

**КИТОЙСКОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ 11 ноября 2007 г.**

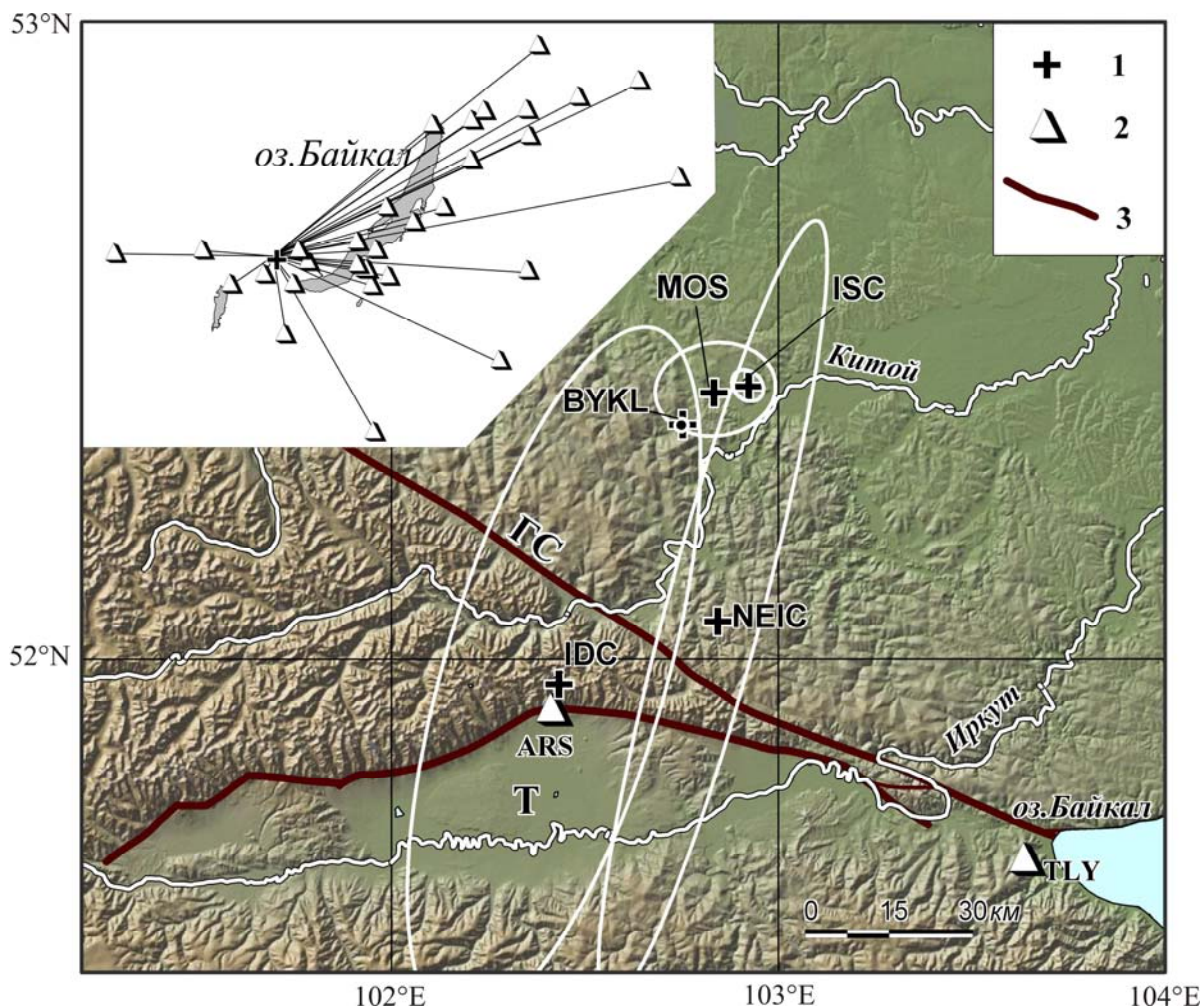
*с  $K_p=11.6$ ,  $M_w=4.1$ ,  $I_0=5-6$  (Прибайкалье)*

**Я.Б. Радзиминович<sup>1,2</sup>, В.И. Мельникова<sup>1,2</sup>, А.И. Середкина<sup>2</sup>, Н.А. Гилёва<sup>1</sup>, Н.А. Радзиминович<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Байкальский филиал ГС СО РАН, г. Иркутск, *ian@crust.irk.ru*

<sup>2</sup>Институт земной коры СО РАН, г. Иркутск, *vimel@crust.irk.ru*

11 ноября 2007 г. в районе среднего течения р. Китой в пределах активизированной окраины Сибирской платформы произошло землетрясение с  $K_p=11.6$ ,  $MPSP=4.9$  (рис. 1). По местоположению эпицентра это событие названо Китойским. На территории платформы, расположенной к северу от зоны активного Главного Саянского разлома, подобные сейсмические события происходят крайне редко. В связи с этим, несмотря на умеренный энергетический уровень, Китойское землетрясение заслуживает определенного внимания.



**Рис. 1.** Решения эпицентра Китойского землетрясения 11 ноября 2007 г. с  $K_p=11.6$  и эллипсы ошибок его определения по данным различных сейсмологических агентств (обозначения агентств соответствуют таковым в табл. 1)

1 – инструментальный эпицентр; 2 – сейсмическая станция; 3 – основные разломы: ГС – Главный Саянский; Т – Тункинский; на врезке показано расположение сейсмических станций, данные которых использовались при локализации Китойского землетрясения в БФ ГС СО РАН (BYKL).

Сейсмичность древних, стабильных в тектоническом отношении платформ вызывает все более пристальный интерес. Сейсмические события здесь могут достигать значительной магнитуды и высокой эпицентральной интенсивности сотрясений. Инструментально зарегистрированные в пределах платформ землетрясения нередко служат поводом для целенаправленных сейсмологических исследований, в частности для поиска и детального анализа исторических данных о сейсмических проявлениях прошлого, а в некоторых случаях – для палеосейсмологических изысканий.

