

**САЯНСКОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ 10 февраля 2011 г. с $K_p=13.9$, $ML=6.4$, $I_0=7$
и ОСОБЕННОСТИ СЕЙСМИЧЕСКОГО РЕЖИМА ЗАПАДНОГО САЯНА**

А.Ф. Еманов^{1,2}, Е.В. Лескова^{1,3}, А.А. Еманов^{1,3}, В.Г. Подкорытова¹, Е.В. Шевкунова¹

¹Алтае-Саянский филиал ФИЦ ЕГС РАН, г. Новосибирск, emanov@gs.nsc.ru

²Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, г. Новосибирск

³Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН,
г. Новосибирск, katya@gs.sbras.ru

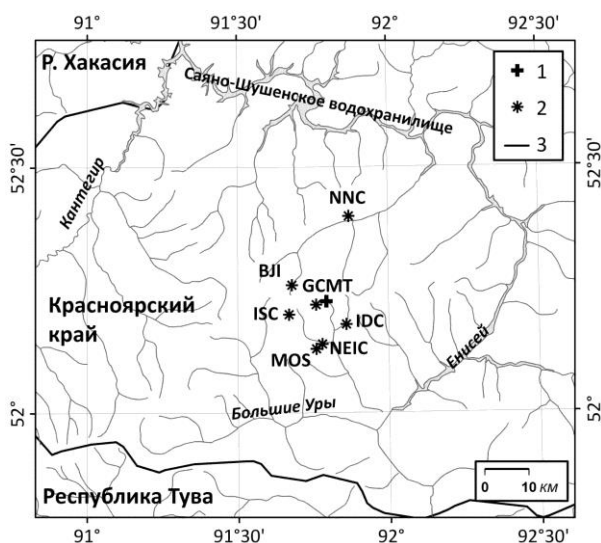
10 февраля 2011 г. в 05^h35^m по Гринвичу на территории горной системы Западного Саяна, в Саянском хребте, произошло землетрясение с $K_p=13.9$, $ML=6.4$, $I_0=7$; координаты эпицентра – 52.23°с.ш., 91.79°в.д. [1].

Инструментальные данные. Инструментальные параметры землетрясения, полученные в региональном обрабатывающем центре АСФ ФИЦ ЕГС РАН (г. Новосибирск), в сопоставлении с определениями других мировых агентств приведены в табл. 1, а их сравнение в плане дано на рис. 1.

Таблица 1. Основные параметры Саянского землетрясения 10 февраля 2011 г.
с $K_p=13.9$, $ML=6.4$ по данным АСФ ФИЦ ЕГС РАН (ASRS) в сопоставлении
с определениями других мировых агентств

Агент-ство	t_0 , ч мин с	δt_0 , км	Гипоцентр				Магнитуда	Источ-ник
			φ° , N	λ° , E	h , км	δh , км		
ASRS	05 35 16.10		52.23	91.79	10f		$K_p=13.9/21$, $ML=6.4/18$, $m_b=6.1/4$	[1]
MOS	05 35 14.70	1.06	52.13	91.76	10		$MPSP=5.5/111$, $MS=5.1/61$	[2]
ISC	05 35 17.01	0.31	52.20	91.67	14	1.75	$m_b=5.3/377$, $Ms=5.1/182$	[2]
IDC	05 35 14.43	0.37	52.18	91.86	0f		$m_b=4.9/33$, $Ms=4.9/42$	[2]
NEIC	05 35 16.51	0.10	52.14	91.78	10f		$m_b=5.4/236$, $Ms=5.1/96$, $Mw=5.3$	[2]
GCMТ	05 35 16.50	0.10	52.22	91.76	26.3	0.6	$Mw=5.5/125$	[2]
VJI	05 35 12.80		52.26	91.68	7		$m_b=5.2/76$, $m_B=5.3/47$, $Ms=5.9/82$	[2]
NNC	05 35 12.79	2.91	52.40	91.87	0		$m_b=5.8$, $K=13.7$	[2]

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



Как видно из рис. 1, все решения, найденные другими агентствами, за исключением Казахстанского центра NNC, отстоят от регионального не более чем на 10 км. Практически совпадает с определениями ASRS решение GCMТ ($\Delta=2.5$ км), наибольшее отклонение имеет решение NNC ($\Delta=20$ км), к тому же оно смещено на север, в то время как остальные – на запад и юг относительно регионального.

Рис. 1. Положение инструментального эпицентра Саянского землетрясения 10 февраля 2011 г. с $K_p=13.9$, $ML=6.4$ по данным различных источников, согласно табл. 1

1 – региональный эпицентр; 2 – другие решения;
3 – административные границы.

Макросейсмические данные. Эпицентр Саянского землетрясения локализован в ненаселенной труднодоступной местности, ближайшие поселки находятся на расстоянии около 50 км. Сотрудниками Алтае-Саянского филиала ФИЦ ЕГС РАН путем обследования территории на местности были получены сведения о макросейсмических проявлениях землетрясения более чем в 30 пунктах на расстояниях 70–180 км от эпицентра [3, 4]. Максимальный макросейсмический эффект от Саянского землетрясения ($I=6$ баллов) наблюдался в с. Верхнеусинское Красноярского края на расстоянии $\Delta=84$ км. Сотрясения интенсивностью $I=5-6$ баллов отмечены в пяти пунктах на расстоянии $\Delta=75-145$ км. Макросейсмические сведения для Саянского землетрясения приведены в [3], карта пунктов-баллов и изосейст приведена на рис. 2.

