

АНДРЕЙ-ТАССКОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ 22 июня 2008 г.

с $K_p=15.6$, $M_w=6.1$, $I_0=7-8$ (Северо-восток Якутии)

С.В. Шибает¹, Б.М. Козьмин¹, А.Ф. Петров¹, Л.П. Имаева², К.В. Тимиршин²

¹Якутский филиал Геофизической службы СО РАН, г. Якутск, shibaev@emsd.ysn.ru

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

Самое сильное ($K_p=15.6$, $M_w=6.1$, $I_0=7-8$) за последние 37 лет землетрясение в районе хр. Черского произошло 22 июня 2008 г. в 23^h56^m [1]. Высвободившаяся сейсмическая энергия в его очаге составила $3.98 \cdot 10^{15}$ Дж, при всей энергии в регионе $4.02 \cdot 10^{15}$ Дж [2]. Его эпицентр тяготеет к кряжу Андрей-Тас и граничащему с ним на юго-востоке Момскому хребту. Они обрамляют с северо-востока кайнозойскую Момо-Селенняхскую впадину (рис. 1). По своему простираению названные хребты ограничены с севера, юга и запада системами надвиговых и взбросовых нарушений. В центральной части Момского хребта широко развиты дизъюнктивы преимущественно левосдвиговой кинематики. Его абсолютные высоты здесь достигают 2500 м, а современный рельеф представляет собой высокогорье с широким проявлением свежих форм ледниковой деятельности, придающих этой территории альпинотипный облик. С севера данные горные поднятия контактируют с Индигиро-Зырянским прогибом, включающим озерно-болотистые участки Абыйской и Ожогинской низменностей. При этом кайнозойские образования Индигиро-Зырянского прогиба, граничащие с Момским хребтом, в результате надвиговых перемещений последнего дислоцированы в протяженную систему складок [3].

Сейсмическая обстановка перед Андрей-Тасским событием за период с 1968 по 2008 г. показана на рис. 1. Наиболее сейсмоактивным участком является северо-восточный борт Момо-Селенняхской впадины в бассейне р. Селеннях и ее притоке Берелёх.

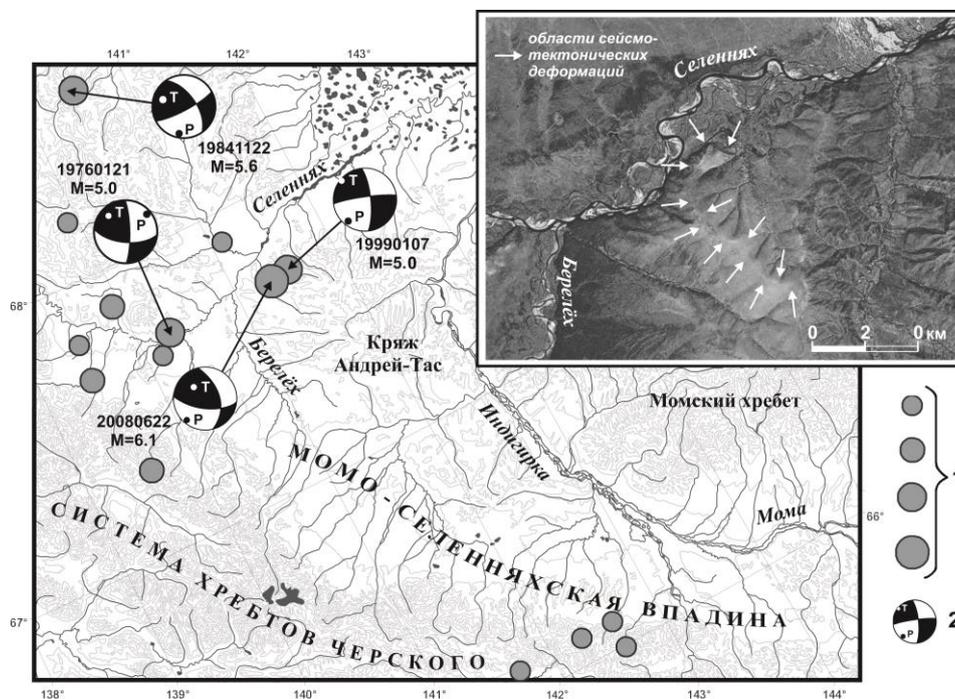


Рис. 1. Карта эпицентров сильных землетрясений территории кряжа Андрей-Тас и прилегающей Момо-Селенняхской впадины за 1968–2008 гг.