Сказанное в полной мере относится к Сибирской платформе, в краевых частях которой отмечена сейсмическая активность. Необходимо отметить, что еще в 1970-х гг. при подготовке к изданию фундаментального «Нового каталога...» к территории платформы было отнесено несколько эпицентров исторических землетрясений со значениями магнитуды до  $M=6.5$ , например, в мае 1827 г. ( $M=6.5$ ); 11 апреля 1840 г. ( $M=5.0$ ); 12 сентября 1856 г. ( $M=5.0$ ) [1]. За период инструментальных наблюдений (1960–1996 гг.) здесь было локализовано немногим более двух десятков событий, энергетический уровень которых, за единичными исключениями, не превышал  $K_p=11$  ( $M\sim 3.9$ ). Их эпицентры рассеяны по большой площади, хотя заметно определенное тяготение к окраине платформы [2].

В середине 1990-х гг. интерес к сейсмической активности платформы получил новый импульс. 26 февраля 1996 г. было зарегистрировано землетрясение ( $K_p=11.6$ ,  $MPSP=4.2$ ) с эпицентром в районе Братского водохранилища – на значительном удалении от окраины Сибирской платформы [3]. Землетрясение 26 февраля 1996 г. стало своего рода провоцирующим фактором, способствовавшим пересмотру имеющихся мнений относительно сейсмичности Сибирской платформы. После события 1996 г. был выполнен ряд исследований, включавших анализ инструментальных сейсмологических данных [2], обобщение имеющихся и поиск новых исторических сведений [4–6], а также изучение пространственно-временного распределения и генезиса сейсмичности Сибирской платформы [7]. Кроме того, были предприняты шаги в изучении активной тектоники южной окраины платформы [8–10].

**Основные параметры Китайского землетрясения.** Локализация эпицентра, выполненная в процессе сводной обработки данных в Байкальском филиале ГС СО РАН, основана на записях 31 станции Прибайкалья, Алтае-Саянского региона и Монголии (рис. 1). Диапазон эпицентральных расстояний составил от 56 км («Аршан») до 1156 км («Тупик»), при этом пять сейсмических станций расположены на эпицентральной расстоянии до 150 км.

Определения основных параметров Китайского землетрясения были также получены международными сейсмологическими центрами (табл. 1). Решения агентств MOS и ISC в целом неплохо согласуются с данными БФ ГС СО РАН (ВУКЛ) (рис. 1). Согласно определению MOS, эпицентр землетрясения смещен на 8 км к северо-востоку относительно решения ВУКЛ; по данным ISC смещение составляет 13 км (также к северо-востоку). Хорошее соответствие решений ВУКЛ, MOS и ISC, а также сравнительно невысокие погрешности определений координат можно объяснить тем, что в сводную обработку данных агентствами MOS и ISC были включены данные сети станций ВУКЛ. Напротив, решения NEIC и IDC характеризуются очень большими погрешностями: очевидно, что регистрирующие возможности этих агентств недостаточны для надежной локализации слабых землетрясений на территории Восточной Сибири.

**Таблица 1.** Основные параметры Китайского землетрясения 11 ноября 2007 г. по определениям различных сейсмологических агентств

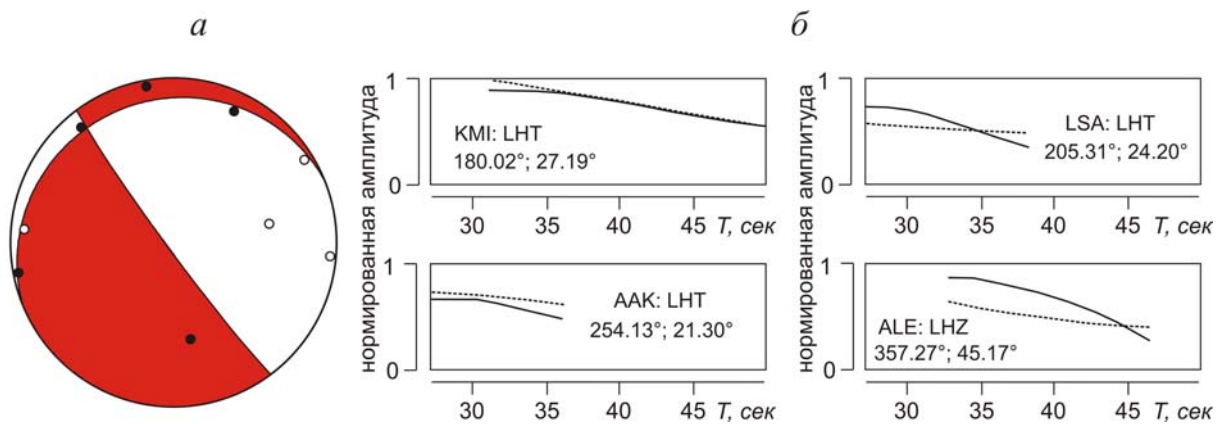
№	Агентство	$t_0$ , ч мин с	$\delta t_0$ , с	Гипоцентр						Магнитуда	Источник
				$\varphi^\circ$ , N	$\delta\varphi^\circ$	$\lambda^\circ$ , E	$\delta\lambda^\circ$	$h$ , км	$\delta h$ , км		
1	ВУКЛ	22 04 32.1	0.3	52.38	0.01	102.74	0.02	20	5	$K_p=11.6/28$ ; $M_w=4.1$	[11]
2	MOS	22 04 31.3	0.97	52.43	0.07	102.82	0.15	13		$MPSP=4.9/4$	[12]
3	IDC	22 04 35.11	4.72	51.97	0.54	102.42	0.24			$ML=3.5/2$ ; $mb1=3.8/2$	[13]
4	NEIC	22 04 36.72	3.35	52.07	0.62	102.83	0.11			$mb=3.5/5$	[13]
5	ISC	22 04 32.19	0.29	52.44	0.03	102.91	0.03	10		$mb=3.9/5$	[13]

Примечание. Сведения об агентствах см. в разделе «ОБОЗНАЧЕНИЯ» наст. сб.

**Сейсмический момент и механизм очага землетрясения.** Для определения фокального механизма землетрясения использовались записи поверхностных волн на широкополосных каналах цифровых сейсмических станций сетей IRIS (AAK, KMI, LSA, ALE; коды станций соответствуют международному стандарту). С помощью спектрально-временного анализа [14] для каждой станции в диапазоне периодов колебаний 27–50 с рассчитывался спектр основной моды волн Рэля и Лява.

