

ЛАНКУЧАНСКОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ 26 декабря 2009 г.

с $K_p=13.0$, $MPSP=4.5$, $I_0^P=6-7$ (Северо-Восток)

Е.И. Алёшина¹, Л.В. Гунбина¹, Е.И. Иванова², Л.И. Карпенко¹, Б.М. Седов¹

¹Магаданский филиал ГС РАН, г. Магадан, evgeniya@memsd.ru

²Камчатский филиал ГС РАН, г. Петропавловск-Камчатский, ivva@emsd.ru

Ланкучанское землетрясение, произошедшее 26 декабря 2009 г. в 23^h22^m, было наиболее сильным ($K_p=13.0$) в Примагаданье за всю историю инструментальных наблюдений с 1952 г. Названо оно по ближайшей речке Ланкучан. Максимальный макросейсмический эффект в г. Магадан достигал 6 баллов.

Инструментальные данные. Основные параметры Ланкучанского землетрясения по материалам различных сейсмологических агентств представлены в табл. 1.

Таблица 1. Основные параметры Ланкучанского землетрясения 26 декабря 2009 г. с $K_p=13.0$ по региональным данным в сопоставлении с определениями других агентств

Агентство	t_0 , ч мин с	δt_0 , с	Гипоцентр						Магнитуда	Ис-точник
			φ° , N	$\delta\varphi$	λ° , E	$\delta\lambda$	h , км	δh , км		
МФ ГС РАН	23 22 00.8	0.3	59.72	1.7 км	151.05	3.4 км	10	2	$K_p=13.0$	[1]
MOS	23 21 57.1	0.86	59.79		150.89		9		$m_b=4.5/25$	[2]
ISC	23 21 59.7	0.35	59.81	0.04°	150.93	0.04°	10	f	$M_s=3.5/19$, $m_b=4.2/63$	[3]
ISCJB	23 21 57.7	0.21	59.78		150.88		10	f	$M_s=3.5/19$, $m_b=4.2/63$	—
NEIC	23 21 59.5	0.19	59.76		150.83		10	f	$m_b=4.7/20$	—
IDC	23 21 57.7	0.47	59.75		150.89		0	f	$M_s=3.7/16$, $m_b=3.9/32$	—

Примечание. Расшифровка кодов агентств дана в обозначениях к наст. сб.

Все решения эпицентра Ланкучанского землетрясения в плане изображены на рис. 1.

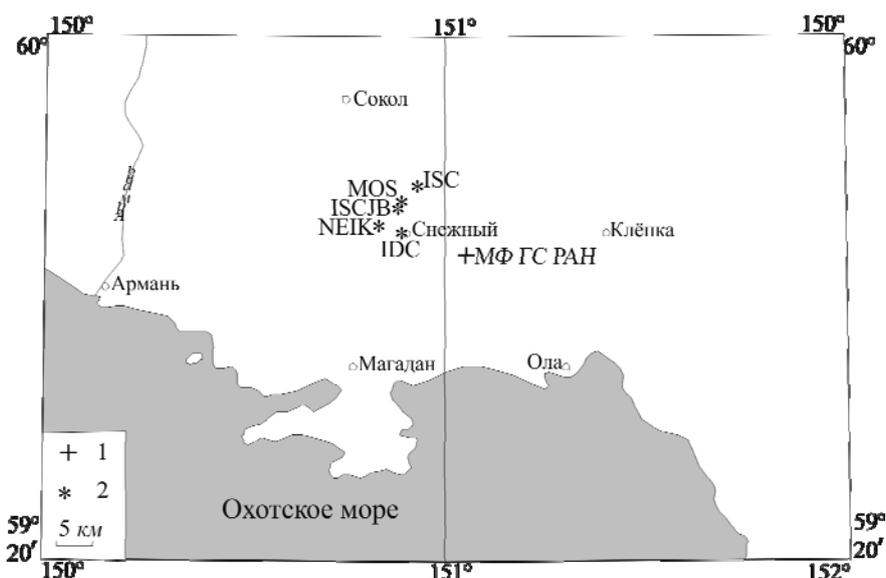


Рис. 1. Сопоставление решений эпицентра Ланкучанского землетрясения 26 декабря 2009 г. с $K_p=13.0$ по данным станций сети МФ ГС РАН и других агентств

1 – инструментальный эпицентр по [1]; 2 – решение других сейсмологических служб.

Разброс координат по данным различных центров достигает 10 км по широте и 12 км – по долготе. Решения мировых агентств хорошо согласуются между собой. Эпицентр IDC совпадает с координатами пос. Снежный, где Ланкучанское землетрясение ощущалось с интенсивностью $I=5-6$ баллов. Региональный эпицентр относительно мировых определений сдвинут на юго-восток, на расстояние около 11 км. Однако именно решение МФ ГС РАН наилучшим образом согласуется с положением афтершоков и является, по-видимому, наиболее достоверным.