1 – эпицентры землетрясений с магнитудой M_S соответственно 3.9–4.4, 4.5–4.9, 5.0–5.6, 5.7–6.5; 2 – фокальный механизм, в стереограммах: P – ось сжатия, T – ось растяжения.

За указанный период в 40 лет (1968–2008 гг.) здесь возникло девять сильных ($MS \geq 4.0$) подземных толчков (табл. 1).

Таблица 1. Сильные ($MS \geq 4.0$) землетрясения края Андрей-Тас (система хр. Черского) и прилегающих районов

№	Дата, д м год	t_0 , ч мин с	Эпицентр		MS	№	Дата, д м год	t_0 , ч мин с	Эпицентр		MS
			φ° , N	λ° , E					φ° , N	λ° , E	
1	09.09.1968	02 20 59.2	66.17	142.13	5.0	6	07.01.1999	18 13 38.2	67.76	141.36	5.0
2	21.01.1976	06 01 48.5	67.73	140.03	5.0	7	02.12.2007	20 18 49.6	67.74	139.33	4.0
3	22.11.1984	13 52 57.2	68.52	140.81	5.6	8	22.06.2008	23 56 32.0	67.73	141.3	6.1
4	18.09.1996	09 51 46.8	68.01	139.82	4.7	9	23.06.2008	01 02 44.1	67.81	141.16	4.3
5	15.01.1998	03 33 08.5	67.71	139.39	4.8						

Это скопление эпицентров имеет продолжение к северу и северо-западу, как сегмент границы между Евразийской и Североамериканской литосферными плитами. Местный тектонический режим соответствует условиям сжатия, вызванным сближением указанных плит в северо-восточном направлении [4], об этом также свидетельствуют параметры фокальных механизмов, приведенных в табл. 2, и их стереограммы на рис. 1.

Таблица 2. Параметры механизма очагов района края Андрей-Тас в 1976–1999 гг.

Агент-ство	Дата, д м год	t_0 , ч мин с	h , км	Магнитуды			K_p	Оси главных напряжений				Нодальные плоскости						Ис-точ-ник		
				M_w	m_b	MS		T		N		P		NP1			NP2			
								PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	SLIP	STK		DP	SLIP
ЯФ ГС	21.01.1976	06 01 48.5				5.0	13	27	313	58	163	14	50	95	60	12	359	80	150	[5, 6]
GCMТ	22.11.1984	13 52 55	26	5.1	5.4	5.0	13	14	190	56	79	31	268	341	45	158	87	75	47	[7]
GCMТ	07.01.1999	18 13 42	33	5.2	5.4	4.8	13	6	309	74	59	15	218	354	75	-173	263	83	-15	[7]

Можно заметить, что во всех случаях табл. 2 в очагах землетрясений фиксировались смещения типа взброс и сдвига-взброс.

Инструментальные данные. Согласно бюллетеню ISC [8], землетрясение было записано большинством ($n=2063$) станций мира. По региональным данным гипоцентр землетрясения располагался на глубине 18 км, а его магнитуда MS по [9] составила 5.7. Разные решения его эпицентра по определениям ряда мировых агентств сведены в табл. 3.