Специальных построений макросейсмического эпицентра не проводилось, поскольку, как можно видеть из положения изосейст, он фактически совпадает с инструментальным. В табл. 2 и в [3] эпицентральное расстояние Δ рассчитано относительно инструментально определенного положения очага.

Из рис. 2 также видно, что изолинии равной сотрясаемости вытянуты вдоль горной системы Западного Саяна. Фактически сотрясаемость в этом направлении (юго-запад – северо-восток) затухает медленнее, а в направлении на густонаселенные долины (северо-запад – юго-восток) быстрее. Несмотря на такую закономерность, наблюдается интенсивность сотрясений до 5 баллов во всей западной половине Тувинской котловины и в населенных пунктах, прилегающих к Западному Саяну с севера (рис. 2). Рассчитанная из макросейсмических данных интенсивность сотрясений в эпицентре составила $I_0=7$ баллов шкалы MSK-64.

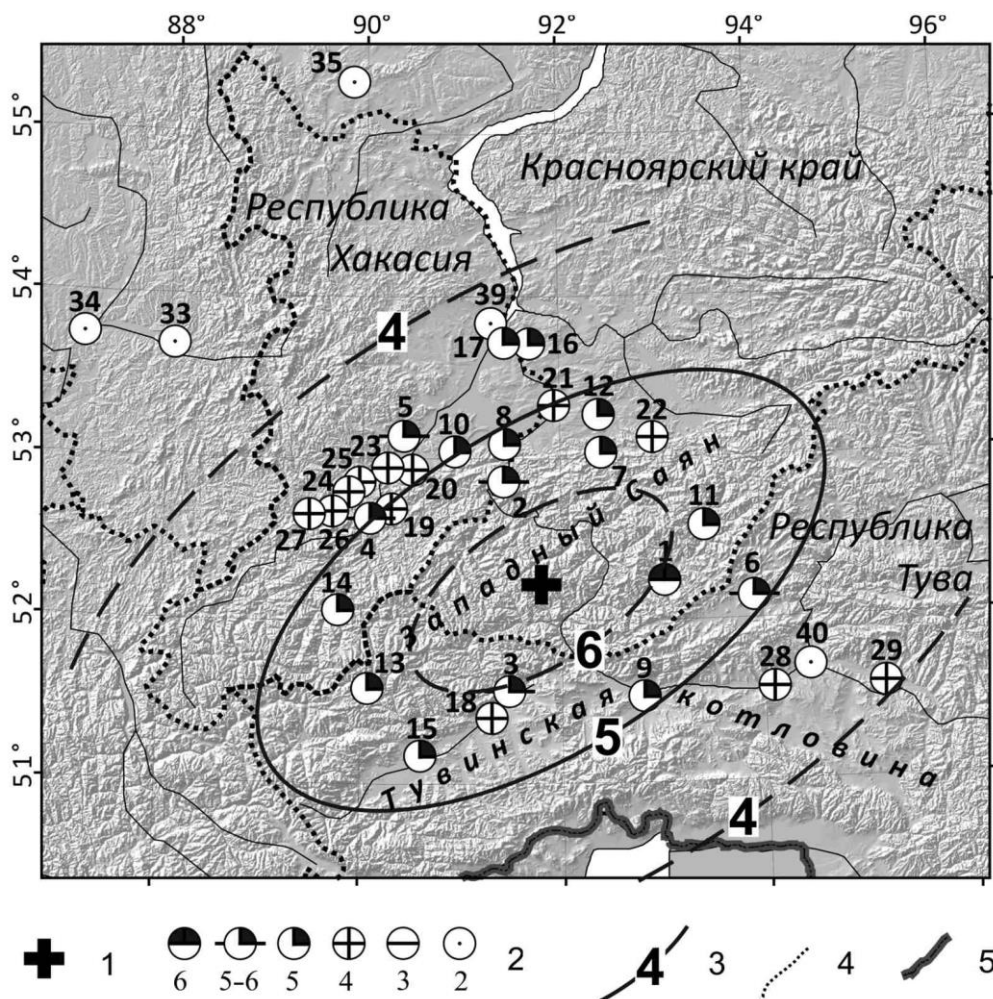


Рис. 2. Карта пунктов-баллов и схема изосейст Саянского землетрясения 10 февраля 2011 г.

1 – инструментальный эпицентр; 2 – интенсивность сотрясений в баллах шкалы MSK-64; номера пунктов соответствуют таковым в табл. 2; 3 – изосейста; 4 – административная граница; 5 – государственная граница.

Таблица 2. Макросейсмические данные о Саянском землетрясении 10 февраля 2011 г. с $K_p=13.9$, $ML=6.4$