При сводной обработке Ланкучанского землетрясения в Магаданском филиале использовались данные наблюдений восьми региональных станций (рис. 2). Ближайшими ($\Delta=23$ км) к эпицентру были станции «Дракон» (DRAK) и «Магадан1» (NMA2) [4]. Станция «Стекольный» (MGD) располагается на расстоянии 40 км, другие – в пределах 174-375 км от эпицентра (рис. 2). Большинство станций находились севернее эпицентра, две станции – юго-западнее. Данные станций, расположенных западнее и восточнее эпицентра, отсутствуют.

Механизм очага Ланкучанского землетрясения для настоящей статьи рассчитан в Камчатском филиале ГС РАН по знакам смещений первых вступлений P -волн, снятых на 38 станциях региональной и мировой сети [5]. Из них на 20 станциях зарегистрированы волны сжатия (знаки плюс), на 18-ти – волны разрежения (знаки минус). Станции расположены в интервале эпицентральных расстояний $\Delta=0.24-69.00^\circ$, по азимутам $10-351^\circ$. Для расчетов использовалась программа FA2011, составленная А.В. Ландером (усовершенствованная программа FA2002 [6]), использующая знаки первых вступлений объемных волн по методике [7]. Полученные параметры механизма очага представлены в табл. 2. Механизм очага, построенный ранее [8] по знакам первых смещений в волне P по данным станций сетей МФ ГС РАН, КФ ГС РАН и ЯФ ГС РАН, не принимается во внимание, т.к. содержит неточности.

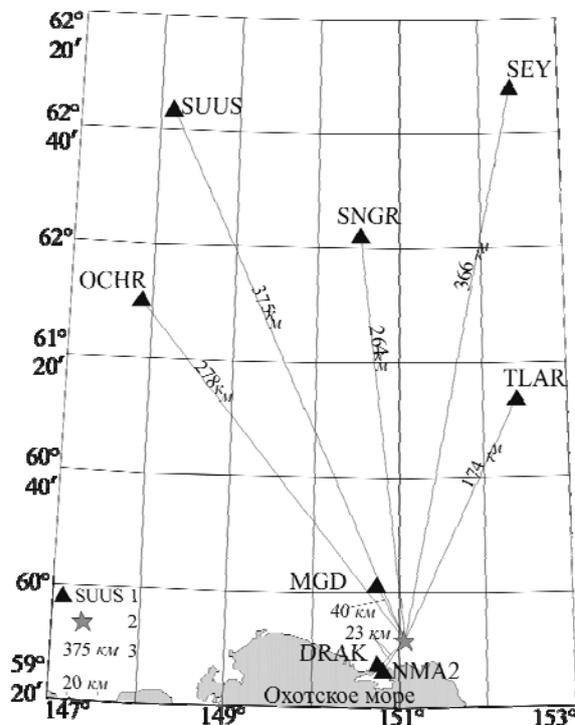


Рис. 2. Положение региональных станций относительно инструментального эпицентра Ланкучанского землетрясения 26 декабря 2009 г. с $K_p=13.0$

1 – сейсмическая станция; 2 – инструментальный эпицентр; 3 – эпицентральное расстояние.

Таблица 2. Параметры механизма очага Ланкучанского землетрясения 26 декабря 2009 г. с $K_p=13.0$

Агентство	Дата, д м	t_0 , ч мин с	h , км	Магнитуды			K_p [1]	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости					Источник	
				$MPSP$ [2]	m_b [3]	M_s [3]		T		N		P		$NP1$			$NP2$			
								PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	$SLIP$	STK	DP		$SLIP$
КФ ГС РАН	26.12.	23 22 00.8	10	4.5	4.2	3.5	13.0	50	185	39	351	7	86	326	63	45	211	51	144	[5]

Согласно табл. 2, Ланкучанское землетрясение возникло под действием преобладающих близгоризонтальных ($PL_p=7^\circ$) напряжений сжатия, ориентированных близширотно ($AZM_p=86^\circ$). Ось промежуточного напряжения ($PL_N=39^\circ$) ориентирована субмеридионально (351°).

Механизм очага в стереографической проекции на нижней полусфере показан на рис. 3, из которого следует, что обе нодальные плоскости имеют достаточно крутое ($DP_1=63^\circ$, $DP_2=51^\circ$) падение. Плоскость $NP1$ простирается в северо-западном ($STK_1=326^\circ$) направлении, плоскость $NP2$ – с юго-запада на северо-восток ($STK_2=211^\circ$). Подвижки по обеим плоскостям – взброс с компонентами сдвига, левостороннего по $NP1$ и правостороннего – по $NP2$.



Рис. 3. Стереодиаграмма механизма очага землетрясения 26 декабря 2009 г. 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).

Афтершоки. Ланкучанское землетрясение сопровождалось большой серией афтершоков ($N_{\text{афт}}=83$), зарегистрированных благодаря быстрому развертыванию в очаговой зоне временной локальной сети [4], выставленной спустя 3.5 часа после основного толчка, Положение станций показано на рис. 4.