Таблица 3. Основные параметры Андрей-Тасского землетрясения 22 июня 2008 г. с $K_p=15.6$ по данным Якутии (ЯФ ГС СО РАН) в сопоставлении с определениями других агентств

Агентство	t_0 , ч мин с	δt_0 , с	Гипоцентр				Магнитуда			Источ-ник
			φ° , N	$\delta\varphi^\circ$	λ° , E	$\delta\lambda^\circ$	h , км	δh , км		
ЯФ ГС СО РАН	23 56 29.2	0.3	67.65	0.02	140.93	0.02	18	8	$K_p=15.6$	[1]
MOS	23 56 27.5	0.8	67.70		141.34		13		$MS=5.7/113$, $MPSP=6.2/167$, $MPLP=6.7/7$, $M_w=6.2$	[8, 9]
ISC	23 56 31.0	0.1	67.70	0.01	141.18	0.02	22	22*	$MS=5.7/288$, $m_b=6.0/572$ $*h_{np}$	[8]
IDC	23 56 31.2	0.4	67.68	0.02	141.56	0.02			$MS=5.5/29$, $m_b=5.2/31$	- " -
NEIC	23 56 30.0	0.1	67.70		141.28		18		$MS=5.6/200$, $m_b=6.1/294$	- " -
GCMТ	23 56 39		67.71		141.43		21		$M_w=6.1$	- " -
SZGRF	23 56 31.1		67.57		141.36		30		$MS=5.9$, $m_b=6.2$	- " -
BJI	23 56 26.4		67.62		141.69				$MS=6.7/60$, $m_b=5.7/55$	- " -

В итоге имеет место несогласие в определении координат эпицентра, главным образом по долготе. Для региональной сети ЯФ ГС СО РАН это объясняется прежде всего значительным удалением пунктов наблюдений от эпицентральной области.

Афтершоки. Главный толчок и афтершоковая последовательность расположились в междуречье Берелеха и Томтора – правых притоков р. Селенных (рис. 2), впадающей слева

в р. Индигирку. Вся очаговая зона находится в области влияния локальной системы надвигов, ограничивающих кряж Андрей-Тас с севера и входящих в систему Илин-Тасского разрывного нарушения [10]. Всего региональной сетью сейсмических станций ЯФ ГС СО РАН была зарегистрирована серия из 133 повторных толчков в интервале энергетических классов $K_p=7-12$ [11]. Параметры слабых афтершоков не определялись, т.к. фиксировались с пропусками и лишь на ближайшей к эпицентральной зоне станции «Мома», удаленной к юго-востоку от основного события на 155 км.

Список пяти более сильных ($K_p \geq 10$) афтершоков представлен в табл. 4. Эти сведения свидетельствуют, что самый крупный ($K_p=12.2$) повторный толчок возник спустя 01^h06^m после главного удара. Энергетическая ступень между основным толчком и данным афтершоком равна:

$$\Delta K_p = 15.6 - 12.2 = 3.4,$$

т.е. не более трех порядков.

Таблица 4. Основные параметры главного толчка и сильных афтершоков Андрей-Тасского землетрясения 22 июня 2008 г. с $K_p=15.6$

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	Эпицентр		h , км	MS	$MPVA$	K_p
			φ° , N	λ° , E				
Основной толчок								
	22.06	23 56 29.2	67.65	140.93	18	5.7	6.7	15.6
Афтершоки								
1	23.06	01 02 44.3	67.71	141.35	14			12.2
2	23.06	02 31 54.2	67.66	141.56	16			10.3
3	23.06	20 06 11.1	67.68	141.51	12			10.8
4	24.06	03 52 33.1	67.65	141.71	14			10.4
5	18.07	14 14 35.5	67.67	141.55				10.4

Анализ развития афтершокового процесса во времени показывает, что разрядка тектонических напряжений, вызвавших данное землетрясение, имела скоротечный характер. Так, большая часть афтершоков (122 из 133 толчков) произошла в течение первых 18 дней (с 22 июня по 9 августа [11]) после главного удара, что составило 92 % от их числа за 2008 г. При этом территориально повторные толчки оказались смещенными к югу от эпицентра основного события, где образовали «облако», вытянутое примерно на 18 км параллельно линии надвигов при ширине до 10 км и общей площадью $\sim 500 \text{ км}^2$ (рис. 2).

Используя зависимость затухания сейсмических сотрясений с расстоянием для северо-восточных землетрясений Якутии [4], была подсчитана возможная интенсивность I_0 при глубине очага $h=13 \text{ км}$ и $MS=5.7$ (табл. 1).

$$I_0 = 1.5 MS - 3.2 \lg h + 2.7 = 5.7 - 3.2 \cdot \lg 13 + 2.7 = 8.5 - 3.2 \cdot 1.114 + 2.7 = 7.6.$$

В любом случае при возможной вариации глубины гипоцентра или магнитуды интенсивность землетрясения в эпицентре будет находиться в пределах 7–8 баллов.