№	Пункт	φ° , N	λ° , E	Δ , км	№	Пункт	φ° , N	λ° , E	Δ , км							
1	6 баллов	52.24	93.03	84	23	Усть-Есь	52.96	90.25	132							
	Верхнеусинское				24	Таштып	52.80	89.89	143							
2	5–6 баллов	52.86	91.40	75	25	Имек	52.85	89.92	144							
	Черемушки				26	Верхняя Сея	52.68	89.70	150							
	Хор-Тайга				27	Матур	52.66	89.46	165							
	Абаза				28	Усть-Элегест	51.56	94.09	174							
	Аскиз				29	Кундустуг	51.58	95.19	244							
	Туран				30	Красноярск	56.01	92.79	425							
7	5 баллов	53.03	92.42	99	31	Канск	56.20	95.73	510							
	Большая речка				2–3 балла			32	Томск	56.46	84.96	345				
	Саяногорск				2 балла											
	Шагонар				33	Междуреченск	53.69	88.05	299							
	Бея				34	Новокузнецк	53.74	87.11	356							
	Арадан				35	Ужур	55.32	89.86	366							
	Ермаковское				36	Бийск	52.54	85.22	447							
	Энге-Бельдир				37	Барнаул	53.36	83.76	554							
	Большой Он				38	Новосибирск	55.04	82.93	662							
	Ак-Довурак				Ощущалось			39	Черногорск	53.83	91.30	181				
	Минусинск				40	Кызыл	51.70						94.45	191		
	Абакан				41	Кольцово	55.78	90.29	407							
	18				4 балла	51.41	91.30	97	42	Сосновоборск	56.13	93.38	446			
					Сут-Холь				43	Бердск	54.76	83.10	639			
					Малые Арбаты				44	Белово	52.96	82.27	648			
					Бондарево											
					Шушенское											
Танзыбей																

Механизм очага главного толчка определен в трех сейсмологических агентствах [5] (табл. 3, рис. 3). Решение регионального центра близко к решению GCMT – сдвиг с небольшими сбросовыми составляющими. Примечательно, что одна из нодальных плоскостей ориентирована вдоль структур Западного Саяна и совпадает с направлением, в котором вытянуты изолинии равной сотрясаемости, а другая – поперек (рис. 2, 3).

Таблица 3. Параметры механизма очага главного толчка Саянского землетрясения по данным разных агентств

Агентство	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Источник
	T		N		P		NP1			NP2			
	PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	RAKE	STK	DP	SLP	
ASRS	7	107	68	1	21	200	241	70	-11	335	80	-160	[5]
GCMT	7	115	78	349	10	206	251	78	-2	341	88	-168	[6]
NEIC	17	298	73	122	1	28	74	77	11	342	79	167	[7]

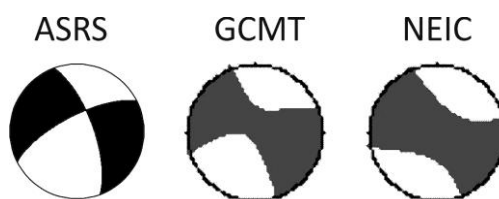


Рис. 3. Решения механизма очага главного толчка Саянского землетрясения 10 февраля 2011 г.

Тектоническая и орографическая позиции очага. Очаг Саянского землетрясения 10 февраля 2011 г. располагался во внутренних структурах Западного Саяна – одной из протяженных горных систем Сибири. С севера к горной системе примыкает Минусинская котловина, с юга – Тувинская; с запада ограничивается Шапшальским хребтом Восточного Алтая и Абаканским хребтом Кузнецкого Алатау, с востока – хребтами Восточного Саяна (рис. 4).

В современном рельефе Западного Саяна четко выражены три основных орографических пояса, объединяющих целый комплекс хребтов [8], разделенных протяженными зонами глубинных разломов, вытянувшихся вдоль горной системы Западного Саяна. Разломы более низкого порядка осложняют тектоническую структуру массива, разбивая его на блоки (рис. 4).

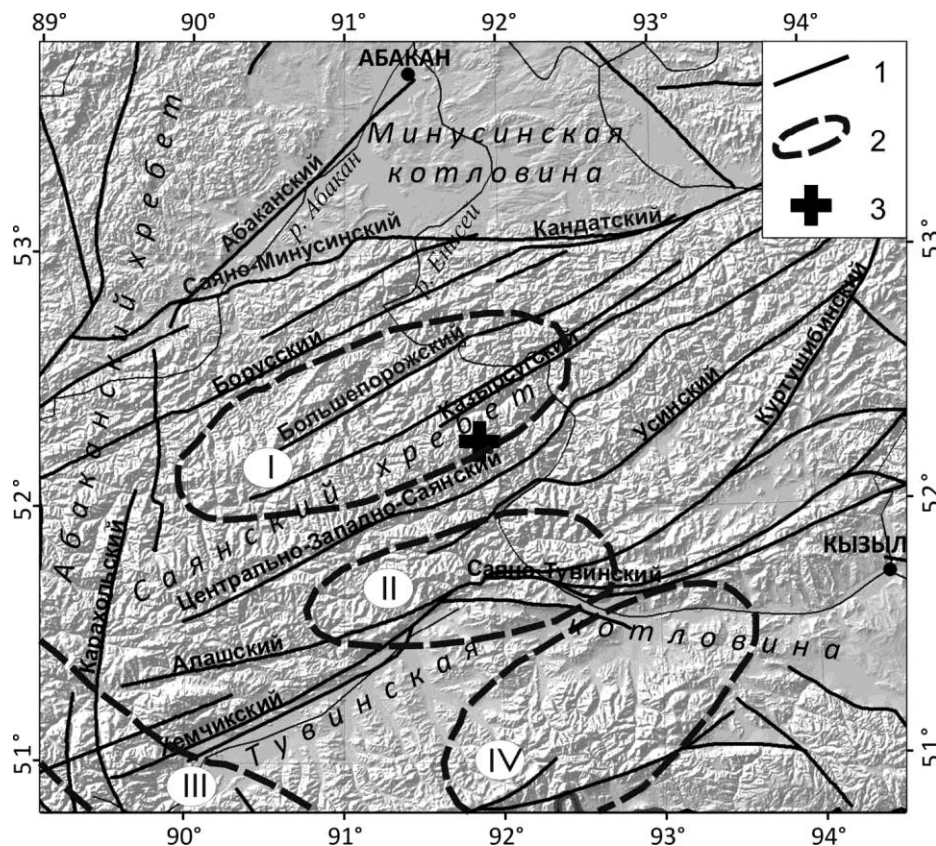


Рис. 4. Тектоническая и орографическая позиции очага Саянского землетрясения.

