

ОЩУТИМЫЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ СЕВЕРО-МУЙСКОГО РАЙОНА в 2007 г. (Северное

Прибайкалье): МУДИРИКАНСКОЕ 5 апреля с $K_p=13.4$, $M_w=4.9$, $I_0=7$

и ЮЖНОМУЯКАНСКОЕ 23 августа с $K_p=13.3$, $M_w=4.8$, $I_0=7$

В.И. Мельникова^{1,2}, Н.А. Гилёва¹, Я.Б. Радзиминович^{1,2},

М.Г. Очковская¹, А.И. Середкина²

¹Байкальский филиал ГС СО РАН, г. Иркутск, nagileva@crust.irk.ru

²Институт земной коры СО РАН, г. Иркутск, vimel@crust.irk.ru

Северо-Муйский район является одним из самых сейсмически активных в Северном Прибайкалье. За период цифровой регистрации землетрясений (с 2003 г. по настоящее время) в пределах территории, указанной на рис. 1, ежегодно регистрируется в среднем 800 землетрясений с $K_p \geq 6$. Как обычно, наиболее сильные ($M \geq 4.5$) сейсмические события вызывают особый интерес в связи с их значимостью для оценок сейсмической опасности района, при этом важное научное значение имеет выявление особенностей развития очаговой области в сопоставлении с тектонической обстановкой в районе исследования. Новые данные о подобных событиях были получены при изучении двух землетрясений с $M_w=4.8-4.9$, зарегистрированных в Северо-Муйском районе в 2007 г.

Муdiriканское землетрясение с $K_p=13.4$, $M_w=4.9$ произошло 5 апреля 2007 г. в Южно-Муйском хребте (Северное Прибайкалье) в районе горной речки Муdiriкан (рис. 1). Данное событие, названное по своему местоположению Муdiriканским, не предварялось форшоками, при этом число афтершоков было также невелико – 5 апреля зарегистрировано всего четыре ($K_{max}=9.8$), а до конца года еще 12 слабых толчков [1, 2].

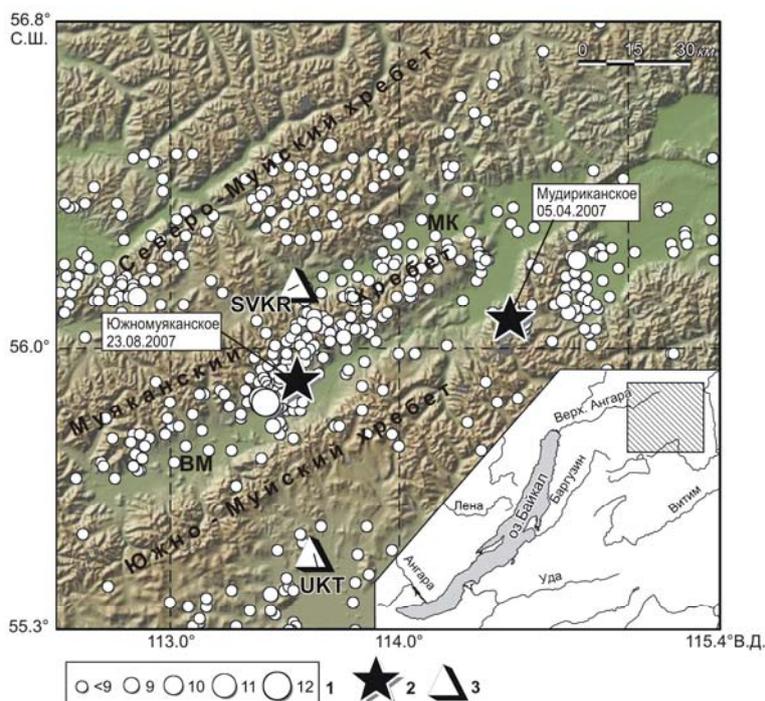


Рис. 1. Карта эпицентров землетрясений Северо-Муйского района Байкальской рифтовой зоны за 2007 г.

1 – энергетический класс K_p ; 2 – эпицентры Муdiriканского 5 апреля с $M_w=4.9$ и Южномуяканского 23 августа с $M_w=4.8$ землетрясений; 3 – сейсмическая станция. На врезке показан район исследования (заштрихованная область).

Пространственные координаты Мудриканского землетрясения по данным разных сейсмологических агентств представлены в табл. 1. Наилучшее решение было получено в Байкальском филиале ГС СО РАН, где в сводной обработке данного события использовались материалы наблюдений 35 станций, азимутальный створ которых практически покрывал все направления от эпицентра землетрясения (рис. 2 а, б). Ближайшей к нему оказалась станция «Северомуйск» ($\Delta=63$ км), три станции располагались менее чем в 100 км, а шесть – в пределах 200 км от эпицентра.

Таблица 1. Основные параметры Мудриканского землетрясения 5 апреля 2007 г. с $K_p=13.4$ по данным различных сейсмологических агентств

Агентство	t_0 , ч мин с	δt_0 , с	Гипоцентр						Энергетический класс (K_p) и магнитуда	Источник
			φ° , N	$\delta\varphi^\circ$	λ° , E	$\delta\lambda^\circ$	h , км	δh , км		
БЫКЛ	13 22 53.30	0.10	56.08	0.01	114.49	0.01	13	5	$K_p=(13.4\pm 0.1)/28$; $M_w=4.8/11$ $M_S=4.5/23$, $MPSP=5.2/78$	[1]
MOS	13 22 51.70	0.90	56.06	0.04	114.50	0.09	14			[3]
IDC	13 22 51.04	0.42	56.07	0.08	114.63	0.21			$m_b=4.6/25$, $M_S=4.2/16$	[4]
NEIC	13 22 53.01	0.12	56.05	0.03	114.53	0.04			$m_b=5.0/105$	[4]
ISC	13 22 54.29	0.09	56.06	0.02	114.42	0.02	15*	1*	$M_S=4.4/34$, $m_b=4.9/162$	[4]
GCMT	13 22 53.00	0.30	56.16	0.05	114.34	0.04	27	1.1	$M_w=4.9/61$	[4]

Примечание. Символом «*» обозначена глубина по фазе pP из [4].

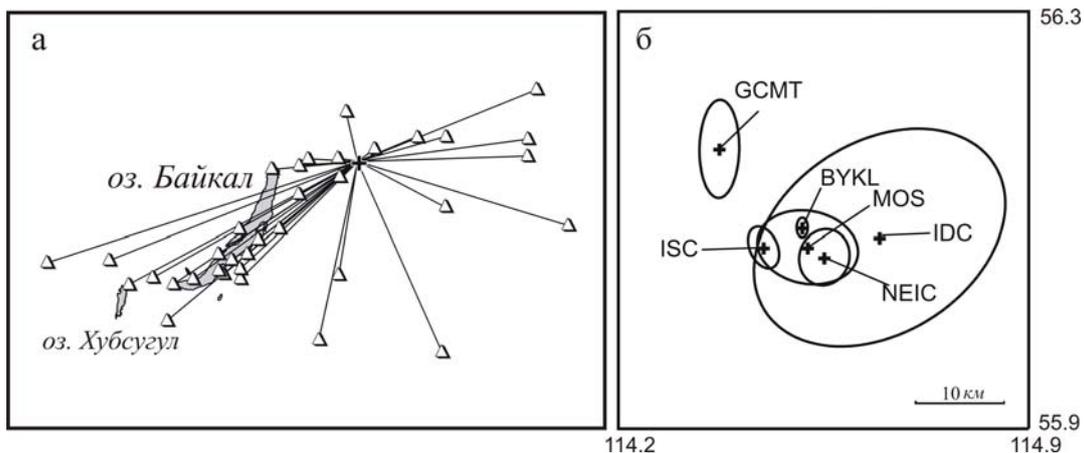


Рис. 2. Пространственное положение эпицентра Мудриканского землетрясения 5 апреля 2007 г. с $K_p=13.4$

а – расположение региональных сейсмических станций относительно эпицентра; б – решения эпицентра главного толчка и эллипсы ошибок его определения по данным разных агентств. Обозначения агентств соответствуют таковым в табл. 1.

