5].

Рис. 5. Зафиксированные косейсмические деформации от Командорского-II землетрясения 5 декабря 2003 г. с $M_S=6.8$

1, 2 – пункт, на котором зарегистрировано или нет косейсмическое смещение; 3 – инструментальный эпицентр; 4 – эллипс ошибок в оценке смещения; 5 – вектор косейсмического смещения и его масштаб; 6 – механизм очага по [5].

Существующий в настоящий момент уровень наблюдений и обработки сети KAMNET позволил обнаружить косейсмические деформации от землетрясения $M_S=6.8$ на расстоянии 200 км от эпицентра. Для надежной регистрации большинства событий подобной силы требуется серьезное уплотнение сети, особенно на восточном побережье Камчатки, как самом сейсмоактивном районе.

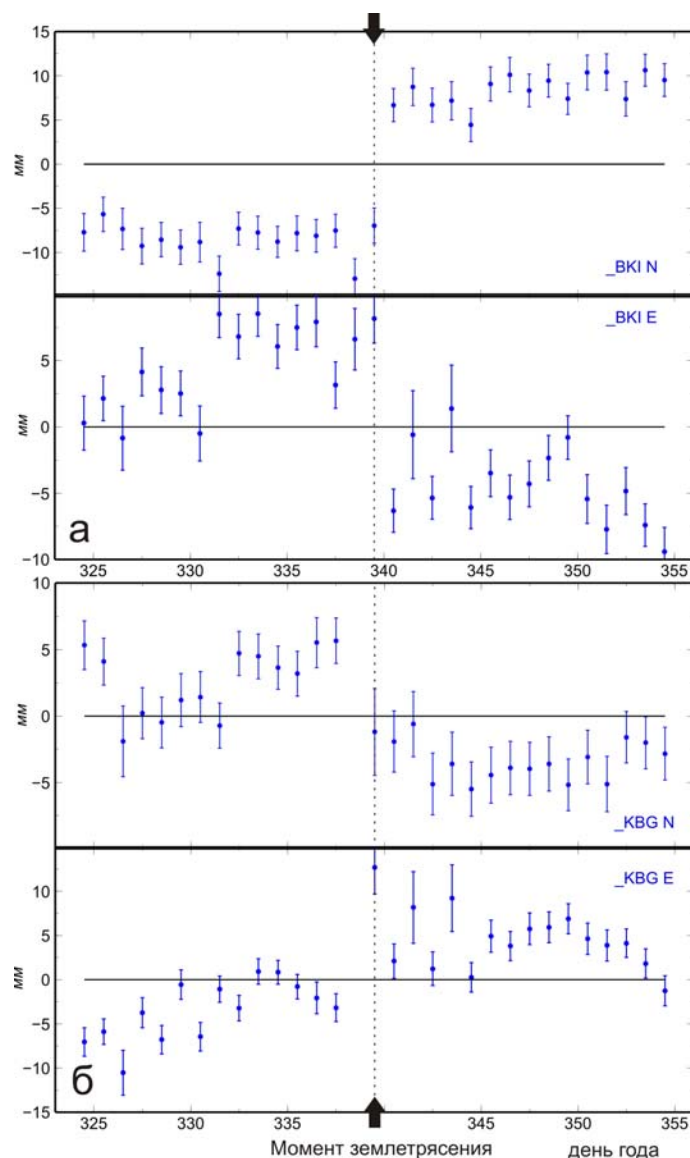


Рис. 6. Временные ряды зарегистрированных косейсмических смещений с 20 ноября по 20 декабря 2003 г.; а, б – горизонтальные составляющие N, E по станциям «Беринг» (ВКИ) и «Крутоберегово» (КВГ) соответственно; стрелками отмечен момент землетрясения

Л и т е р а т у р а

1. **Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 2003 год** / Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ГС РАН, 2003–2004.
2. **Федотов С.А., Шумилина Л.С.** Сейсмическая сотрясаемость Камчатки // Физика Земли. – 1971. – № 9. – С. 3–15.
3. **Левина В.И., Лепская Т.С. (отв. сост.), Антипова О.Г., Бахтиарова Г.М., Карпенко Е.А., Кривогорницына Т.М., Митюшкина С.В., Пархоменко С.А., Пилипенко Л.В., Шевченко Н.А.** Каталог землетрясений Камчатки и Командорских островов за 2003 год. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
4. **Иванова Е.И. (отв. сост.)**. Каталог механизмов очагов землетрясений Камчатки и Командорских островов за 2003 год. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
5. **Global CMT catalog**, <http://www.globalcmt.org/CMTsearch.html>.
6. **Bulletin of the International Seismological Centre for 2003**. – Berkshire: ISC, 2005–2006.

