

БЕЛИН-БИЙ-ХЕМСКОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ 16 августа 2008 г. с $K_p=15$, **$M_w=5.7$, $I_0=7$ (Республика Тыва)****А.Ф. Еманов^{1,2,3}, Е.В. Лескова^{1,2}, А.А. Еманов^{1,2}, Я.Б. Радзиминович⁴,****Н.А. Гилёва⁴, А.И. Артёмова¹**¹ Алтае-Саянский филиал Геофизической службы СО РАН, г. Новосибирск² Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, г. Новосибирск³ Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск⁴ Байкальский филиал Геофизической службы СО РАН, г. Иркутск

16 августа 2008 г. в 04^h01^m на северо-востоке Республики Тыва, вблизи границ с Республикой Бурятия и Монголией произошло землетрясение с $K_p=15$ [1], $M_{wGCMT}=5.7$ [2]. Его эпицентр ($\varphi=52.12^\circ\text{N}$, $\lambda=98.21^\circ\text{E}$ [1]) приурочен к хр. Кут-Тайга вблизи восточного окончания хр. Академика Обручева. По названию ближайших к эпицентру крупных рек Белин и Бий-Хем (Большой Енисей) землетрясение было названо Белин-Бий-Хемским.

Инструментальные данные. Для расчета координат эпицентра в АСФ ГС СО РАН использовались данные 27 сейсмических станций Алтае-Саянской [3] и Байкальской [4] региональных сетей (рис. 1 а). Ближайшие станции «Орлик» (ORL), «Монды» (MOY) и «Годжа» (TDJR) находились в 130–200 км от эпицентра; наиболее удаленная станция «Тупик» (TUP) – в 1500 км (рис. 1 а). Расчет координат эпицентра в АСФ ГС СО РАН проводился с использованием региональной скоростной модели земной коры ($v_p=6.1$ км/с, $v_s=3.5$ км/с в земной коре и $v_p=8.1$ км/с, $v_s=4.6$ км/с в мантии), полученной на основе данных регистрации промышленных взрывов и землетрясений региона [5].

Основные параметры главного толчка Белин-Бий-Хемского землетрясения определены во многих международных сейсмологических агентствах [2, 6–8], большинство из которых приведены в табл. 1.

Эпицентр землетрясения окружен близкими сейсмическими станциями в основном с запада (Алтае-Саянская региональная сеть) и с востока (Байкальская региональная сеть) (рис. 1 а). Ближайшие станции с севера и юга, данные которых использовались в расчетах некоторыми агентствами, удалены на тысячи километров от эпицентра [2]. Наименьшая азимутальная брешь ($GAP=112^\circ$) на близких расстояниях (от 130–1500 км) получена для решения в региональном центре.

Определения эпицентра Белин-Бий-Хемского землетрясения по данным международных агентств смещены на север относительно решения регионального центра (рис. 1 б), что может быть связано с большой азимутальной брешью в этом направлении в расположении близких сейсмических станций, данные которых использованы для расчетов. Разброс в положении гипоцентров по данным разных агентств составляет около 20 км по широте и 15 км по долготе (рис. 1 б).

В дальнейшем в статье анализ сейсмичности приводится по данным обработки регионального информационно-обрабатывающего центра АСФ ГС СО РАН [1].

Таблица 1. Основные параметры главного толчка Белин-Бий-Хемского землетрясения 16 августа 2008 г. по данным АСФ ГС СО РАН в сопоставлении с параметрами других агентств

Агентство	t_0 , ч мин с	δt_0 , км	Гипоцентр						Магнитуда	Источ- ник
			φ° , N	$\delta\varphi^\circ$	λ° , E	$\delta\lambda^\circ$	h , км	δh , км		
ASRS	04 01 06.40	0.24	52.12	0.03	98.21	0.02	15f		$K_p=15.0/21$, $M_c=5.4/3$	[1]
MOS	04 01 06.60	1.05	52.20	0.06	98.23	0.04	15		$MPSP=5.5/137$, $MS=5.5/91$	[6]
ISC	04 01 07.35	0.54	52.26	0.02	98.17	0.02	3 22*	3 3*	$m_b=5.3/380$, $M_s=5.5/258$	[2]