1 – Неотектонический разлом (по ГИН РАН, под ред. Ю.Г. Леонова, 2000); 2 – сейсмогены по [11]: I – Западно-Саянский, II – Саяно-Тувинский, III – Цаган-Шибэтинский, IV – Коргалыкский; 3 – эпицентр Саянского землетрясения.

Для Первого (Северного) орографического пояса характерен низкогорный и среднегорный рельеф с пологими склонами. Это Джойский и Джебашский хребты с высотами 1200–1400 м и Кантегирский хребет с высотами до 2000 м. Второй (Центральный) орографический пояс расположен в осевой части Западного Саяна. Здесь вершины гор достигают максимальной высоты. Саянский хребет 2300–2736 м над уровнем моря. Он является водораздельным для всей системы Западного Саяна. Третий (Южный) орографический пояс охватывает южную ветвь хребтов Западного Саяна, куда входят восточные отроги Шапшальского хребта, Алашское плато, Хемчикский, Куртушибинский и Уюкский хребты. Данные хребты имеют особенности предгорного рельефа [8].

Вопросам сеймотектоники Западного Саяна посвящены работы [8–11]. Западный Саян испытывает постоянное, но не очень быстрое поднятие. Скорость вертикальных поднятий в этой горной системе существенно меньше, чем на Алтае и в Байкальской рифтовой зоне. В пределах горного массива наиболее интенсивные поднятия фиксируются в Центральном орографическом поясе [8].

Сейсмическое районирование, выполненное по результатам изучения сейсмичности в середине 1970-х гг. [12], показывает, что большим сейсмическим потенциалом обладают структуры, расположенные южнее Саянского хребта (Южный пояс).

Анализ взаимосвязей морфоструктур Западного Саяна с сейсмичностью [13] указывает на разные закономерности ее распределения в хребте до пересечения его рекой Енисей и после: в восточной части сейсмичность приурочена к зонам максимальных скоростей поднятий, а в западной – к границам блоков с разной скоростью поднятий [13].

В центральной части Западного Саяна в работе [11] выделен Западно-Саянский сейсмоген (рис. 4). Под сейсмогеном автор понимает [11] пространственно-временную изолированную, но не замкнутую систему, объективно выраженную областью литосферы, в пределах которой за период, доступный для сейсмогеологических и сейсмологических наблюдений, регулярно происходила сеймотектоническая активизация, способная в своем максимальном проявлении приводить к заметным изменениям в рельефе дневной поверхности.

Саянское землетрясение произошло в Центральном орографическом поясе, и поскольку его эпицентр лежит в левобережной (западной) относительно р. Енисей части Западного Саяна (рис. 4), то ограничимся рассмотрением только этой части горной системы, существенно отличающейся от восточной.

Предшествующая сейсмичность. На рис. 5 представлена карта эпицентров землетрясений, произошедших до Саянского землетрясения за периоды доинструментальных (1900–1962 гг.) [14], и инструментальных (1963–2010 гг.) (собственные фонды АСФ ФИЦ ЕГС РАН) наблюдений в Алтае-Саянской области.