Южномуяканское землетрясение с $K_p=13.3$, $M_w=4.8$ произошло 23 августа 2007 г. в 25 км от пос. Северомуйск в предгорьях Муяканского хребта, ограничивающего с северо-запада Верхнемуйскую впадину (рис. 1). В тот же день были зарегистрированы пять слабых афтершоков с $K_p=5.9-7.1$. Примерно за пять месяцев до Южномуяканского события к юго-западу от его эпицентра на расстоянии 10 км отмечена сейсмическая активизация в виде роя – за период с 17 по 31 марта произошло 121 землетрясение с $K_p=5.6-12.3$. В общей сложности в эпицентральной зоне землетрясения (территория с координатами: $\varphi=55.79-56.06^\circ$ с.ш., $\lambda=113.32-113.81^\circ$ в.д., размер площади 30×30 км²) в 2007 г. зарегистрировано 208 сейсмических событий с $K_p\geq 5.6$ [1, 5].

Обработка Южномуяканского землетрясения была выполнена по данным 25 станций Прибайкалья и соседних регионов (рис. 3 а). Ближайшей к эпицентру была станция «Уакит» ($\Delta=48$ км), три станции располагались на расстоянии менее 200 км, а максимальное эпицентрального расстояние составило 963 км (станция «Орлик»). Расположение сейсмических

станций позволило довольно надежно определить координаты эпицентра (табл. 2), но глубина гипоцентра оценена с большой погрешностью – $h=21\pm 13$ км. Из табл. 2 следует, что решения большинства агентств хорошо согласуются между собой, при этом наименьшие эллипсы ошибок получены в ISC и ВУКЛ (рис. 3 б).

Таблица 2. Основные параметры Южномуяканского землетрясения 23 августа 2007 г. с $K_p=12.3$ по данным различных сейсмологических агентств

Агентство	t_0 , ч мин с	δt_0 , с	Гипоцентр						Магнитуда	Источник
			φ° , N	$\delta\varphi^\circ$	λ° , E	$\delta\lambda^\circ$	h , км	δh , км		
ВУКЛ	04 49 18.20	0.10	55.93	0.01	113.56	0.01	21	13	$K_p=(13.3\pm 0.1)/23$ $M_w=4.8/10$	[1]
MOS	04 49 17.80	0.98	55.93	0.04	113.44	0.10	18		$M_S=4.5/24$, $MPSP=5.1/70$	[3]
IDC	04 49 19.16	0.33	55.90	0.06	113.56	0.12	17.6	2	$m_b=4.4/25$, $M_S=4.2/20$	[4]
NEIC	04 49 19.60	0.13	55.90	0.03	113.48	0.04	18.2		$m_b=5.0/135$	[4]
ISC	04 49 20.34	0.09	55.92	0.02	113.46	0.03	20*	1*	$M_S=4.4/45$, $m_b=4.8/174$	[4]
GCMТ	04 49 19.60	0.30	56.01	0.06	113.69	0.04	23.5	0.8	$M_w=4.8/60$	[4]

Примечание. Символом «*» обозначена глубина по фазе pP из [4].

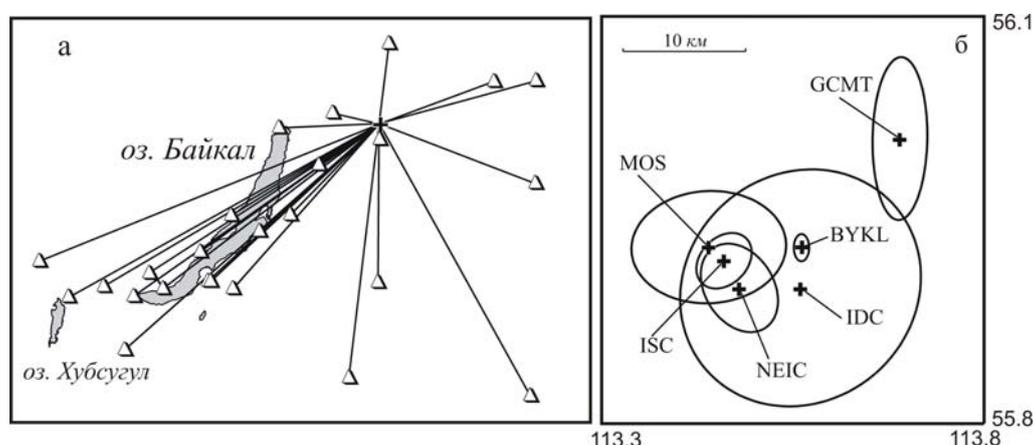


Рис. 3. Пространственное положение эпицентра Южномуяканского землетрясения 23 августа 2007 г. с $K_p=13.3$

а – расположение региональных сейсмических станций относительно эпицентра; б – решения эпицентра главного толчка и эллипсы ошибок его определения по данным разных агентств. Обозначения агентств соответствуют таковым в табл. 2.

Сейсмотектоника, сейсмичность и механизмы очагов. В тектоническом плане рассматриваемый район захватывает часть горной перемычки между Верхнеангарской и Муйской рифтовыми впадинами. Крупные неотектонические структуры (Южно-Муйский, Северо-Муйский горсты), появившиеся здесь в период кайнозойской тектонической активизации, состоят из систем второстепенных положительных и отрицательных структур, сформировавшихся в различные этапы геологического развития [6]. Горные хребты (Северомуйский, Муяканский, Южномуяканский) ограничивают ряд впадин, ориентированных в северо-восточном направлении. К особенностям морфоструктуры района можно отнести блоковую делимость земной коры, обусловленную наличием как зон крупных протяженных разломов (преимущественно северо-восточного простирания), так и региональных внутриблоковых разрывных нарушений различной ориентации и генезиса. Разноранговая блоковая структура земной коры проявляется в механизмах очагов местных землетрясений (рис. 4) и в различных геофизических полях (гравиметрических, магнитных, геоэлектрических, сейсмических), отражающих специфические черты глубинного строения и структурно-вещественного состава земных недр [7]. Большая часть разломов несет следы кайнозойской активизации, что в значительной степени определяет пространственное распределение сейсмичности и общий энергетический уровень сейсмической активности района [8].