Агентство	t_0 , ч мин с	δt_0 , км	Гипоцентр						Магнитуда	Ис-точник
			φ° , N	$\delta\varphi^\circ$	λ° , E	$\delta\lambda^\circ$	h , км	δh , км		
NEIC	04 01 08.60	1.51	52.27	0.04	98.21	0.02	12.1	9.5	$m_b=5.3/145$, $M_s=5.4/175$, $M_w=5.6$	[7]
IDC	04 01 05.74	0.41	52.21	0.12	98.27	0.09	0f		$m_b=5.1/25$, $M_s=5.3/22$	[2]
GCMT	04 01 11.70	0.10	52.16		98.31		28.2	0.7	$M_w=5.7$	[8]
ЕНВ	04 01 09.06		52.32	0.02	98.21	0.02	15f			[2]
ВЛ	04 01 05.60		52.25		98.09		12		$m_b=5.1/57$, $M_s=6.0/71$	[2]
LDG	04 01 05.10	0.14	52.13	0.06	98.17	0.05	10f		$M_s=5.2/10$	[2]

Примечание. Символом «*» обозначено значение h по глубинным фазам pP [2]. Расшифровка кодов агентств дана в условных обозначениях к наст. сб.

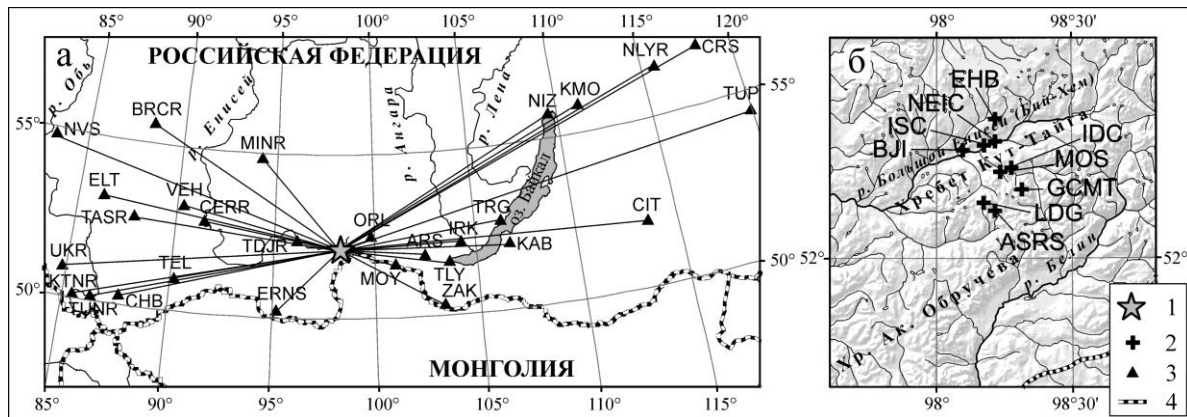


Рис. 1. Положение сейсмических станций, данные которых принимали участие в определении параметров гипоцентра Белин-Бий-Хемского землетрясения 16 августа 2008 г. с $K_p=15$, $M_w=5.7$ в АСФ ГС СО РАН (а) и положение эпицентра по данным различных агентств (б)

1, 2 – инструментальный эпицентр Белин-Бий-Хемского землетрясения по данным АСФ ГС СО РАН и других агентств соответственно; 3 – сейсмическая станция; 4 – государственная граница.

Механизм очага главного толчка Белин-Бий-Хемского землетрясения определен в трех сейсмологических агентствах [7–9] (табл. 2, рис. 2). Все определения схожи, разброс в рассчитанных параметрах нодальных плоскостей составляет не более 11° , что сопоставимо в целом с ошибкой их определения. Механизм очага Белин-Бий-Хемского землетрясения представляет собой практически чистый сдвиг, левосторонний по близширотной плоскости $NP1$ и правосторонний – по близмеридиональной плоскости $NP2$ (табл. 2).

Таблица 2. Параметры механизма очага главного толчка Белин-Бий-Хемского землетрясения 16 августа 2008 г. по данным разных агентств

Агентство	t_0 , ч мин с	h , км	Магнитуды	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Ис-точник
				T		N		P		NP1			NP2			
				PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	SLIP	STK	DP	SLIP	
ASRS	04 01 06.40	15	$M_s=5.4$	4	320	85	185	4	50	95	85	0	5	90	175	[9]
NEIC	04 01 08.60	12.1	$M_s=5.4$	2	331	85	213	4	61	106	85	-1	196	89	175	[7]
GCMT	04 01 11.70	28.2	$M_w=5.7$	10	329	79	140	2	239	105	84	9	14	81	174	[8]

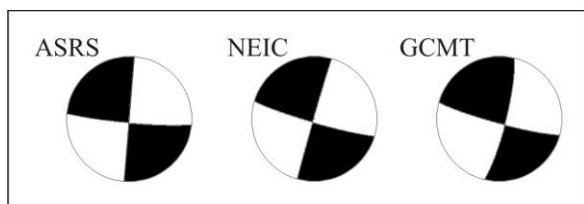


Рис. 2. Стереогаммы механизма очага Белин-Бий-Хемского землетрясения 16 августа 2008 г. в проекции нижней полусферы (по данным из табл. 2)