Тензор сейсмического момента (в приближении двойной пары сил) был получен с помощью инверсии амплитудных спектров поверхностных волн по программе, разработанной в МИТП РАН [15]. С целью однозначной оценки механизма очага сейсмического источника в расчетах дополнительно учитывались знаки первых вступлений объемных сейсмических волн, записанных на региональных расстояниях [16]. Строение земной коры в окрестности очага землетрясения и под сейсмическими станциями задавалось моделями CRUST 2.0 [17] и 3SMAC [18] соответственно, а строение верхней мантии – сферически-симметричной моделью PREM [19]. Затухание поверхностных волн рассчитывалось с использованием значений добротности из модели PREM.

В результате для Китайского землетрясения определены следующие очаговые параметры: скалярный сейсмический момент  $M_0=0.18 \cdot 10^{16}$  Н·м; моментная магнитуда  $M_w=4.1$ . Параметры предпочтительной нодальной плоскости: азимут простирания  $STK=248^\circ$ , угол падения  $DP=14^\circ$  и угол подвижки  $SLIP = -165^\circ$ , функция нормированной невязки по методу [16]  $\varepsilon=0.189$  (рис. 2).



**Рис. 2.** Стереограмма механизма очага Китайского землетрясения (а) и нормированные амплитудные спектры поверхностных волн, использованные для анализа (б)

Темными точками на фрагменте «а» обозначены образы волн сжатия, светлыми – разрежения; сплошные кривые на фрагменте «б» соответствуют наблюдаемому спектру поверхностной волны, пунктирные – синтетическому. Для каждой станции указан азимут относительно эпицентра и эпицентральное расстояние.

Китайское землетрясение не сопровождалось ни форшоками, ни афтершоками; во всяком случае в течение 2007 г. в эпицентральной области кроме, основного толчка, не было зарегистрировано ни одного сейсмического события (рис. 3).

**Структурная позиция очага.** Тектоническое строение активизированной окраины Сибирской платформы, в пределах которой локализуется эпицентр Китайского землетрясения, отличается сложностью. Здесь преобладают разрывы северо-западного простирания, параллельные зоне Главного Саянского разлома, осложненные локальными нарушениями с преимущественно меридиональной и субмеридиональной ориентировкой (рис. 3).

Очаг землетрясения, очевидно, связан с локальной структурой северо-западного простирания. Согласно карте разломов [20], в районе эпицентра Китайского землетрясения существует локальный разлом именно с такой ориентацией. Этот разлом рассматривается авторами карты [20] как предполагаемый, и хорошее соответствие его простирания и одной из нодальных плоскостей в очаге может служить подтверждением его существования.



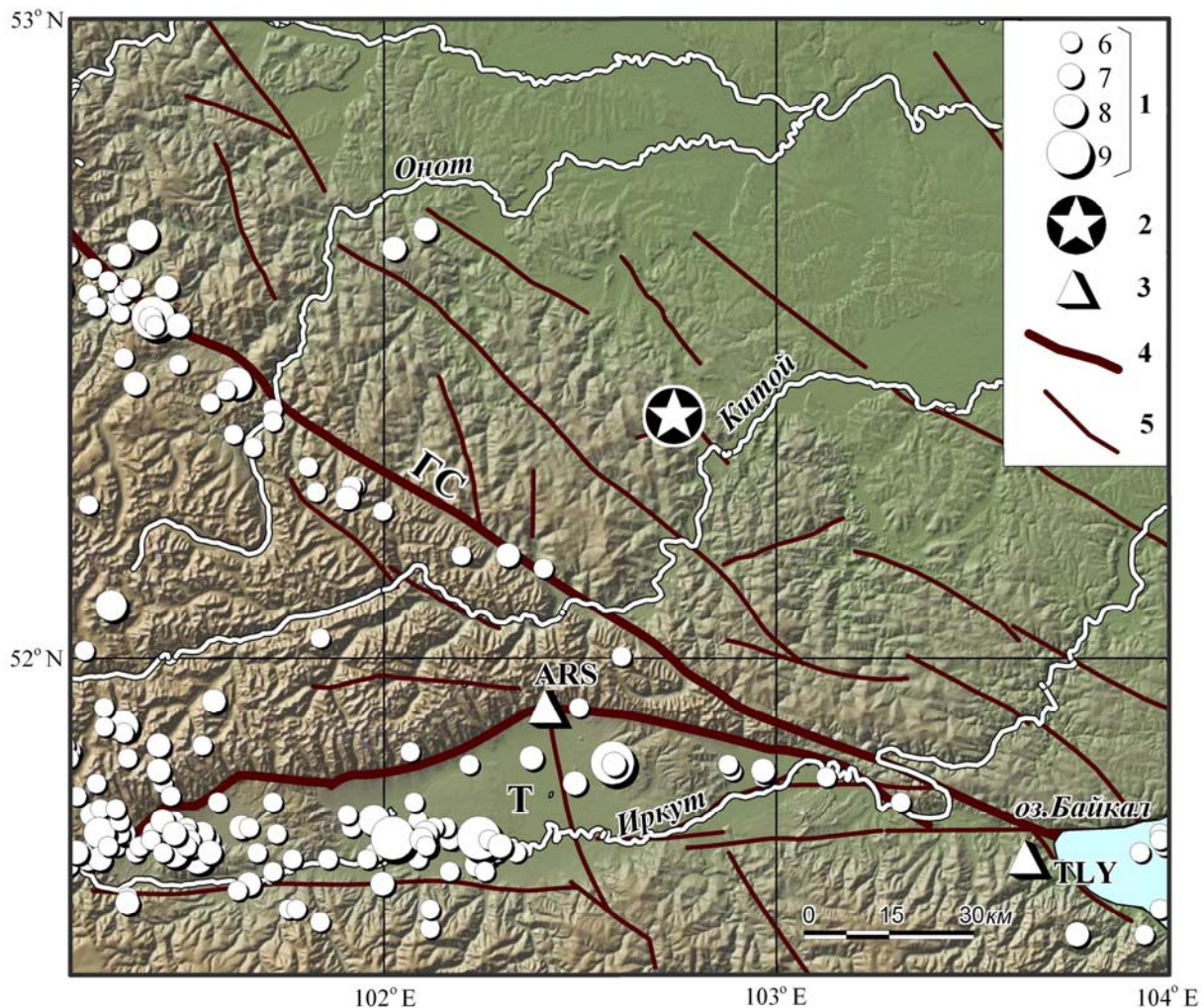


Рис. 3. Карта эпицентров землетрясений в районе исследований в течение 2007 г.