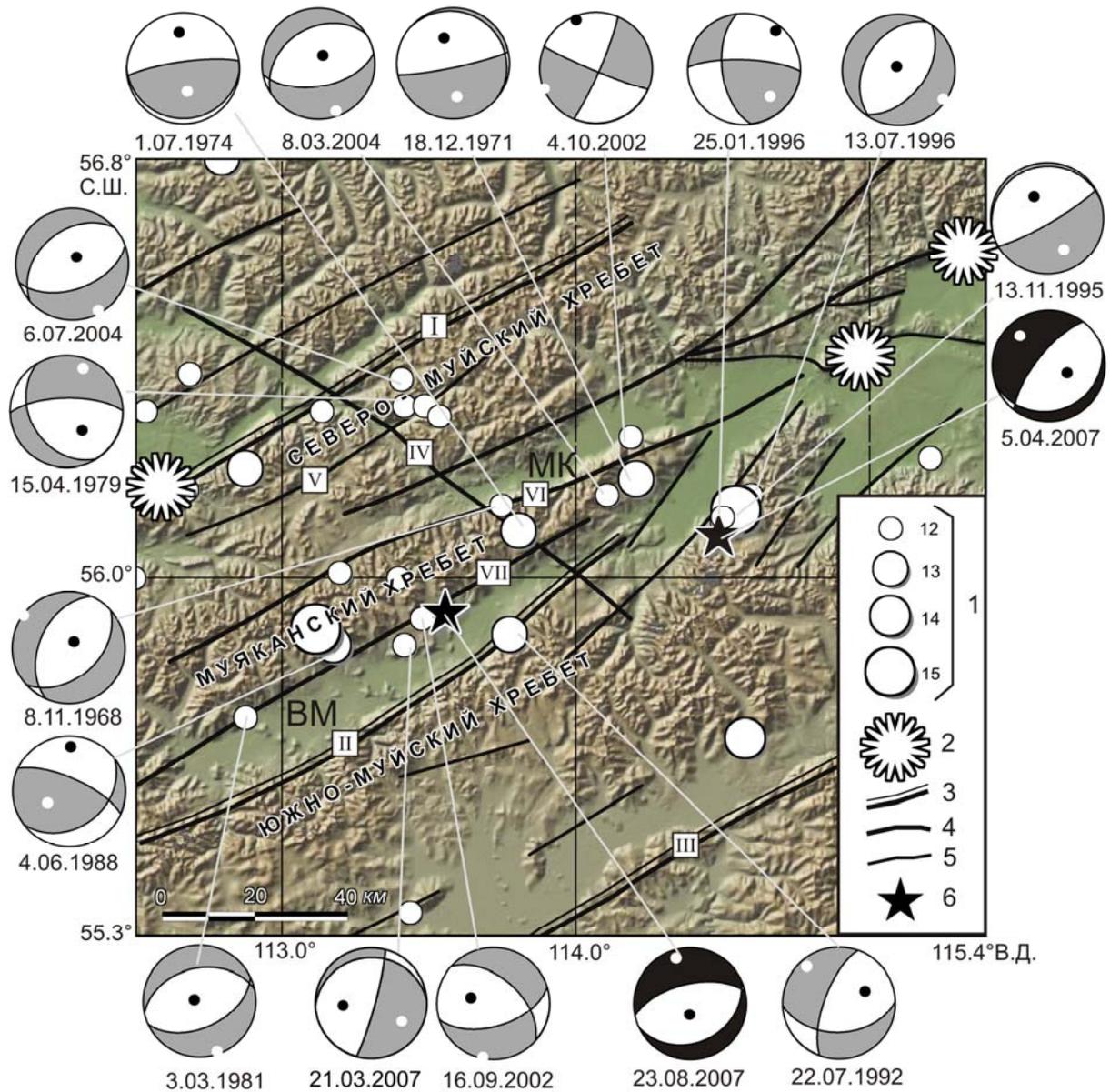


Рис. 4. Карта эпицентров палеоземлетрясений и относительно сильных ($K_p \geq 12$, $M \geq 4.5$) сейсмических событий Северо-Муйского района за период 1960–2007 гг.

1 – энергетический класс K_p ; 2 – центры палеоземлетрясений по [9]; 3–5 – разломы, активизированные в кайнозое: 3 – межблоковые (I – Северомуйский, II – Верхнемуйский, III – Ципинский), 4 – внутриблоковые (IV – Перевальный, V – Ангараканский, VI – Муяканский, VII – Южномуяканский), 5 – локальные внутриблоковые; 6 – эпицентры Муририканского и Южномуяканского землетрясений.

Решения фокальных механизмов представлены на стереограммах (проекция нижней полусферы) с указанием даты события (число, месяц, год), где области волн сжатия затемнены, а выходы главных осей напряжений сжатия и растяжения обозначены черными и белыми точками соответственно. Схема разломов по [10, 11].

Северомуйский и Верхнемуйский разломы играют важную роль в сеймотектоническом развитии района и относятся к крупным межблоковым разломам первого порядка (рис. 4). Среди активных разломов второго порядка, хорошо выраженных морфологически, особый интерес вызывает зона Перевального разлома докайнозойского заложения, секущего поперек рифтовые структуры. Разлом имеет падение на северо-восток под углом 40–50° и характеризуется сбросовой кинематикой смещений (с незначительной амплитудой). Ему посвящены специальные исследования [8, 11], в результате которых установлено, что разлом как бы вкрест простираения «разламывает» Верхнеангарско-Муйскую межвпадинную перемычку и вместе с Муяканским делит район на четыре блока второго порядка. В каждом из этих блоков возможны землетрясе-

ния с $M > 6.0$ [8], что подтверждается наличием в районе ряда палеосейсмостектонических структур, с которыми связаны одноактные или многоактные палеоземлетрясения с магнитудами $M > 7$ и интенсивностью $I \geq 9$ баллов [9]. Высокий уровень сейсмической энергии, выделившейся на рассматриваемой территории, соответствует утверждению, что межвпадинные перемычки обладают максимальным тектоническим и сейсмическим потенциалом [11].

В период 1976–1993 гг. в районе действовала плотная система сейсмических наблюдений, состоящая из шести станций Северо-Муйского стационара, что позволило проводить детальное изучение местных землетрясений. Как видно из карты плотности эпицентров, построенной за последние 35 лет (рис. 5), в пределах исследуемой территории повышенная сейсмическая активность отмечалась в основном в горных отрогах Северо-Муйского, Муяканского и Южномуяканского хребтов. Наибольшая плотность сейсмических толчков наблюдалась при Ангараканском рою землетрясений 1979–1993 гг. (координаты центра: $\varphi = 56.33^\circ$ с.ш., $\lambda = 113.55^\circ$ в.д.), приуроченном к зоне сочленения Перевального и Ангараканского разломов, а также к востоку от эпицентрального поля Мудириканского землетрясения (координаты центра: $\varphi = 56.05^\circ$ с.ш., $\lambda = 114.80^\circ$ в.д.) в смежной с ним области. Что касается относительно сильных сейсмических событий, включая рассматриваемые в данной статье Мудириканское ($K_p = 13.4$, $M_w = 4.9$) и Южномуяканское ($K_p = 13.3$, $M_w = 4.8$) землетрясения, то согласно графику повторяемости ($\gamma = -0.55 \pm 0.01$ по интервалу $K_p = 7.0 - 13.0$, см. врезку на рис. 5) в пределах рассматриваемой территории землетрясения с $K_p = 13.0$ ($M = 5.0$) могут регистрироваться примерно один раз в 6–7 лет, с $K_p = 14.0$ ($M = 5.6$) – раз в 23 года, с $K_p = 15.0$ ($M = 6.4$) – раз в 70 лет.