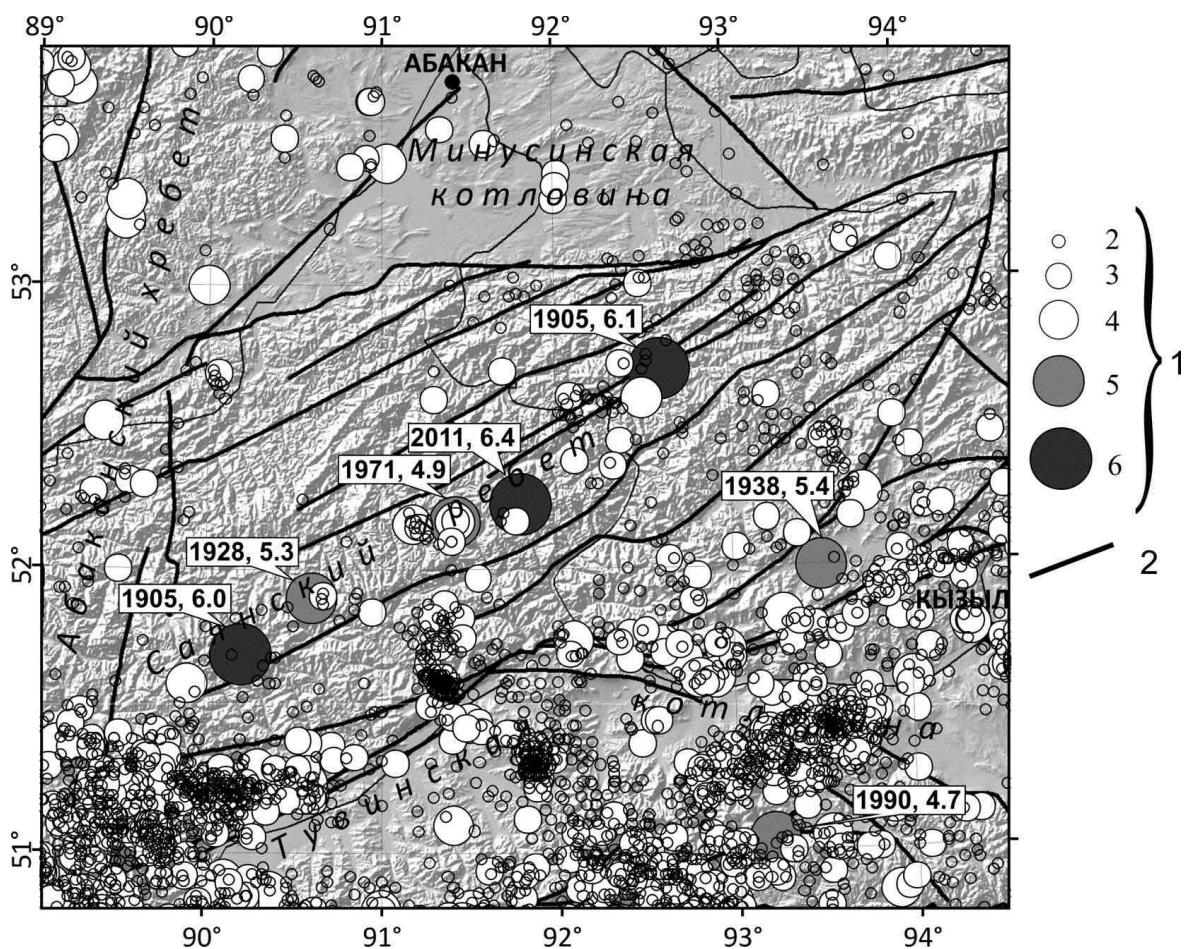


Рис. 5. Карта эпицентров землетрясений за период 1900–2010 гг. и эпицентр Саянского землетрясения 10 февраля 2011 г.

1 – магнитуда; 2 – неотектонический разлом (по ГИН РАН, под ред. Ю.Г. Леонова, 2000)

Закономерности фоновой сейсмичности Западного Саяна были выявлены в рамках исследования взаимосвязей рельефа местности с сейсмичностью в Алтае-Саянском регионе [15, 16]. Было установлено, что фоновая сейсмичность, на первый взгляд хаотичная, с течением времени упорядочивается в соответствии с блочной структурой региона, концентрируясь преимуще-

ственно в горном обрамлении впадин. В рассматриваемой части региона активный сейсмический процесс фиксируется на западе Тувинской котловины: повышенная плотность землетрясений в Шапшальском хребте и Алашском плато сохраняется из года в год. Для пятилетнего цикла устойчивыми и повторяющимися в сейсмичности являются дугообразная структура с севера Тувинской котловины, а также структуры, пересекающие Тувинскую котловину и соответствующие границам составляющих ее впадин: Хемчикской, Кызыльской и Улугхемской [15, 16] (рис. 5).

За доступный период сейсмологических наблюдений (1902–2010 гг.) в пределах горной системы Западного Саяна произошли четыре сильных землетрясения с $M \geq 4.5$ (рис. 5): 15 марта 1905 г. с $M=6.1$; 16 июля 1905 г. с $M=6.0$; 11 июля 1928 г. с $M=5.3$; 24 августа 1971 г. с $M=4.9$. Эпицентры трех из них (16 июля 1905 г., 11 июля 1928 г., 24 августа 1971 г.), а также очаг Саянского землетрясения 2011 г., приурочены к центральной части Саянского хребта и в совокупности образуют линии вдоль направления простирания разломов (рис. 5).

Обращает на себя внимание, что для Западного Саяна наибольшее число умеренных и слабых землетрясений сосредоточено вдоль границы с Тувинской котловиной (Южный орографический пояс), в то время как в Саянском хребте (Центральном поясе) проявляются редкие сильные землетрясения, в том числе и Саянское 2011 г., и малое количество слабых толчков (рис. 5, 6). При этом глубинные разломы, выделяющие Саянский хребет как центральную приподнятую часть и по которым фиксируются максимальные изменения скорости вертикальных движений, в сейсмическом процессе не выражены.