Рассчитанная величина балльности в эпицентре удовлетворительно согласуется с макроэффектами, обнаруженными при дешифрировании космоснимка сайта «Геопортал Роскосмос» [12, 13] в плейстосейстовой зоне данного события. В частности, изучение этого снимка (вставка рис. 1) выявило на западном и северном склонах Андрей-Тасского блока ряд сеймотектонических проявлений (оползни, осыпи, камнепады), где светлым фототонном на расстоянии 4–6 км



Рис. 2. Карта афтершоков Андрей-Тасского землетрясения 22 июня 2008 г.

1 – энергетический класс K_p ; 2 – надвиги и взбросы; 3 – стереограмма механизма очага (P – ось сжатия, T – растяжения).

отчетливо диагностируется подновление дугообразного тектонического нарушения, помеченного на снимке белыми стрелками. Простираение дислокации и морфологическая выраженность нарушения могут свидетельствовать о взбросо-сдвиговой подвижке по плоскости данного разрыва. В районе, примыкающем к спрямленному участку р. Селеннях, вдоль надвиговой линии разлома северо-восточного простираения, фиксируется локальное разрушение водораздельной части кряжа. Площадь сейсмообвала составляет примерно 1.62 км^2 . Не исключено также, что отмеченные здесь поверхностные деформации, возможно, связаны с произошедшим здесь ранее землетрясением 07.01.1999 г. с $K_p=13.0$, $MS=5.0$ [14], которые были подновлены в момент появления Андрей-Тасского толчка 2008 г. с $MS=5.7$. На это указывает близкое соседство их эпицентров (1999 г.: $\varphi=67.60^\circ\text{N}$, $\lambda=141.60^\circ\text{E}$ [15]; 2008 г.: $\varphi=67.65^\circ\text{N}$, $\lambda=140.93^\circ\text{E}$ [1]), рис. 1) и идентичный тип подвижек в очаге по данным фокальных механизмов. Другим подтверждением, что названные дислокации могли быть спровоцированы событием 2008 г., является территориальное совпадение места крупного обвала с расположением «облака» афтершоков (рис. 1 и 2).

Механизм очага. Для Андрей-Тасского землетрясения 2008 г. имеется решение механизма очага по методу тензора сейсмического момента [7]. Из его стереограммы видно (рис. 1 и 2), что одна из плоскостей разрыва простирается субдолготно (азимут 345°) с падением на северо-восток под углом 57° , другая – имеет близширотное (азимут 99°) простираение и падает на юг под углом в 58° . При этом напряжения сжатия в очаге землетрясения были ориентированы в юго-западном направлении (азимут 224°) и действовали близгоризонтально (угол с горизонтом 2°), а растягивающие усилия были направлены на северо-запад (азимут 312°) под углом в 50° к горизонту. Подвижка в очаге соответствовала взбросу с небольшой компонентой правого сдвига по субдолготной плоскости и левого сдвига по близширотной (рис. 1 и 2).

Гипоцентр землетрясения тяготеет к структурной зоне, контролируемой Илин-Тасским разломом, который протягивается почти на 500 км с юго-востока на северо-запад вдоль области сочленения Индигиро-Зырянского прогиба с горным поднятием Момского хребта и его орографическим продолжением на левом берегу р. Индигирки кряжем Андрей-Тас. В магнитном поле вдоль этого дизъюнктива фиксируется изменение рисунка магнитных аномалий, а в поле силы тяжести ему отвечает резкая гравитационная ступень. В пределах Момского хребта разлом представляет левый сдвиг с падением на юго-запад под углом в $40-60^\circ$. На его северо-западном фланге (кряж Андрей-Тас) выявлено ряд небольших взбросов и надвигов в виде «опрокидывания слоев и образования чешуйчатых структур» [10] с падением на юг-юго-запад. Рассматриваемый разлом также является крупной фронтальной границей, по которой древние толщи юры и мела Момского поднятия надвинуты на молодые кайнозойские образования Индигиро-Зырянского прогиба. Эта граница имеет яркое геоморфологическое выражение, за ней горы «встают стеной» [16].