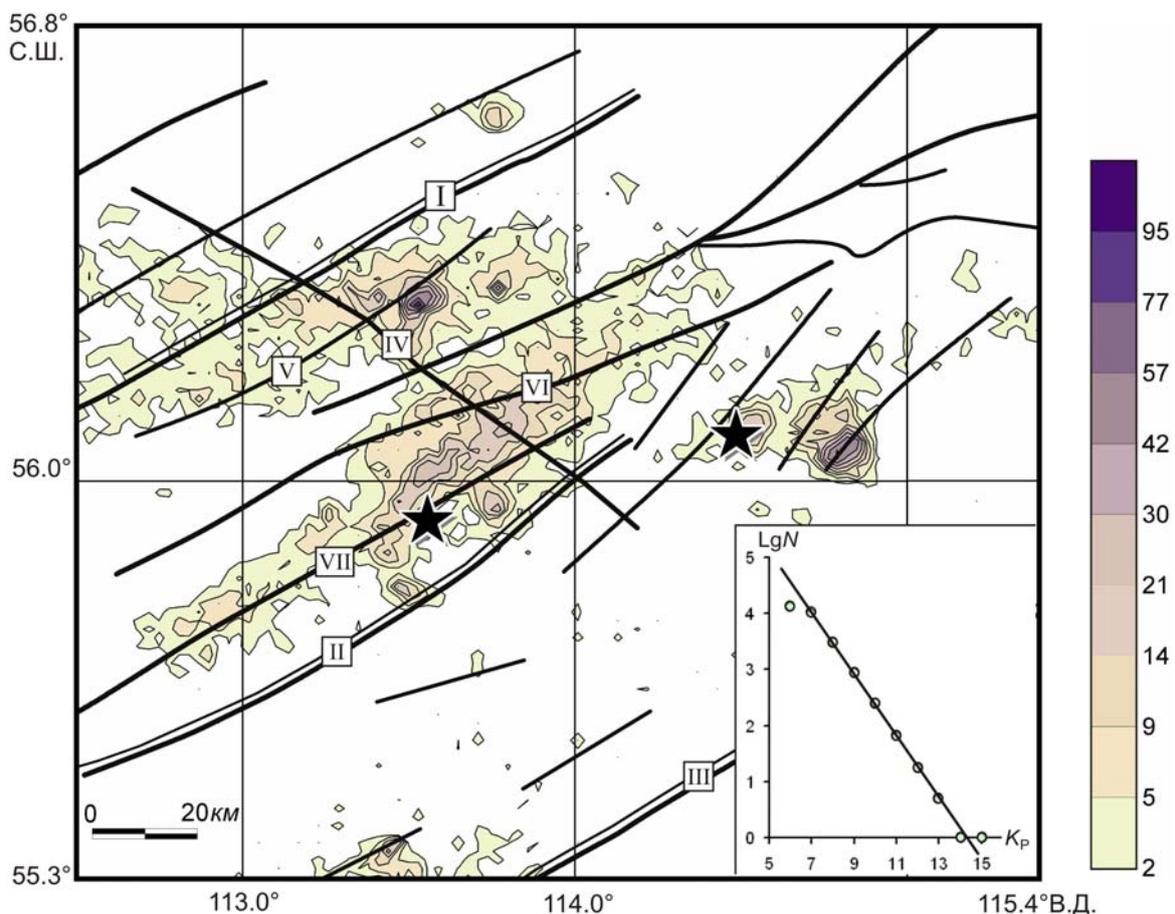


Рис. 5. Карта плотности эпицентров землетрясений ($K_p \geq 5.0$) Северо-Муйского района за период 1973–2007 гг.

Условные обозначения соответствуют рис. 4.

Размер площадки осреднения: 0.01° с.ш. \times 0.02° в.д. Шкала цветности соответствует числу землетрясений на площадке. На врезке показан график повторяемости землетрясений за указанный период времени (N – число событий, K_p – энергетический класс).

Следует заметить, что последнее сильное ($MPSP=6.1$) сейсмическое событие, имеющее значительные макросейсмические последствия в данном районе, было зарегистрировано 13 ноября 1995 г. [12]. Его координаты в пределах точности определения практически совпали с координатами Мудириканского землетрясения 2007 г. Сходство имели и механизмы их очагов, демонстрирующие сбросовый характер подвижек в очагах и северо-восточное (рифтовое) простираие плоскостей разрывов. Вместе с тем характер афтершоковой активности в эпицентральных зонах данных событий различен. Так, землетрясение 13 ноября 1995 г. сопровождалось значительным числом афтершоков (до конца года произошло 135 событий с $K_p \geq 7.0$), активность которых продолжилась и в следующем 1996 г., а при Мудириканском землетрясении, как указано в начале статьи, насчитывалось всего два десятка слабых афтершоков, что, возможно, связано с его меньшей магнитудой.

Эпицентральные области Мудириканского и Южномуяканского землетрясений приурочены к мелкомасштабным блокам, ограниченными мелкими локальными разрывами и представляющими собой отдельные фрагменты Верхнемуйского и Южномуяканского разломов соответственно. Наиболее крупный Верхнемуйский разлом северо-восточного простираия ограничивает юго-восточный борт одноименной впадины. По морфологическим признакам он аналогичен Муяканскому и характеризуется крутыми плоскостями сместителей (углы падения на северо-запад $60-80^\circ$). Разномасштабные и разновозрастные (докайнозойские и кайнозойские) разрывные нарушения ориентированы в различных направлениях, но преимущество имеют северо-восточные или северо-западные направления. В зоне разлома встречаются все типы разрывных нарушений, кроме вертикальной составляющей имеются и сдвиговые компоненты смещений [13]. В очаге Мудириканского землетрясения 5 апреля реализовались крутая и пологая плоскости разрывов северо-восточного простираия, в которых наблюдались сбросовые подвижки. По всей вероятности, действующей являлась крутая плоскость ($AZM=218^\circ$, $DP=73^\circ$, см. табл. 3), падающая в сторону впадины. Землетрясение произошло в рифтовом поле напряжений (главная ось напряжения растяжения северо-западного простираия субгоризонтальна, сжатия – субвертикальна) и показало активность нисходящих движений в прибортовой части разлома.

Таблица 3. Механизмы очагов Мудириканского и Южномуяканского землетрясений, полученные путем расчета тензора сейсмического момента по поверхностным волнам [14] в сопоставлении с определениями других агентств

Агентство	<i>T</i>		<i>N</i>		<i>P</i>		<i>NP1</i>			<i>NP2</i>			Ссылка
	<i>PL</i>	<i>AZM</i>	<i>PL</i>	<i>AZM</i>	<i>PL</i>	<i>AZM</i>	<i>AZM</i>	<i>DP</i>	<i>SLIP</i>	<i>AZM</i>	<i>DP</i>	<i>SLIP</i>	
Мудириканское землетрясение 5 апреля, $K_p=13.4$, $M_w=4.9$													
BYKL	27	316	10	221	61	113	218	73	-100	70	20	-60	[14]
NEIC	42	348	35	218	28	106	145	37	14	44	82	126	[4]
GCMТ	14	331	25	234	61	87	221	63	-118	91	38	-47	[4]
Южномуяканское землетрясение 23 августа, $K_p=13.3$, $M_w=4.8$													
BYKL	16	343	5	74	74	182	65	30	-100	257	61	-84	[14]
NEIC	5	343	0	73	85	168	72	40	-91	253	50	-89	[4]
GCMТ	3	150	16	59	74	252	46	50	-111	256	44	-67	[4]

Примечание. Параметры главных осей напряжений (*T*, *N*, *P*) и плоскостей разрывов в очаге (*NP1*, *NP2*) приведены в градусах. Сведения об агентстве см. в разделе «Обозначения» наст. сб.