1 – энергетический класс  $K_p$ ; 2 – инструментальный эпицентр Китайского землетрясения; 3 – сейсмическая станция; 4 – основной разлом (ГС – Главный Саянский; Т – Тункинский); 5 – региональный разлом.

В течение инструментального периода сейсмологических наблюдений (1960–2007 гг.) в ближайших окрестностях эпицентральной зоны Китайского землетрясения значимые сейсмические события практически не регистрировались (рис. 4). Исключение составляет только землетрясение 23 июля 1980 г. ( $K_p=12$ ,  $m_b=4.7$ ) [21]. В решении механизма очага этого события при доминирующих сбросовых подвижках отмечается также сдвиговая составляющая (рис. 4). Максимальная наблюдаемая интенсивность при землетрясении 23 июля 1980 г. составила 3 балла при эпицентральной расстоянии  $\Delta \sim 85$  км. Эпицентры сильных землетрясений этого района – Еловского 29 июня 1995 г. ( $M_S=5.9$ ,  $K_p=14.5$ ) [22], Хойтогольского 17 сентября 2003 г. ( $MPSP=4.8$ ,  $K_p=13.8$ ) [23], Онотского 23 февраля 2005 г. ( $MPSP=4.0$ ,  $K_p=13.6$ ) [24] – располагались уже вне Сибирской платформы в пределах активной Тункинской системы впадин и ее горного обрамления.

**Макросейсмические данные.** Эпицентр Китайского землетрясения располагался в малонаселенной местности в предгорьях Восточного Саяна; непосредственно в районе эпицентра населенных пунктов нет. Из ближайших поселений ( $\Delta > 30$  км) макросейсмическая информация была получена посредством телефонных опросов сельских и городских администраций, а также с помощью рассылки опросных листов. Сотрясения интенсивностью  $I=4$  балла ощущались на эпицентральных расстояниях 30–40 км, более слабые колебания были замечены в пунктах на расстояниях до 150 км. Ниже приведены описания макросейсмических проявлений землетрясения в населенных пунктах региона.



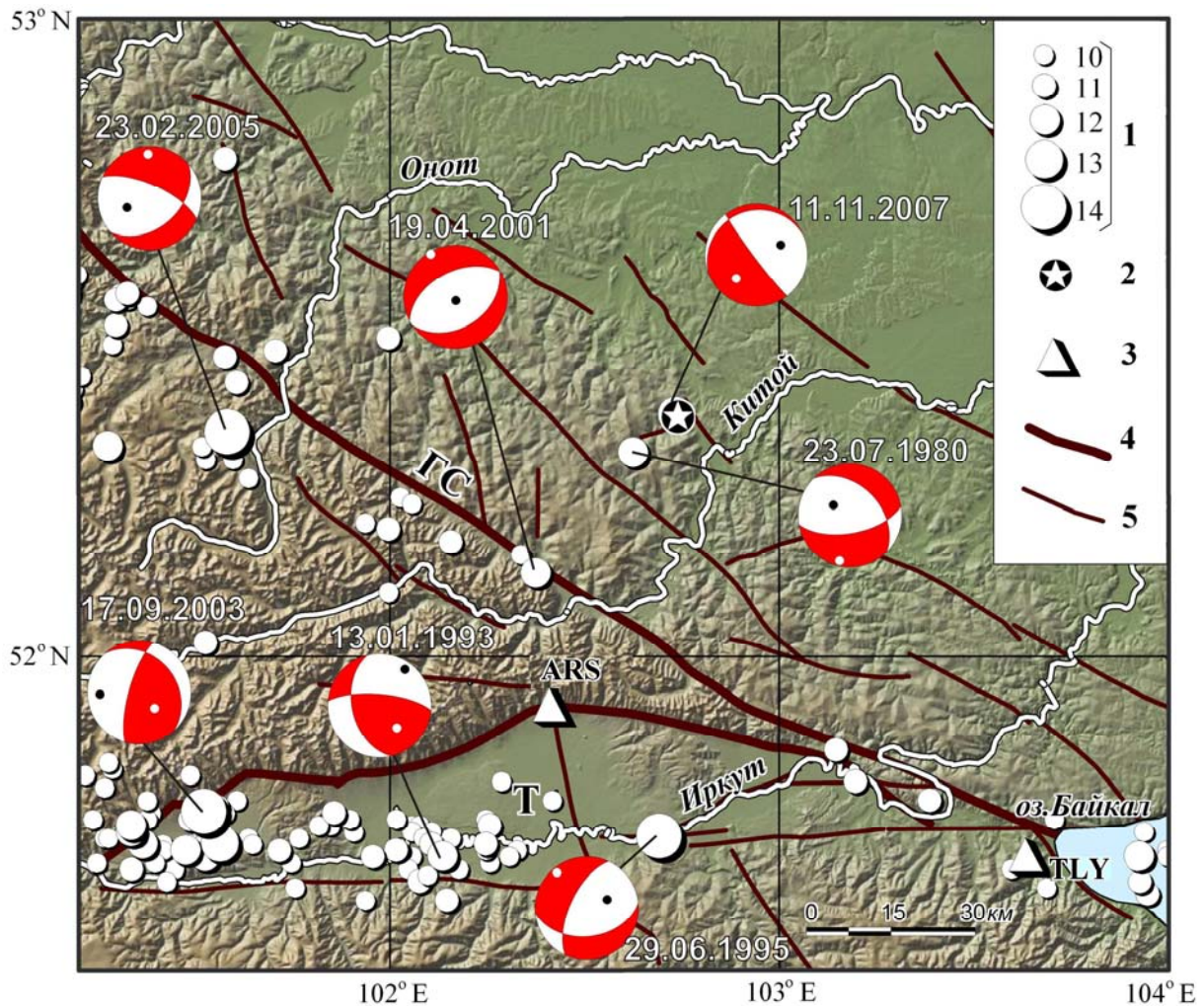


Рис. 4. Карта эпицентров землетрясений, зарегистрированных в районе исследований в период 1960–2007 гг.