Сопоставляя морфо-кинематическую характеристику Илин-Тасского тектонического нарушения, основанную на данных геолого-структурных наблюдений (простираение $310-320^\circ$, падение на юго-запад под углом $40-60^\circ$) [7], с параметрами фокального механизма, представленными в табл. 5, следует считать рабочей плоскостью подвижки NPI (простираение 345° , падение на юго-запад под углом 57°). В обоих случаях также одинаков тип смещения, соответствующий взбросо-сдвигу.

Таблица 5. Параметры механизма очага землетрясения 22 июня 2008 г. в $23^{\text{h}}56^{\text{m}}$ с $M_w=6.1$

Агентство	Дата	t_0 , ч мин с	h , км	Магнитуды			Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Источник
				M_w	$MPSP$ $*m_b$	MS $**M_s$	T		N		P		NPI			$NP2$			
							PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	$SLIP$	STK	DP	$SLIP$	
MOS	22.06	23.56.27.5	13		6.2	5.7	51	315	39	135	0	45	347	57	139	103	57	41	[8]
GCMT	22.06	23 56 39	21	6.1	*6.1	**6.1	50	313	40	131	1	222	345	57	141	99	58	40	[7]
NEIC	22.06	23 56 30.0	18	6.1	*6.1	**5.6	68	315	20	151	5	59	348	54	116	128	43	59	[9]

Решения фокального механизма исследуемого события по данным трех разных агентств (табл. 5) указывают на близкую сходимость результатов, а, следовательно, и надежность полученных параметров.

Макросейсмические сведения. Эпицентр землетрясения пришелся на горно-таежную местность и был удален на более чем 100 км от мест проживания местного населения. Ближайшим к нему оказалось село Куберганя на р. Индигирке (135 км к востоку от эпицентра). Здесь интенсивность сотрясений могла достигать $I=5-6$ баллов (табл. 6). Подземный толчок почувствовало все население. Многие от неожиданности выбегали на улицу. Отмечен треск стен, потолков, перекрытий в деревянных одноэтажных домах. Внутри помещений ходили «ходуном» столы, стулья, тряслись кровати, звенела посуда и стекла окон, перемещались компьютеры. Дергались и раскачивались всяческие предметы. В некоторых домах из стен кусками отваливалась старая штукатурка. Был слышен сильный гул как глухой раскат грома.

$I=5$ баллов. Колебания с интенсивностью в 5 баллов отмечены в селе *Сыганнах*, отстоящем на 130 км к северо-востоку, а также в пос. *Лазо* и *Улахан-Кюель* в 200–230 км к юго-западу и западу от эпицентра. Так, в Сыганнахе сотрясения ощущало все население. В домах повсеместно слышался скрип и шевеление деревянных деталей (полы, потолки и др.), сыпалась штукатурка, полопались обои. Отдельные жители почувствовали колебания, похожие на волны. Внутри помещений дребезжала посуда, стекла окон. Слышался гул, похожий на взрыв. На участке «Полярник» объединения «Янгеологии» (пос. Лазо) сотрясения продолжались в течение 3–4^м. Звенели стекла окон, звякала посуда, сдвигались кружки на столе, сам стол и табуретки тряслись и перемещались. В доме также раскачивались всяческие предметы и скрипели стены дома. Слышался такой гул, что, казалось, рядом работает мощный бульдозер.