При Южномуяканском землетрясении 23 августа активизировалась центральная часть одноименного разлома северо-восточного простираия, ограничивающего северо-западный борт Верхнемуйской впадины. Этот разлом относится к структурам второго порядка и генетически представляет собой сброс с крутым падением плоскости сместителя (табл. 3). На кайнозойском этапе развития отмечается значительная активность этого разлома, зона которого сопровождается опережающими разрывами, способствующими развитию мелких блоковых структур в приразломных участках [13].

Механизм очага Южномуяканского землетрясения, так же как и при Мудириканском, показал опускание прибортового фрагмента разлома, при этом близгоризонтальная ось растяжения в очаге имела северо-западную (рифтовую) ориентацию. Из рис. 4 следует, что большинство ощутимых землетрясений Северо-Муйского района с установленными фокальными механизмами произошло в рифтовом поле напряжений, что подтверждает морфокинематические характеристики не только Мудириканского разлома, но и земной коры района в целом. Сдвиговые и взбросовые подвижки, наблюдавшиеся в отдельных очагах отражают активизацию локальных разнонаправленных разрывных нарушений.

Макросейсмические проявления Мудириканского землетрясения 5 апреля 2007 г. с $M_w=4.9$. Эпицентр землетрясения располагался в сравнительно малонаселенном районе, в связи с этим количество макросейсмических данных невелико. Сведения о проявлениях землетрясения получены от сотрудников сейсмических станций региональной сети, а также посредством рассылки опросных листов в населенные пункты Прибайкалья и Забайкалья. Наибольшее значение интенсивности сотрясений составило 4–5 баллов по шкале MSK-64 [15]. Имеющаяся макросейсмическая информация приведена ниже.

Таксимо. Землетрясение было замечено людьми, находившимися в состоянии покоя в зданиях на различных этажах; некоторые люди испытывали испуг и покидали помещения. Ощущалось общее сотрясение домов, были заметны колебания стен. Макросейсмические проявления внутри помещений сводились к раскачиванию висячих предметов, дребезжанию посуды и оконных стекол; самопроизвольному движению дверей и створок, смещению легких незакрепленных предметов с места. На открытом воздухе было замечено раскачивание проводов на опорах линий электропередачи. Аналогичные эффекты наблюдались в пгт *Северомуйск*.

Янчукан. Землетрясение ощущалось людьми, находившимися в состоянии покоя в зданиях на первых–вторых этажах; некоторые из очевидцев в испуге выходили из домов. В помещениях наблюдались следующие макросейсмические эффекты: скрипели полы и потолки, самопроизвольно открывались и закрывались двери, дребезжали оконные стекла и посуда, колебались висячие предметы. В многоэтажных кирпичных зданиях отмечено образование тонких трещин в штукатурке. При землетрясении был слышен сильный гул.

Иракинда. Землетрясение ощущалось людьми, находившимися в помещениях. очевидцы отмечают смещения незакрепленных предметов со своих мест.

В пунктах *Бодайбо* и *Мамакан* землетрясение ощущалось людьми, находившимися в состоянии покоя в помещениях на первых–вторых этажах. Наблюдавшиеся макросейсмические эффекты в этих довольно удаленных от эпицентра пунктах были схожи с таковыми в ближней к эпицентру зоне, но проявились с несколько меньшей интенсивностью: дребезжали стекла окон и посуда, колебались висячие предметы, скрипели полы, самопроизвольно открывались и закрывались дверцы мебели, легкие незакрепленные предметы сдвигались со своих мест. В пос. *Мамакан* при землетрясении был слышен подземный гул.

В *Усть-Муе* и *Новом Уояне* землетрясение ощущалось людьми, находившимися в состоянии покоя. Наблюдались колебания висячих предметов, покачивание кроватей, в единичных случаях – колебания мебели. Несколько слабее землетрясение проявилось в пгт *Витимский*; здесь отмечены главным образом колебания висячих предметов и дребезжание посуды.

В пунктах *Горно-Чуйский*, *Кяхтинский*, *Балахнинский* землетрясение было замечено людьми, находившимися в состоянии покоя. Отмечено колебание висячих предметов, а также скрип мебели.

Макросейсмические эффекты с интенсивностью $I=2$ балла наблюдались в пос. *Артемовский* и пгт *Луговский* (очень слабые колебания, едва заметные толчки). С такой же интенсивностью землетрясение ощущалось в г. *Чита*, где некоторыми людьми, находившимися в состоянии покоя на верхних (четвертых–десятых) этажах зданий различного типа, замечен толчок и вибрация. Кроме этого, отмечено колебание висячих предметов (люстры), дребезжание стекол, а также колебание мебели (диваны, столы, стулья). Некоторые жаловались на ухудшение самочувствия (головокружение, головная боль).

В пунктах *Багдарин*, *Маловский*, *Варваринский* землетрясение не ощущалось.

Оценки интенсивности сотрясений в баллах шкалы MSK-64 приведены в табл. 4, схема макросейсмических проявлений типа «пункты-баллы» показана на рис. 6.

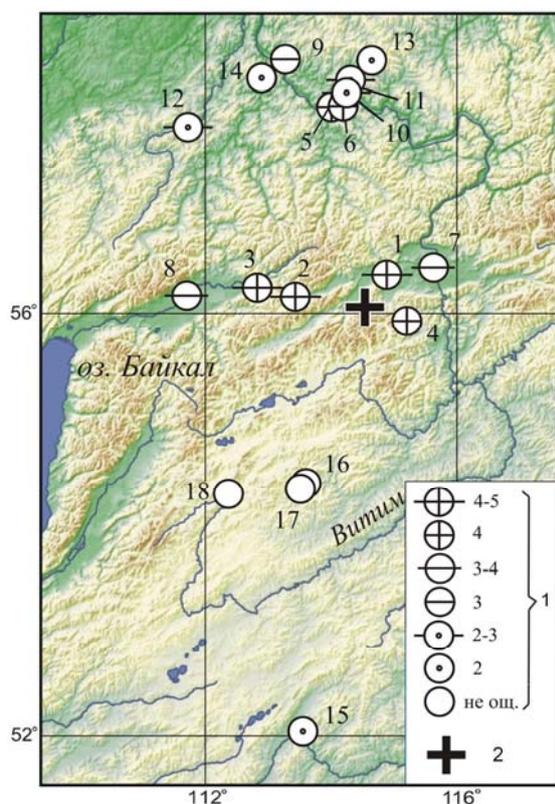


Рис. 6. Карта макросейсмических проявлений Мудириканского землетрясения 5 апреля, 2007 г. с $K_p=13.4$, $M_w=4.9$

1 – интенсивность сотрясений в баллах шкалы MSK-64 [15]; 2 – инструментальный эпицентр. Номера пунктов соответствуют таковым в табл. 4.