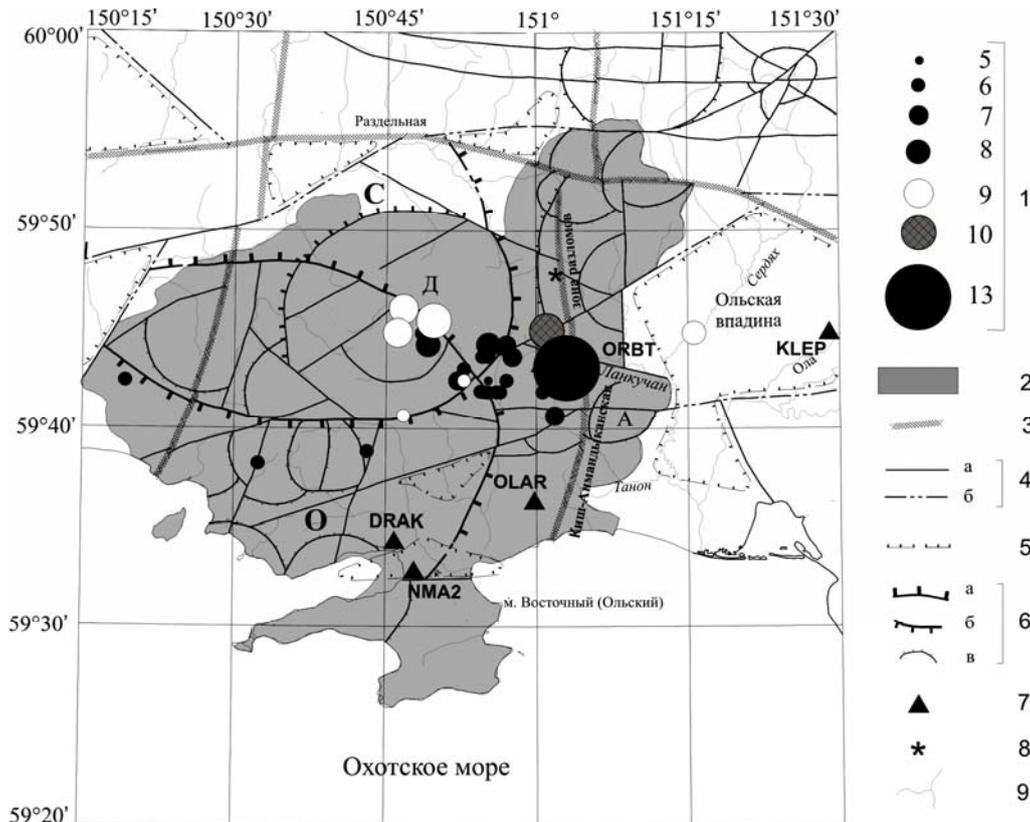


Рис. 4. Тектоническая схема эпицентральной зоны Ланкучанского землетрясения 26 декабря 2009 г. с $K_p=13.0$ и положение временных станций

1 – энергетический класс K_p (штриховкой отмечено землетрясение 02.10.1999 г. с $K_p=9.8$ из [9], белым цветом – землетрясения, произошедшие в июне-июле 2010 г.); 2 – Магаданский батолит; 3 – зона безымянного разлома; 4 – разлом: а – установленный, б – предполагаемый, скрытый под вышележащими образованиями; 5 – граница неотектонических впадин; 6 – магматогенная структура и ее граница: а – I порядка (О – Островная, С – Северная), б – II порядка (Д – Дукчинская), в – III порядка (А – Англия); 7 – сейсмическая станция; 8 – Ланкучанский источник минеральных вод; 9 – река.

Суммарное число афтершоков $N_{\text{афт}}=83$, но локализовать удалось лишь 26 из них. Для остальных указаны время в очаге и K_p . Все сведения об афтершоках приведены в Приложении к наст. сб. на CD [10].

В июне и июле 2010 г. северо-западнее эпицентральной зоны Ланкучанского землетрясения зарегистрированы шесть событий с $K_p=6.0-9.7$, положение их эпицентров показано на рис. 4. Три из них с $K_p=9.1, 9.7, 8.7$ ощущались в Магадане ($\Delta=25$ км) и пос. Снежный ($\Delta=11$ км) с интенсивностью 2–3 балла. Эти толчки, возможно, спровоцированы Ланкучанским землетрясением 26 декабря 2009 г. с $K_p=13.0$ или являются самостоятельными событиями.

Графики изменения во времени энергетических классов K_p и глубин гипоцентров представлены на рис. 5. Диапазон глубин афтершоков составил 7–33 км (рис. 5 и 6).

