

## УГЛЕГОРСКО-АЙНСКОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ 4 августа 2000 года

с  $MS=7.0$ ,  $I_0=8-9$  (Сахалин)Л.Н. Поплавская<sup>1</sup>, Т.В. Назорных<sup>1</sup>, Т.А. Фокина<sup>2</sup>, А.А. Поплавский<sup>1</sup>, Ю.Ю. Пермикин<sup>1</sup>,М.И. Стрельцов<sup>1</sup>, Ким Чун Ун<sup>1</sup>, Д.А. Сафонов<sup>1,2</sup>, О.А. Мельников<sup>1</sup>,М.И. Рудик<sup>2</sup>, Л.С. Оскорбин<sup>1,2</sup><sup>1</sup>Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, [seismol@imgg.ru](mailto:seismol@imgg.ru)<sup>2</sup>Сахалинский филиал ГС РАН, г. Южно-Сахалинск, [fokina@seismo.sakhalin.ru](mailto:fokina@seismo.sakhalin.ru)

4 августа 2000 г. в 21<sup>h</sup>13<sup>m</sup> в Углегорском районе Сахалинской области произошло землетрясение, ощущавшееся в близлежащих населенных пунктах с интенсивностью до 7 баллов. В сборе и анализе инструментальных и макросейсмических сведений о землетрясении, геолого-тектонических его проявлений участвовал большой коллектив ведущих специалистов ИМГиГ ДВО РАН, Сахалинского филиала ГС РАН, а, позднее, также специалисты по сейсмостойкому строительству ОАО «Института Сахалингражданпроект» научно-исследовательского центра «Геориск» [1, 2].

Оперативные **определения параметров** Углегорско-Айнского землетрясения выполнялись разными агентствами, как правило, по небольшому набору исходных данных и с заметными или значительными погрешностями (табл. 1а). Однако эти определения позволили проанализировать дислокацию сейсмических станций, с которых уже получена информация, оценить степень пригодности последней к решению задач определения основных параметров землетрясения, принять меры к пополнению информации за счет наблюдений локальными, региональными и глобальной сетями.

**Таблица 1а.** Оперативные определения основных параметров Углегорско-Айнского землетрясения по данным различных сейсмологических агентств

№	Агентство	$t_0$ , ч мин с	Эпицентр		$h$ , км	Магнитуда	Источник
			$\varphi^\circ$ , N	$\lambda^\circ$ , E			
1	SHKL	21 13 02.0	48.75	142.43	10	$MLH=7.0$	РССД
2	SHKL	21 13 02.1	48.75	142.28	15	$MLH=7.0$	РОЕС
3	MOS	21 13 05.8	48.86	142.35	f33	$MS=7.0$	CCD1 (инт. 1)
4	MOS	21 13 05.8	48.85	142.42	f33	$MS=7.1$ , $M_w=6.6$	CCD2 (инт. 2)
5	NEIC	21 13 03.0	48.853	142.231	f8	$MS=7.0$	NEIC (инт. 3)
6	NEIC	21 13 02.6	48.803	142.234	10	$MS=7.1$ , $m_b=6.3$ , $M_w=6.7$	NEIC (инт. 4)
7	NEIC	21 13 02.8	48.753	142.293	10	$MS=7.1$ , $m_b=6.3$ , $M_w=6.7$	NEIC (инт. 5)
8	CSEM	21 13 09.3	49.35	142.10	f33	$m_b=6.0-6.5$	CSEM (инт. 6)
9	HRVD	21 13 12.9	48.81	142.03	f15	$M_w=6.8$	HRVD (инт. 7)
10	JMA	21 13 00.57	48.838	142.463	7	$M_{JMA}=7.3$	JMA (инт. 8)

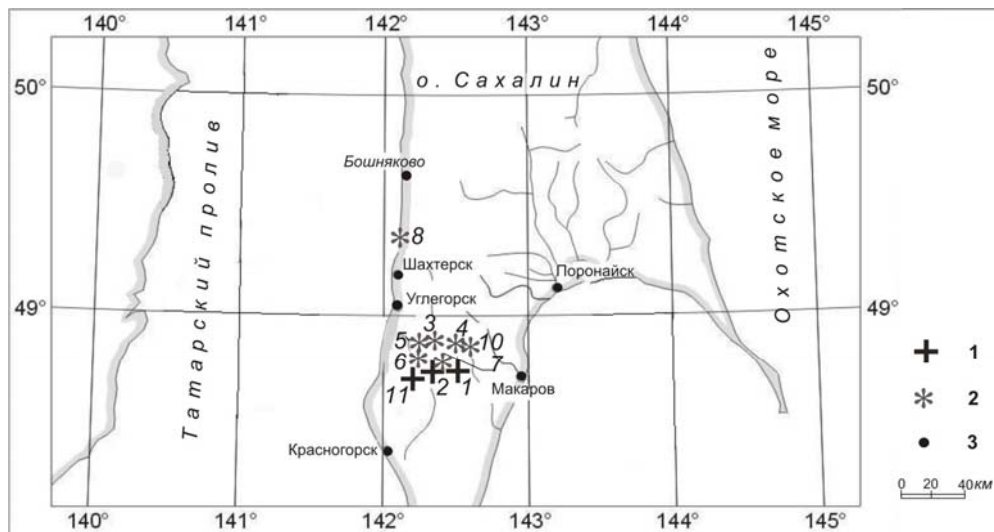
Примечание. Знаком «f» отмечена глубина очага, которая при обработке данных фиксировалась принудительно. РССД – данные Региональной службы срочных донесений, службы предупреждения об угрозе цунами (фонды сейсмической станции «Южно-Сахалинск») полученные в течении 1 часа с момента события; РОЕС – данные Региональной службы ежедневных оперативных сводок (фонды СФ ГС РАН) получены через двое суток после события; CCD1 (инт. 1) – данные центральной сейсмической станции (ЦСС) «Обнинск» получены по Интернету через 1 час после события; CCD2 (инт. 2) – данные Службы срочных донесений (ЦСС «Обнинск») получены по Интернету через 2 часа после события; NEIC (инт. 3) – данные получены из Национального центра информации о землетрясениях Геологической службы США по Интернету через 1 час после события; NEIC (инт. 4) – так же, только данные получены через 2 суток; NEIC (инт. 5) – так же, только данные получены через 7 суток после события; CSEM (инт. 6) – данные получены по Интернету из Европейско-Средиземноморского сейсмологического центра через 1 час после события; HRVD (инт. 7) – данные получены по Интернету из Сейсмологического центра Гарвардского университета через 1 сутки после события; JMA (инт. 8) – данные получены по Интернету из Японского метеорологического агентства через 2 суток после события.

Параметры землетрясения, полученные ИМГиГ и СФГС РАН по совместным данным локальных, региональных и глобальных наблюдений (табл. 1б), наилучшим образом согласуются со всей совокупностью геолого-тектонических и макросейсмических наблюдений.

**Таблица 1б.** Окончательные параметры Углегорско-Айнского землетрясения по совокупности локальных, региональных и глобальных наблюдений

№	Агентство	$t_0$ , ч мин с	Эпицентр		$h$ , км	Магнитуда	Источник
			$\varphi^\circ$ , N	$\lambda^\circ$ , E			
11	SHKL	21 13 01.1	48.64	142.18	13	$MLH=7.0$	[3]

Совокупность всех описанных решений представлена на рис. 1.



**Рис. 1.** Оперативные определения положения эпицентра Углегорско-Айнского землетрясения по данным разных агентств

1 – инструментальный эпицентр SHKL через два часа после землетрясения (1), двое суток (2) и по итоговой обработке всех данных (11); 2 – инструментальный эпицентр по решениям других агентств: ИОЦГС РАН – через один час (3), через два часа (4); NEIC – через один час (5), через двое (6) и семь суток (7); CSEM – через один час (8); JMA – через двое суток (10), (номера 1–11 соответствуют таковым в табл. 1а, б); 3 – населенный пункт.

**Глубина очага** землетрясения (табл. 2) была определена по обменным волнам  $pP$ ,  $sP$ ,  $sS$ , отраженным вблизи эпицентра с использованием таблиц [4] для расстояний  $\Delta \approx 1-14^\circ$  и [5] – для  $\Delta \geq 15^\circ$ , и в среднем составила  $h=13 \pm 1$  км.

**Таблица 2.** Определение глубины очага Углегорско-Айнского землетрясения 2000 г.

Станция		$\Delta^\circ$	$i(e)-P$ , с	$i(e)-S$ , с	$h(pP-P)$ , км	$h(sP-P)$ , км	$h(sS-S)$ , км
Название	Код						
Южно-Сахалинск	YSS	1.9	4.0 5.7		10	10	
Rebun	RBN	3.4		5.1			13
Южно-Курильск	YUK	5.3	4.0	4.0			10
Бомнак	БМН	10.0	5.6			13	
Петропавловск	PET	11.1	4.5		11		
Магадан	MA2	12.0	4.5		11		
Якутск	YAK	15.0	4.1 6.5		15.0	15.0	
Улан-Батор	ULN	23.0	7.4			15	
Тикси	TIXI	24.0	3.0 8.7	5.0	10	16	13
Taipei	TATO	29	4.5		15		

**Механизм очага** землетрясения приведен в табл. 3 по данным трех агентств (SHKL, NEIC, HRVD). Региональное определение (SHKL) выполнено по совокупности знаков первых вступлений  $P$ ,  $pP$ ,  $Pg$ ,  $S$ ,  $Sg$ -волн (табл. 3, 4, рис. 2,) с использованием методики, предложенной в [6, 7].

**Таблица 3.** Разные варианты параметров механизма очага Углегорско-Айнского землетрясения

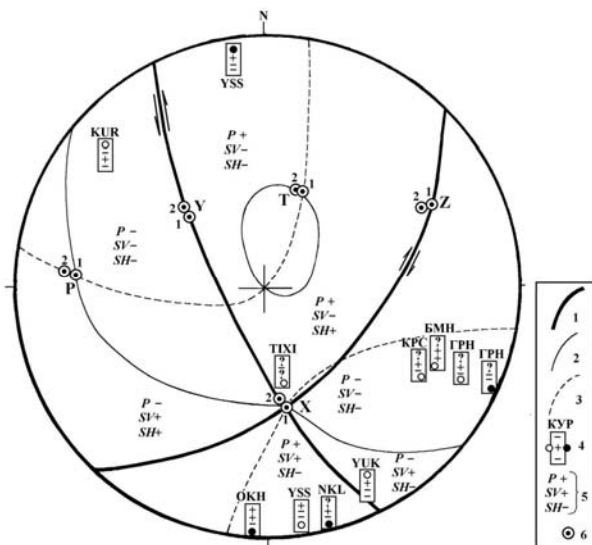
№ (на рис. 1, в табл. 1а,б)	Агентство	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости					
		$T$		$N$		$P$		$NP1$			$NP2$		
		$PL$	$AZM$	$PL$	$AZM$	$PL$	$AZM$	$STK$	$DP$	$SLIP$	$STK$	$DP$	$SLIP$
11	SHKL*	46	201	39	350	16	94	225	45	154	334	72	48
		45	198	42	354	12	95	225	49	152	334	69	44
5	NEIC	88	182	02	343	01	73	165	44	93	341	46	87
9	HRVD	67	144	20	354	11	260	187	58	114	327	39	57

Примечание. \* – приведены два ЭВМ-решения механизма очага по знакам первых вступлений  $P$  и  $Pg$ -волн с максимальным значением функции правдоподобия, согласующиеся со знаками вступлений  $SV$  и  $SH$ -волн.

Оценка достоверности решения SHKL показана в табл. 4.