Таблица 4. Макросейсмические данные о Мудириканском землетрясении

№	Пункт	Δ , км	Звук
<u>4–5 баллов</u>			
1	Таксимо	38	
2	Северомуйск	66	
3	Янчукан	105	Гул
<u>4 балла</u>			
4	Иракинда	47	
5	Мамакан	194	Гул
6	Бодайбо	197	
<u>3–4 балла</u>			
7	Усть-Муя	78	
8	Новый Уоян	172	
<u>3 балла</u>			
9	Витимский	248	
<u>2–3 балла</u>			
10	Кяхтинский	207	
11	Балахнинский	214	
12	Горно-Чуйский	241	
<u>2 балла</u>			
13	Артемовский	236	
14	Луговский	240	
15	Чита	454	
<u>Не ощущалось</u>			
16	Багдарин	192	
17	Маловский	196	
18	Варваринский	236	

Распространение ощутимых колебаний при землетрясении 5 апреля 2007 г. в целом типично для северо-восточного фланга Байкальской рифтовой зоны. Картина реального макросейсмического поля, без сомнения, искажена неравномерностью размещения населенных пунктов, сосредоточенных вдоль рек и транспортных магистралей. Тем не менее, как и при других сильных событиях в рассматриваемом районе [16–18], отмечается относительно слабое затухание колебаний в северных румбах и сравнительно быстрое затухание к югу от эпицентра. Если к северу от эпицентра ощутимые колебания достигали интенсивности $I=3-4$ балла на расстояниях около 200 км, то на сопоставимых расстояниях к югу землетрясение уже не ощущалось. Исключение составляет г. Чита, где жители ощущали заметные колебания на верхних этажах зданий. Отметим, что повышенный, по сравнению с окружающими пунктами, макросейсмический эффект в Чите неоднократно отмечался и ранее [19–22].

Сравнение наблюдаемых макросейсмических эффектов с зарегистрированными ускорениями грунта оказалось возможным выполнить для четырех населенных пунктов, где размещены сейсмические станции региональной сети (рис. 7). Хорошее соответствие наблюдается для сейсмостанции «Северомуйск», где максимальное ускорение составило $A_{\max}=15.2 \text{ см/с}^2$. Согласно шкале MMSK-92 [23], это значение соответствует интенсивности сотрясений $I=5$ баллов, при наблюдаемой интенсивности $I=4-5$ баллов. Неплохое соответствие получено также для станции «Уоян», где значение интенсивности по инструментальным данным $I=3$ балла согласуется в целом с наблюдавшимися трех–четырёх-балльными эффектами в пгт Новый Уоян. Неудовлетворительное соотношение между наблюдавшейся и рассчитанной по инструментальным данным интенсивностью отмечается для пунктов Бодайбо и Чита. В г. Бодайбо при наблюдавшейся интенсивности сотрясений $I=4$ балла зарегистрированные ускорения соответствуют лишь двум баллам по шкале MMSK-92; в Чите значения ускорений лежат ниже порога ощутимости.

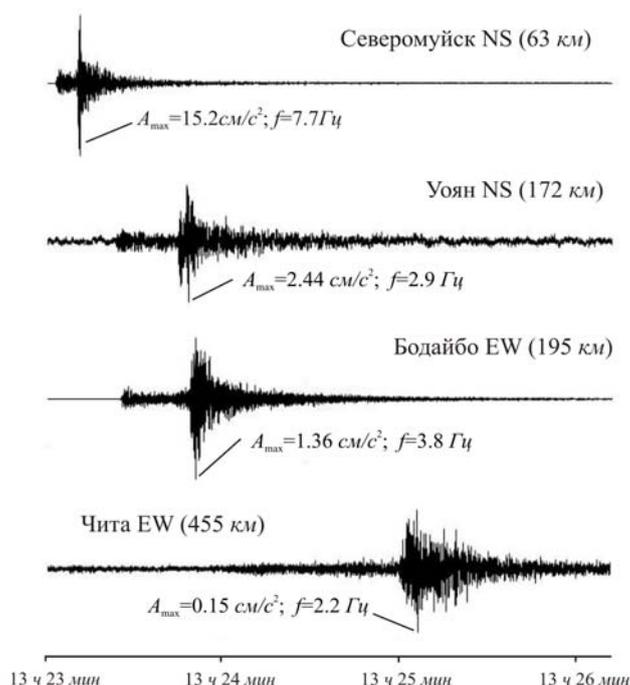


Рис. 7. Горизонтальные компоненты (с максимальными амплитудами) акселерограмм Мудириканского землетрясения 5 апреля 2007 г., записанных на ближайших к эпицентру сейсмических станциях

Макросейсмические проявления Южноуяканского землетрясения 23 августа 2007 г. с $M_w=4.8$. Так же, как и для землетрясения 5 апреля 2007 г., макросейсмическая информация о землетрясении 23 августа 2007 г. была получена с сейсмических станций и от отдельных корреспондентов с помощью рассылки опросных листов. Имеющиеся данные сводятся к следующему.

Северомуйск. По сообщению диспетчера по железной дороге, землетрясение ощущалось всеми находившимися в здании людьми. В помещениях тряслись рабочие столы и стоявшие на них системные блоки компьютеров. Очевидец, проживающий в деревянном брусом доме, в испуге вышел на улицу, по его словам «дом ходил ходуном». В бетонном здании ощущались колебания пола под ногами, тряслась и звенела посуда. В двух сборно-щитовых домах перекошились оконные и дверные проемы; по сообщению местных жителей, «повело трубы системы холодного водоснабжения». Согласно сведениям, полученным от главы местной администрации, в Доме культуры в результате землетрясения отошел от стены лестничный пролет, вследствие чего образовалась щель шириной 15 см.

Янчукан. Землетрясение замечено людьми, находившимися как в зданиях, так и на открытом воздухе, в том числе идущими по улице. Спавшие просыпались, люди испытывали испуг и выходили на улицу. В помещениях скрипели полы и потолки, дребезжали оконные стекла, звенела посуда, колебались висячие предметы. Отмечены случаи отслаивания и падения кусков штукатурки. При землетрясении был слышен подземный гул.

Таксимо. Землетрясение ощущалось многими людьми, находившимися в пятиэтажных панельных зданиях. В помещениях звенела посуда и стекла в шкафах; на верхних этажах отмечено раскачивание люстр. В старых деревянных брусом домах увеличились перекосы дверных и оконных проемов.

Уакит. Землетрясение ощущалось людьми в помещениях, некоторыми – на открытом воздухе. Чувствовалось общее дрожание домов. Скрипели полы и потолки, дребезжала посуда и стекла окон, скрипела мебель. Был слышен подземный гул.

Мамакан. Землетрясение замечено людьми, находившимися в состоянии покоя на первых–вторых этажах деревянных домов. В помещениях дребезжала посуда, колебались висячие предметы, скрипела мебель.

Куанда. Землетрясение замечено находившимися в покое людьми в помещениях на первых–вторых этажах. Дребезжали посуда, стекла окон, колебались висячие предметы.