$I=4$ балла. В пос. *Эсе-Хая* (282 км к западу) отмечены колебания с $I=4$ балла. Толчок был замечен людьми на первом и втором этажах. Качались люстры, зазвенел подвешенный к потолку колокольчик. Скрипели двери, слегка тряслись кровать и стулья. Женщина, сидевшая на стуле, почувствовала, как поплыла земля. Был слышен глухой гул. Очевидцы на улице отмечали колебания земли и видели, как колыхалась вода в луже. В районном центре пос. *Батагай* (282 км к западу от эпицентра) также отмечены 4-балльные сотрясения: двухэтажное здание «Янгеологии» интенсивно дрожало, а его работники вышли на улицу. В здании ЖКХ на втором этаже двигался стол, «ездили» компьютеры и принтеры. Трехэтажное здание Дома культуры сильно трясло, даже на верхнем этаже упали цветы в горшке с подоконника. В других строениях поселка толчок ощущался слабее, скорее всего из-за различия грунтовых условий. С интенсивностью $I=4$ балла он также проявился в селе *Кёнг-Кюель* (212 км к северо-востоку).

$I=3-4$ балла. Меньшая интенсивность с $I=3-4$ балла имела место в пос. *Хону* на расстоянии 155 км к югу от эпицентра. Сотрясения ощущались внутри домов, где отмечены воздействия, близкие к их проявлениям в *Батагае* и *Эсе-Хая*.

$I=3$ балла. Трехбалльные эффекты наблюдались в пос. *Белая Гора*, расположенном в 230 км к северо-востоку от эпицентра. Население, проживавшее в домах на болоте, не ощущало это событие. Другая часть поселка располагалась на каменистой почве. Здесь отдельные жители заметили необычный шелест и дрожание домов. На втором этаже здания администрации поселка тряслась мебель, «рябили» компьютеры на столах. Подобные сотрясения внутри помещений были также замечены в ближайшей к пос. Белая Гора деревне *Сутуруоха*.

$I=2-3$ балла. В 193 км к северу от эпицентра в пос. *Депутатский* на верхних (3–5)-х этажах отдельных жилых домов отмечено легкое качание, дрожание электролампочек и мебели (2–3 балла). Слабые колебания (тряслась форточка, звякала посуда) также были замечены на верхних этажах домов в пос. *Усть-Нера* в 350 км к югу от эпицентра (2 балла).

Результаты макросейсмического обследования во всех населенных пунктах сведены в табл. 6.

Таблица 6. Макросейсмические данные об Андрей-Гасском землетрясении 22 июня 2008 г. в 23^h56^m с $K_p=15.6$

№	Пункт	Δ , км	φ° , N	λ° , E	№	Пункт	Δ , км	φ° , N	λ° , E
1	<u>5–6 баллов</u>	135	67.77	144.48	5	<u>4 балла</u>	212	68.07	146.24
	Куберганя					Кёнг-Кюель			
2	<u>5 баллов</u>	130	68.37	143.64	6	Батагай	282	67.66	134.62
	Сыганнах					Эсе-Хая			
2	Улахан-Кюель	202	67.54	136.53	7	<u>3–4 балла</u>	282	67.53	134.69
4	Лазо	230	66.63	136.68		Хону			
					8		155	66.47	143.22

№	Пункт	Δ , км	φ° , N	λ° , E	№	Пункт	Δ , км	φ° , N	λ° , E
	<u>3 балла</u>					<u>2–3 балла</u>			
9	Сайылык	190	68.96	138.40	13	Депутатский	193	69.39	139.9
10	Белая Гора	230	68.53	146.19		<u>2 балла</u>			
11	Сутуруоха	232	68.58	146.27	14	Усть-Нера	350	64.57	143.23
12	Верхоянск	335	67.56	133.44					

Андрей-Тасское землетрясение ощущалось в Янском, Верхоянском, Момском и Оймьконском районах Республики Саха (Якутия) на площади около $300\,000\text{ км}^2$. Карта изосейст представлена на рис. 3.