**Таблица 4.** Информация о достоверности решения задачи о механизме очага Углегорско-Айнского землетрясения для варианта SHKL\* в табл. 3

№	Использованы знаки								Рассеяние ЭВМ-решения, $\delta^\circ$			Число решений с $LNL_{max}$	
	Всего				Не согласованы								
	$P$		$S$		$P$		$S$		$T$	$N$	$P$	Согласованных с $SV, SH$	
	+	-	$SV$	$SH$	+	-	$SV$	$SH$					
11	57	20	15	9	4	3	0	0	9	8	6	2	2



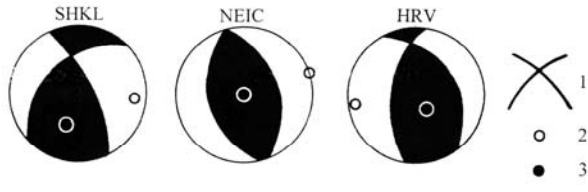
**Рис. 2.** Стереограмма механизма очага Углегорско-Айнского землетрясения в проекции верхней полусферы

1–3 – нодальные линии  $P=0$ ,  $SV=0$ ,  $SH=0$  соответственно; 4 – экспериментальные знаки первых смещений в волнах  $P$ ,  $SV$ ,  $SH$  (пустой кружок соответствует волне, распространявшейся от очага вниз, зачерненный – волне, распространявшейся от очага вверх); 5 – теоретические знаки первых смещений в волнах  $P$ ,  $SV$ ,  $SH$ ; 6 – положение осей  $P$ ,  $T$ ,  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  для решений механизма, согласованных со знаками в  $P$ ,  $Pg$ ,  $S$ ,  $Sg$ -волнах.

Решения механизма очага главного толчка, полученные независимо тремя агентствами и разными методами, хорошо согласуются между собой (табл. 3, рис. 3). В соответствии с этими решениями подвижка в очаге Углегорско-Айнского землетрясения произошла под действием близгоризонтальных сжимающих напряжений, ориентированных субшироотно. Тип подвижки – взброс, с незначительной (решение HRVD) или заметной (решение SHKL) сдвиговой (правосторонней) компонентой смещения.

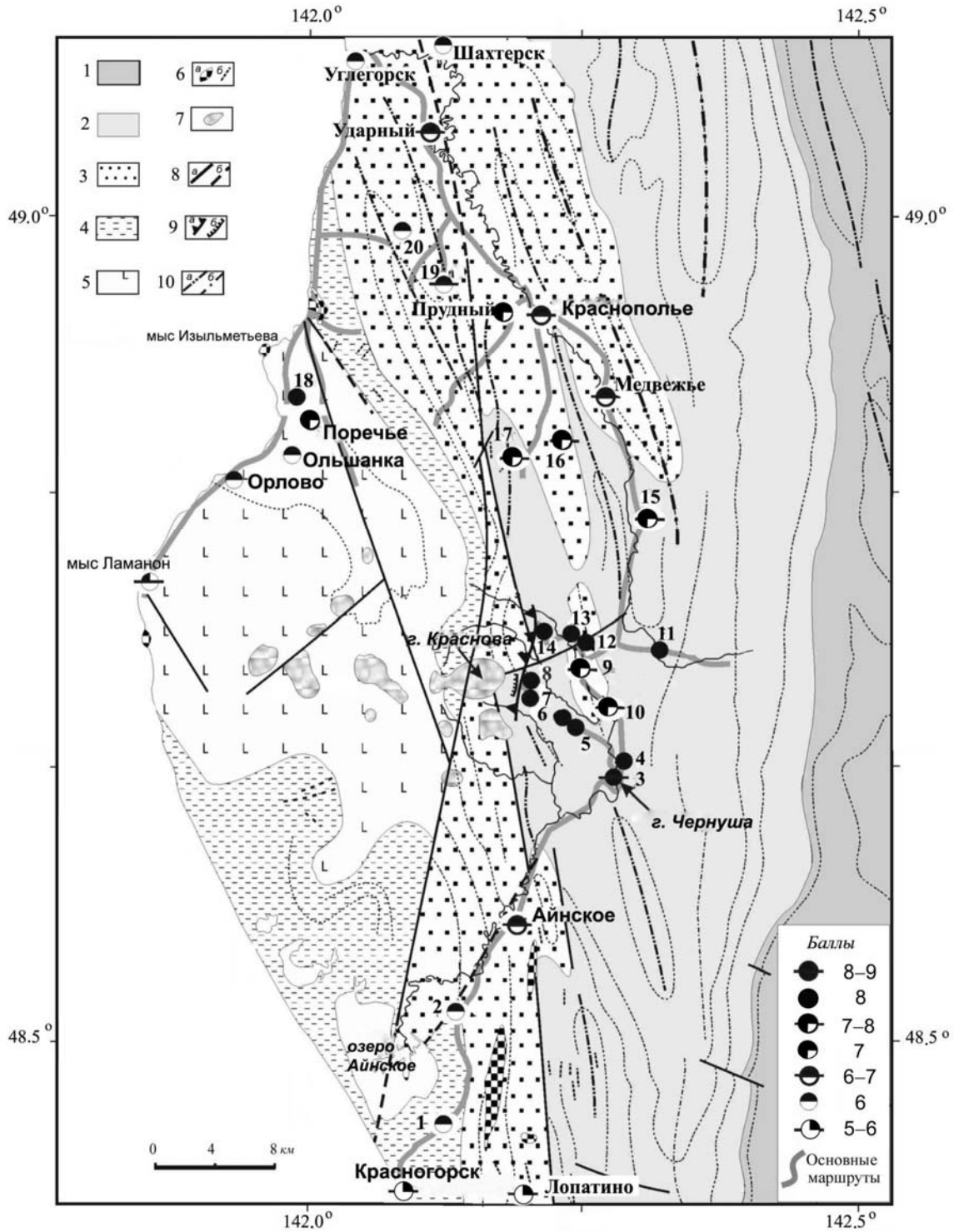
**Макросейсмические проявления.**

В процессе детального макросейсмического обследования плейстосейстовой области землетрясения был обнаружен сейсморазрыв (рис. 4). Это обстоятельство позволило однозначно решить вопрос о местоположении эпицентра и установить (выбрать из двух альтернативных) плоскость разрыва по геологическим данным. Положение эпицентра в пределах точности определения последнего совпадает с пространственным положением сейсморазрыва, а в качестве плоскостисместителя, судя по направлению бергштрихов (рис. 4), следует выбрать плоскость  $NP1$  субмеридионального простирания с падением на запад–северо-запад (рис. 2, табл. 3).



**Рис. 3.** Стереограммы механизма Углегорско-Айнского землетрясения по данным разных сейсмологических агентств (нижняя полусфера)

1 – нодальные линии; 2, 3 – оси главных напряжений сжатия и растяжения соответственно; зачернена область волн сжатия.



**Рис. 4.** Оценка макросейсмического эффекта по маршрутам детального исследования плейстосейстовой (ненаселенной) области Углегорско-Айнского землетрясения 4 августа 2000 г. (описание на следующей странице).

**Структурно-геологическая схема очаговой зоны землетрясения 4 августа 2000 г.**

Составлена **М.И. Стрельцовым** по [8, 9].

1 – верхний мел; 2 – палеоген; 3 – неоген; 4–5 – вулканогенные и вулканогенно-осадочные образования плиоцен-четвертичного возраста; 4 – маруямская свита; 5 – орловская свита; 6 – неогеновые и четвертичные интрузивные тела (а) и отдельные дайки (б), сложенные магматическими образованиями основного и среднего состава; 7 – четвертичные экструзии дацитов; 8 – разломы установленные (а), а также предполагаемые и скрытые под четвертичными отложениями (б); 9 – сейсмозброс (а) (штрихи – направление падения плоскости-смещителя) и вертикальный сейсмозброс (б) (штрихи направлены в сторону опущенного крыла); 10 – оси антиклиналей (а) и синклиналей (б). Стрелками указаны направления на вершины гор Краснова и Чернуша.

**Оценка макросейсмического эффекта по остаточным деформациям  
плейстоценовой области в баллах шкалы MSK-64 [10].**

Выполнена **Л. С. Оскорбиным**.

Числа 1, 2, ..., 20 – нумерация пунктов полевого обследования остаточных деформаций земной поверхности, из которых 1, 2 – трещины в полотне автомобильной дороги Красногорск–Углегорск; 3 – система сейсмотрещин и сейсморазрывов по северо-восточным склонам горы Чернуша и крупный обвал ее восточного склона; 4 – поврежденный железнодорожный мост через р. Айнская; 5–8 – система трещин на дороге к горе Краснова по водорозделу рек Айнская и Крутоярка; 9, 10–15 – поврежденные железобетонные мосты через реки Киевка (9), Стародвинская (10), Азовка (15); 11 – трещины субширотного простираения протяженностью 150–200 м и крупный оползень грунтовой дороги; 12–13 – крупные оползни крутого склона р. Стародвинской; 14 – несколько сейсмотрещин на дороге к горе Краснова вдоль р. Стародвинской; 16–17 – трещины отседания длиной около 50 м в правом борту р. Желтая (16) и р. Волчья (17); 18 – блоковый оползень в районе р. Покосная (стенка срыва  $\approx 1.5$  м, размер оползня – цирк с диаметром  $\approx 50$  м); 19 – оползень на отвале в сторону реки в районе угольного разреза «Никольское»; 20 – проседание бетонных оснований старой шахты в районе пос. Соболево.

Плейстоценовая область землетрясения практически не заселена, поэтому оценки макросейсмического эффекта выполнялись по остаточным деформациям в баллах шкалы MSK-64. Максимальные деформации наблюдались у подножья горы Чернуша (пункт 3 на рис. 4), где наблюдателями отмечены системы сейсмотрещин, сейсморазрывов, крупный обвал ее восточного склона. Таким образом, в целом оценки макроэффекта вдоль маршрутов исследования колеблются от 5–6 до 8–9 баллов (рис. 4).

Макросейсмические проявления Углегорско-Айнского землетрясения наблюдались на всей территории Сахалина и частично на восточном побережье Хабаровского края. Наибольшая интенсивность сотрясений проявилась в Углегорском районе: отмечены значительные повреждения жилых зданий, некоторые дома стали не пригодны для жилья [2]. На поверхности земли отмечены следующие явления: близ горы Краснова – сейсморазрывы; в районе горы Чернуша – трещины с величиной раскрытия 3–5 м, глубиной до 10 м; по берегам рек и в полотне шоссе дорог – многочисленные обвалы, микрооползни, трещины; в районе пос. Поречье и в междуречье рек Стародвинской, Айнской, Крутоярки – пучение и излияние на поверхность разжиженных супесей и суглинков; в верховьях рек Айнской и Крутоярки сломаны старые деревья. Изменилась [1] деятельность водогазовых вулканов Южного Сахалина: увеличилась частота подъема газовых пузырей в грифонах, появились трещины, грязевые потоки.

Подробные данные с описанием конкретных проявлений, ощущением очевидцев, оценкой степени повреждения зданий приведены в Приложении в конце статьи.

Карта пунктов-баллов по всей территории острова Сахалин и соседних областей Приамурья изображена на рис. 5. Отдельно (рис. 5а) в более крупном масштабе показан фрагмент этой карты для юга Сахалина с высокой плотностью населенных пунктов вдоль рек, но провести изосейсты из-за специфики формы острова не удалось.

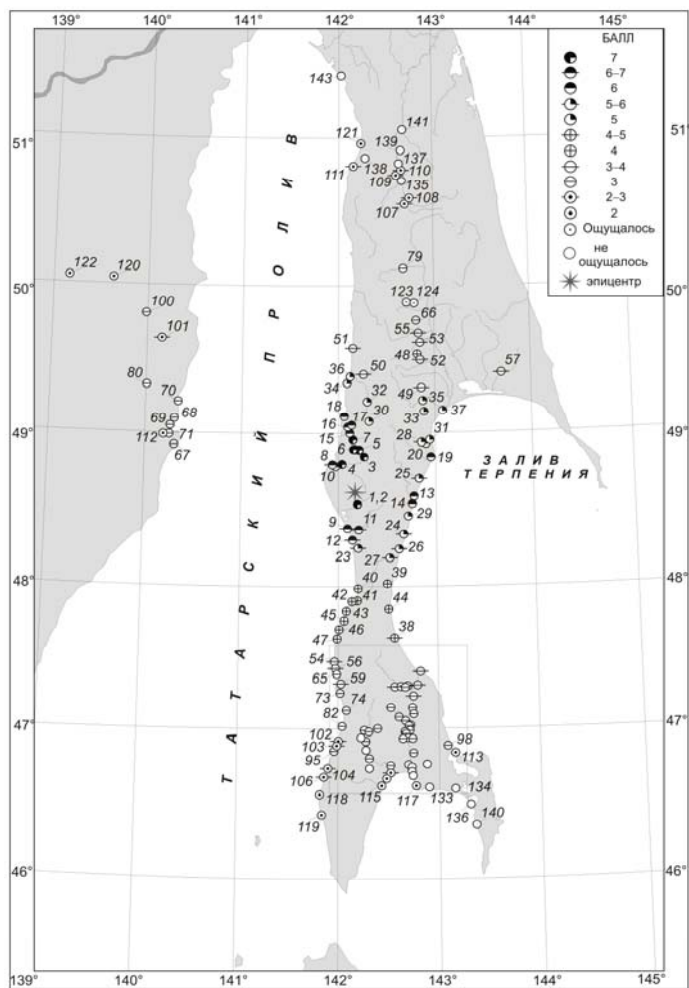


Рис. 5. Макросейсмический эффект Углегорско-Айнского землетрясения 2000 г. с  $M_S=7.0$

1 – интенсивность сотрясений в баллах по шкале MSK-64; 2 – инструментальный эпицентр.