Улюнхан. Жителями отмечены ощутимые колебания; в зданиях слышался звон стекла.

Бодайбо. Землетрясение ощущалось в деревянных брусковых домах на первых–вторых этажах. Дребезжала посуда, скрипела мебель, колебались всяческие предметы (в основном люстры).

Витимский. Землетрясение замечено немногими людьми, находившимися в помещении на втором этаже. Дребезжала посуда и стекла окон, колебались всяческие предметы. Колебания сравниваются с эффектами от движения тяжелой техники вблизи дома.

Чита. Землетрясение ощущалось на верхних (4–12) этажах зданий. В помещениях отмечено колебание мебели (кровати, диваны, стулья, столы); мебель на колесиках смещалась. Раскачивались всяческие предметы (люстры), колыхались комнатные растения. На четвертом этаже кирпичного здания был слышен треск пластикового оконного блока. Некоторые отмечают ухудшение самочувствия (головокружение, головная боль). Находившиеся на улице люди землетрясение не ощущали, непосредственно на сейсмостанции «Чита» землетрясение также не ощущалось.

В пунктах *Багдарин, Маловский и Горно-Чуйский* землетрясение не ощущалось.

Оценки макросейсмической интенсивности, сделанные на основе имеющихся данных, приведены в табл. 5, схема макросейсмических проявлений представлена на рис. 8.

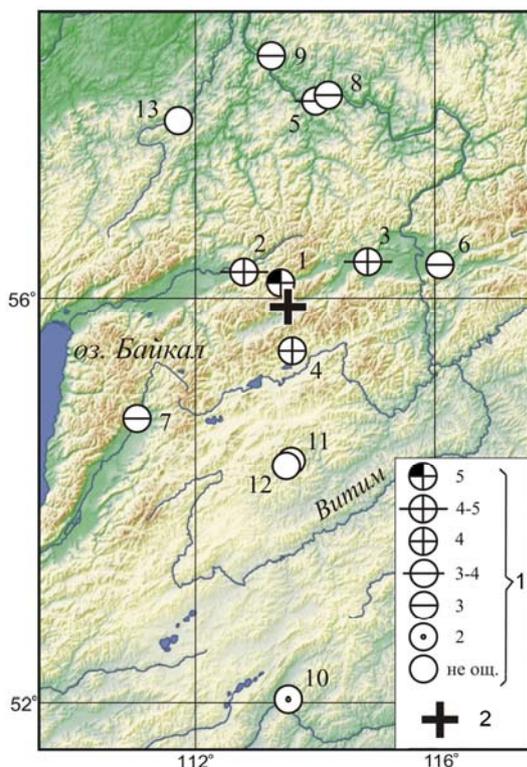


Рис. 8. Карта макросейсмических проявлений Южноякутского землетрясения 23 августа 2007 г. с $K_p=12.3$, $M_w=4.8$

1 – интенсивность сотрясений в баллах по шкале MSK-64 [15]; 2 – инструментальный эпицентр. Номера пунктов на карте соответствуют табл. 5.

Таблица 5. Макросейсмические данные о Южноякутском землетрясении.

№	Пункт	Δ , км	Звук
	<u>5 баллов</u>		
1	Северомуйск	26	
	<u>4–5 баллов</u>		
2	Янчукан	59	гул
3	Таксимо	94	
	<u>4 балла</u>		
4	Уакит	47	гул
	<u>3–4 балла</u>		
5	Мамакан	212	
	<u>3 балла</u>		
6	Куанда	162	
7	Улюнхан	199	
8	Бодайбо	217	
9	Витимский	255	
	<u>2 балла</u>		
10	Чита	432	
	<u>Не ощущалось</u>		
11	Багдарин	166	
12	Маловский	169	
13	Горно-Чуйский	221	

В случае землетрясения 23 августа 2007 г. получено более удовлетворительное соответствие оценок интенсивности, сделанных по макросейсмическим и инструментальным данным. В пгт. Северомуйск по инструментальным данным можно было бы ожидать несколько большей интенсивности (5–6 баллов) [23], однако расхождение с макросейсмической оценкой можно признать незначительным, особенно с учетом неполноты макросейсмических данных. Инструментальные оценки интенсивности, сделанные на основе зарегистрированных максимальных ускорений для пунктов Уакит, Улюнхан и Чита, хорошо согласуются с оценками, выполненными по наблюдавшимся макросейсмическим эффектам. Из общего ряда выбивается только сейсмическая станция «Бодайбо», где значение A_{\max} , согласно шкале MMSK-92, лежит ниже

порога ощутимости. Тем не менее в г. Бодайбо и в пос. Мамакан (на его территории фактически расположена сейсмостанция «Бодайбо») землетрясение отчетливо ощущалось, а интенсивность сотрясений, если судить по имеющимся данным, достигала значений $I=3-4$ балла.

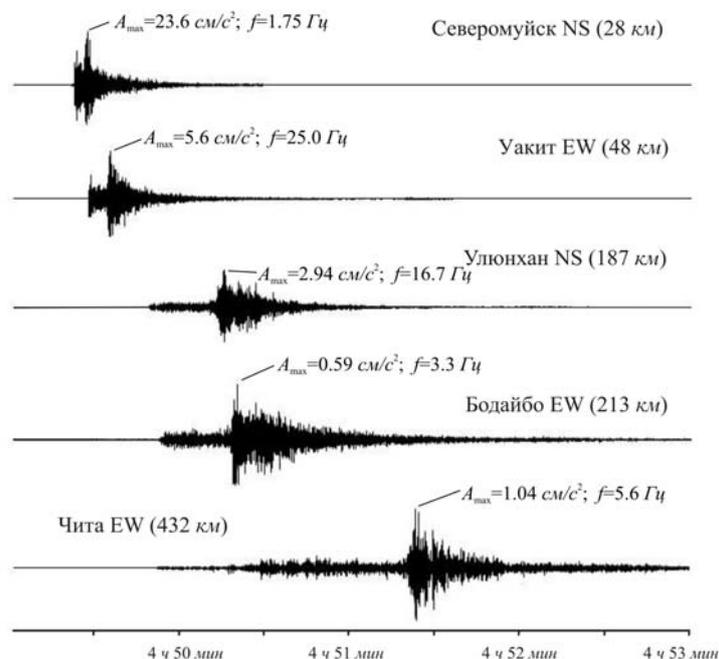


Рис. 9. Горизонтальные компоненты (с максимальными амплитудами) акселерограмм Южномуяканского землетрясения 23 августа 2007 г. с $K_p=12.3$, $M_w=4.8$, записанных на ближайших к эпицентру сейсмических станциях

В заключение отметим, что появление в Северо-Муйском районе Мудириканского ($K_p=13.4$, $M_w=4.9$) и Южномуяканского ($K_p=13.3$, $M_w=4.8$) землетрясений не противоречит существующим здесь долговременным параметрам сейсмического режима. Эти сейсмические события вполне вписываются в общую сеймотектоническую ситуацию рассматриваемой территории, где существенную роль играют близгоризонтальные растягивающие усилия, направленные вкрест основных геологических структур. Результаты исследований данных землетрясений позволят расширить представления о подобных событиях и на более детальном уровне осуществлять сейсмический мониторинг Северного Прибайкалья.