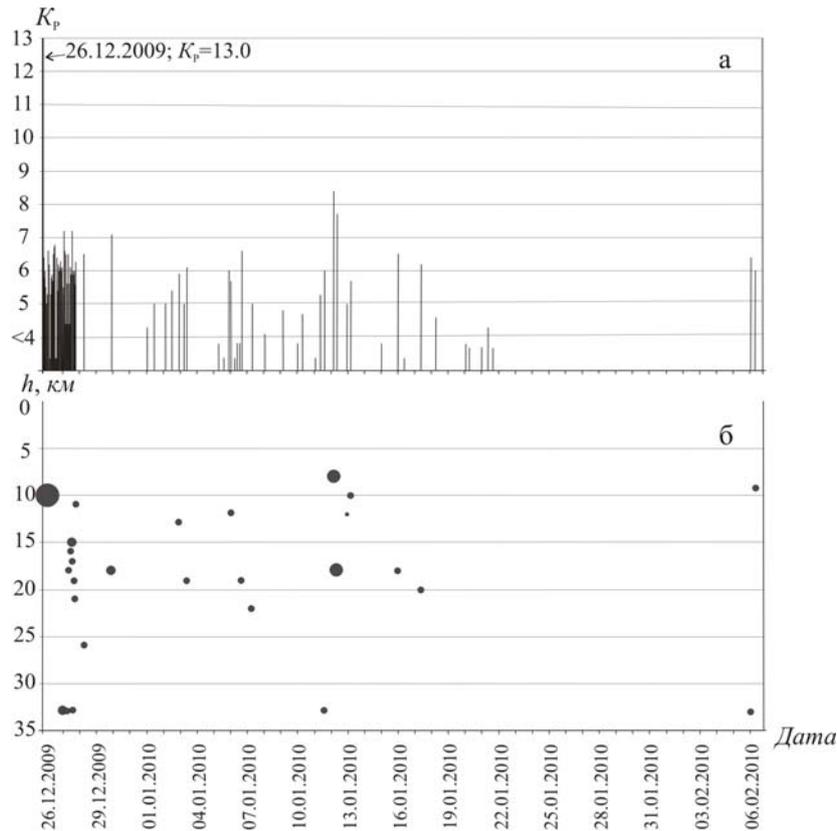


Рис. 5. Изменение во времени энергетического класса K_p (а) и глубины гипоцентров h (б) афтершоков Ланкучанского землетрясения 26 декабря с $K_p=13.0$

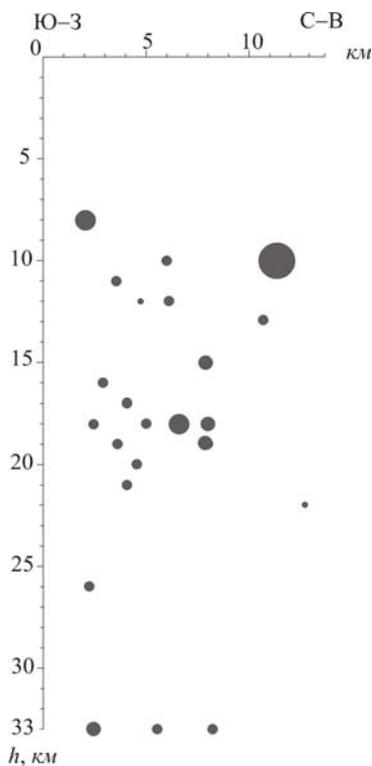


Рис. 6. Вертикальный разрез по линии безымянного разлома северо-восточного простирания очаговой области афтершоков Ланкучанского землетрясения 26 декабря с $K_p=13.0$

Суммарная сейсмическая энергия главного события и 83 афтершоков, выделившаяся в очаговой зоне, составила $\Sigma E=1.000042 \cdot 10^{13}$ Дж, тогда как в очаге основного толчка высвободилась энергия, равная $1.000 \cdot 10^{13}$ Дж, т.е. 99.996% от суммарной энергии всей серии.

В связи с уменьшением сейсмической активности в конце февраля 2010 г. временные станции в эпицентральной области были сняты.

В тектоническом отношении Ланкучанское землетрясение и его афтершоки располагаются в пределах Магаданского батолита гранитоидов. Главное событие тяготеет к зоне пересечения Киш-Анмандыканской зоны разломов субмеридионального простирания с довольно протяженным (около 30 км) линейным разломом северо-восточного направления (без названия). Большинство афтершоков находятся в области пересечения этого разлома и границ магматогенных структур первого порядка Северной и Островной, имеющих в плане округлую форму [11]. Почти все афтершоки Ланкучанского землетрясения располагаются западнее эпицентра основного толчка, по обе стороны от линейного неотектонического разлома северо-восточного простирания (рис. 4). Вертикальные блоковые перемещения по разломам северо-восточного направления не менее нескольких сотен метров, при общем погружении блоков от центра

Магаданского батолита к периферии. Дуговые разрывные нарушения, ограничивающие структуры, также вертикальны. Амплитуда перемещений по ним составляет не менее 500 м, а ширина зоны дуговых ограничений структур до – 5–7 км [11].

Следует отметить, что в 9 км севернее эпицентра основного толчка, вблизи Киш-Анмандыканской зоны разломов, находится Ланкучанский источник холодных минеральных вод [12] (рис. 4).

Макросейсмические сведения о проявлениях Ланкучанского землетрясения собраны сотрудниками МФ ГС РАН в основном при помощи телефонного опроса жителей города и поселков Магаданской области, а также посредством распространения опросных листов. Было обработано более 300 сообщений. Имеющаяся макросейсмическая информация приведена ниже.

I=5–6 баллов.

Пос. Снежный. Землетрясение ощутили все жители поселка в панельных домах, на 1-х–5-х этажах в состоянии покоя и в движении. Многие испугались и в страхе покидали дома. Некоторые ощутили удар, как будто трактор врезался в дом. Открывались окна, дверцы шкафов. С антресолей падали тяжелые вещи, часы упали со стены. Тряслась тяжелая мебель, холодильники, стиральные машины. Перемещались, падали легкие предметы. Трещали стены, у некоторых сыпалась штукатурка, образовались мелкие трещины в межпанельных швах. Большинство людей, как на открытом воздухе, так и в помещениях, слышали сильный подземный гул, похожий на удаленный взрыв. Кошка примерно за три часа до землетрясения сильно мяукала, всех будила.