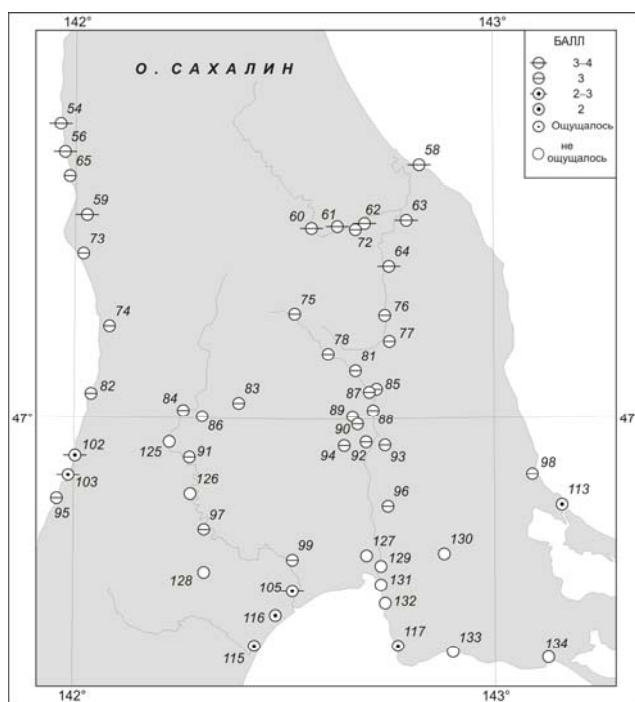
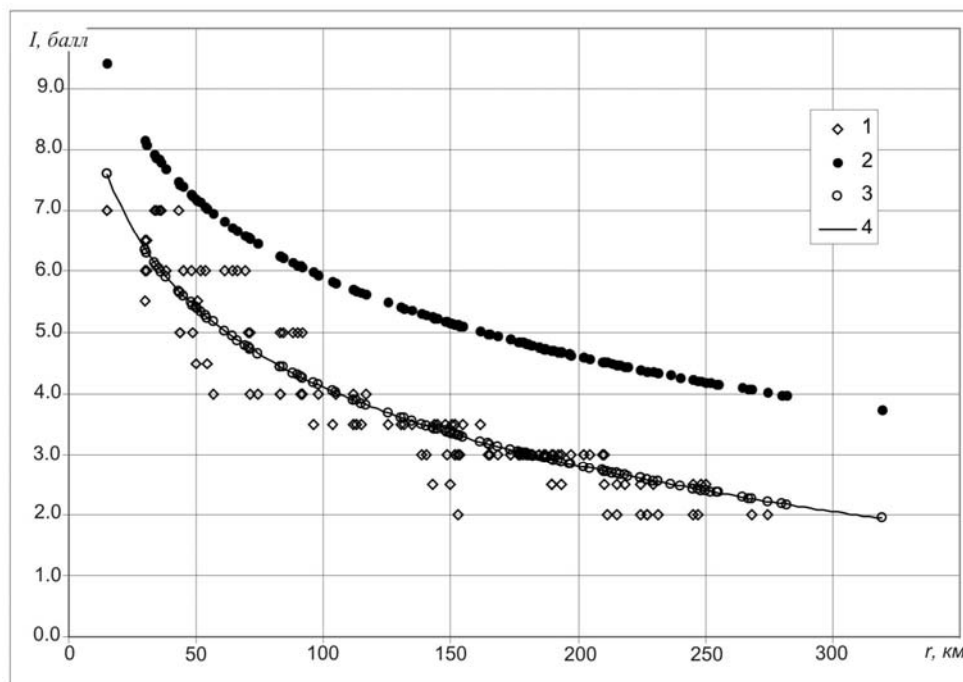


Рис. 5а. Карта-врезка к рис. 5

**Изучению уравнения макросейсмического поля** конкретно для Углегорско-Айнского землетрясения было уделено особое внимание, поскольку, с одной стороны, число обследованных пунктов достаточно велико и, с другой стороны, и это главное, было известно точное положение макросейсмического эпицентра из-за выхода на поверхность сейсморазрыва. Поэтому сомневаться в правильности определения  $\varphi$ ,  $\lambda$ ,  $h$  (другими словами – оценок расстояний  $r_i$ ) не приходится. График затухания макросейсмической интенсивности, приведенный на рис. 6, построен по данным Приложения.



**Рис. 6.** Затухание интенсивности сотрясений  $I$  (балл) от гипоцентрального расстояния  $r$  при Углегорско-Айнском (4) и Монеронском (2) землетрясениях

1 – наблюдаемые данные (см. Приложение); 2 – расчетные по [11]; 3 – средние значения  $I_i$  с шагом  $\delta I = 0.5$  балла; 4 – расчетная кривая.

Математическая обработка экспериментальных наблюдений выполнена Ю.Ю. Пермикиным. Искомое уравнение макросейсмического поля для Углегорско-Айнского землетрясения имеет вид:

$$I_i = 1.6 M - 4.3 \lg r_i + 1.5. \quad (1)$$

Значение свободного члена в этом уравнении меньше на 1.8, чем в уравнении из [11]

$$I_i = 1.6 M - 4.3 \lg r_i + 3.3, \quad (2)$$

полученном Л.С. Оскорбиным по натурным наблюдениям макросейсмических проявлений Монеронского землетрясения [12]. Как видно из рис. 6, расхождения между кривыми достигают 1.5–2.0 балла.

Таким образом приходится констатировать, что полученное конкретно для Углегорско-Айнского землетрясения уравнение макросейсмического поля (1) значительно отличается от средней зависимости (2) [11], принятой в качестве стандарта для Сахалина.

Произведем расчет  $I_0$  как по описанным выше уравнениям (1) и (2), так и по осредненному уравнению Н.В. Шебалина [13]:

$$I = 1.5 M - 3.5 \lg h + 3.0, \quad (3)$$

полагая  $M = MS = 7.0$ ,  $h = 13$  км. Результат выглядит следующим образом: по (1) –  $I_{01} = 7.9$ , по (2) –  $I_{02} = 9.7$ , по (3) –  $I_{03} = 9.6$  баллов. Из анализа всей совокупности макросейсмических данных как

наблюденных, так и расчетных, следует приписать значение  $I_0$  для Углегорско-Айнского землетрясения не ниже 8–9 баллов (ред.).

**Афтершоки** землетрясения в первые сутки локализовались по данным региональной и глобальной сетей. Через сутки в эпицентральной зоне Углегорско-Айнского землетрясения была развернута сеть автономных цифровых станций «Datamark» японского производства, записавшая около 2000 афтершоков [1]. Региональная сейсмическая сеть зарегистрировала до конца года 260 афтершоков, параметры которых приведены в табл. 5 в соответствии с региональным каталогом [3]. Большинство повторных толчков концентрировались в диапазоне магнитуд  $MLH=3\div 4$  (рис. 7). Распределение их по глубине двумерное –  $h=7\div 8$  км и  $h=10$  км. Наибольшие ошибки в оценке  $h$  отмечены в диапазоне глубин  $h<5$  км.

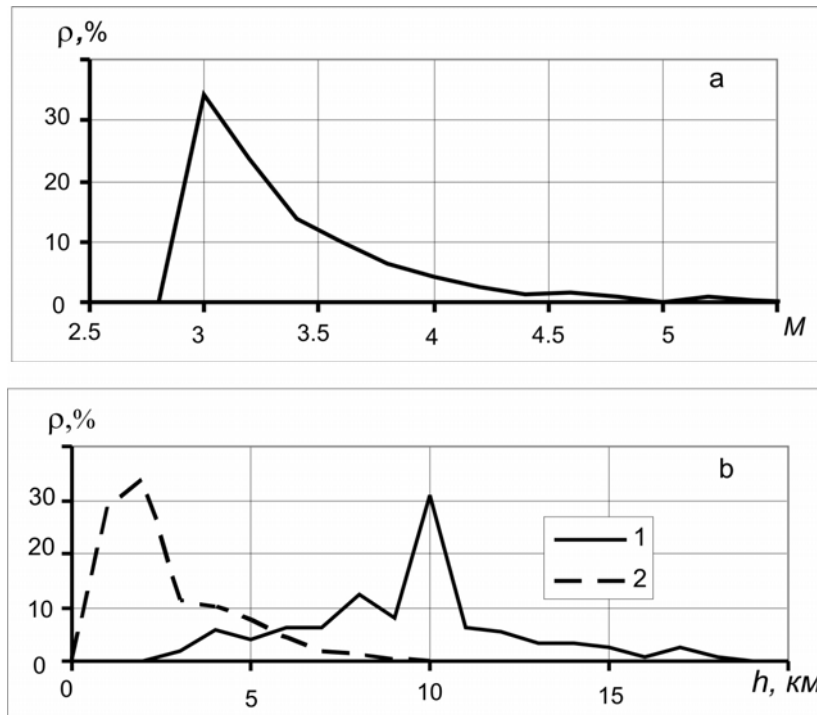


Рис. 7. Распределение афтершоков Углегорско-Айнского землетрясения по магнитуде  $MLH$  и глубине очага

а – распределение по магнитуде; б – распределение по  $h$  (1) и  $\delta h$  (2).