Л и т е р а т у р а

1. Хайдурова Е.В., Гилёва Н.А. (отв. сост.), Леонтьева Л.Р., Тигунцева Г.В., Андрусенко Н.А., Тимофеева В.М., Евсеева Е.Д., Дворникова В.И., Дрокова Г.Ф., Анисимова Л.В., Масальская Л.Н., Дреннова Г.Ф., Курилко Г.В., Хороших М.Б., Емельянова Л.В., Федюшкина Я.И., Попикова Л.А., Павлова Л.В., Найманова Е.В., Торбеева М.А., Хамидулина О.А., Лазарева Л.А., Меньшикова Ю.А. Каталог землетрясений Прибайкалья и Забайкалья за 2007 г. ($N=1331$). (См. Приложение к наст. сб. на CD).
2. Хайдурова Е.В., Гилёва Н.А. (отв. сост.), Леонтьева Л.Р., Тигунцева Г.В., Андрусенко Н.А., Тимофеева В.М., Евсеева Е.Д., Дворникова В.И., Дрокова Г.Ф., Анисимова Л.В., Масальская Л.Н., Дреннова Г.Ф., Курилко Г.В., Хороших М.Б., Емельянова Л.В., Федюшкина Я.И., Попикова Л.А., Павлова Л.В., Найманова Е.В., Торбеева М.А., Хамидулина О.А., Лазарева Л.А., Меньшикова Ю.А. Каталог афтершоков ($N=17$) Мудириканского землетрясения 5 апреля 2007 г. с $M_w=4.9$ (См. Приложение к наст. сб. на CD).
3. Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 2007 год / Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ГС РАН, 2007–2008. – URL: ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_bulletin/2007.
4. Bulletin of the International Seismological Centre for 2007. – Thatcham, United Kingdom: ISC, 2009. – URL: <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/bulletin/>

5. Хайдурова Е.В., Гилёва Н.А. (отв. сост.), Леонтьева Л.Р., Тигунцева Г.В., Андрусенко Н.А., Тимофеева В.М., Евсеева Е.Д., Дворникова В.И., Дрокова Г.Ф., Анисимова Л.В., Масальская Л.Н., Дреннова Г.Ф., Курилко Г.В., Хороших М.Б., Емельянова Л.В., Федюшкина Я.И., Попикова Л.А., Павлова Л.В., Найманова Е.В., Торбеева М.А., Хамидулина О.А., Лазарева Л.А., Меньшикова Ю.А. Каталог землетрясений ($N=208$) района Южномуяканского землетрясения 23 августа 2007 г. с $M_w=4.8$ за период 01.01–31.12.2007 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
6. Живая тектоника, вулканы и сейсмичность Станового нагорья / Отв. ред. В.П. Солоненко. – М.: Наука, 1966. – 224 с.
7. Письменный Б.М., Алакшин А.М., Поспеев А.В., Мишенькин Б.П. Геология и сейсмичность зоны БАМ. Глубинное строение. – Новосибирск: Наука (СО АН СССР), 1984. – 173 с.
8. Голенецкий С.И., Кочетков В.М., Солоненко А.В. и др. Геология и сейсмичность зоны БАМ. Сейсмичность. – Новосибирск: Наука (СО АН СССР), 1985. – 192 с.
9. Смекалин О.П., Чипизубов А.В., Имаев В.С. Палеоземлетрясения Прибайкалья: методы и результаты датирования // Геотектоника. – 2010. – № 2. – С. 77–96.
10. Карта неотектоники Прибайкалья и Забайкалья. М-б 1:2500000 / Под. ред. Н.А. Логачева. Иркутск: ИЗК СО АН СССР, 1982. – 1 л.
11. Ангараканский рой землетрясений в Байкальской рифтовой зоне (условия возникновения и особенности развития) / В.М. Кочетков, Н.С. Боровик, Л.А. Мишарина, А.В. Солоненко, Г.В. Аниканова, Н.В. Солоненко, В.И. Мельникова, Н.А. Гилева – Новосибирск: Наука, 1987. – 81 с.
12. Голенецкий С.И. Прибайкалье и Забайкалье // Землетрясения Северной Евразии в 1995 году. – М.: ГС РАН, 2001. – С. 68–75.
13. Геология и сейсмичность зоны БАМ. Структурно-вещественные комплексы и тектоника / С.М. Замараев, О.В. Грабкин, А.М. Мазукабзов, В.А. Лашенов, А.И. Мельников – Новосибирск: Наука, 1983. – 189 с.
14. Середкина А.И. Очаговые параметры ощутимых землетрясений Прибайкалья. (См. раздел II (Спектры и динамические параметры очагов землетрясений) в наст. сб.).
15. Медведев С.В., Шпонхойер В., Карник В. Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.
16. Голенецкий С.И., Дреннова Г.Ф., Ружич В.В. Землетрясения 1994 г. в районе Чарской впадины на северо-восточном фланге Байкальского рифта // Физика Земли. – 1996. – № 12. – С. 130–139.
17. Голенецкий С.И., Шмотов А.П. Усть-Муйское землетрясение 31 августа 1968 г. // Физика Земли. – 1970. – № 11. – С. 68–75.
18. Мельникова В.И., Гилёва Н.А., Радзиминович Н.А., Ружич В.В., Масальский О.К., Радзиминович Я.Б., Бержинский Ю.А., Бержинская Л.П., Павленов В.А., Емельянова И.А. Кичерские землетрясения 21 марта 1999 года с $K_p=14.5$ и 14.2 , $I_0=7-8$ (Прибайкалье) // Землетрясения Северной Евразии в 1999 году. – Обнинск: ГС РАН, 2005. – С. 280–295.
19. Солоненко В.П., Тресков А.А., Флоренсов Н.А., Пучков С.В. Муйское землетрясение 27 июня 1957 г. // Вопросы инженерной сейсмологии. Вып. 1. (Труды Института физики Земли №1 (168)). – М.: Изд-во АН СССР, 1958. – С. 29–43.
20. Пучков С.В., Солоненко В.П., Тресков А.А., Флоренсов Н.А. Новое сильное землетрясение в Восточной Сибири // Известия Сибирского отделения Академии наук СССР. – 1958. – № 3. – С. 42–51.
21. Радзиминович Н.А., Гилёва Н.А., Радзиминович Я.Б., Кустова М.Г., Чечельницкий В.В., Мельникова В.И. Куморское землетрясение 16 сентября 2003 г. с $M_w=5.6$, $K_p=14.3$, $I_0=7$ (Байкальская рифтовая зона) // Землетрясения Северной Евразии, 2003 год. – Обнинск: ФОРС, 2009. – С. 293–309.
22. Гилёва Н.А., Радзиминович Я.Б., Мельникова В.И., Радзиминович Н.А. Чарское-III землетрясение 28 июня 2004 г. с $MPSP=4.7$, $K_p=13.5$, $I_0=6$ (Прибайкалье) // Землетрясения Северной Евразии, 2004 год. – Обнинск: ГС РАН, 2010. – С. 324–334.
23. Шебалин Н.В., Аптикаев Ф.Ф. Развитие шкал типа MSK // Вычислительная сейсмология. Вып. 34 (Проблемы макросейсмологии). – М.: Геос, 2003. – С. 210–253.