Пос. Радист. Почти все респонденты слышали гул, похожий на взрыв. Спавшие проснулись, испугались, многие выбегали на улицу. Некоторые, находившиеся в помещениях, видели, как стены как будто сместились, слышали треск всего дома. В магазине с полок падали продукты, сильно звенели бутылки.

Пункт 13 км. В одноэтажных домах сильно дребезжали стекла окон, трещали полы и стены. Слышался гул. Многие ощутили сотрясение всего дома. Качались столы, стулья, сильно раскачивались люстры. Многие испугались, выбежали на улицу.

На побережье Охотского моря в направлении мыс Восточный (Ольский) по сообщению туриста были отмечены несколько свежих каменных осыпей, удаленных от эпицентра на расстояние до 15 км.

Пос. Дукча. Со слов респондентов, все вокруг гудело, небольшой деревянный домик раскачивало. Человек, стоявший на ногах, покачнулся, потерял равновесие, в панике выскочил на улицу.

Пос. Гадля. Почти все опрошенные, находившиеся в одноэтажных деревянных домах, слышали сильный гул, через пару секунд ощутили сильный толчок и вибрацию.

Мкр. Солнечный. Большинство респондентов слышали гул. Жители 1-х–2-х этажей слышали треск всего дома. Некоторые ощутили удар, как будто в дом врезалась машина. Открывались дверцы шкафов, рамка с фото упала со стены и разбилась. На восьмом этаже панельного дома сдвинулась с места кровать. В деревянном одноэтажном доме обвалилась штукатурка, чуть порвались обои на стенах. Выли собаки, кошка выбежала из дома. Люди вышли на улицу.

Город Магадан. Практически все жители города ощутили сотрясение зданий. Все, кто спал, проснулись от сильного толчка. Многие на первых-вторых этажах зданий ощутили удар, как будто в дом врезался грузовик. Многие испугались. Некоторые вышли на улицу, немногие выбегали в панике. Большинство респондентов слышали гул: одни – как от тяжелого транспорта, другие – как от взрыва, третьи – нарастающий подземный гул, затем ощутили сотрясение. На верхних этажах, с четвертого по девятый, книги сыпались с полок, двигалась тяжелая мебель, отдельные люди теряли равновесие. На пятом этаже кронштейн с телевизором, укрепленный на стене, повернулся на 90°. На нижних этажах (1–3) падали и сдвигались с места предметы, трещали стены, потолки. У немногих опрошенных открывались межкомнатные двери. В городе прервалась сотовая связь. Беспokoились домашние животные. В результате воздействия подземных толчков в г. Магадан выявлены легкие повреждения внутри квартир, на лестничных площадках и фасадах зданий в виде тонких трещин. Были случаи повреждения остекления. В результате стихии произошло серьезное повреждение водопроводных сетей. Особо неблагоприятно то, что большинство зданий построено до середины 80-х годов и имеют дефицит сейсмостойкости и большой процент износа.

I=4–5 баллов

Пос. Ола. Дребезжали окна, стеклянные двери, посуда. Трещали полы, стены, мебель. Качались люстры. В аквариуме по воде пошли волны. Сдвигались с места цветочные горшки. Некоторые жители слышали гул.

Пос. Клёпка. Дребезжали окна, двери, посуда. Многие слышали гул, как от тяжелой техники. Раскачивались люстры. Дрожали полы. Тяжелая мебель (диваны, шкафы) вибрировала. Сдвигались с места предметы (мониторы, цветочные горшки).

Пос. Уптар. Был слышен сильный гул, как от взрыва. Как на верхних, так и на нижних этажах (до 5-го) дрожали и скрипели полы, стены, мебель (столы, диваны), качались люстры, дребезжала посуда.

Пос. Сокол. Был слышен сильный грохот. В панельных домах дрожали полы и стены. На четвертом этаже с полки чуть не упал телевизор. На нижних этажах (1–2) панельного дома ощутили удар, как от столкновения тяжелой машины с домом.

Пос. Армань. В одноэтажном кирпичном доме был слышен шорох и слабый гул. Люди проснулись, испугались. В деревянном доме на 1-х–2-х этажах ощущались сотрясения, как от проезжающего мимо трактора.

I=3–4 балла

Пос. Стекольный. Идущие по улице люди ощутили легкие колебания в течение примерно трех секунд. На верхних этажах (3–4) каменных зданий дребезжали стекла окон, посуда, скрипели полы, раскачивались висящие предметы.

Пос. Палатка. Люди проснулись от вибрации, как от проезжающего тяжелого грузовика. Дребезжала посуда, качались висящие предметы, на верхних этажах (3–5) чуть сильнее.

Пос. Карамкен. На втором этаже деревянного дома раскачивалась люстра, двигались цветочные горшки.