Таблица 5. Список афтершоков Углегорско-Айнского землетрясения

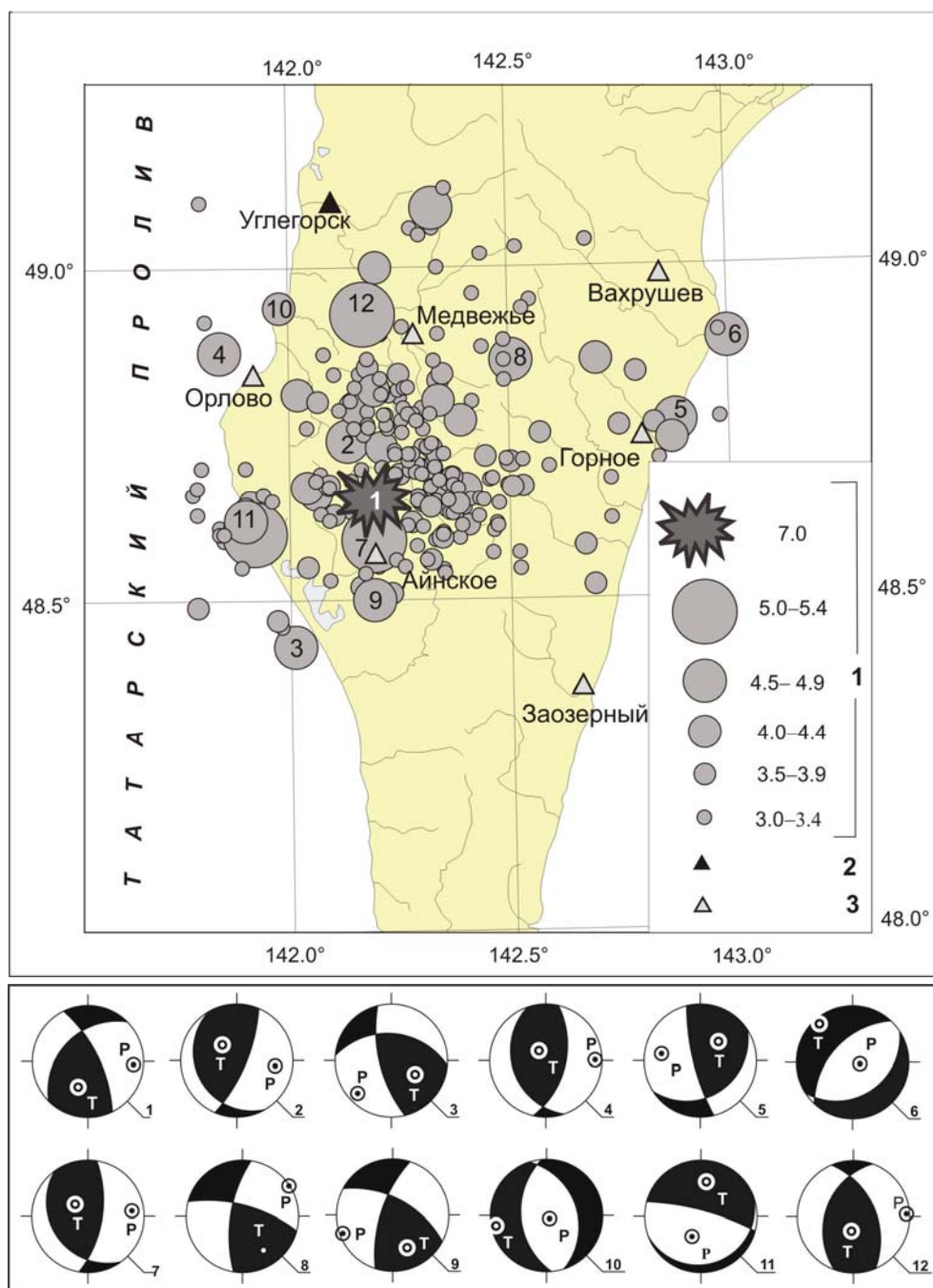
№	Дата,		$t_0$ , ч мин с	Эпицентр		$h$ , км	$M$	$K_C$ $K_P$
	д	м		$\varphi^\circ$ , N	$\lambda^\circ$ , E			
Основной толчок								
	04.08	21 13	01.1	48.64	142.18	13	7.0/4	
Афтершоки								
1	04.08	21 22	39.9	48.81	142.02	~10		10.3
2	04.08	21 29	26.0	48.74	142.15	~10		11.1
3	04.08	21 37	59.2	48.77	141.60	~10		8.4
4	04.08	21 45	32.0	48.61	141.84	~10		8.6
5	04.08	22 05	41.8	48.59	141.85	~10		7.8
6	04.08	22 11	10.8	48.73	142.21	9		9.6
7	04.08	22 14	09.4	48.69	142.07	15		7.9
8	04.08	22 18	59.3	48.49	141.79	~10		8.8
9	04.08	22 21	03.1	48.65	141.91	12		9.4
10	04.08	22 21	28.5	48.79	142.15	~10		9.8
11	04.08	22 27	03.2	48.61	141.92	12		9.9
12	04.08	22 28	57.0	48.60	141.84	9		8.3
13	04.08	22 31	47.5	48.83	142.34	~10		9.4
14	04.08	22 37	55.4	48.67	141.90	~10		7.3
15	04.08	23 17	55.3	48.94	142.12	8 (3.5)	$p_{10.3}$	10.3
16	04.08	23 18	54.5	48.70	142.59	10		8.0
17	04.08	23 32	21.4	48.73	141.75	7		7.5
18	04.08	23 54	33.5	48.66	141.78	~10		8.2
19	05.08	00 04	30.5	48.73	142.24	10 (3.4)	$p_{10.1}$	10.1
20	05.08	01 05	16.7	48.67	142.53	~10	4.0/2	8.8
21	05.08	01 13	20.7	48.43	142.01	10	4.8/10	10.3
22	05.08	01 42	27.1	48.80	141.72	10	4.7/1	9.6
23	05.08	02 05	28.5	48.70	142.21	4 (3.0)	$p_{9.4}$	9.4
24	05.08	02 16	43.6	48.65	142.32	4 (3.3)	$p_{9.9}$	9.9



№	Дата, д м	$t_0$ , ч мин с	Эпицентр		$h$ , км	$M$	$K_C$ $K_R$	№	Дата, д м	$t_0$ , ч мин с	Эпицентр		$h$ , км	$M$	$K_C$ $K_R$
			$\varphi^\circ$ , N	$\lambda^\circ$ , E							$\varphi^\circ$ , N	$\lambda^\circ$ , E			
25	05.08	02 35 19.6	48.68	142.34	8	(4.0)	p11.2	84	06.08	23 09 47.8	48.60	142.35	10	(3.0)	p9.4
26	05.08	03 09 05.9	48.66	142.06	5	(4.4)	p11.9	85	06.08	23 34 34.8	48.70	142.30	9	(3.3)	p9.9
27	05.08	03 13 55.8	48.84	142.16	5	(3.5)	p10.3	86	07.08	00 03 00.5	48.63	142.43	11	(3.5)	p10.3
28	05.08	04 25 54.0	48.64	142.48	4	(3.3)	p9.9	87	07.08	00 27 13.3	48.85	142.18	8	3.9/1	8.5
29	05.08	05 25 56.4	48.55	142.35	4	(3.3)	p9.9	88	07.08	02 31 38.5	48.69	142.31	14	(3.1)	p9.6
30	05.08	06 52 18.3	48.76	142.87	10	4.8/13	10.6	89	07.08	03 37 00.7	48.70	142.31	12	(3.9)	p11.0
31	05.08	07 06 00.7	48.61	142.41	8	(3.7)	p10.7	90	07.08	04 18 15.3	48.78	142.18	11	(3.2)	p9.8
32	05.08	07 10 02.9	48.80	142.07	10	(3.6)	p10.5	91	07.08	05 10 57.6	48.76	142.18	7	(3.2)	p9.8
33	05.08	07 22 37.4	48.68	142.22	8	(3.3)	p9.9	92	07.08	05 14 38.5	48.55	142.20	10		8.0
34	05.08	07 32 58.5	48.76	142.83	5	(3.6)	p10.5	93	07.08	06 11 33.3	48.73	142.15	10	(3.0)	p9.4
35	05.08	07 37 33.7	48.59	142.21	8	(3.2)	p9.8	94	07.08	06 21 20.6	48.70	142.27	11	(3.2)	p9.8
36	05.08	08 03 44.0	48.64	142.14	8	(3.6)	p10.5	95	07.08	06 51 14.1	48.65	142.30	12	(3.1)	p9.6
37	05.08	08 50 10.0	48.70	142.16	8	(3.4)	p10.1	96	07.08	08 53 45.1	48.67	142.34	12	(3.1)	p9.6
38	05.08	08 55 12.3	48.59	142.39	8	(3.4)	p10.1	97	07.08	08 56 34.8	48.77	142.39	15	4.3/6	9.1
39	05.08	10 35 18.4	48.55	142.52	8	(3.2)	p9.8	98	07.08	09 12 04.3	48.76	142.75	10	4.0/3	9.0
40	05.08	11 02 31.6	48.64	142.40	8	(3.0)	p9.4	99	07.08	09 47 29.2	48.70	142.32	12	(3.6)	p10.5
41	05.08	11 25 20.3	48.66	142.40	5	(3.4)	p10.1	100	07.08	11 20 20.0	48.82	142.19	8	(4.1)	p11.4
42	05.08	11 48 52.1	48.60	142.46	8	(3.5)	p10.3	101	07.08	12 01 56.1	48.66	141.94	9		8.1
43	05.08	12 00 12.7	48.79	142.30	8	(3.5)	p10.3	102	07.08	12 15 46.3	48.70	142.30	12	(3.1)	p9.6
44	05.08	12 50 03.5	48.67	142.04	10	4.2/5	9.2	103	07.08	13 06 43.4	48.65	142.30	9	(3.1)	p9.6
45	05.08	12 55 04.3	48.65	142.32	8	(3.2)	p9.8	104	07.08	13 48 40.4	48.70	142.21	~10		8.0
46	05.08	14 14 42.1	48.64	142.35	8	(3.3)	p9.9	105	07.08	14 05 06.2	48.63	142.10	6	(3.6)	p10.5
47	05.08	14 22 54.3	48.64	142.31	4	(3.3)	p9.9	106	07.08	14 06 09.8	48.73	142.30	9	(3.2)	p9.8
48	05.08	15 15 35.9	48.67	142.09	6	(3.8)	p10.8	107	07.08	14 25 43.8	48.63	142.35	16	(3.2)	p9.8
49	05.08	15 31 28.4	48.71	142.50	4	(3.7)	p10.7	108	07.08	14 34 44.1	48.70	142.29	3	(3.2)	p9.8
50	05.08	15 41 31.1	48.80	142.42	8	(3.5)	p10.3	109	07.08	14 54 52.3	48.86	142.70	7	4.1/1	8.9
51	05.08	16 44 23.4	48.69	142.25	10	3.8/2	8.6	110	07.08	15 18 33.6	48.72	142.33	13	(3.1)	p9.6
52	05.08	17 13 26.4	48.66	142.31	5	(3.4)	p10.1	111	07.08	15 41 19.3	48.84	142.10	8	(3.4)	p10.1
53	05.08	18 04 33.1	48.56	142.32	18	3.9/2	9.0	112	07.08	16 24 16.7	48.68	142.36	14	(3.4)	p10.1
54	06.08	00 10 38.0	48.59	142.33	13	3.1/1	8.7	113	07.08	17 39 37.3	48.70	142.29	14	(3.0)	p9.4
55	06.08	01 35 42.7	48.67	142.50	4	(3.5)	p10.3	114	07.08	19 01 56.6	48.61	142.27	14	(3.0)	p9.4
56	06.08	05 16 52.6	48.72	142.45	7	(3.8)	p10.8	115	07.08	20 27 31.6	48.61	142.30	12	(3.2)	p9.8
57	06.08	07 07 31.1	48.73	142.32	12	(4.0)	p11.2	116	07.08	22 15 57.7	48.76	142.15	6	(3.1)	p9.6
58	06.08	07 54 32.6	48.60	141.92	15	5.4/1	9.6	117	07.08	22 56 05.3	48.84	142.25	10	3.9/1	8.5
59	06.08	08 00 20.5	48.67	142.40	10	(4.1)	p11.4	118	08.08	00 39 24.7	48.65	142.33	11	(3.5)	p10.3
60	06.08	09 14 40.2	48.70	142.32	11	(3.2)	p9.8	119	08.08	01 40 19.5	48.73	142.31	6	(3.1)	p9.6
61	06.08	09 17 03.7	48.65	142.30	9	(3.9)	p11.0	120	08.08	01 54 45.5	48.58	142.29	12	(3.3)	p9.9
62	06.08	09 48 52.4	48.80	142.25	8	(3.1)	p9.6	121	08.08	03 10 21.7	48.63	142.36	17	(3.0)	p9.4
63	06.08	09 53 06.0	48.64	142.37	11	(3.1)	p9.6	122	08.08	03 12 55.2	48.61	142.39	12	(3.0)	p9.4
64	06.08	11 15 42.5	48.68	142.34	21	(3.3)	p9.9	123	08.08	05 14 34.6	48.69	142.29	3	(3.3)	p9.9
65	06.08	11 18 53.5	48.79	142.11	17	(3.4)	p10.1	124	08.08	09 34 38.1	48.76	142.30	7	(3.0)	p9.4
66	06.08	13 05 02.9	48.89	143.00	10	4.7/7	9.8	125	08.08	10 42 15.5	48.52	142.69	9	3.6/1	8.6
67	06.08	13 15 49.8	48.67	142.34	17	(3.2)	p9.8	126	08.08	11 09 10.9	48.69	142.37	3	(3.0)	p9.4
68	06.08	13 29 11.4	48.76	142.22	11	(3.0)	p9.4	127	08.08	11 51 35.8	48.78	142.28	7	(3.1)	p9.6
69	06.08	13 38 52.1	48.77	142.25	13	(3.4)	p10.1	128	08.08	12 29 42.5	48.65	142.41	5	(3.0)	p9.4
70	06.08	14 19 03.7	48.81	142.20	7	(3.0)	p9.4	129	08.08	14 00 59.4	48.82	142.26	6	(3.3)	p9.9
71	06.08	15 07 09.4	48.68	142.37	8	(3.9)	p11.0	130	08.08	15 34 23.1	48.74	142.32	6	(3.3)	p9.9
72	06.08	15 39 15.1	48.81	142.23	10	(3.0)	p9.4	131	08.08	17 16 32.3	48.66	142.29	8	(3.2)	p9.8
73	06.08	16 11 30.9	48.62	142.28	14	(3.6)	p10.5	132	08.08	19 29 07.4	48.59	142.16	~10		7.7
74	06.08	16 46 19.7	48.62	142.27	15	(3.0)	p9.4	133	08.08	19 36 34.1	48.64	142.19	5	(3.2)	p9.8
75	06.08	17 15 08.4	48.71	142.27	14	(3.1)	p9.6	134	08.08	22 24 59.6	48.67	142.37	7	(3.3)	p9.9
76	06.08	17 18 26.0	48.68	142.45	10	(3.3)	p9.9	135	09.08	00 44 43.1	48.76	142.22	4	(3.4)	p10.1
77	06.08	17 42 15.0	48.82	142.25	7	(3.0)	p9.4	136	09.08	04 25 54.6	48.67	142.38	6	(3.4)	p10.1
78	06.08	18 14 01.4	48.67	142.33	17	(3.3)	p9.9	137	09.08	05 12 06.9	48.71	142.49	8	(3.4)	p10.1
79	06.08	19 07 06.7	48.63	142.18	10	(4.2)	p11.6	138	09.08	06 38 55.6	48.68	142.46	8	(3.3)	p9.9
80	06.08	19 09 43.8	48.75	142.17	10	(3.4)	p10.1	139	09.08	06 45 57.2	48.78	142.22	6	(3.3)	p9.9
81	06.08	19 12 37.3	48.75	142.26	11	(3.3)	p9.9	140	09.08	07 00 44.1	48.83	142.21	4	(3.2)	p9.8
82	06.08	21 28 54.7	48.79	142.26	8	(3.0)	p9.4	141	09.08	07 44 11.2	48.69	142.24	10	(3.1)	p9.6
83	06.08	23 01 25.1	48.68	142.32	17	(3.1)	p9.6	142	09.08	07 46 15.9	48.63	142.37	11	(3.1)	p9.6