Макросейсмические данные. Белин-Бий-Хемское землетрясение произошло на незаселенной территории Тывы. Ближайшие к эпицентру населенные пункты находятся более чем в

ста километрах от него. Тем не менее землетрясение 16 августа ощущалось в Республике Тыва, Бурятии и в Иркутской области. В поселках Балакта ($\Delta=112$ км), Орлик ($\Delta=120$ км), Тоджа ($\Delta=149$ км), Монды ($\Delta=200$ км) и др. интенсивность сотрясений достигала $I=5$ баллов, в г. Кызыл ($\Delta=262$ км) землетрясение ощущалось с $I=4-5$ баллов, в г. Иркутск ($\Delta=419$ км) – $I=3-4$ балла, в гг. Ангарск ($\Delta=390$ км) и Закаменск ($\Delta=404$ км) – $I=3$ балла (табл. 3, рис. 3). Расчетная интенсивность I_0 в эпицентре по макросейсмическому уравнению Н.В. Шебалина [10] для глубины очага $h=15$ км составила $I_0=7$ баллов.

Таблица 3. Макросейсмические данные о Белин-Бий-Хемском землетрясении 16 августа 2008 г. с $K_p=15$, $M_w=5.7$

№	Пункт	φ° , N	λ° , E	Δ , км	№	Пункт	φ° , N	λ° , E	Δ , км
<u>5 баллов</u>					17	Иркутск	52.24	104.27	419
1	Балакта	52.5	99.7	112	<u>3 балла</u>				
2	Орлик	52.52	99.83	120	18	Онот	52.74	102.05	271
3	Жахна	52.5	99.87	121	19	Тулун	54.57	100.57	316
4	Усть-Хурай-Жахна	52.56	99.9	125	20	Залари	53.55	102.51	331
5	Тоджа	52.45	96.09	149	21	Куйтун	54.35	101.52	331
6	Монды	51.68	100.98	200	22	Ангарск	52.57	103.92	390
<u>4–5 баллов</u>					23	Закаменск	50.37	103.32	404
7	Саяны	52.69	99.67	119	<u>2–3 балла</u>				
8	Булаг-Шэбэ	52.78	99.79	130	24	Нижнеудинск	54.9	99.01	313
9	Сорок	52.32	100.17	138	<u>Не ощущалось</u>				
10	Сарэг-Сеп	51.33	95.52	205	25	Кунгуртук	50.65	97.50	171
11	Кызыл	51.72	94.44	262	26	Балгазын	51.00	95.19	243
<u>4 балла</u>					27	Зулумай	53.7	101.32	273
12	Хамсара	52.76	97.43	88	28	Бай-Хаак	51.16	94.47	279
13	Бельбей	51.28	95.76	193	29	Туран (Тыва)	52.14	93.92	292
14	Туран (Бурятия)	51.64	101.67	243	30	Бельск	52.87	103.08	342
15	Зима	53.91	102.05	327	31	Мишелевка	52.85	104.5	347
<u>3–4 балла</u>					32	Алзамай	55.55	98.67	382
16	Икей	54.19	100.08	262	33	Мина	54.90	94.20	407

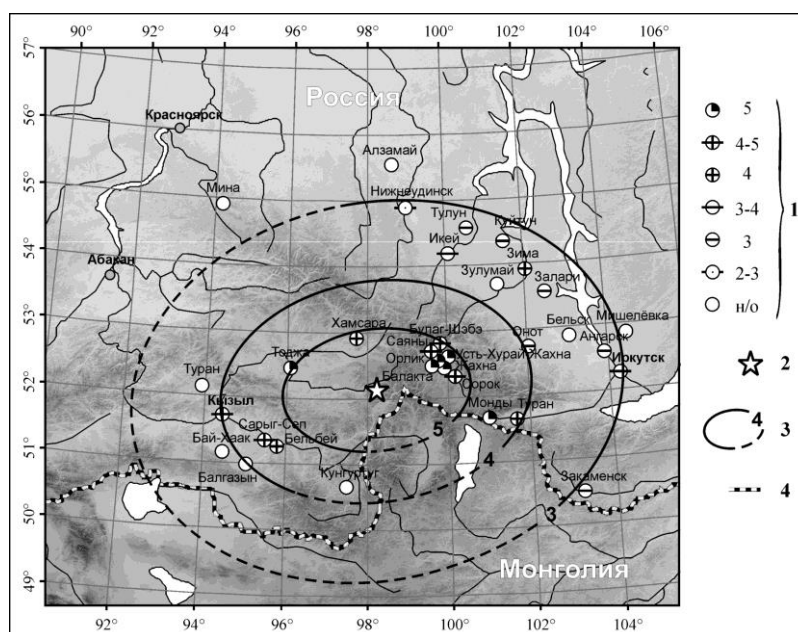


Рис. 3. Карта изосейст землетрясения 16 августа 2008 г. с $K_p=15$, $M_w=5.7$

1 – интенсивность сотрясений в баллах шкалы MSK-64; 2 – инструментальный эпицентр; 3 – изосейста; 4 – государственная граница.