Условные обозначения соответствуют таковым на рис. 3. Стереогаммы механизмов очагов показаны в проекции нижней полусферы.

**Раздолье.** Поселок застроен одноэтажными деревянными домами. Спящие люди просыпались, отмечены случаи испуга. Наблюдалась общая тряска домов; внутри помещений отмечено колебание мебели. Сотрясения сравниваются с прохождением тяжелой техники. При землетрясении слышался «нарастающий» подземный гул. Ощущалось два толчка. Землетрясение продолжалось не более минуты.

**Тальяны.** Землетрясение ощущалось людьми, находившимися как в помещениях, так и на открытом воздухе. Спавшие просыпались, люди в испуге покидали дома. Скрипели полы и потолки, дребезжала посуда и стекла окон, колебались всякие предметы. При землетрясении слышался сильный гул.

**Оно́т.** Землетрясение ощущалось людьми, находившимися в состоянии покоя в помещениях. Спящие просыпались. Скрипели полы и потолки, мебель. Был слышен «нарастающий» гул.

**Тунгуска.** Землетрясение ощущалось людьми, находившимися в состоянии покоя. Спящие просыпались. Отмечено колебание всяких предметов. Был слышен подземный гул.

**Черемхово.** Землетрясение замечено во всех районах города большинством населения (около 80 % опрошенных). Большинство очевидцев в момент землетрясения находились в квартирах на различных этажах многоквартирных домов, остальные – в одноэтажных деревянных домах. Отдельные люди просыпались, некоторые испытывали испуг. Во время землетрясения дребезжала посуда, колебались и позвякивали подвесные светильники, слегка вздрагивала мебель и стены квартир. Большинство чувствовали два коротких колебания по направлению с

юга. Перед землетрясением и во время сотрясений отмечено беспокойство домашних животных. Отдельные опрошенные слышали негромкий гул.

Мишелевка. Слабое землетрясение было замечено многими жителями поселка; на следующий день событие обсуждалось на рабочих местах. В квартире на пятом этаже кирпичного здания отмечено дребезжание стекол в окнах и шкафах.

Усолье-Сибирское. Землетрясение было замечено немногими. В северо-западной части города, на окраине, спящие просыпались от толчка; в помещениях дребезжала посуда. На северо-востоке города землетрясение замечено не было, однако наблюдалось беспокойство птиц.

Ангарск. Из 45 опрошенных землетрясение ощущали 12 человек, находившихся в помещениях в зданиях различного типа на разных этажах (в основном на третьих–пятых). Спящие просыпались, отмечены случаи испуга. Скрипели полы и потолки, покачивались кровати, легко колебались висячие предметы, дребезжала посуда, в отдельных случаях дрожала мебель. Отмечено беспокойство домашних животных (кошки, попугаи).

Шелехов. Землетрясение ощущалось людьми, находившимися в помещениях на различных этажах. Отмечены заметные колебания мебели (стол, кресло); ощущалось покачивание кроватей.

Иркутск. Землетрясение ощущалось многими людьми в зданиях различных типов на разных этажах, от первых до девярых–десятых. Спящие просыпались. Наиболее часто упоминались следующие эффекты землетрясения: резкий толчок и покачивание, дребезжание посуды и мебельных стекол, колебание висячих предметов. На верхних этажах отмечены колебания и скрип мебели (шкафы, стенки, кровати).

Большая Елань. Ощущалось слабое землетрясение, замеченное не всеми жителями села. Из шести опрошенных землетрясение ощущали два человека. Было отмечено дребезжание стекол.

Аршан. Землетрясение ощущалось только в панельных домах на верхних третьих–четвертых этажах; отмечено легкое колебание дверей, кроватей. В деревянных одноэтажных домах поселка землетрясение замечено не было.

Тибельти. По свидетельству очевидцев, ощущалось легкое потряхивание в деревянном доме. Был слышен гул.

Листвянка. Слабое землетрясение было замечено немногими не спавшими людьми. В районе судостроительной верфи на третьем этаже кирпичного дома отмечено дребезжание стекол, слышался «стук». Землетрясение слабо ощущалось также в домах на берегу р. Ангары.

Из населенных пунктов Новожилино, Тунка, Кырен, Култук, Слюдянка, Монды на запрос об ощутимости землетрясения получены отрицательные ответы.

Оценки интенсивности сотрясений по шкале MSK-64 [25] приведены в табл. 2, карта макросейсмических проявлений Китайского землетрясения показана на рис. 5.

Таблица 2. Макросейсмические сведения о Китайском землетрясении 11 ноября 2007 г.

№	Пункт	Δ, км	Звук	№	Пункт	Δ, км	Звук
	<u>4 балла</u>				<u>2–3 балла</u>		
1	Раздолье	32	гул	11	Большая Елань	67	
2	Тальяны	41	гул		<u>2 балла</u>		
3	Онот	61	гул	12	Аршан	56	
	<u>3–4 балла</u>			13	Тибельти	76	гул
4	Тунгуска	29	гул	14	Листвянка	156	
5	Черемхово	89	негромкий гул		<u>Не ощущалось</u>		
	<u>3 балла</u>			15	Новожилино	58	
6	Мишелевка	60		16	Тунка	72	
7	Усолье-Сибирское	73		17	Кырен	88	
8	Ангарск	79		18	Култук	98	
9	Шелехов	94		19	Слюдянка	104	
10	Иркутск	109		20	Монды	143	