Пос. Талая, Усть-Омчуг. На 2-х–3-х этажах панельных зданий люди проснулись, колебалась и скрипела мебель, дребезжали стекла окон, посуда.

При проведении на следующий день полевых обследований эпицентральной зоны не было найдено следов снежных лавин и срывов снежных карнизов.

Оценки интенсивности сотрясений в каждом из описанных выше населенных пунктов, выполненные по шкале MSK-64 [13], приведены в табл. 4.

Таблица 4. Макросейсмические данные о Ланкучанском землетрясении 26 декабря 2009 г. с $K_p=13.0$

№	Пункт	Δ , км	Звук	№	Пункт	Δ , км	Звук
<u>5–6 баллов</u>				9	пос. Клёпка	20	гул
1	пос. Снежный	9	гул	10	пос. Уптар	22	гул
2	пос. Радист	11	гул	11	пос. Сокол	28	гул, грохот
3	п. 13 км	12	гул	12	пос. Армань	51	гул, шорох
4	пос. Дукча	14		<u>3–4 балла</u>			
5	пос. Гадля	20		13	пос. Стекольный	40	
6	мкр. Солнечный	18	гул	14	пос. Палатка	43	
7	г. Магадан	24	гул	15	пос. Карамкен	55	
<u>4–5 баллов</u>				16	пос. Талая	174	
8	пос. Ола	21	гул	17	пос. Усть-Омчуг	175	

Карта изосейст Ланкучанского землетрясения показана на рис. 7.

Как видно из рис. 7, ощутимые сотрясения распространялись главным образом в южном, северном и восточном направлениях от инструментального эпицентра. В северном направлении расположены самые удаленные (174 и 175 км) поселки – Талая и Усть-Омчуг, где ощущалось Ланкучанское землетрясение. Изосейста проведена уверенно лишь для высших баллов с $I=5-6$.

В то же время, имея замкнутую изосейсту в плейстосейстовой области, можно найти ее геометрический центр, который и будет макросейсмическим эпицентром Ланкучанского землетрясения. Его координаты составляют 59.65°N , 150.90°E . Как видим, макросейсмический эпи-

центр смещен относительно инструментального (59.72°N , 151.05°E) к юг-юго-западу, расстояние между ними составляет 11.5 км.

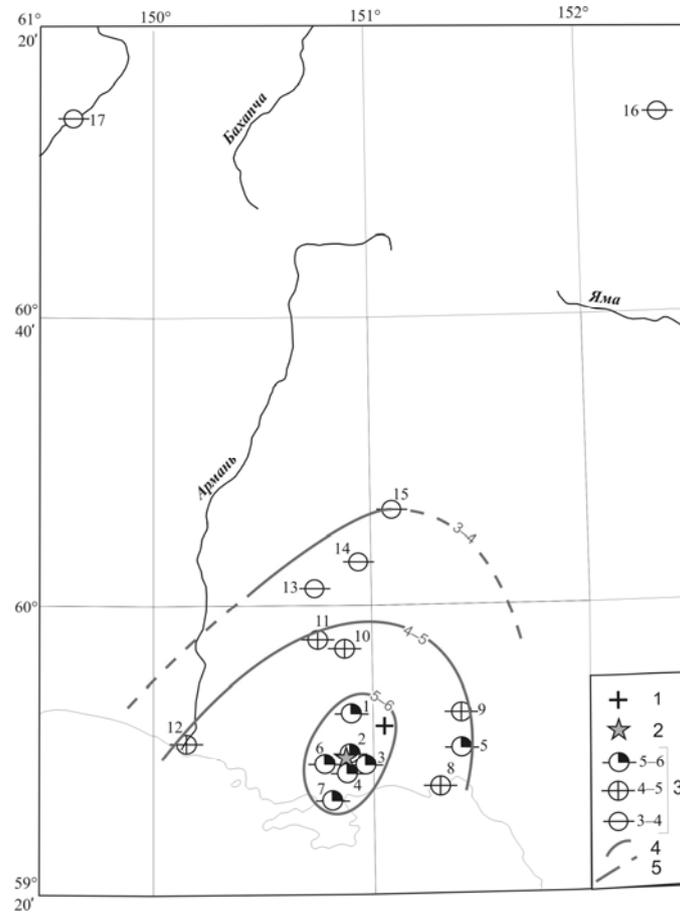


Рис. 7. Карта изосейст Ланкучанского землетрясения 26 декабря 2009 г. с $K_p=13.0$

1, 2 – инструментальный и макросейсмический эпицентры соответственно; 3 – интенсивность сотрясений в баллах по шкале MSK-64 [13]; 4, 5 – изосейста, уверенная и приближенная соответственно; номера пунктов соответствуют таковым в табл. 4.

Несмотря на приближенный характер поля изосейст, имеет смысл определить его геометрические параметры, потому как других данных за весь период инструментальных наблюдений просто нет. Они помещены в табл. 5.

Таблица 5. Основные параметры макросейсмического поля Ланкучанского землетрясения с $K_p=13.0$

I_i , баллы	Геометрические параметры поля изосейст, км				Площадь S_i зоны, км ²
	l_a	l_b	\bar{l}	l_a/l_b	
5–6	35	20	26	1.7	550
4–5	~78	~70	~74	~1.1	~4280

Примечание. Среднее \bar{l} является средним геометрическим.