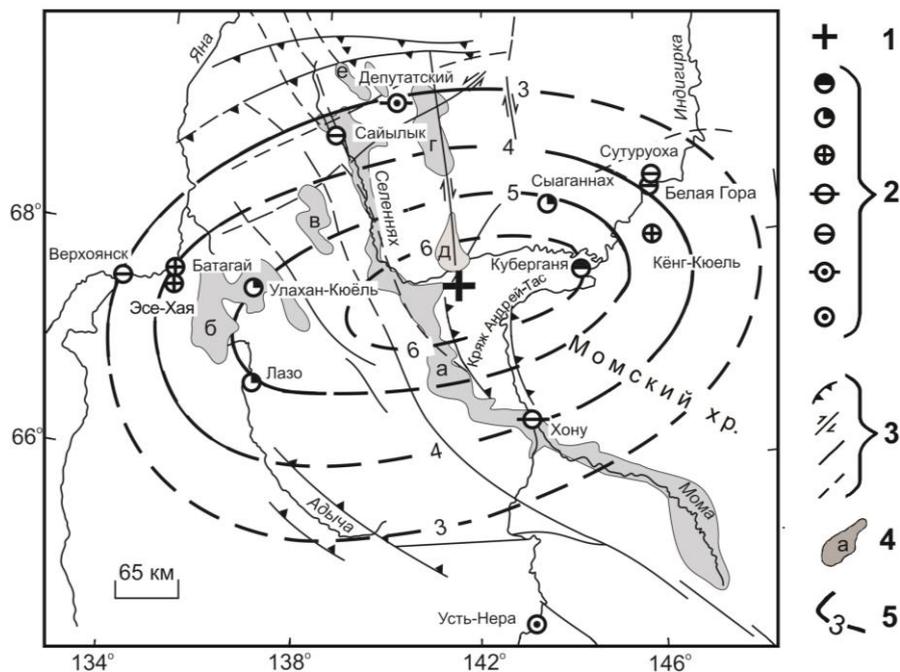


Рис. 3. Карта изосейст Андрей-Тасского землетрясения 22 июня 2008 г. с $K_p=15.6$, $M_w=6.1$

1 – инструментальный эпицентр; 2 – интенсивность сотрясений $I=6, 5, 4, 3-4, 3, 2-3$ и 2 балла соответственно (шкала MSK-64 [17]); 3 – разломы (последовательно): надвиги, сдвиги, не установленной кинематики и предполагаемые; 4 – кайнозойские впадины: Момо-Селенняхская (а), Туостахская (б), Неннелинская (в), Уяндинская (г), Томмотская (д), Иргичанская (е); 5 – изосейста (сплошные линии – уверенные, штриховые – предполагаемые).

При составлении карты изосейст были использованы наблюдения за макроэффектами в 14 населенных пунктах. Низкая плотность населения, которое проживает в основном в поселках, расположенных вдоль рек Яны и Индигирки и их притоков, не позволяет собрать более подробные сведения. Поэтому на карте удалось оконтурить лишь территории с проявлениями от $I=3$ до $I=6$ баллов. Большая часть изосейст являются предполагаемыми, что показано штриховой линией. Здесь же приведены трассы местных разломов и положение молодых кайнозойских впадин, вытянутых к северо-западу [3]. Оказалось, что изолинии балльности имеют форму эллипсов, большая ось которых направлена на северо-восток. При этом они не совпадают с простираем тектонических структур, как это было для изосейсмальных областей Иргичанского 19.04.1962 г. с $M=6.2$, $I_0=7-8$, Артыкского 18.05.1971 г. с $M=7.1$, $I_0=9$ [5] и Селенняхского 25.01.2005 г. с $MS=4.5$, $I_0=6$ землетрясений [18], а, напротив, секут их поперек. Следует заметить, что подобное распределение макроэффектов имело место также при Уяндинском толчке 22.11.1984 г с $MS=4.5$, $I_0=6$ [19], локализованном в 100 км к северу от рассматриваемого события. Выявленные особенности могут быть объяснены зависимостью интенсивности сейсмических возмущений от ориентации рабочей плоскости разрыва в очаге. Так, для Уяндинского случая большая ось эллипсов-изосейст направлена по азимуту $50-60^\circ$ и примерно совпадает с простираем плоскости сместителя $NP2$ в очаге этого землетрясения (азимут 87°), а при Ан-

дрей-Тасском землетрясении изосейсты своей большой осью были вытянуты по азимуту 80–85°, что близко к ориентации плоскости разрыва $NP2$ в его очаге (азимут 99°) [7].