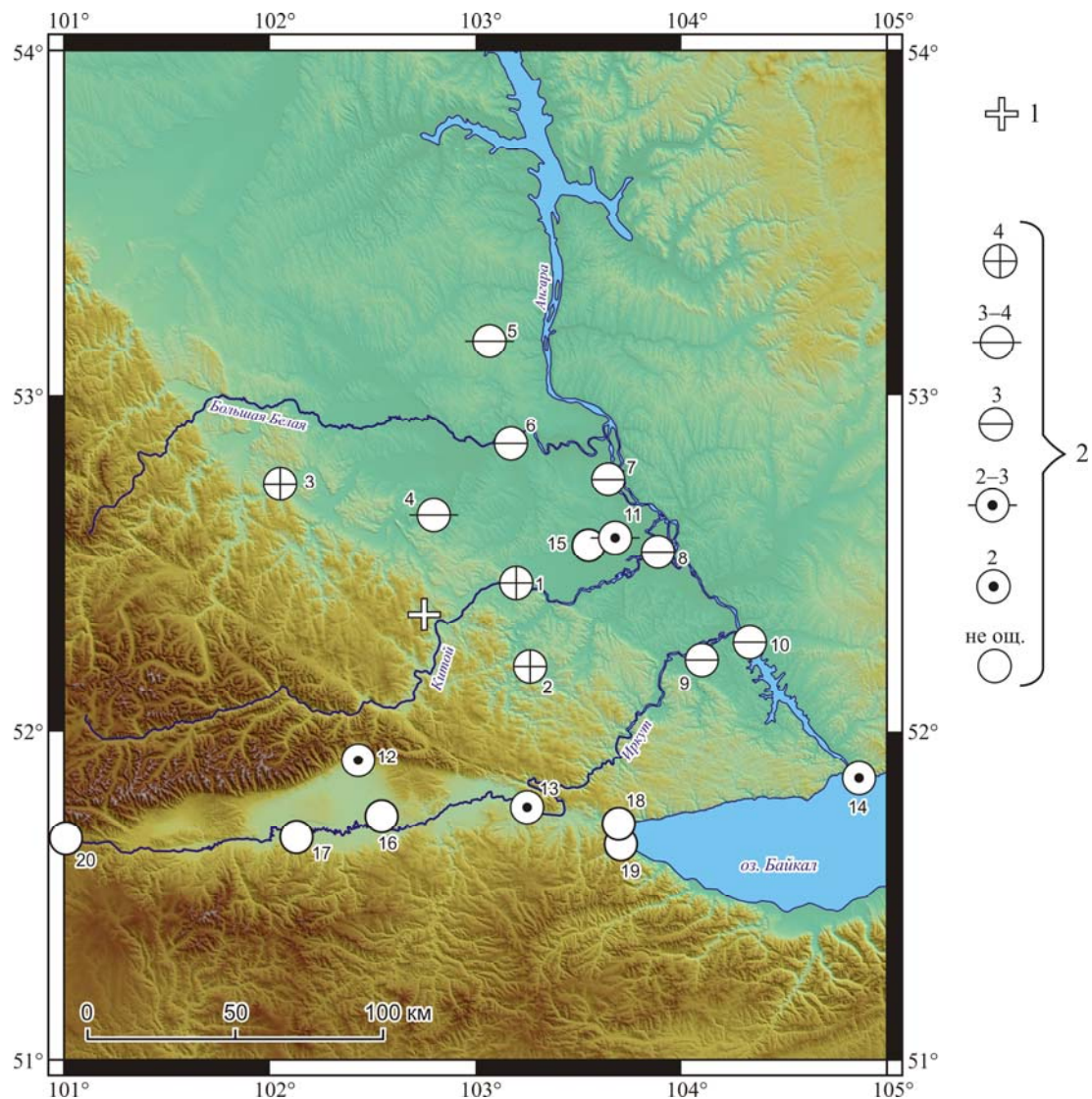


Рис. 5. Карта пунктов-баллов для Китайского землетрясения 11 ноября 2007 г. с  $K_p=11.6$ ,  $M_w=4.1$

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

**Сильные движения.** В случае Китайского землетрясения 11 ноября 2007 г. записи сильных движений, которые возможно сопоставить с наблюдавшимися макросейсмическими эффектами, удалось получить только для двух пунктов наблюдения – пос. Аршан и г. Иркутск (рис. 6). Максимальная амплитуда на записи ускорений, полученной сейсмической станцией «Аршан», составила  $A_{\max}=3.6 \text{ см/с}^2$  при частоте  $f=8.2 \text{ Гц}$ . Согласно шкале MMSK-92 [26], данное значение амплитуды соответствует интенсивности сотрясений 3 балла, что на один балл больше макросейсмической оценки наблюдавшихся эффектов в пос. Аршан. На станции «Иркутск» было зарегистрировано значение  $A_{\max}=2.2 \text{ см/с}^2$  на частоте  $f=7.5 \text{ Гц}$ , что соответствует  $I=3$  балла по шкале MMSK-92 [26] и хорошо согласуется с наблюдавшимися в г. Иркутске макросейсмическими эффектами.

На сейсмических станциях «Талая» и «Монды» были зарегистрированы максимальные амплитуды ускорений  $A_{\max}$ , равные соответственно  $1.9 \text{ см/с}^2$  ( $f=19 \text{ Гц}$ ) и  $0.14 \text{ см/с}^2$  ( $f=11.4 \text{ Гц}$ ). Значение  $A_{\max}=1.9 \text{ см/с}^2$  соответствует  $I=3$  балла, однако ни на станции «Талая», ни в расположенных недалеко пос. Култук и г. Слюдянка землетрясение замечено не было. Максимальная амплитуда ускорений на записях станции «Монды», согласно шкале MMSK-92 [26], лежит ниже порога осязательности ( $I < 2$  баллов), что соответствует наблюдавшемуся в действительности макросейсмическому полю.