Афтершоки. За период 16 августа – 31 декабря 2008 г. совместной обработкой данных станций Алтае-Саянской и Байкальской региональных сетей было зарегистрировано 296 афтершоков Белин-Бий-Хемского землетрясения в диапазоне $K_p=5-14$. Параметры более сильных ($K_p \geq 8.5$) афтершоков приведены в табл. 4. Самый сильный ($K_p=13.7$) афтершок зафиксирован 16 августа в 04^h06^m, спустя пять минут после главного толчка.

Как видно из табл. 4, графика временного хода (рис. 4 а) и диаграммы суточного распределения числа афтершоков (рис. 4 б), большинство из них произошло в первые дни после главного толчка – десять и более событий в день. Спустя восемь дней, ежедневное число снизилось до единиц. Наиболее сильные ($K_p > 10.5$) афтершоки зафиксированы в течение первых суток – 16 августа (табл. 4).

Быстрый спад афтершоковой активности вряд ли можно объяснить небольшой магнитудой события ($M_w=5.7$). К тому же землетрясения на уровне слабых ($K \leq 9.7$) классов в эпицентральной зоне регистрировались в течение следующего года.

Таблица 4. Параметры афтершоков с $K_p \geq 8.5$ Белин-Бий-Хемского землетрясения 16 августа 2008 г.

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	φ° , N	λ° , E	K_p	M_c
1	16.08	04 06 39.8	52.07	98.22	13.7	4.9
2	16.08	04 21 42.2	52.09	98.14	8.5	
3	16.08	05 02 55.1	52.19	98.27	9.5	
4	16.08	05 22 42.2	52.11	98.22	10.9	3.2
5	16.08	07 38 25.6	52.15	98.23	9.7	2.6
6	16.08	08 35 52.5	52.16	98.24	8.5	
7	16.08	14 29 36.7	52.15	98.23	11.7	3.6
8	16.08	17 58 39.7	52.14	98.21	11.2	

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	φ° , N	λ° , E	K_p	M_c
9	16.08	17 59 36.0	52.16	98.21	9.2	
10	20.08	20 38 36.3	52.18	98.24	9.7	2.9
11	21.08	01 14 08.8	52.18	98.26	9.3	2.5
12	18.09	23 57 33.6	52.18	98.20	8.6	2.4
13	23.09	13 23 06.2	52.13	98.17	9.3	2.7
14	10.10	14 49 59.1	52.22	98.19	9.7	2.7
15	06.11	12 48 35.8	52.12	98.17	9.3	2.5
16	22.12	19 24 03.3	52.25	98.23	8.5	

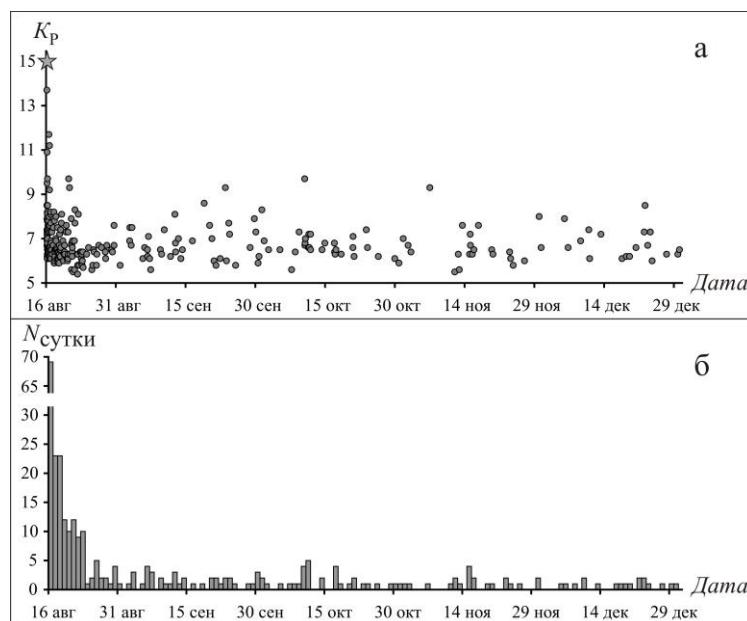


Рис. 4. Временной ход (а) и суточное число (б) афтершоков Белин-Бий-Хемского землетрясения

Звездочкой на фрагменте (а) отмечен главный толчок.