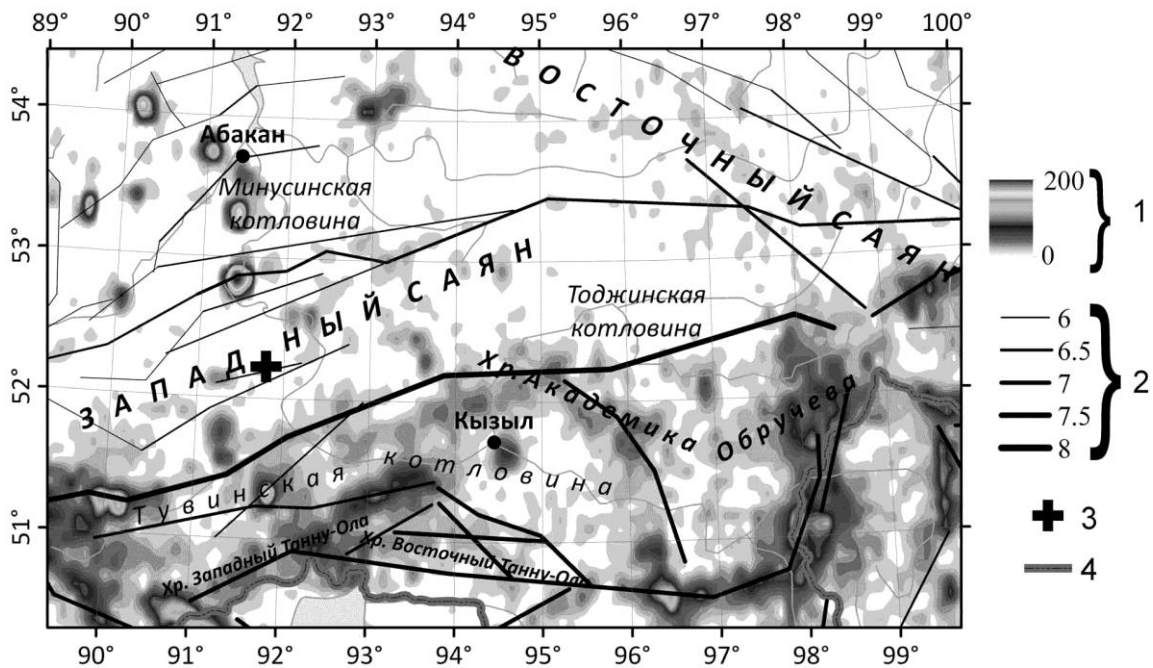


Рис. 6. Плотность эпицентров землетрясений (1761–2010 гг.) и линеаменты по [17]

1 – плотность эпицентров землетрясений; 2 – линеаменты (M_{\max}); 3 – эпицентр Саянского землетрясения; 4 – государственная граница.

Отмеченный факт нашел свое отражение и при построении карты линеаментов для оценки сейсмической опасности ОСР-97 [17] (рис. 6). Как видно, наиболее опасным линеаментом с возможной магнитудой 7.5 является Саяно-Тувинская зона глубинных разломов, в линеаментах отражается и Саяно-Минусинская зона с магнитудой 7.0 (рис. 4, 6). Фактически при расчете сейсмической опасности учитывается сейсмический потенциал северной и южной границ Западного Саяна. Сейсмический потенциал внутренних структур горной системы в карте линеаментов значимого отражения не имеет, хотя внутренним структурам принадлежат две крупные зоны глубинных разломов (Джебашско-Кандатская и Центрально-Западно-Саянская), отделяющие зону наиболее интенсивных поднятий в пределах Западного Саяна, а также разломы второго и третьего порядка, разделяющие вытянутую структуру на блоки.

Подобным образом в работе [11], посвященной выявлению связи активных разломов с современной и палеосейсмичностью, в поле зрения автора попали разломы, вытянутые вдоль Западного Саяна, и совершенно не уделено внимание поперечным разломам, разделяющим его на блоки. В то же время в центральной части Западного Саяна выделена сейсмогенная область, подтвержденная палеосейсмодислокациями (рис. 4).

Сеть временных станций и афтершоки. Для регистрации афтершоков Саянского землетрясения Алтае-Саянским филиалом ФИЦ ЕГС РАН были организованы работы с временными сейсмологическими станциями в Западном Саяне. Локальная сеть из восьми станций [18] была выставлена спустя неделю после главного толчка и проработала около двух месяцев (17 февраля – 13 апреля). Станции были размещены на местности по кругу радиусом примерно в 70 км от эпицентра (рис. 7): такое расположение станций в удаленности от эпицентра определено трудностью района, особенно в зимний период, когда и были организованы работы.

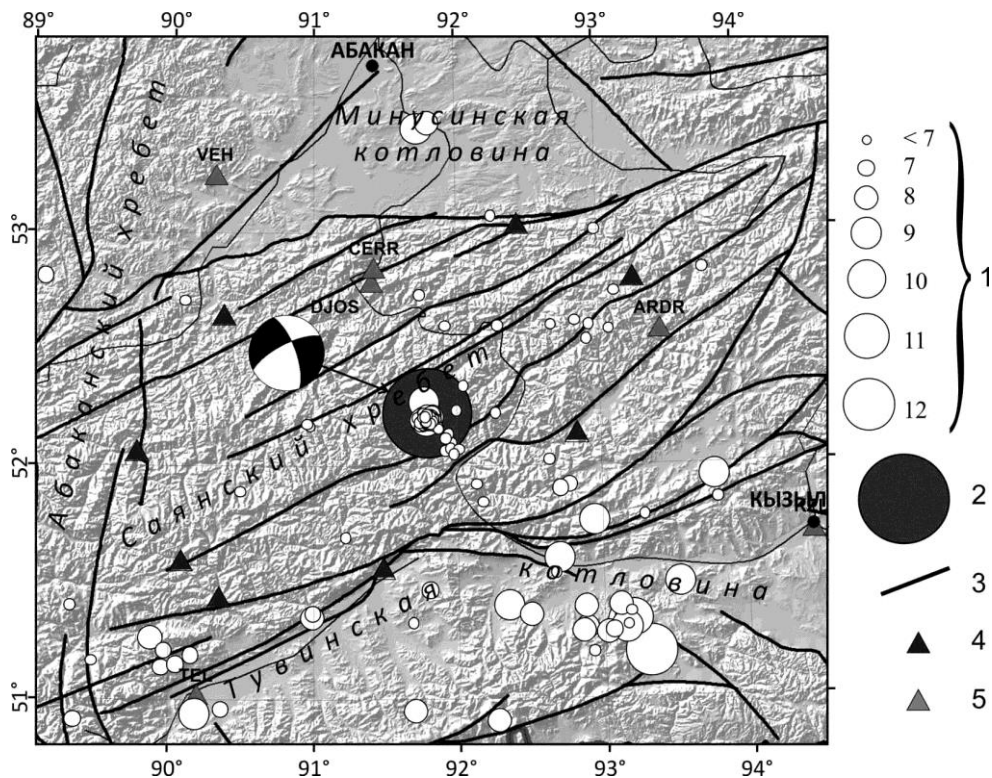


Рис. 7. Эпицентры землетрясений в районе Западного Саяна в 2011 г.