№	Дата, д м	$t_0$ , ч мин с	Эпицентр		$h$ , км	$M$	$K_C$ $K_P$	№	Дата, д м	$t_0$ , ч мин с	Эпицентр		$h$ , км	$M$	$K_C$ $K_P$
			$\varphi^\circ, N$	$\lambda^\circ, E$							$\varphi^\circ, N$	$\lambda^\circ, E$			
143	09.08	07 48 51.7	48.69	142.30	10	(3.0)	$p9.4$	202	04.09	07 27 09.5	48.80	142.14	10		7.7
144	09.08	07 55 15.9	48.65	142.29	4	(3.1)	$p9.6$	203	04.09	22 55 37.6	48.63	142.07	10		7.6
145	09.08	09 25 52.8	48.72	142.28	16	(3.3)	$p9.9$	204	05.09	16 34 09.5	48.86	142.33	10		8.0
146	09.08	09 50 41.5	48.71	142.27	10	(3.0)	$p9.4$	205	09.09	19 38 50.2	48.77	142.98	10		7.7
147	09.08	14 13 01.8	48.59	142.35	9	(3.7)	$p10.7$	206	12.09	08 03 39.7	48.89	142.49	~10		8.1
148	09.08	17 47 54.5	48.67	142.32	18	(3.1)	$p9.6$	207	13.09	11 42 01.6	48.71	142.53	10		7.6
149	09.08	20 01 40.9	48.77	142.29	5	(3.1)	$p9.6$	208	15.09	10 10 21.6	48.56	142.31	10	3.1/1	8.7
150	09.08	20 37 37.2	48.77	142.23	4	(2.4)	$p8.3$	209	23.09	17 15 14.2	48.50	142.19	10	4.7/9	10.5
151	09.08	23 37 38.6	48.72	142.27	13	(3.1)	$p9.6$	210	23.09	17 33 21.7	48.55	142.26	~10	3.0/1	8.7
152	09.08	23 38 36.2	48.55	142.04	8	(3.9)	$p11.0$	211	24.09	05 59 57.9	48.54	142.17	10		7.7
153	10.08	07 07 08.6	48.59	142.19	12	5.3/7	11.4	212	24.09	20 23 20.2	48.58	142.67	15	3.8/1	8.3
154	10.08	15 15 17.8	48.67	142.51	9	(3.6)	$p10.5$	213	25.09	22 35 00.9	48.46	141.98	~10		7.6
155	12.08	10 57 39.0	48.12	142.59	17	(3.6)	$p10.5$	214	28.09	12 12 14.4	48.94	141.98	10	4.5/5	9.8
156	13.08	03 04 21.8	48.51	142.23	10	3.8/4	8.8	215	29.09	16 58 01.3	48.64	141.90	13	3.8/1	8.6
157	13.08	04 29 35.9	48.64	142.38	9	(3.6)	$p10.5$	216	03.10	15 26 54.9	48.62	142.09	6	3.4/1	8.3
158	13.08	10 48 13.3	48.70	141.80	11	3.0/2	8.1	217	05.10	19 28 04.1	48.79	141.70	10		7.9
159	14.08	00 15 55.6	48.65	142.43	8	(3.4)	$p10.1$	218	06.10	23 49 46.6	48.76	142.04	6		7.9
160	14.08	12 43 37.3	48.56	142.24	10		8.2	219	07.10	11 55 24.1	48.62	141.90	~14	4.7/13	10.9
161	15.08	02 09 49.8	49.83	142.78	7	3.9/3	9.2	220	11.10	20 00 45.8	49.02	142.44	5		7.7
162	17.08	10 06 05.6	48.57	142.52	~10		7.6	221	12.10	21 27 22.4	48.86	142.49	10		7.6
163	17.08	12 56 46.4	48.88	142.44	~10		7.9	222	12.10	21 40 35.8	48.87	142.08	11		7.9
164	17.08	15 49 15.4	48.67	142.09	~10		7.8	223	16.10	04 43 34.7	48.67	142.44	5		7.0
165	18.08	04 34 44.0	48.82	142.27	4	(3.1)	$p9.6$	224	18.10	00 29 02.9	48.47	141.97	10		8.7
166	18.08	10 14 37.2	48.80	142.34	10	4.5/4	9.9	225	23.10	20 12 28.0	48.52	142.30	10		7.4
167	18.08	16 58 52.9	48.65	141.96	10		8.4	226	25.10	04 12 58.8	48.73	142.35	~10		7.5
168	18.08	21 44 50.4	48.78	142.27	4	(3.0)	$p9.4$	227	25.10	23 14 18.2	48.68	142.73	9		7.7
169	19.08	01 29 25.2	48.52	142.16	10	3.9/5	9.4	228	28.10	09 41 23.7	48.82	142.15	7		8.1
170	19.08	06 39 13.1	48.57	142.46	11		7.6	229	28.10	11 01 59.5	48.90	142.21	15		7.8
171	19.08	14 34 12.0	48.74	142.87	~10	4.2/7	9.4	230	05.11	06 10 49.2	48.62	142.87	7		8.0
172	21.08	19 37 34.2	48.61	142.47	9	(3.0)	$p9.4$	231	10.11	05 20 05.6	48.67	141.79	10		7.8
173	22.08	08 39 43.5	48.53	142.09	10		7.7	232	12.11	14 06 38.1	48.67	141.08	10		6.4
174	22.08	15 42 53.3	48.61	142.47	9	(3.0)	$p9.4$	233	13.11	04 07 13.2	48.60	141.85	10		8.0
175	23.08	00 42 55.5	48.75	142.57	~10	3.7/4	8.6	234	16.11	03 40 09.4	48.93	142.17	13	5.2/5	11.3
176	23.08	04 05 28.1	49.03	142.52	10		8.3	235	16.11	04 21 28.4	48.96	142.42	10		7.4
177	23.08	07 42 39.4	48.71	142.84	9		8.0	236	16.11	04 34 34.6	49.06	142.33	11		8.5
178	23.08	10 33 58.1	48.68	142.06	~10	3.4/2	8.5	237	16.11	04 42 07.4	48.96	142.42	10		7.6
179	23.08	23 25 55.9	48.90	142.27	10		7.8	238	16.11	04 57 50.7	48.93	142.52	10		7.9
180	24.08	04 04 28.5	48.60	142.35	10	(3.2)	$p9.8$	239	16.11	07 21 41.8	49.10	141.80	9		7.8
181	24.08	09 56 48.8	48.81	142.21	3	(3.0)	$p9.4$	240	16.11	08 46 38.4	49.19	141.75	11		8.0
182	24.08	12 26 20.2	48.62	142.73	7		8.0	241	16.11	08 59 52.8	49.06	142.28	10		8.1
183	25.08	00 02 37.6	48.92	141.81	10		8.2	242	16.11	10 54 37.3	49.10	141.73	10		8.1
184	25.08	05 59 23.8	48.95	142.55	6		8.1	243	16.11	10 58 58.8	48.80	141.61	7		7.5
185	25.08	07 02 45.6	48.72	142.35	10	3.5/1	8.2	244	16.11	13 43 23.7	49.09	142.33	10	4.7/3	8.9
186	25.08	11 19 35.7	48.68	142.14	6		7.6	245	16.11	15 41 57.3	48.98	141.77	10		7.8
187	25.08	14 19 08.6	48.84	142.35	~10		8.7	246	16.11	21 11 11.2	49.04	141.70	10		7.6
188	25.08	14 26 15.4	48.63	141.79	10		7.8	247	17.11	10 05 33.6	49.07	141.76	10		8.0
189	27.08	00 21 34.9	48.78	142.32	9		7.7	248	17.11	14 24 55.7	48.59	141.99	~10		7.5
190	27.08	05 20 45.8	48.72	142.24	4	(3.1)	$p9.6$	249	18.11	10 18 04.2	49.12	142.36	10		7.6
191	27.08	05 28 58.6	49.00	142.34	~10		8.0	250	18.11	16 46 16.9	48.70	141.90	7		7.8
192	28.08	14 33 27.7	48.70	142.33	8	(3.0)	$p9.4$	251	19.11	18 12 15.8	48.55	141.89	~12		7.6
193	28.08	23 38 21.5	48.68	142.34	10	(3.5)	$p10.3$	252	20.11	01 41 41.8	48.81	141.66	10		7.4
194	29.08	07 51 36.4	48.65	142.36	10	(3.4)	$p10.1$	253	20.11	18 06 24.5	48.79	141.82	~10		7.5
195	29.08	13 18 19.2	48.86	142.18	10	(3.2)	$p9.8$	254	02.12	22 35 24.7	49.13	141.68	8		7.9
196	29.08	21 24 51.7	48.77	142.29	6	(3.3)	$p9.9$	255	04.12	18 00 46.3	48.76	142.18	11		8.0
197	30.08	04 14 11.5	48.65	142.44	10		7.9	256	08.12	15 15 00.4	48.86	141.83	10	4.0/1	8.4
198	30.08	06 58 36.1	48.84	142.79	9	3.6/1	8.0	257	13.12	23 33 41.1	48.64	142.32	10		8.8
199	30.08	15 06 18.0	48.86	142.50	~10	4.6/11	10.6	258	16.12	09 14 11.3	48.90	142.98	7		8.0
200	01.09	21 23 15.7	48.54	142.35	10		8.6	259	20.12	17 28 19.4	48.83	142.49	6		8.1
201	04.09	02 43 52.6	49.04	142.68	10		7.6	260	28.12	01 20 16.3	48.90	142.34	10		7.6

Максимальный ( $MLH=5.4$ ) афтершок произошел 6 августа в  $07^h54^m$  вблизи юго-западной границы его очаговой области, контактирующей с Татарским проливом. Глубина его очага  $h=15\pm 2$  км определена по фазам, отраженным вблизи эпицентра. Карта эпицентров всех афтершоков приведена на рис. 8.



**Рис. 8.** Карта эпицентров афтершоков Углегорско-Айнского землетрясения за период с 4 августа по 31 декабря 2000 г. и стереограммы механизмов очагов (для №№ 1–12) в проекции нижней полусферы

1 – магнитуа  $MLH$ ; 2, 3 – сейсмическая станция, региональная и локальная соответственно.