Эпицентры афтершоков Белин-Бий-Хемского землетрясения по данным АСФ ГС СО РАН в совокупности сконцентрировались в вытянутую в субмеридиональном направлении зону длиной около 25 км и шириной около 10 км (рис. 5). Примечательно, что направление распространения последующих толчков лучшим образом совпадает с ориентацией одной из нодальных плоскостей ($NP2$) из решения АСФ ГС СО РАН (табл. 3, рис. 3). Последнее косвенно позволяет интерпретировать механизм очага как правосторонний сдвиг по субмеридиональной плоскости разрыва.

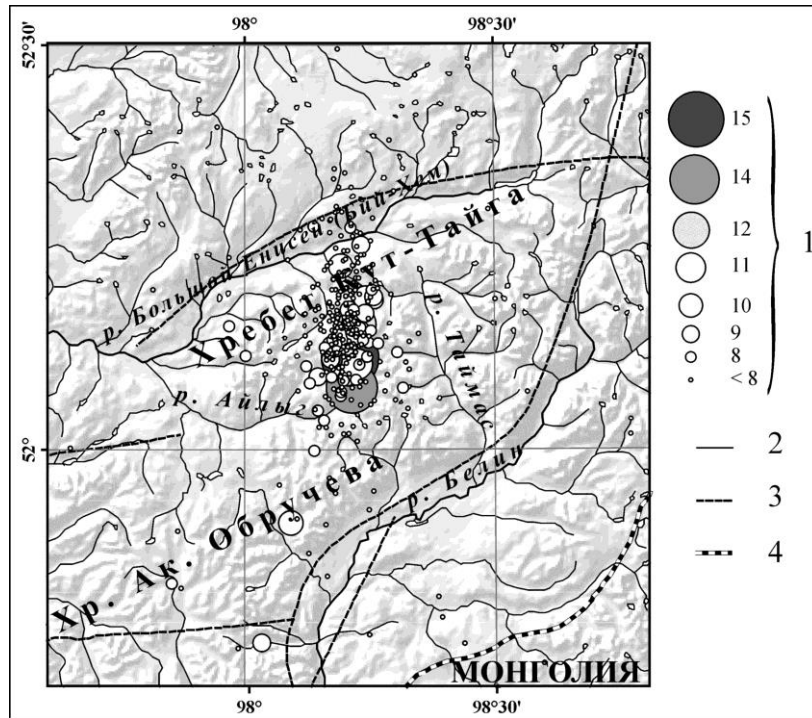


Рис. 5. Главный толчок и афтершоки Белин-Бий-Хемского землетрясения 16 августа 2008 г. с $K_p=15$ за период 16 августа – 31 декабря 2008 г.

1 – энергетический класс K_p ; 2 – река; 3 – разлом по ГИН РАН (под ред. Ю.Г. Леонова); 4 – государственная граница.

График повторяемости для афтершоков в 2008 г. показан на рис. 6. Уравнение графика повторяемости, рассчитанное для его линейной части ($K_p=6-12$), имеет вид:

$$\text{Lg } N = 4.559 - 0.391K_p.$$

Наклон γ графика повторяемости для афтершоков составил по модулю $|\gamma|=0.39$, что ниже величины этого показателя для всего региона в 2008 г., рассчитанного в диапазоне $K_p=7-10$, ($\gamma=0.46$) [11].

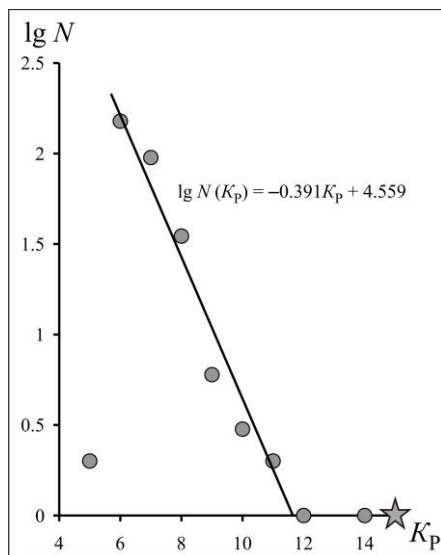


Рис. 6. График повторяемости афтершоков Белин-Бий-Хемского землетрясения 16 августа 2008 г. за период 16 августа – 31 декабря 2008 г. ($N=296$).

Звездочкой на рисунке отмечен главный толчок.

Тектоническая позиция. Эпицентр Белин-Бий-Хемского землетрясения находится в Восточно-Тувинском нагорье в непосредственной близости к Белино-Бусингольской зоне, являющейся западным окончанием Байкальской рифтовой зоны. Три рифтовые впадины – Белинская, Бусингольская, Терехольская, расположенные одна за другой с севера на юг, завершают своим положением, поперечным к Байкальской рифтовой зоне, развитие последней в юго-западном направлении.