1 – энергетический класс K_p ; 2 – эпицентр Саянского землетрясения; 3 – неотектонический разлом (по ГИН РАН, под ред. Ю.Г. Леонова, 2000); 4 – сейсмостанция временной сети; 5 – сейсмостанция стационарной сети.

За время работы локальной сети (17 февраля – 13 апреля) было зарегистрировано 15 афтершоков, всего зафиксировано 60 последующих толчков [1]. Наиболее сильный афтершок произошел 11 февраля в 16^h41^m по Гринвичу с $K_p=9.1$. Энергетический класс других афтершоков не превысил $K_p=8$. Большинство последующих толчков зарегистрировано в пространственно ограниченной области непосредственно вблизи эпицентра главного толчка в первые четыре дня (рис. 7). Таким образом, Саянское землетрясение вызвало слабый и непродолжительный афтершоковый процесс.

Эпицентры афтершоков и последующих землетрясений 2011 г. в Саянском хребте (рис. 7) образуют вытянутую область поперек структур Западного Саяна (рис. 7). Данный факт может свидетельствовать об активизации поперечного относительно горного массива разлома.

Обсуждение результатов. Саянское землетрясение 10 февраля 2011 г. с $K_p=13.9$, $ML=6.4$, одно из крупнейших в Западном Саяне, произошло в центральной части Саянского хребта в наиболее приподнятом Центральном орографическом поясе. Оно не приурочено к глубинным разломам Западного Саяна и не относится к выделенным на данной территории линеаментам в моделях сейсмичности для общего сейсмического районирования.

Для Западного Саяна не установлено однозначной причинно-следственной связи между его строением и сейсмичностью [10]. Тот факт, что вертикальные движения здесь по данным геоморфологии [8, 9] на порядок меньше, чем на Алтае и в Байкальской рифтовой зоне, должен приводить к тому, что сейсмичность этого региона должна быть значительно меньше соседних областей. На самом деле как сейсмичность [19], так и палеосейсмогеологические исследования [11, 20] подтверждают, что в горных системах Западной Тувы происходили землетрясения с магнитудой 7 и более.

За всю историю сейсмологических наблюдений крупнейшие землетрясения в Западном Саяне приурочены к центральной его части и никогда не происходили в Северном и Южном орографических поясах. В то же время фоновая сейсмичность в подавляющем количестве событий приурочена к Южному поясу вблизи с границей Тувинской котловины и Саяно-Тувинского глубинного разлома, выделенного как линеамент с магнитудой 7.5 на карте ОСР-97 [17].

Область эпицентров землетрясений 2011 г., в том числе и афтершоков Саянского, ориентирована поперек простирания структур Западного Саяна. Вероятно, активизирован поперечный разлом невысокого ранга. При изучении сейсмического потенциала территории и активных разломов Западного Саяна [11, 12, 17] в расчет берутся разломные структуры, вытянутые вдоль него. Поперечные разломы известны, но по причине их существенно меньшей длины, чем у продольных, их сейсмическая опасность не рассматривается. Нужно отметить, что крупные землетрясения в Западной Туве происходили, не имея однозначной привязки к зонам крупнейших глубинных разломов [19]. Поперечные разломы разделяют линейно вытянувшийся Западный Саян на блоки [21]. Блочное строение может играть решающую роль в формировании его сейсмичности.

Выводы. На основе изучения Саянского землетрясения и его афтершоков, сейсмичности Западного Саяна за всю историю наблюдений, включая фоновую сейсмичность и крупнейшие землетрясения этой горной системы, а также с привлечением информации о палеодислокациях в данном районе сформировались представления об особенностях сейсмического режима Западного Саяна в левобережье от р. Енисей:

– Западный Саян подвержен неравномерному по длине горизонтальному воздействию со стороны Тувинской котловины, что вызывает интенсивный процесс фоновой сейсмичности в южных приграничных районах;

– блоковое строение Западного Саяна и неравномерность воздействия с юга приводят к формированию напряженного состояния в центральной части Западного Саяна;

– сдвиговая деформация в очаге Саянского землетрясения и распространение афтершокового процесса вкрест хребта связаны с разрядкой напряжений, вызванных горизонтальным смещением блоков поперек Западного Саяна. Неравномерное в пространстве выдвигание блоков к северу вызывало и более крупные землетрясения в Туве [22]. Механизм такого формирования крупнейших землетрясений в Туве не единичен.