Как видим, сильные афтершоки 2–5, 7, 12 произошли на окраинах очаговой области или вблизи главного толчка (рис. 8). Названные афтершоки унаследовали от основного события и характер сейсмодислокаций – взброс. Окраинные афтершоки характеризовались подвижками типа сброса (6, 10), либо поддвига (11). Отмечены также два очага с дислокациями типа сдвига (8, 9) (табл. 6).

**Таблица 6.** Основные сейсмодислокации, реализовавшиеся при основном толчке и его наиболее сильных афтершоках

№	Дата, д м	$t_0$ , ч мин с	$h$ , км	$MLH$	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Тип подвижки
					$T$		$N$		$P$		$NP1$			$NP2$			
					$PL$	$AZM$	$PL$	$AZM$	$PL$	$AZM$	$STK$	$DP$	$SLIP$	$STK$	$DP$	$SLIP$	
Основной толчок																	
1	04.08	21 13 04.0	13	6.9	67	188	23	355	05	87	200	45	123	337	54	61	Взброс
Афтершоки																	
2	04.08	21 29 26.0	10	$K_c=11.1$	56	317	18	198	28	98	23	75	109	150	24	39	Взброс
3	05.08	01 13 20.7	10	4.8	46	120	41	329	15	226	166	71	133	275	47	27	Взброс
4	05.08	01 42 27.1	10	4.7	71	325	15	183	11	89	13	58	108	161	36	63	Взброс
5	05.08	06 52 18.3	10	4.8	48	44	29	173	27	280	57	32	158	166	79	60	Взброс
6	06.08	13 05 02.9	10	4.7	09	319	07	228	78	101	57	36	-78	223	55	-99	Сброс
7	10.08	07 07 08.6	12	5.3	62	313	20	180	19	83	09	67	111	144	31	50	Взброс
8	30.08	15 06 18.0	10	4.6	26	148	64	325	01	57	189	71	161	285	72	20	Сдвиг
9	23.09	17 15 14.2	10	4.7	33	156	56	348	05	250	198	71	151	298	63	21	Сдвиг
10	28.09	12 12 14.4	10	4.5	04	259	06	349	83	136	175	49	-82	342	41	-99	Сброс
11	07.10	11 55 24.1	14	4.7	34	09	07	104	55	204	285	80	-83	69	13	-126	Подвиг
12	16.11	03 40 09.4	13	5.2	67	188	23	355	05	87	200	45	123	337	54	61	Взброс

Примечание. Классификация по типу сейсмодислокаций осуществлялась по величине угла наклона к горизонту оси промежуточного напряжения и нодальных плоскостей: сдвиги –  $PL \geq 45^\circ$ ; сбросы и взбросы –  $PL < 45^\circ$ ,  $20^\circ < DP1$ ,  $DP2 < 70^\circ$ ; пологие надвиги и подвиги (взрезы) –  $PL < 45^\circ$ ,  $DP1 \geq 70^\circ$ ,  $DP2 < 20^\circ$ .

**Структурно-тектоническую позицию** Углегорско-Айнского землетрясения определяют три основных орографических элемента (рис. 9): Западно-Сахалинские горы (представленные Камышовым хребтом); Углегорско-Айнское плато вблизи западной границы Камышового хребта; Ламанонский вулканический массив, отделенный от плато одной из главных ветвей Западно-Сахалинского разлома.

Вертикальный разрез плейстосейстовой области (рис. 10) и анализ распределения  $h$  и  $\delta h$  (рис. 11) показал, что отмечаются некоторые различия в положении сейсмогенерирующих границ в названных орографических элементах: для Ламанонского массива и Углегорско-Айнского плато значимы границы 7 и 10 км, для Камышового хребта – 5, 7 и 10 км. Максимальные ошибки в оценках  $h$  наблюдаются в интервале глубин до 5 км.

Важно отметить, что в очагах землетрясений, тяготеющих к упомянутому выше разлому, отмечаются повсеместно взбросовые, реже – сдвиговые дислокации (1–3, 7, 9, 12 на рис. 9). Рабочие плоскости-сместители, аналогичные установленной для главного толчка, в большинстве своем ориентированы на северо–северо-запад, по ним происходят правосторонние сдвиговые подвижки (1, 3, 9, 12). Вблизи главного толчка в очагах (2, 7) отмечены встречные движения, компенсирующие движения в очаге главного толчка (1).

Таким образом, по данным о механизмах, большинство очагов землетрясений в плейстосейстовой области находилось под воздействием субширотных сжимающих напряжений. Суммарное движение происходило здесь по Западно-Сахалинскому разлому – границе между Ламанонским вулканическим массивом и Углегорско-Айнским плато, при этом западная ее часть (Ламанонский массив) поднялась и сдвинулась на северо–северо-восток.

**Сильные землетрясения прошлых лет** в описываемой зоне рассмотрим в заключение на основе данных, представленных в табл. 7. На уровне ( $M_w$ )>5 таких землетрясений за период 1924–2000 гг. всего шесть, при этом четыре из них (2–4, 6) реализовались вне острова (рис. 12), в Татарском проливе, и только два – на суше. Все землетрясения в пределах острова, включая Углегорско-Айнское, характеризуются более высоким уровнем магнитуд –  $M_w=6.7, 7.0, 6.9$  (1, 5, 7). Рассматривая положение всех эпицентров на рис. 12 и время возникновения землетрясений, достаточно сложно говорить о направленной миграции сильных землетрясений региона, тем не менее особый интерес представляет тот факт, что Углегорско-Айнское землетрясение 2000 г. локализовано значительно южнее всех предшествующих событий.

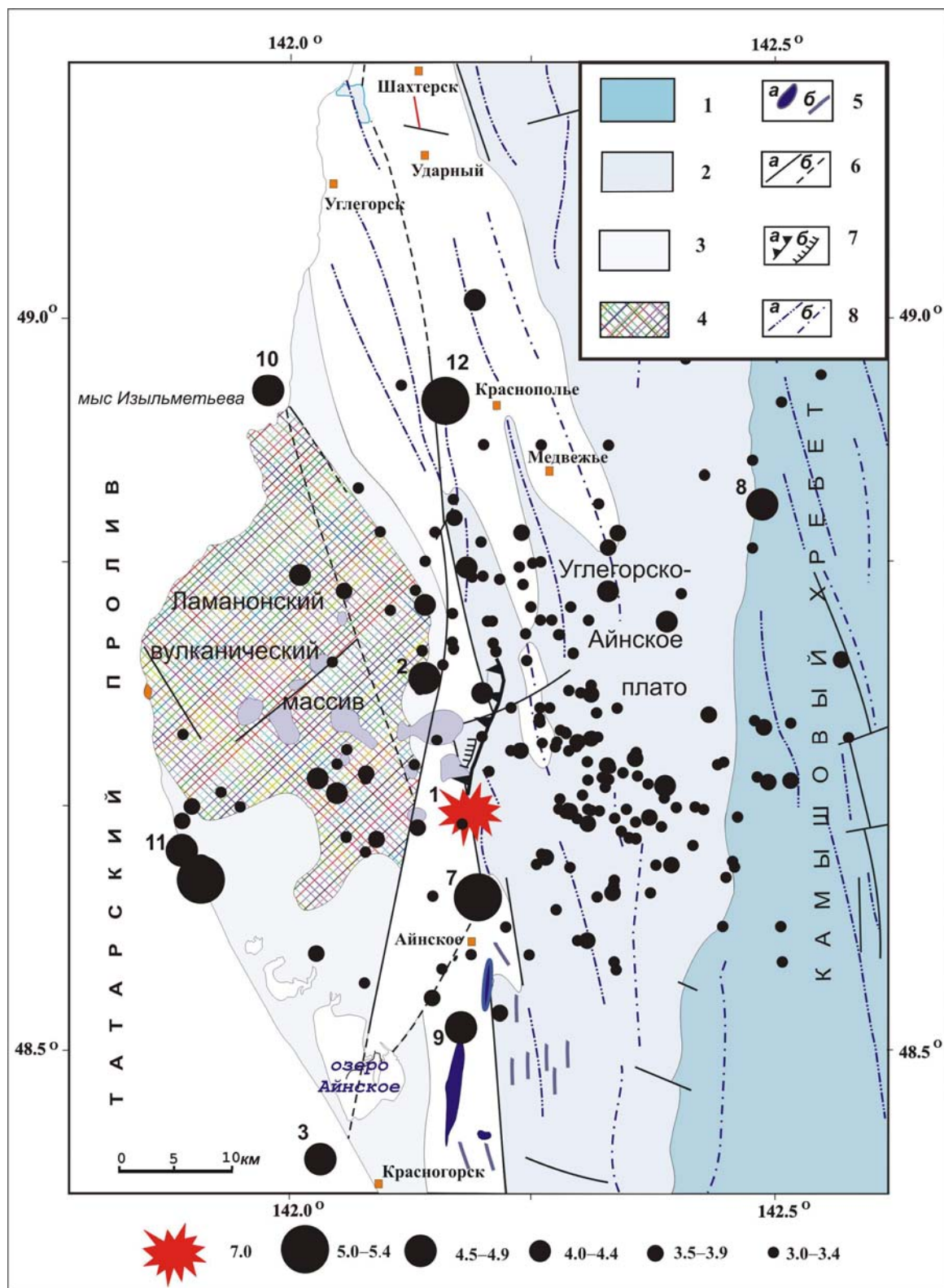


Рис. 9. Геолого-тектоническая позиция очаговой области Углегорско-Айнского землетрясения

1 – верхний мел; 2 – палеоген; 3 – неоген; 4 – вулканогенные и вулканогенно-осадочные образования плиоцен-четвертичного возраста; 5 – неогеновые и четвертичные интрузивные тела (а) и отдельные дайки (б), сложенные магматическими образованиями основного и среднего состава; 6 – разломы установленные (а), а также предполагаемые и скрытые под четвертичными отложениями (б); 7 – сейсмозброс (а), бергштрихи – направление падения плоскости сместителя; вертикальный сейсмозброс (б), штрихи направлены в сторону опущенного крыла; 8 – оси антиклиналей (а) и синклиналей (б). Номера землетрясений соответствуют таковым в графе 1 табл. 7.

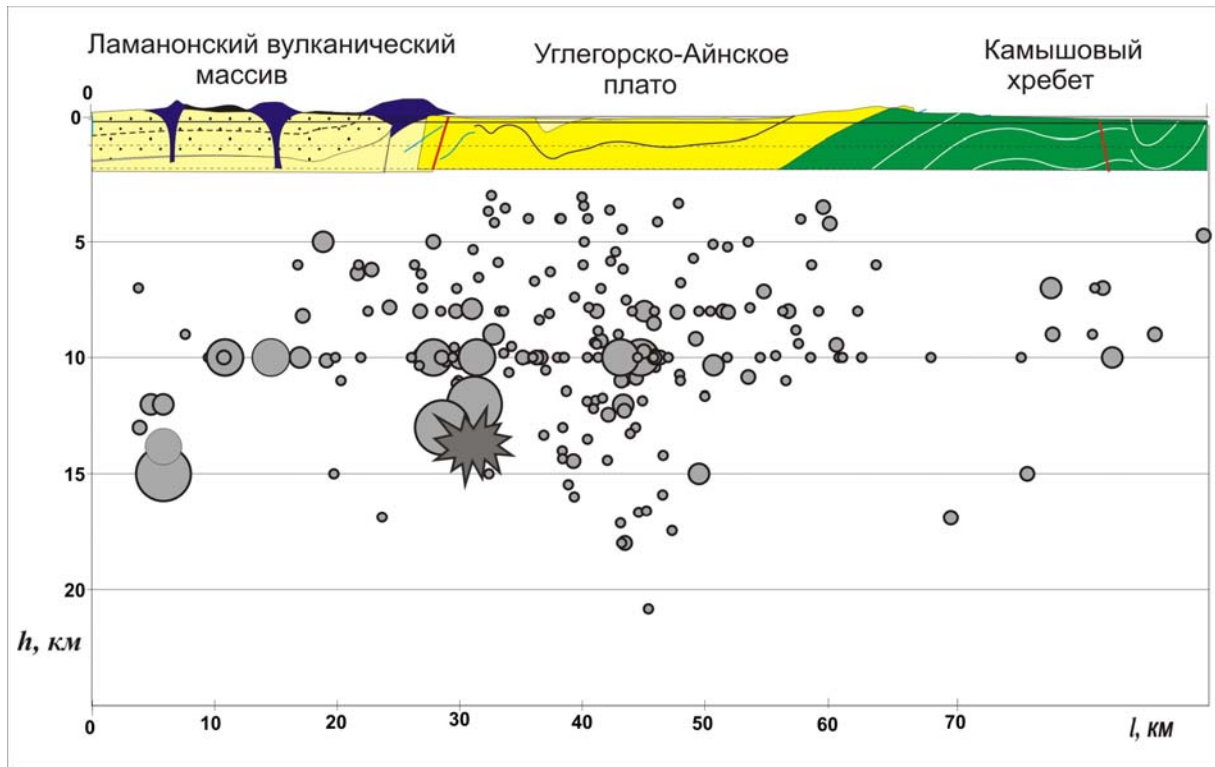


Рис. 10. Вертикальный разрез плейстосейстовой области вкострости основных структурных элементов