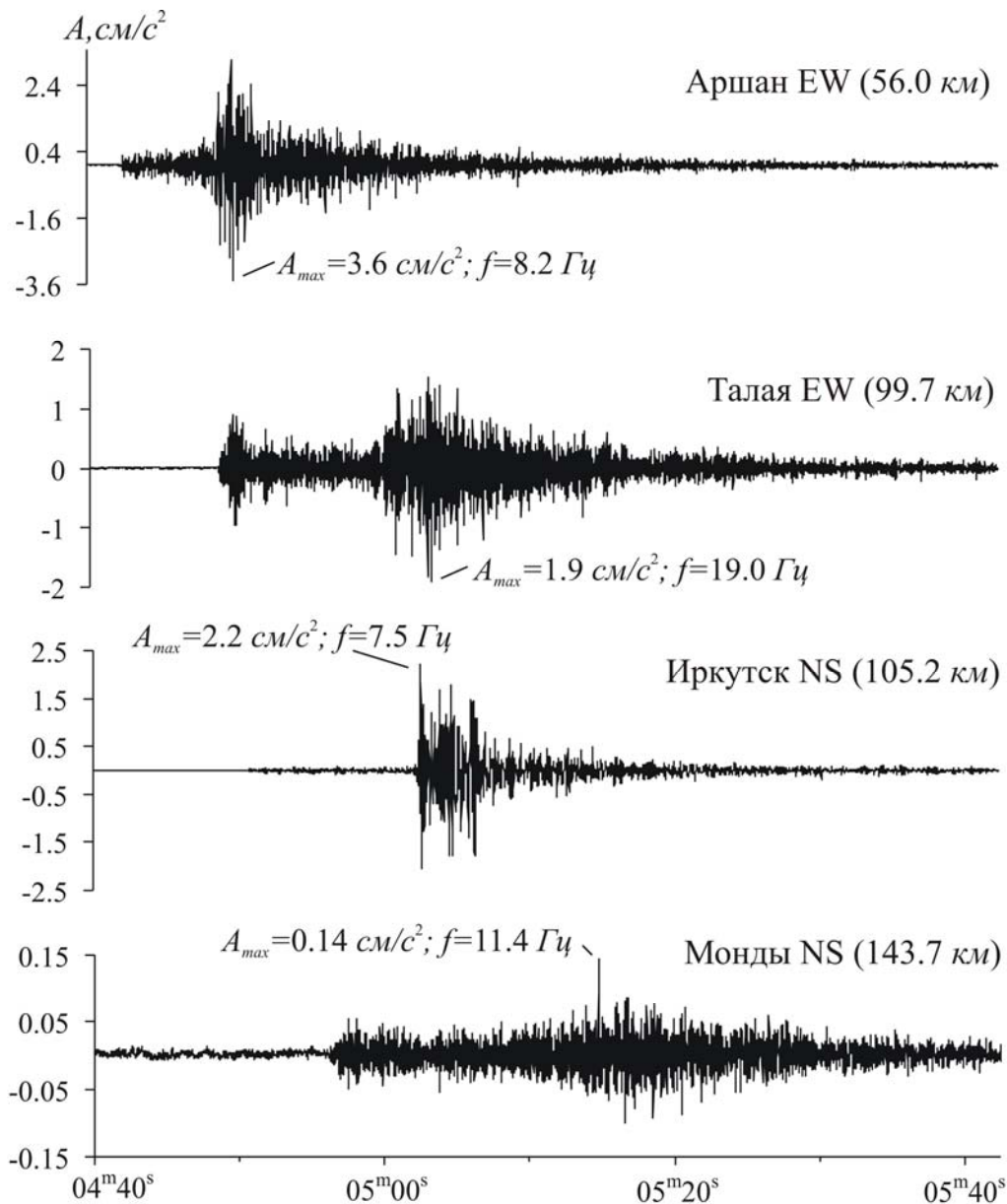


Рис. 6. Акселерограммы Китайского землетрясения 11 ноября 2007 г. с  $K_p=11.6$ , полученные на ближайших к эпицентру сейсмических станциях Байкальского филиала ГС СО РАН.

Несоответствие между наблюдаемой и рассчитанной по инструментальным данным интенсивностью в пределах 1–2 баллов при землетрясениях Прибайкалья нередко наблюдалось и ранее [23, 24, 27, 28]. Среди возможных причин расхождений в оценках интенсивности можно назвать различия инженерно-геологических условий в пределах населенного пункта (разная реакция грунта непосредственно под сейсмической станцией и на остальной территории пункта), а также несовершенство макросейсмической информации (отсутствие детальных данных, небольшое количество опросных листов, элементы субъективизма при заполнении анкет).

**Заключение.** Китайское землетрясение 11 ноября 2007 г. не достигло опасного значения магнитуды, тем не менее оно однозначно позволяет говорить о сейсмической активности окраины Сибирской платформы. Магнитуда Китайского землетрясения ( $M_w=4.1$ ) сопоставима с магнитудами известных исторических событий [4–6], однако нет оснований рассматривать их как предельно возможные. Согласно сейсмогеологическим исследованиям, магнитуды землетрясений в пределах Сибирской платформы могли достигать значений  $M=6.0-6.5$  [8, 10]. В случае возникновения события такой силы под угрозой окажутся густонаселенные районы долины р. Ангары и расположенные здесь промышленные объекты.



Сейсмическая активность южной окраины Сибирской платформы обусловлена общими геодинамическими процессами, протекающими в Саяно-Байкальском сейсмическом поясе [7, 29]. Если до недавнего времени при осуществлении работ по сейсмическому районированию и оценке сейсмического риска в расчет принимались только транзитные сотрясения от землетрясений с эпицентрами в пределах высокоактивных районов Байкальской рифтовой зоны, то в настоящее время следует, по-видимому, учитывать также возможные местные землетрясения с очагами, приуроченными к активным платформенным структурам.