В целях сейсмического районирования наиболее интересно в этой таблице наблюдаемое значение соотношения продольной и поперечной длины плейстосейстовой области, равное $l_a/l_b=1.7$.

Действующая плоскость разрыва из возможных ее вариантов ($NP1$ или $NP2$) может быть выбрана при сопоставлении их простирания ($STK_1=326^{\circ}$, $STK_2=211^{\circ} \Rightarrow 31^{\circ}$) с вытянутостью

облака ближних афтершоков ($AZM_{aft} \approx 50^\circ$), азимутом длинной оси 1-й изосейсты ($AZM_{5-6} = 32^\circ$) и простираем линейного неотектонического разлома северо-восточной ориентации ($STK_{разлома} \approx 58^\circ$). Все характеристики позволяют выбрать в качестве действующей плоскости в очаге Ланкучанского землетрясения нодальную плоскость $NP2$, ориентированную с юго-запада на северо-восток.

Карта ОСР-97. По данным действующей карты общего сейсмического районирования территории РФ (ОСР-97) [14], очаговая область Ланкучанского землетрясения 2009 г. с $K_p=13.0$ располагается в 8 балльной зоне при периодах повторения одного восьмибалльного сотрясения один раз в 500 лет и в 1000 лет (рис. 8, фрагменты А, В), и 9-балльного – один раз в 5000 лет (рис. 8, фрагмент С).

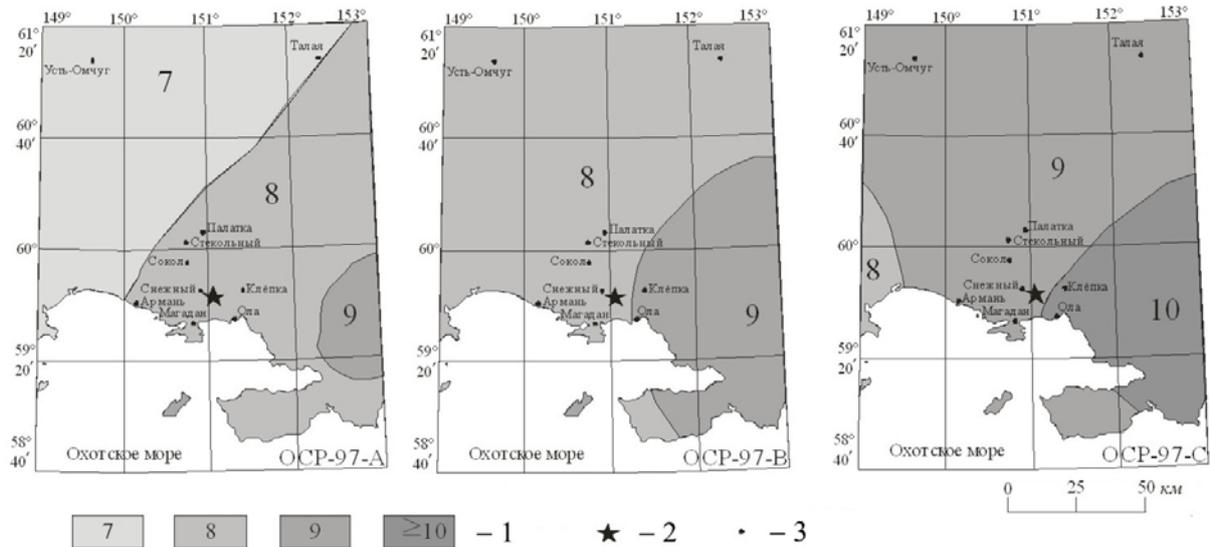


Рис. 8. Фрагменты карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации ОСР-97-А, ОСР-97-В и ОСР-97-С из [14]

1 – зоны интенсивности сотрясений на средних грунтах в баллах шкалы MSK-64; 2 – эпицентр Ланкучанского землетрясения; 3 – населенный пункт.

Расчетная из энергетического класса $K_p=13.0$ магнитуда M^P по поверхностным волнам Ланкучанского землетрясения по уравнению Т.Г. Раутиан из [15]:

$$M^P = (K_p - 4) / 1.8 \quad (1)$$

и магнитуда m_b по объемным волнам по формуле К.Дж. Мяки из [16]:

$$m_b^P = (K_p - 2.84) / 2.03 \quad (2)$$

равны 5.0, хотя в табл. 1 максимальные из измеренных магнитуд не превышают $M_s=3.7$ IDC по поверхностным волнам и $m_b=4.7$ NEIC – по объемным.

Расчетное значение интенсивности сотрясений в эпицентре I_0^P при инструментальной глубине $h=10$ км и $M^P=5.0$ с применением среднего по Северо-Востоку и Якутии уравнения макросейсмического поля Н.В. Шебалина [17]:

$$I_0^P = 1.5 M - 3.5 \lg h + 3 \quad (3)$$

равно $I_0=7$ баллов.