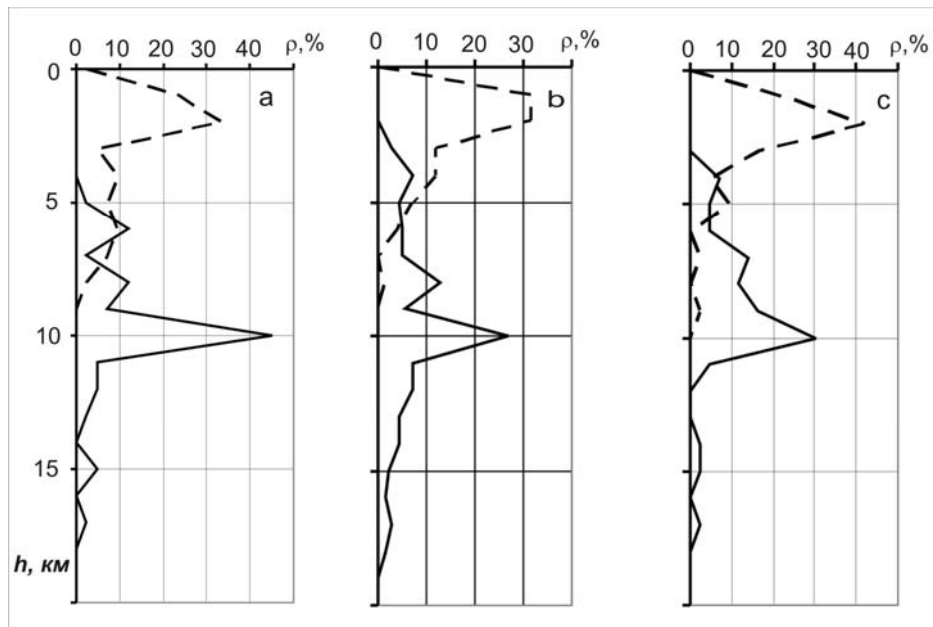


Рис. 11. Распределение глубин очагов  $h$  (сплошная линия) и стандартной ошибки  $\delta h$  ее определения под основными структурными элементами, вмещающими очаговую область Углергорско-Айнского землетрясения: Ламанонский вулканический массив (а), Углергорско-Айнское плато (б) Камышовый хребет (с)

Карта их эпицентров изображена на рис. 12. Как видим, Углергорско-Айнское землетрясение по величине сравнимо с землетрясением 1924 г., но расположено южнее всех наиболее известных ощутимых землетрясений этого района.

Таблица 7. Землетрясения исследуемой зоны за период 1924–2000 гг.

Дата, д м год	$t_0$ , ч мин с $\pm \delta t_0, с$	Эпицентр		$h$ , км $\pm \delta h$	$M$ $\pm \delta M$	$I_0$ , баллы $\pm \delta I_0$	$(M_w)$ , расч.	Примечания	Источник
		$\varphi^\circ, N$ $\pm \delta \varphi^\circ$	$\lambda^\circ, E$ $\pm \delta \lambda^\circ$						
15.03.1924	10 31 21 $\pm 0.42$	49.15 $\pm 0.21$	142.29 $\pm 0.29$	15 $\pm 4$	6.8 <i>MLH</i>	9 $\pm 0.5$	6.7		[14]
28.08.1928	01 48 32 $\pm 0.04$	49.05 $\pm 0.07$	141.39 $\pm 0.33$	17 $\pm 2$	5.5 <i>MLH</i>	7 $\pm 0.5$	5.7		[14]
03.07.1932	03 07	49.5 $\pm 0.2$	142.0 $\pm 0.2$	17	4.5	5 $\pm 0.5$	5.1	5–6–15(1)	[15]
21.11.1956	06 22 12 $\pm 0.13$	48.94 $\pm 0.04$	141.74 $\pm 0.07$	15 $\pm 3$	5 <i>MLH</i>	6 $\pm 0.5$	5.4		[13]
06.01.1970	05 58 08 $\pm 2$	49.6 0.1	142.35 0.1	25 $\pm 5$	5.5 <i>MLH</i>	6 $\pm 0.5$	7.0		[14]
06.02.1973	20 46 50 $\pm$	49.2 $\pm 0.1$	141.9 $\pm 0.1$	10 $\pm 5$	4.7 <i>MLH</i>	5–6 $\pm 0.5$	5.2	6–17(6); 5–35(7); 4–55(8); 3–85(12)	[14, 15]
04.08.2000	21 13 01.1 $\pm 0.4$	48.64 $\pm 0.07$	142.18 $\pm 0.14$	13 $\pm 1$	7.0 <i>MLH</i>	8 $\pm 0.5$	6.9	8–5(10); 7–27(7); 6–7–29(5); 6–54(9); 5–6–48(7); 5–73(9); 4–92(10); 3–4–134(16); 3–176(36); 2–3–219(11) $I_0 = 8$ – наблюдаемое*	

Примечание. Здесь  $I_0$  рассчитано по уравнению макросейсмического поля  $I_0 = 1.6 MLH - 4.3 \lg h + 3.3$ , полученному Л.С. Оскорбинным [11];  $M_w$  оценено по соотношениям:  $M_w = 0.7 MLH + 1.9$ ,  $M_w = 0.044 (MLH)^3 - 0.69 (MLH)^2 + 4.22 MLH - 3.9$  для  $MLH \leq 6.5$  и  $> 6.5$  соответственно по [14]. \* – радиус 8-балльной изосейсты определен приблизительно, пользуясь масштабом.

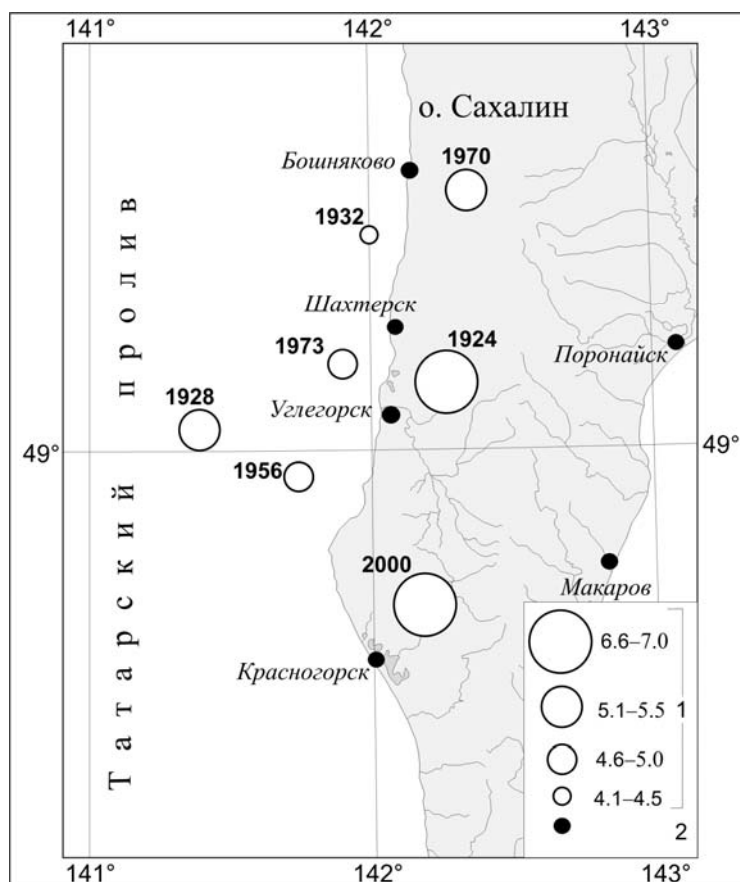


Рис. 12. Карта эпицентров исследуемой зоны за период 1924–2000 гг.

 1–магнитуа  $MLH$ ; 2–населенный пункт.

Приложение

Подробные данные о проявлениях Углегорско-Айнского землетрясения  
в отдельных населенных пунктах

№	Название пункта	Δ, км	Число опрошенных листов	Пробуждение, в %	Ощущение очевидцев							Звон стекла	Выплескивание жидкости	Гул	Повреждение зданий		Остаточные явления на грунтах	I, балл	
					Испуг, в %				Движение предметов						Тип здания	Степень повреждения			
					Сильный испуг	Испуг	Не испугались	Не ощутили	Падение, в %	Движение	Колебание								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
<b>7 баллов</b>																			
1	Солнцевский разрез	8	1	100	100				100	+	+	+	+	+	+	Б	3-4		
2	Айнское	8	12	100	100				100	+	+	+	+	+	+	Б	3	Грязепесчаные извержения, фонтанирование воды на огороде, выделение газа, вода в колодце желтая	
3	Медвежье	31	13	100	100				100	+	+	+	+	+	Б	3		7*	
4	Поречье (Углегорский р-н)	32	11	100	100				100	+	+	+	+	+	Б	2-4	Широкие протяженные сейсмические трещины, наблюдаются следы крупных грифонов, выделение газа через трещины	7-8*	
5	Краснополье	33	10	100	100				100	+	+	+	+	+	Б	2-4	На реке вспучилась вода, вышла из берегов на 1.5 м	7*	
6	Прудный	34															3		7*
7	Никольское	41	7	100	100				100	+	+	+	+	+	Б	2-4			6-7*
<b>6-7 баллов</b>																			
8	Ольшанка	27	1	100	100					+	+	+	+	+	Б	1-3			6-7*
9	г. Красногорск	27	43	100	100				70	+	+	+	+	+	Б,В	3	Разорвало асфальт поперек всей дороги шириной от 10-15 см, глубиной от 1.5 см до 1 м		
10	Орлово	28	6	100	100				100	+	+	+	+	+	Б	3			6-7*
11	Лопатино	28	14	100	100				60	+	+	+	+	+	Б,В	2-3	Обвал грунта (с деревом) на дороге, вытекание жидкости, вода в колодце превратилась в глиняную жижу		
12	Парусное	36	2	100	100					+	+	+	+	+	Б	3	Машина не слушалась руля		
<b>6 баллов</b>																			
13	г. Макаров	43	45	100	100				50	+	+	+	+	+	Б	2			
14	Поречье (Макаровский р-н)	43	13	100	100				50	+	+	+	+	+	Б	2			
15	Ольховка	46															2-3		7*
16	г. Углегорск	50	126	100	100				50	+	+	+	+	+	А, Б	2-4	Разошлись железнодорожные пути, идущие по берегу моря (200 м), грифоны заметных размеров, фонтанирование воды, выделение газа	6-7*	