Геологические процессы, вызывающие землетрясения в Байкальской рифтовой зоне и Алтае-Саянской горной области, существенно отличаются и обеспечивают различие в закономерностях сейсмических процессов [12]. В рифтовых впадинах землетрясения преимущественно происходят внутри впадин, а в структурах Алтае-Саянской горной области – в горном обрамлении впадин. Сейсмичность Белино-Бусингольской зоны, как пограничной между коллизионными и рифтовыми структурами, обладает ярко выраженным сочетанием отмеченных двух типов сейсмичности [12].

Сейсмическая активность Белино-Бусингольской зоны как по суммарной энергии, так и по числу событий существенно превосходит таковую в своем окружении (см. рис. 5 из [11]). Главным образом сейсмичность сосредоточена в Бусингольской впадине и Шишхидском нагорье – восточном горном обрамлении трех впадин Белино-Бусингольской зоны (рис. 7). Здесь же и произошло самое сильное ($K_p=16.0$, $M_s=6.5$) за период инструментальных наблюдений в регионе (1963–2008 гг.) Бусингольское землетрясение 27 декабря 1991 г. [13], вызвавшее мощную пульсирующую сейсмическую активизацию [12, 14].

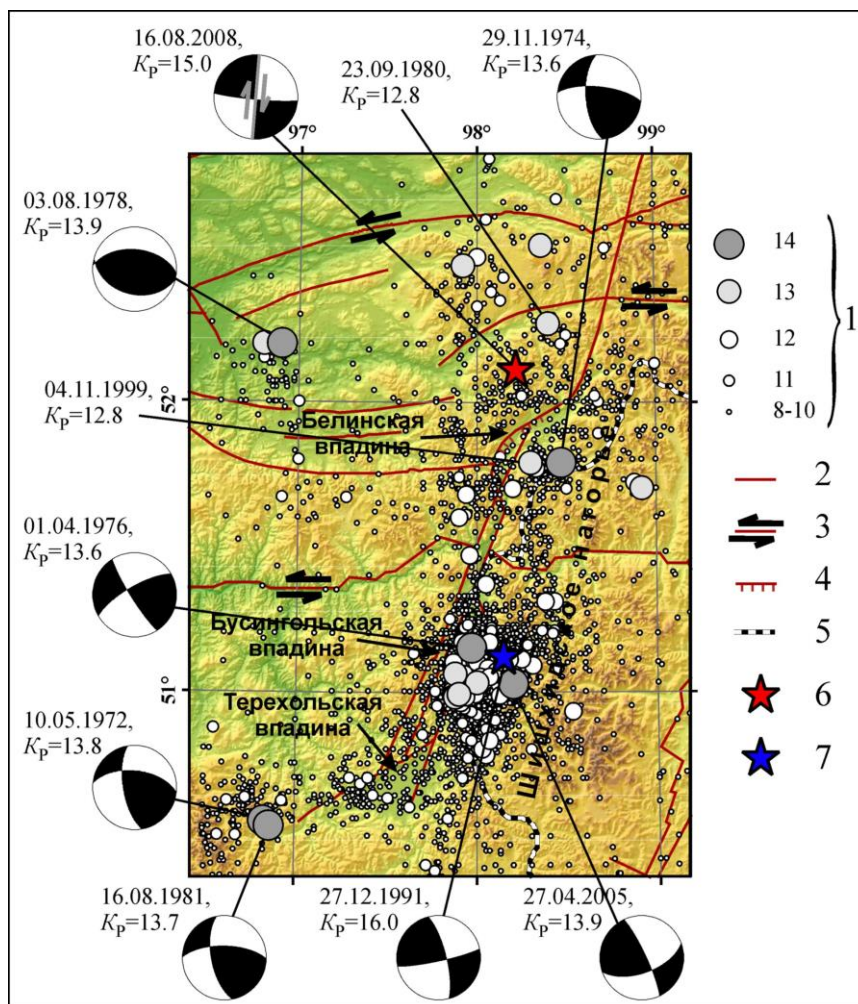


Рис. 7. Эпицентры землетрясений Белино-Бусингольской зоны с $K_p \geq 8$ за период 1963–2007 гг. и Белин-Бий-Хемского землетрясения 16 августа 2008 г.

1 – энергетический класс K_p ; 2 – разлом по ГИН РАН (под ред. Ю.Г. Леонова); 3 – сдвиги (по [18]); 4 – сбросы (по [18]); 5 – государственная граница; 6 – эпицентр Белин-Бий-Хемского землетрясения 2008 г.; 7 – эпицентр Бусингольского землетрясения 1991 г.