Андрей-Тасское землетрясение стало самым заметным событием, произошедшим на северо-восточном крае горной системы хребет Черского, где за инструментальный период с 1957 г. в области сочленения Индигиро-Зырянского прогиба с горными поднятиями хребтов Момского и Андрей-Тасского фиксировались только слабые ($K_p \leq 12$) землетрясения. Сведения, полученные при изучении последствий этого землетрясения, дают возможность иметь более детальные характеристики местной сейсмичности и уточнить уровень сейсмической опасности Северо-Востока России.

Л и т е р а т у р а

1. Козьмин Б.М., Шибаев С.В., Тимиршкин К.В. (отв. сост.), Петрова В.Е., Захарова Ж.Г., Каратаева А.С., Москаленко Т.П. Каталог землетрясений Якутии за 2008 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
2. Козьмин Б.М. Якутия. (См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб.).
3. Имаев В.С., Имаева Л.П., Козьмин Б.М. Сейсмоструктура Якутии. – М.: ГЕОС, 2000. – 227 с.
4. Имаева Л.П., Козьмин Б.М., Имаев В.С. Сейсмоструктура северо-восточного сегмента зоны хр. Черского // Отечественная геология. – 2009. – № 5. – С. 94–100.
5. Козьмин Б.М. Сейсмические пояса Якутии и механизмы очагов их землетрясений. – М.: Наука, 1984. – 125 с.
6. Fujita K., Koz'min B.M., Mackey K.G., Riegel S.A., Mclean M.S. and Imaev V.S. Seismotectonics of the Chersky seismic belt, eastern Russia (Yakutia) and Magadan district, Russia // *Geology, geophysics and tectonics of Northeastern Russia: a tribute to Leonid Parfenov.* – Stephan Mueller Spec. – 2009. – Ser. 4. – P. 117–145.
7. Сайт Колумбийского университета, г. Кембридж, США: Global CMT catalog. – URL: <http://www.globalcmt.org/CMTsearch.html>.
8. Bulletin of the International Seismological Centre for 2008. – Thatcham, United Kingdom: ISC, 2010. – URL: <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/bulletin/>.
9. Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 2008 год / Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ГС РАН, 2008. – URL: ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_bulletin/2008/.
10. Гусев Г.С. Складчатые структуры и разломы Верхояно-Колымской системы мезозой. – М.: Наука, 1979. – 208 с.
11. Козьмин Б.М. (сост.). Афтершоки ($N=133$) Андрей-Тасского землетрясения 22 июня 2008 г. с $K_p=15.6$, $M_w=6.1$, $I_0=7-8$ (Якутия). (См. Приложение к наст. сб. на CD).
12. Сайт «Геопортал Роскосмос» по дешифрированию космоснимков: – URL: <http://www.geoportal.ntsomx.ru>
13. Имаева Л.П., Козьмин Б.М., Имаев В.С. Динамика очаговых зон сильных землетрясений северо-восточного фланга Момо-Селенняхских впадин // Отечественная геология. – 2011. – № 5. – С. 113–119.
14. Козьмин Б.М. Якутия // Землетрясения Северной Евразии в 1999 году – Обнинск: ГС РАН, 2005 – С. 181–189.
15. Козьмин Б.М., Ларионов А.Г. (отв. сост.), Марченко Т.И., Захарова Ж.Г., Саввинова Н.А., Денга Е.Г. Якутия // Землетрясения Северной Евразии в 1999 году. – Обнинск: ГС РАН, 2005. – (На CD).
16. Гайдук В.В., Прокопьев А.В. Методы изучения складчато-надвиговых поясов. – Новосибирск: Наука, 1999. – 160 с.
17. Медведев С.В. (Москва), Шпонхойер В. (Иена), Карник В. (Прага). Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.
18. Козьмин Б.М., Михайлова Р.С. Селенняхское землетрясение 25 января 2005 г. с $K_p=12.5$, $M_w=5.1$, $I_0=6$ (Якутия) // Землетрясения Северной Евразии, 2005 год. – Обнинск: ГС РАН, 2011. – С. 346–352.
19. Козьмин Б.М. Землетрясения Якутии // Землетрясения в СССР в 1984 году – М.: Наука, 1987 – С. 146–150.