№	Название пункта	Δ, км	Число опрошенных листов		Ощущение очевидцев				Звон стекла			Выплескивание жидкости	Гул	Повреждение зданий		Остаточные явления на грунтах	I, балл	
			Пробуждение, в %	Сильный испуг	Испуг, в %		Движение предметов			Тип здания	Степень повреждения							
					Испуг	Не испугались	Не ощутили	Падение, в %	Движение					Колебание				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
17	Ударный	52	9	100	100				50	+	+	+	+	+	Б	2-3	Порван телефонный кабель, деформированы провода, сломаны опоры воздушных линий	6*
18	г. Шахтерск	60	60	100	80	20			60	+	+	+	+	+	Б	1-2		6*
19	Новое	63	1	100	100				50	+	+	+	+	+				
20	Восток	65	20	100	100				50	+	+	+	+	+				
21	Лермонтовка	68	2	100	100				50	+	+	+	+	+				
<b>5-6 баллов</b>																		
22	маяк Ламанон	27	**															
23	Белинское	42	2	100	100				50	+	+	+		+	Б	1	Вода в реке помутнела, вспучилась, поднялась	
24	Ж/д ст. Заозерное	48	2	100	100				50	+	+	+		+				
25	Горное	49	3	100	100				50	+	+	+	+	+	Б	1-2	На реке возникли волны	
26	Восточный	53	13	100	100				50	+	+	+	+	+				
27	Пугачево	55	5	100	100				50	+	+	+	+	+			Сильнее колебание в районе болот, пучение грунтов и излияние на земную поверхность разжиженных супесей и суглинков [1]	
28	Вахрушев	63	23	100	50	50			50	+	+	+	+		Б	1	Вода в реке поднялась и выплеснулась на берег	
<b>5 баллов</b>																		
29	Ж/д ст. Гребенская	42	1	100	100					+	+	+					Раскачивались деревья	
30	Приозерный	47														1		5*
31	Гастелло	69	11		50	50				+	+	+			Б	0-1		5*
32	Надеждино	70	3	50	33	33	34				+	+			Б	1		5*
33	Тихменево	82	2	100	100					+	+	+						
34	Тельновский	83	3	50	66	34				+	+	+			Б	0-1		3-4*
35	Леонидово	87	12	70	70	30				+	+	+	+					
36	г. Лесогорск	89	5	80	80	20				+	+	+	+					3*
37	г. Поронайск	91	50	100	100				50	+	+	+	+		Б	1		
<b>4-5 баллов</b>																		
38	Фирсово	114	1		100				50	+	+	+						
<b>4 балла</b>																		
39	Ж/д ст. Тихая	70	2	100	100					+	+	+						
40	Ильинский	73	17		10	90					+	+						
41	Черемшанка	82	2		50	50				+	+	+						
42	Пензенское	82	16	100	60	40					+	+	+					
43	Неводское	90	2			100						+						
44	Взморье	91	5	100		100				+	+	+						
45	г. Томари	97	25	100	70	30				+	+	+	+					
46	Урожайное	104	3			100					+	+						
47	Новоселово	111	19	100		100					+	+						

№	Название пункта	Δ, км	Число опрошенных листов	Пробуждение, в %	Ощущение очевидцев							Звон стекла	Выплескивание жидкости	Гул	Повреждение зданий		Остаточные явления на грунтах	I, балл
					Испуг, в %				Движение предметов						Тип здания	Степень повреждения		
					Сильный испуг	Испуг	Не испугались	Не ощутили	Падение, в %	Движение	Колебание							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
48	Кошевой	116	**															

3–4 балла

49	Забайкалец	95	3	100	30	70					+	+	+					
50	Матросово	103	1	100	100					+	+	+						
51	Бошняково	111	20	100	90	10					+	+						2–3*
52	Буюклы	112	2	100		50	50				+	+						
53	Ельники	125	**															
54	Новосибирское	130	3					100										
55	Смирных	131	12	20		20	60	20			+	+	+					
56	г. Чехов	134	59	100		85	15			+	+	+	+				Отмечен оползень на склоне сопки длиной 60 м	
57	Трудовое	143	2	100		50	50					+	+				Отмечено появление трещин на огороде, поступление воды и газа	
58	Стародубское	144	5	100		100					+	+						
59	Костромское	147	23	100		15	85				+	+	+					
60	Быков	150	25	100		30	30	40			+	+						
61	Углезаводск	151	14	100		100					+	+						
62	Покровка	154	9			100					+	+						
63	г. Долинск	154	49	100		10	80	10			+	+						
64	Сокол	161	8			50	50				+	+						

3 балла

65	Красноярское	138	9	50		50	40	10			+	+						
66	Победино	140	3				60	40			+	+						
67	г. Советская Гавань, *	142	4	20		100					+							
68	Токи*	148	**															
69	г. Ванино*	149	3				100				+							
70	Датта*	151	**															
71	Октябрьский*	151	**															
72	Сосновка	152	1			100					+	+						
73	Пионеры	153	6	50			56	34			+							
74	Яблочный	164	40				90	10			+	+	+					
75	Синегорск	165	18	65		65	15	20			+	+	+					
76	Старорусское	168	5	100		100					+							
77	Березняки	173	6				84	16			+							
78	Санаторный	173	7	65		65	15	20			+	+						
79	Онор	176	2				100				+							
80	Уська-Орочская*	177	**															
81	Ключи	177	2				50	50			+	+						
82	г. Холмск	178	90	66	6	15	35	50			+							
83	Ожидаево	179	1				100				+							
84	Пятиречье	180	4				25	75			+							
85	Новоалександровск, р-н Южно-Сахалинска	181	18				85	15			+	+						
86	Чистоводное	181	3					100										
87	Новая деревня	184	1					100										
88	Луговое, р-н Южно-Сахалинска	184	8				75	25			+	+						
89	Елочки	186	1				100				+	+	+					
90	Дальнее	187	16				80	20			+							

№	Название пункта	Δ, км	Число опрошенных листов	Пробуждение, в %	Ощущение очевидцев							Звон стекла	Выплескивание жидкости	Гул	Повреждение зданий		Остаточные явления на грунтах	I, балл
					Испуг, в %				Движение предметов						Тип здания	Степень повреждения		
					Сильный испуг	Испуг	Не испугались	Не ощутили	Падение, в %	Движение	Колебание							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
91	Бамбучки	189	4					100										
92	Владимировка, р-н Южно-Сахалинска	190	17				41	59			+							
93	г. Южно-Сахалинск	192	68	20			77	23			+	+						
94	Троицкое	193	4	50			100				+	+						
95	Калинино	197	1					100										
96	Листвиничное	202	2			50	50				+	+						
97	Высокое	202	13				75	25			+							
98	Лесное	204	1				100				+	+						
99	Воскресенское	209	5				60	40			+							
100	Тулучи*	210	**															
<b>2–3 балла</b>																		
101	Тумнин*	189	**															
102	Правда	189	41				40	60			+							
103	Зырянское	193	1					100										
104	Ясноморский	210	7				88	12			+							
105	г. Анива	215	48			30	56	14			+	+						
106	Невельск	218	68	30			50	50			+							
107	Ясное	224	3				67	33			+							
108	Зональное	229	3				67	33			+							
109	Восход	245	3				67	33			+							
110	Тымовское	248	18				33	67			+							
111	г. Александровск-Сахалинский	250	3				100				+							
<b>2 балла</b>																		
112	Заветы Ильича*	152	1				100				+							
113	Охотское	211	2				100				+							
114	Турбаза оз. Тунайча	215	1	100			100				+							
115	Таранай	224	3				33	67			+							
116	Селезнево	227	1				100				+							
117	г. Корсаков	227	58				40	60			+							
118	г. Горнозаводск	231	31	10		35	33	10			+							
119	Шебунино	245	57				25	75			+							
120	Кенада*	247	**															
121	Мгачи	268	2				50	50			+							
122	Высокогорный*	274	**															
<b>Ощущалось</b>																		
123	Рошино	152	**															
124	Ж/д ст. Южная Хандаса	154	**															

Примечание. В графе 2 знаком \* отмечены населенные пункты Хабаровского края; в графе 4 знаком \*\* отмечены сведения, полученные по телефону; знак «+» в графах 11 и 12, как и 13–15, означает наличие этих данных в описаниях проявлений землетрясения в данном пункте; в графе 19 знаком \* отмечены данные из [2], т.е. результаты обследования специалистов по сейсмостойкому строительству, где им удалось провести обследование состояния зданий.

Землетрясение не ощущалось в следующих населенных пунктах: Чапланово (187 км), Пожарское (196 км), Огоньки (210 км), Брянское (210 км), Дачное (213 км), Чапаево (213 км), Соловьевка (216 км), Третья Падь (219 км), Пригородное (231 км), Озерский (236 км), Красная Тынь (240 км), Муравьево (252 км), Воскресеновка (254 км), Арково (255 км), Молодежный (264 км), Новиково (267 км), Адо-Тымово (280 км), Южное (282 км), Трамбаус (319 км).

Л и т е р а т у р а

1. Иващенко А.И., Булгаков Р.Ф., Ким Чун Ун, Мельников О.А., Михайлова Т.Г., Нагорных Т.В., Оскорбин Л.С., Поплавская Л.Н., Поплавский А.А., Стрельцов М.И., Шалгин С.В., Кузнецов Д.П., Бобков А.О., Брагина Г.И., Волков И.Е., Давыдова Н.А., Коваленко Н.С., Михайлов В.И., Паршина И.А., Пиневиц М.В., Рогозина С.Е., Рудик М.И., Сен Рак Се, Спирин А.И., Сычаева Н.А. Землетрясение 4(5) августа 2000 г. на Сахалине // Первый Российско-Японский семинар: «Проблемы геодинамики и прогноза землетрясений», Хабаровск 26–29 сентября, 2000 г. – Хабаровск: ИТиГ ДВО РАН, 2001. – С. 109–125.
2. Кофф Г.А., Булгаков Р.Ф., Иващенко А.И., Малаховский А.А., Оскорбин Л.С., Стрельцов М.И. Предварительная оценка последствий Углегорского землетрясения 4 (5) августа 2000 года на Сахалине / Ред. Г.Л. Кофф. – Москва–Южно-Сахалинск: ОП, 2000. – 66 с.
3. Паршина И.А., Фокина Т.А., Поплавская Л.Н. (отв. сост.), Величко Л.Ф., Мулякаева Н.К., Прилуцкая Ю.А., Ким Чун Ун, Сен Рак Се, Нагорных Т.В., Рудик М.И. Сахалин. (См. раздел VI (Каталоги землетрясений) в наст. сб. на CD).
4. Поплавский А.А., Куликов Е.А., Поплавская Л.Н. Методы и алгоритмы автоматизированного прогноза цунами. – М.: Наука, 1988. – 128 с.
5. Сейсмологические таблицы. – М.: ИФЗ АН СССР, 1962. – С. 75–80.
6. Поплавская Л.Н., Нагорных Т.В., Рудик М.И. Методика и первые результаты массовых определений механизмов очагов коровых землетрясений Дальнего Востока // Землетрясения Северной Евразии в 1995 году. – М.: ОИФЗ РАН, 2001. – С. 95–99.
7. Поплавская Л.Н., Нагорных Т.В., Рудик М.И. Методика массовых определений механизмов очагов землетрясений с гипоцентрами в земной коре (на примере Дальнего Востока России) // Динамика очаговых зон и прогнозирование сильных землетрясений Северо - Запада Тихого океана. Том I. – Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 2001. – С. 68–83.
8. Геологическая карта Сахалина. 1: 500 000. – Англия GeoQuest, ИНТЕРА (На англ. и рус. яз.), 1994.
9. Геология СССР Т. XXXIII. Остров Сахалин. Геологическое описание.— М.: Недра, 1970. – 431 с.
10. Медведев С.В. (Москва), Шпонхойер В. (Иена), Карник В. (Прага). Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.
11. Шебалин Н.В. Коэффициенты уравнения макросейсмического поля по регионам // Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. – М.: Наука, 1977. – С. 30.
12. Оскорбин Л.С., Леонов Н.Н., Волкова Л.Ф., Воробьева Е.А. Монеронское землетрясение 5(6).IX // Землетрясения в СССР в 1971 году. – М.: Наука, 1975. – С. 203–213.
13. Шебалин Н.В. Методы использования инженерно-сейсмологических данных при сейсмическом районировании // Сейсмическое районирование СССР. – М.: Наука, 1968. – С. 95–111.
14. Нагорных Т.В., Поплавская Л.Н., Ким Чун Ун. Результаты переопределения координат гипоцентров сильных землетрясений Сахалина за 1924–1967 годы // Проблемы сейсмичности Дальнего Востока и Восточной Сибири: Доклады международного научного симпозиума, Южно-Сахалинск, 24–28 сентября 2002 г. Т. 2. – Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 2003. – С. 131–155.
15. Оскорбин Л.С., Соловьёва О.Н., Соловьёв С.Л. VIII. Сахалин [1906–1974 гг.;  $M \geq 4.5$ ;  $I_0 \geq 5$ ] // Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. – М.: Наука, 1977. – С. 358–373.