На карту нанесены механизмы очагов землетрясений с $K_p > 13.5$ в проекции нижней полусферы: для событий 1972–1981 гг. по [19], 1991 г. – по [15], 2005 г. – определения авторов, 2008 г. – [9]. Для механизма очага Белин-Бий-Хемского землетрясения серым цветом выделена реализовавшаяся плоскость разрыва с подвижкой по ней (см. текст).

Сейсмичность Белинской впадины и ее окружения рассмотрена в [15]. Сведений о сейсмичности этой области в доинструментальном периоде нет [16]. Наиболее сильные землетрясения за инструментальный период наблюдений, по данным [17] в окрестности Белинской впадины произошли: 29 ноября 1974 г. в $21^{\text{h}}05^{\text{m}}$ с $K_p=13.6$, 23 сентября 1980 г. в $05^{\text{h}}02^{\text{m}}$ с $K_p=12.8$ и 4 ноября 1999 г. в $23^{\text{h}}37^{\text{m}}$ с $K_p=12.8$. Эпицентры толчков 29 ноября 1974 г. и 4 ноября 1999 г. находились в Шишхидском нагорье, оба события сопровождалась афтершоковыми процессами [15]. Шишхидское нагорье одним из своих блоков выступает в Белинскую впадину и увязывается с ее сужением в южной части и с изгибом на северо-восток. Оба землетрясения и их афтершоки соответствуют активизациям вдоль граней выступаю-

шего блока [15]. Землетрясение 23 сентября 1980 г. – одиночное событие, его эпицентр находился северо-восточнее эпицентра Белин-Бий-Хемского землетрясения 2008 г., вблизи сдвигового разлома.

Таким образом, Белин-Бий-Хемское землетрясение 2008 г. является крупнейшим событием в окрестности Белинской впадины за весь период инструментальных наблюдений (с 1963 г.). По величине сейсмической энергии в Белино-Бусингольской зоне оно уступает только Бусингольскому землетрясению 1991 г. – одному из сильнейших землетрясений Алтае-Саянской области за инструментальный период.

Из анализа сейсмотектоники данного района был сделан вывод о том, что растягивающее поле напряжений, соответствующее рифтовому режиму, находится в окружении глобального режима сжатия, имеющего северо-восточную ориентацию. На флангах рифтовой системы наблюдается взаимопроникновение «рифтового» и «глобального» полей напряжений [18]. При этом, фокальные механизмы сильных землетрясений Белино-Бусингольской зоны с $K_p > 13.5$ (рис. 7) отражают преимущественно сдвиговую подвижку в очаге с небольшой взбросовой компонентой, что характерно для глобального режима сжатия.

Эпицентр Белин-Бий-Хемского землетрясения находится в горном блоке, границами которого являются с северной стороны р. Большой Енисей (Бий-Хем), текущий вдоль ограничивающего данный блок тектонического нарушения, а с юга – Белинская впадина. Северная граница имеет сдвиговую кинематику, а с юга – растяжение вдоль длинной оси впадины, что фактически должно приводить к сжатию рассматриваемого блока. Как установлено по сейсмотектоник, для данного района характерным является строение в виде системы блоков с вращением [18]. Все сдвиговые смещения блоков дополняются вращением. В нашем случае достаточно вытянутый к востоку блок, однородный по скорости поднятия [20], должен иметь поперечные разрывные нарушения, обеспечивающие фиксируемые по геологическим данным вращения.

Белин-Бий-Хемское землетрясение, вероятно, является сдвигом по поперечному нарушению блока и вместе с афтершоковым процессом отражает фиксируемый геологическими методами процесс разворота блока относительно разрывного нарушения более высокого порядка со сдвиговой кинематикой. К тому же ограничивающий с севера разлом имеет левосдвиговую кинематику [18]. Таким образом, установленная подвижка по плоскости с правосторонней кинематикой в очаге Белин-Бий-Хемского землетрясения 2008 г. (рис. 7) соответствует вращению блока по часовой стрелке.

Подводя итоги отметим, что Белин-Бий-Хемское землетрясение 16 августа 2008 г. в $04^h 01^m$ с $K_p=15$, $M_w=5.7$ произошло на северо-востоке Республики Тыва и является одним из крупнейших за инструментальный период событий Белинской впадины. Его эпицентр приурочен к хр. Кут-Тайга вблизи восточного окончания хр. Академика Обручева. Землетрясение вызвало ощутимые колебания в городах и поселках Восточной и Западной Сибири. В трехбалльной зоне интенсивности сотрясений оказался г. Иркутск, в четырехбалльной – г. Кызыл, в пятибалльной – десятки поселков Восточной Тувы и Западной Бурятии.