7. **USGS National Earthquake Information Centre**, <ftp://hazards.cr.usgs.gov/edr/mchedr/>.
8. **Ландер А.В., Букчин Б.Г., Дроздин Д.В., Кирюшин А.В.** Тектоническая позиция и очаговые параметры Хаилинского (Корякского) землетрясения 8 марта 1991 г.: существует ли плита Берингия? // Вычислительная сейсмология, вып. 26. – М.: Наука, 1994. – С. 103–122.
9. **Mets C., Gordon R.G., Argus D.F., Stein S.** Current plate motions // *Geophys. J. Int.* – 1990. – **101**. – P. 425–478.
10. **Левин В.Е., Гордеев Е.И., Бахтиаров В.Ф., Касахара М.** Предварительные результаты GPS мониторинга на Камчатке и Командорских островах // *Вулканология и сейсмология*. – 2002. – № 1. – С. 3–11.
11. **Kreemer C., Holt W.E., Haines A.J.** An integrated global model of present-day plate motions and plate boundary deformation // *Geophys. J. Int.* – 2003. – **154**. – P. 8–34.
12. **Plate Motion Calculator**, http://sps.unavco.org/crustal_motion/dxdt/model/.
13. **Селиверстов Н.И.** Строение дна Прикамчатских акваторий и геодинамика зоны сочленения Курило-Камчатской и Алеутской островных дуг. – М.: Научный мир, 1998. – 164 с.
14. **Федотов С.А., Токарев П.И., Годзиковская А.А., Зобин В.М.** Землетрясения Камчатки и Командорских островов // *Землетрясения в СССР в 1968 году*. – М.: Наука, 1972. – С. 189–211.
15. **Федотов С.А., Симбирёва И.Г., Феофилактов В.Д., Матвиенко Ю.Д.** Землетрясения Камчатки и Командорских островов // *Землетрясения в СССР в 1974 году*. – М.: Наука, 1977. – С. 145–156.
16. **Федотов С.А., Зобин В.М., Гордеев Е.И., Горельчик В.И., Иванова Е.И., Лепская Т.С., Митякин В.П., Ходенко В.Н.** Землетрясения Камчатки и Командорских островов // *Землетрясения в СССР в 1988 году*. – М.: Наука, 1991. – С. 152–163.
17. **Зобин В.М., Гусева Е.М., Иванова Е.И., Мельников Ю.Ю., Митякин В.П., Ходенко В.Н.** Командорское землетрясение 29 февраля 1988 г. // *Землетрясения в СССР в 1988 году*. – М.: Наука, 1991. – С. 164–177.
18. **Федотов С.А., Гордеев Е.И., Левина В.И., Зобин В.М., Лепская Т.С., Иванова Е.И., Чиркова В.Н.** Землетрясения Камчатки и Командорских островов // *Землетрясения в СССР в 1992 году*. – М.: ГС РАН, 1997. – С. 90–100.
19. **Левина В.И., Иванова Е.И., Гордеев Е.И., Гусева Е.И.** Камчатка и Командорские острова // *Землетрясения Северной Евразии в 1999 году*. – Обнинск: ГС РАН, 2005. – С. 168–176.
20. **Левина В.И., Иванова Е.И., Ландер А.В., Гусева Е.М.** Камчатка и Командорские острова // *Землетрясения Северной Евразии в 2002 году*. – Обнинск: ГС РАН, 2008. – С. 215–225.
21. **Федотов С.А., Симбирёва И.Г., Феофилактов В.Д., Гусев А.А., Горельчик В.И., Степанов В.В.** Землетрясения Камчатки // *Землетрясения в СССР в 1975 году*. – М.: Наука, 1978. – С. 111–114.
22. **Левина В.И., Гусев А.А., Павлов В.М., Иванова Е.И., Левин В.Е., Рябинин Г.В., Хаткевич Ю.М., Гусева Е.М., Салтыков В.А., Зобин В.М.** Кроноцкое землетрясение 5 декабря 1997 года с $M_w=7.8$, $I_0=8$ (Камчатка) // *Землетрясения Северной Евразии в 1997 году*. – Обнинск: ГС РАН, 2003. – С. 250–271.
23. **SOPAC** <http://sopac.ucsd.edu>.