Используя данные Сейсмологического бюллетеня [2] для Ланкучанского землетрясения ($m_b=4.5$, глубина $h=9$ км), по формуле Шебалина (3) было получено значение $I_0=6.4$ балла.

Таким образом, расчетная интенсивность сотрясений в эпицентре $I_0=6-7$ баллов, что далеко от максимально возможного сотрясения по картам сейсмического районирования при любом периоде сотрясений [14]. Это означает, что воздействие Ланкучанского землетрясения не противоречит прогнозу ОСР-97. Следовательно, это землетрясение не создает проблем в его

интерпретации как по месту эпицентра, так и по зарегистрированной интенсивности сотрясений, как рядовое событие для тектонических структур исследуемого района.

История сейсмичности очаговой зоны Ланкучанского землетрясения в пределах Магаданского батолита гранодиоритов за 1952–2008 гг. содержит лишь слабые землетрясения с $K_p=7.5-9.8$. Наиболее сильное из них с $K_p=9.8$ произошло 02.10.1999 г. [9]. Его эпицентр располагался в 4 км северо-западнее Ланкучанского землетрясения 2009 г. (рис. 4). Несмотря на небольшую энергию, оно ощущалось почти всеми жителями пос. Снежный ($\Delta=6$ км), «где многие жители отмечали сильный подземный гул, продолжавшийся 15–20 с [18]», и г. Магадан ($\Delta=24$ км). Максимальная интенсивность сотрясений достигала $I_{\max}=5$ баллов.

Л и т е р а т у р а

1. Алёшина Е.И., Комарова Р.С. (отв. сост.). Каталог землетрясений Северо-Востока России за 2009 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
2. Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 2009 год / Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ГС РАН, 2009–2010. – URL: ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_bulletin/2009/.
3. International Seismological Centre. On-Line Bulletin // International Seismological Centre [сайт]. [2012]. – URL: <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/bulletin/>.
4. Гунбина Л.В., Алёшина Е.И. (сост.). Сейсмические станции Северо-Востока России в 2009 г. (код сети NERS). (См. Приложение к наст. сб. на CD).
5. Иванова Е.И. (отв. сост.). Каталог механизмов очагов землетрясений Северо-Востока России за 2009 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
6. Ландер А.В. Комплекс программ определения механизмов очагов землетрясений и их графического представления // Комплексные сейсмологические и геофизические исследования Камчатки и Командорских островов (01.01.2003 г. – 31.12.2003 г.) / Отчет КОМСП ГС РАН. – Петропавловск-Камчатский: Фонды КФ ГС РАН, 2004. – С. 359–380.
7. Балакина Л.А., Введенская А.В., Голубева Н.В., Мишарина Л.А., Широкова Е.И. Поле упругих напряжений Земли и механизм очагов землетрясений. – М.: Наука, 1972. – 198 с.
8. Гунбина Л.В., Карпенко Л.И., Алёшина Е.И., Смирнов В.Н. Ланкучанское землетрясение 26 декабря 2009 г. (Магаданская обл.) // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы Пятой Международной сейсмологической школы. Владикавказ, 4–8 октября 2010 г. – Обнинск: ГС РАН, 2010. – С. 81–85.
9. Алёшина Е.И., Лещук Н.М. (отв. сост.). Каталог землетрясений Северо-Восток России за 1999 г. // Землетрясения Северной Евразии в 1999 году. – Обнинск: ГС РАН, 2005. – (На CD).
10. Алёшина Е.И. (отв. сост.). Афтершоки Ланкучанского землетрясения 26 декабря 2009 г. с $K_p=13.0$ за 26.12.2009 г.–06.02.2010 гг. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
11. Аноров П.Н., Юдина Г.М., Зименко М.И., Соцкий Э.В. Отчет о производстве геологического доизучения масштаба 1:200000 на площади листов Р-56-XXXI, XXXII; О-56-I, II (новая серия). Кн. 1. – Магадан: ФГУП Магадангеология, 2001. – 152 с.
12. Глотов В.Е., Глотова Л.П. Особенности распространения бальнеологических ресурсов Северо-Востока России // Вестник ДВО РАН. – 2007. – № 6. – С. 79–94.
13. Медведев С.В. (Москва), Шпонхойер В. (Иена), Карник В. (Прага). Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.
14. Уломов В.И., Шумилина Л.С. Комплект карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации – ОСР-97. Масштаб 1:8 000 000. – М.: ИФЗ РАН, 1999. – 57 с.
15. Раутиан Т.Г. Энергия землетрясений // Методы детального изучения сейсмичности. (Труды ИФЗ АН СССР; № 9(176)). – М.: ИФЗ АН СССР, 1960. – С. 75–114.
16. Mackey K.G. Seismological Studies in Northeast Russia. Dissertation for the degree of Ph.D. – Michigan State University. Department of Geological Sciences, 1999. – 346 p.
17. Шебакин Н.В. Коэффициенты уравнения макросейсмического поля по регионам // Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. – М.: Наука, 1977. – С. 30.
18. Гунбина Л.В., Алёшина Е.И., Лещук Н.М., Седов Б.М. Северо-Восток России // Землетрясения Северной Евразии в 1999 году. – Обнинск: ГС РАН, 2005. – С. 177–180.