Линейно вытянутая в субмеридиональном направлении область афтершоков субперпендикулярна р. Бий-Хем и Белинской впадине. Северной границей блока является тектоническое нарушение со сдвиговой кинематикой, а с юга – разлом с режимом растяжения поперек впадины, что обеспечивает сжатие блока. Белин-Бий-Хемское землетрясение приурочено к поперечному разрыву блока, а установленная подвижка в очаге соответствует его вращению по часовой стрелке.

Л и т е р а т у р а

1. Филина А.Г., Подкорытова В.Г., Лескова Е.В. (отв. сост.), Денисенко Г.А., Кузнецова Н.В., Манушина О.А., Подлипская Л.А., Шевелёва С.С., Шевкунова Е.В. Каталог землетрясений Алтая и Саян за 2008 г. ($N=1837$). (См. Приложение к наст. сб. на CD).
2. **Bulletin of the International Seismological Centre for 2008**. – Thatcham, United Kingdom: ISC, 2010. – URL: <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/bulletin/>.

3. **Еманов А.Ф., Лескова Е.В., Еманов А.А., Фатеев А.В., Дураченко А.В.** Стационарные сейсмические станции Алтае-Саянского региона ($n=30$) в 2008 г. (код сети ASRS). (См. Приложение в наст. сб. на CD).
4. **Гилёва Н.А., Масальский О.К.** Сейсмические станции Прибайкалья и Забайкалья в 2008 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
5. **Жалковский Н.Д., Цибульчик Г.М., Цибульчик И.Д.** Годографы сейсмических волн и мощность земной коры Алтае-Саянской складчатой области по данным регистрации промышленных взрывов и местных землетрясений // Геология и геофизика. – 1965. – № 1. – С. 173–179.
6. **Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 2008 год** / Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ГС РАН, 2008–2009. – URL: ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_bulletin/2008.
7. **USGS National Earthquake Information Centre.** – URL: <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eqarchives/epic/>.
8. **Global CMT catalog.** – URL: <http://www.globalcmt.org/CMTsearch.html>.
9. **Лескова Е.В. (отв. сост.).** Каталог механизмов очагов землетрясений Алтае-Саянского региона за 2008 г. ($N=1$). (См. Приложение к наст. сб. на CD).
10. **Шебалин Н.В.** Сильные землетрясения. Избранные труды. – М.: Изд-во Академии горных наук, 1997. – 542 с.
11. **Еманов А.Ф., Лескова Е.В., Филина А.Г., Еманов А.А., Фатеев А.В., Дураченко А.В.** Алтай и Саяны. (См. раздел «Обзор сейсмичности» в наст. сб.).
12. **Еманов А.Ф., Еманов А.А., Филина А.Г., Лескова Е.В.** Пространственно-временные особенности сейсмичности Алтае-Саянской складчатой зоны // Физическая мезомеханика. – 2005. – 8. – № 1. – С. 49–64.
13. **Филина А.Г.** Землетрясения Алтая и Саян // Землетрясения в СССР в 1991 году. – М.: ОИФЗ РАН, 1997. – С. 38–39.
14. **Еманов А.Ф., Еманов А.А., Лескова Е.В.** Сейсмические активизации в Белино-Бусингольской зоне // Физическая мезомеханика. – 2010. – Т. 13 (спец. выпуск). – С. 72–77.
15. **Еманов А.Ф., Еманов А.А., Лескова Е.В., Колесников Ю.И.** Геодинамические и техногенные процессы в сейсмичности Алтае-Саянской горной области // Современная геодинамика массива горных пород верхней части литосферы: истоки, параметры, воздействия на объекты недропользования. – Новосибирск: СО РАН, 2008. – С. 176–227
16. **Кочетков В.М., Хилько С.Д., Зорин Ю.А. и др.** Сеймотектоника и сейсмичность Прихубсугулья. – Новосибирск: Наука, 1993. – 184 с.
17. **Каталог землетрясений Алтае-Саянской горной области (1963–2008 гг.)** / Фонды Алтае-Саянского филиала Геофизической службы СО РАН.
18. **Саньков В.А., Парфеевец А.В.** Напряженное состояние земной коры и геодинамика юго-западной части Байкальской рифтовой системы. – Новосибирск: Академическое из-во «Гео», 2006. – 151 с.
19. **Мострюков А.О., Петров В.А.** Каталог механизмов очагов землетрясений, 1964–1990 гг.. Материалы Мирового Центра Данных Б. – М., 1994. – 87 с.
20. **Зятькова Л.К.** Структурная геоморфология Алтае-Саянской горной области. – Новосибирск: Наука, 1977. – 214 с.