### Л и т е р а т у р а

1. **Голенецкий С.И., Хромовских В.С. (отв. сост.), Кисловская В.В., Кондорская Н.В., Солоненко В.П., Шебалин Н.В. V.** Прибайкалье [(2000 до н.э. – 500 н.э.) – 1974 гг.;  $M \geq 5.0$ ;  $I_0 \geq 6$ ] // Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. – М.: Наука, 1977. – С. 315–338.
2. **Голенецкий С.И.** Землетрясения юга Сибирской платформы по инструментальным сейсмологическим наблюдениям // Вулканология и сейсмология. – 2001. – № 6. – С. 68–77.
3. **Голенецкий С.И.** Редкое землетрясение на юге Сибирской платформы // ДАН. – 1998. – **363**. – № 3. – С. 392–395.
4. **Голенецкий С.И.** Сводка макросейсмических данных о землетрясениях на юге Сибирской платформы // Геология и геофизика. – 1999. – **40**. – № 8. – С. 1245–1250.
5. **Радзиминович Я.Б., Щетников А.А.** Сейсмическая активность южной окраины Сибирской платформы в историческом прошлом: новые данные // Геология и геофизика. – 2008. – **49**. – № 9. – С. 926–938.
6. **Чипизубов А.В.** Сильные землетрясения Прибайкалья по макросейсмическим данным // Вопросы инженерной сейсмологии. – 2009. – **36**. – № 2. – С. 31–46.
7. **Семинский К.Ж., Радзиминович Я.Б.** Сейсмичность юга Сибирской платформы: пространственно-временная характеристика и генезис // Физика Земли. – 2007. – № 9. – С. 18–30.
8. **Чипизубов А.В., Аржанникова А.В., Воробьева Г.А., Бердникова Н.Е.** Погребенные палеосейсмодислокации на юге Сибирской платформы // ДАН. – 2001. – **379**. – № 1. – С. 101–103.
9. **Семинский К.Ж., Гладков А.С., Радзиминович Я.Б., Черемных А.В., Бобров А.А.** Закономерности проявления активных разломов и сейсмичности на юге Сибирской платформы // ДАН. – 2008. – **422**. – № 4. – С. 516–521.
10. **Овсюченко А.Н., Шварев С.В., Мараханов А.В.** Активные разломы и палеосейсмогеология центральной части Иркутского амфитеатра // Геофизические исследования. – 2007. – Вып. 7. – С. 74–90.
11. **Хайдурова Е.В., Гилёва Н.А., 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., Плюхина А.Н., Емельянова Л.В., Федюшкина Я.И., Торбеева М.А., Меньшикова Ю.А., Хамидулина О.А., Попикова Л.А., Найманова Е.В., Лазарева Л.В., Терёшина Е.А.** Каталог землетрясений Прибайкалья и Забайкалья за 2007 год ( $N=1331$ ). (См. Приложение к наст. сб. на CD).
12. **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](ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_bulletin/2007).
13. **Bulletin of the International Seismological Centre for 2007**. – Thatcham, United Kingdom: ISC, 2009. – URL: <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/bulletin/>.
14. **Левшин А.Л., Яновская Т.Б., Ландер А.В., Букчин Б.Г., Бармин М.П., Ратникова Л.И., Итс Е.Н.** Поверхностные сейсмические волны в горизонтально-неоднородной Земле. – М.: Наука, 1987. – 278 с.
15. **Букчин Б.Г.** Об определении параметров очага землетрясения по записям поверхностных волн в случае неточного задания характеристик среды // Физика Земли. – 1989. – № 9. – С. 34–41.
16. **Lasserre C., Bukchin B., Bernard P., Tapponnier P., Gaudemer Y., Mostinsky A., Dailu R.** Source parameters and tectonic origin of the 1996 June 1 Tianzhu ( $M_w=5.2$ ) and 1995 July 21 Yongden ( $M_w=5.6$ ) earthquakes near the Haiyuan fault (Gansu, China) // Geophysical Journal International. – 2001. – **144**. – N 1. – P. 206–220.

17. **Bassin C., Laske G., Masters G.** The current limits of resolution for surface wave tomography in North America // *Eos Transactions AGU.* – 2000. – **81.** – N 48. – F897. Fall Meeting Supplement Abstract AN S12A-03.
18. **Nataf H.C., Ricard Y.** 3SMAC: an a priori tomographic model of the upper mantle based on geophysical modeling // *Physics of the Earth and Planetary Interiors.* – 1996. – **95.** – N 1–2. – P. 101–122.
19. **Dziewonski A.M., Anderson D.L.** Preliminary reference Earth model // *Physics of the Earth and Planetary Interiors.* – 1981. – **25.** – N 4. – P. 297–356.
20. **Лунина О.В., Гладков А.С., Шерстянкин П.П.** Новая электронная карта активных разломов юга Восточной Сибири // *ДАН.* – 2010. – **433.** – № 5. – С. 662–667.
21. **Голенецкий С.И.** Землетрясения Прибайкалья и Забайкалья // *Землетрясения в СССР в 1980 году.* – М.: Наука, 1983. – С. 50–59.
22. **Голенецкий С.И.** Еловское землетрясение 29 июня 1995 года ( $M_S=5.9$ ) // *Землетрясения Северной Евразии в 1995 году.* – М.: ГС РАН, 2001. – С. 183–187.
23. **Мельникова В.И., Гилёва Н.А., Радзиминович Я.Б., Дреннова Н.Н., Радзиминович Н.А.** Хойто-гольское землетрясение 17 сентября 2003 года с  $MPSP=4.8$ ,  $K_p=13.8$ ,  $I_0=6-7$  (Прибайкалье) // *Землетрясения Северной Евразии. 2003.* – Обнинск: ГС РАН, 2009. – С. 310–325.
24. **Радзиминович Я.Б., Гилёва Н.А., Мельникова В.И., Радзиминович Н.А., Очковская М.Г., Папкова А.А.** Онотское землетрясение 23 февраля 2005 года с  $MPSP=4.0$ ,  $K_p=13.6$ ,  $I_0=6-7$  (Прибайкалье) // *Землетрясения Северной Евразии. 2005 год.* – Обнинск: ГС РАН, 2011. – С. 360–369.
25. **Медведев С.В., Шпонхойер В., Карник В.** Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.
26. **Шебакин Н.В., Аптикаев Ф.Ф.** Развитие шкал типа MSK // *Вычислительная сейсмология. Вып. 34.* – М.: Геос, 2003. – С. 210–253.
27. **Павленов В.А., Радзиминович Я.Б., Аржанников С.Г., Гладков А.С., Дзюба И.А.** Оценка интенсивности Хойтогольского землетрясения 17 сентября 2003 г. по инструментальным и макросейсмическим данным // *Вулканология и сейсмология.* – 2007. – № 6. – С. 72–80.
28. **Радзиминович Я.Б., Гилёва Н.А., Мельникова В.И., Радзиминович Н.А.** Тулгутунурское землетрясение 19 января 2004 г. с  $MPSP=4.8$ ,  $K_p=13.0$ ,  $I_0=6$  (Прибайкалье) // *Землетрясения Северной Евразии. 2004 год.* – Обнинск: ГС РАН, 2010. – С. 272–280.
29. **Семинский К.Ж., Радзиминович Я.Б.** Поперечные размеры и латеральная зональность Байкальского сейсмического пояса // *ДАН.* – 2011. – **438.** – № 1. – С. 114–117.