Л и т е р а т у р а

1. **Филина А.Г., Лескова Е.В. (отв. сост.), Артёмова А.И., Ворона У.Ю., Денисенко Г.А., Еманов А.А., Манушина О.А., Подкорытова В.Г., Подлипская Л.А., Шаталова А.О., Шевелёва С.С., Шевкунова Е.В. (сост.).** Каталог землетрясений Алтая и Саян в 2011 г. // Землетрясения Северной Евразии, 2011 год. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – Приложение на CD_ROM.
2. **International Seismological Centre (ISC),** On-line Bulletin, Internatl. Seis. Cent., Thatcham, United Kingdom, 2014. – URL: <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/bulletin/>.
3. **Филина А.Г., Рубцова А.В. (отв. сост.), Подкорытова В.Г., Шевкунова Е.В., Денисенко Г.А., Левина В.И. (сост.).** Макросейсмический эффект ощутимых землетрясений Алтае-Саянского региона в 2011г. // Землетрясения Северной Евразии, 2011 год. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – Приложение на CD_ROM.
4. **Филина А.Г., Пойгина С.Г. (сост.).** Сведения о пунктах, для которых имеется информация о макросейсмических проявлениях ощутимых землетрясений Алтае-Саянского региона за 2011 г. // Землетрясения Северной Евразии, 2011 год. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – Приложение на CD_ROM.

5. **Лескова Е.В. (отв. сост.)**. Каталог механизмов очагов землетрясений Алтае-Саянского региона за 2011 г. // Землетрясения Северной Евразии, 2011 год. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – Приложение на CD_ROM.
6. **Global CMT Catalog Search** – URL: <http://www.globalcmt.org/CMTsearch.html>.
7. **USGS National Earthquake Information Centre**. – URL: <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eqarchives/epic/>.
8. **Зятькова Л.К.** Новейшая тектоника Западного Саяна. – Новосибирск: Наука, 1973. – 175 с.
9. **Зятькова Л.К.** Структурная геоморфология Алтае-Саянской горной области. – Новосибирск: Наука, 1977. – 215 с.
10. **Масарский С.И., Рейснер Г.И.** Новейшие тектонические движения и сейсмичность Западного Саяна и Западной Тувы. – М.: Наука, 1971. – 155 с.
11. **Чернов Г.А.** К изучению сейсмогеологии и неотектоники Алтае-Саянской горной области // Сейсмогеология восточной части Алтае-Саянской горной области. – Новосибирск: Наука, 1978. – С. 6–27.
12. **Жалковский Н.Д., Чернов Г.А., Мучная В.И.** Сейсмическое районирование территории Алтае-Саянской горной области // Сейсмогеология восточной части Алтае-Саянской горной области. – Новосибирск: Наука, 1978. – С. 79–90.
13. **Лапин П.С.** Современный морфогенез Западного Саяна и сейсмичность // Геоморфология, 2009. – № 9. – С. 76–84.
14. **Новый каталог** сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. / Под ред. Н.В. Кондорской, Н.В. Шебалина. – М.: Наука, 1977. – 536 с.
15. **Еманов А.Ф., Еманов А.А., Филина А.Г., Кунгурцев Л.В., Лескова Е.В., Шейкина Ж.В., Ярыгина М.А.** Пространственно-временной анализ сейсмичности Алтае-Саянской складчатой зоны // Проблемы сейсмологии III-го тысячелетия: Материалы международной геофизической конференции, г. Новосибирск, 15–19 сент. 2003 г. – Новосибирск: СО РАН, 2003. – С. 73–86.
16. **Еманов А.Ф., Еманов А.А., Филина А.Г., Лескова Е.В., Колесников Ю.И., Рудаков А.Д.** Общее и индивидуальное в развитии афтершоковых процессов крупнейших землетрясений Алтае-Саянской горной области // Физическая мезомеханика, 2006. – Т. 9, № 1. – С. 33–43.
17. **Уломов В.И., Шумилина Л.С.** Комплект карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации – ОСР-97. Масштаб 1:8000000. Объяснительная записка. – М.: ОИФЗ РАН, 1999. – 57 с.
18. **Еманов А.Ф., Еманов А.А., Фатеев А.В., Лескова Е.В., Федин К.В. (сост.)**. Локальная сеть сейсмических станций АСФ ФИЦ ЕГС РАН в эпицентральной области Саянского землетрясения (10 февраля 2011 г., $M_L=6.4$) в 2011 г. // Землетрясения Северной Евразии, 2011 год. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – Приложение на CD_ROM.
19. **Еманов А.Ф., Еманов А.А., Лескова Е.В., Колесников Ю.И., Янкайтис В.В., Филина А.Г.** Урэг-Нурское землетрясение 15.05.1970 г., $M_S=7.0$ (Монгольский Алтай), афтершоковый процесс и особенности современной сейсмичности эпицентральной области // Геология и геофизика, 2012. – Т. 53, № 10. – С. 1417–1432.
20. **Овсюченко А.Н., Буганаев Ю.В.** Сеймотектоника Юго-Западной Тувы // Состояние и освоение природных ресурсов Тувы и сопредельных регионов Центральной Азии. Эколого-экономические проблемы недропользования. – Кызыл, 2016. – С. 7–15.
21. **Зеленков П.Я.** Сейсмогенные деформации земной поверхности Западного Саяна // Сейсмогеология восточной части Алтае-Саянской горной области. – Новосибирск: Наука, 1978. – С. 28–42.
22. **Еманов А.Ф., Еманов А.А., Лескова Е.В., Селезнёв В.С., Фатеев А.В.** Тувинские землетрясения 27.12.2011 г., $M=6.7$ и 26.02.2012 г., $M=6.8$ и их афтершоки // Доклады академии наук, 2014. – Т. 456, № 2. – С. 223–226.