

Рис. 6. Схема изосейст землетрясений 26 сентября 1980 г. в 18 ч. Сост. А.В. Чилизубовым и С.И. Голенецким

1 - эпицентр; 2 - область; 3 - эпицентр землетрясения 26 сентября 1980 г. в 15 ч; 4 - то же, 26 сентября 1980 г. в 18 ч; 5 - эпицентр

трясений: 4 апреля - на восточном берегу Северного Байкала, 30 июля - на Среднем Байкале, 23 июля - в Восточном Саяне, 14 марта - севернее оз. Хубусугул. В первых трех случаях определен сдвигосброс, в последнем - сдвигосброс. Сдвигосброс (преимущественно сдвиг) - в землетрясении 2 октября в Забайкалье [3].

Следует отметить сходство механизмов очагов землетрясений 30 июля в 06 ч 42 мин на Среднем Байкале в районе типично выраженных структур Байкальского рифта и 23 июля в 09 ч 55 мин в Восточном Саяне, где, согласно [12], условия возникновения землетрясений могли быть уже иными.

ЛИТЕРАТУРА

1. Материалы по сейсмичности Сибири, январь-февраль 1979 г. Под ред. С.И. Голенецкого, Иркутск: Ин-т земной коры СО АН СССР, 1981, с. 1-93.
2. Голенецкий С.И., Демьянович М.Г., Семенов Р.М. и др. Землетрясение 2 октября в Западном Забайкалье. - Наст. сборник.
3. Голенецкий С.И. Землетрясения Прибайкалья. - В кн.: Землетрясения в СССР в 1979 году. М.: Наука, 1982, с. 58-66.
4. Голенецкий С.И. Структура эпизентрального поля землетрясений Прибайкалья. - Изв. АН СССР. Физика Земли, 1976, № 1, с. 85-94.
5. Голенецкий С.И. Землетрясения Прибайкалья. - В кн.: Землетрясения в СССР в 1976 году. М.: Наука, 1980, с. 46-57.

6. Голенецкий С.И. Землетрясения Прибайкалья. - В кн.: Землетрясения в СССР в 1977 году. М.: Наука, 1981, с. 72-85.
7. Голенецкий С.И., Букина К.И., Демьянович М.Г. и др. О сейсмичности Прибайкалья в 1968-1969 гг. - Изв. АН СССР. Физика Земли, 1973, № 7, с. 20-34.
8. Голенецкий С.И. Землетрясения Прибайкалья. - В кн.: Землетрясения в СССР в 1974 году. М.: Наука, 1977, с. 114-127.
9. Голенецкий С.И. Землетрясения Прибайкалья. - В кн.: Землетрясения в СССР в 1975 году. М.: Наука, 1978, с. 80-96.
10. Демьянович М.Г., Курушин Р.А., Авдеев В.А. Сейсмогеологические особенности Северо-Муи-ского участка трассы БАМ. - В кн.: Геологические и сейсмические условия района Байкало-Амур-сибирск: Наука, 1978, с. 115-126.
11. Мишарина Л.А. Напряженное состояние земной коры в районе БАМ по данным о механизме очагов землетрясений. - В кн.: Геологические и сейсмические условия района Байкало-Амур-ской магистрали. Новосибирск: Наука, 1978, с. 150-161.
12. Тресков А.А. Механизм очага землетрясений и поле тектонических напряжений. - В кн.: Сейсмогеология и сейсмичность рифтовой системы Прибайкалья. М.: Наука, 1968, с. 78-89.

УДК 550.348.436 (571-925.16)

С.И. Голенецкий, М.Г. Демьянович, Р.М. Семенов, В.Г. Ясько, В.А. Авдеев, В.Ф. Кашкин, Л.А. Мишарина, С.П. Серебrenников

Землетрясение 2 октября в Западном Забайкалье

Землетрясение с $M_{ДН} = 5,1$ ($K = 13$) произошло в 01 ч 12 мин 40 с по Гринвичу и охватило значительную площадь (не менее 160 тыс. км²) в южной части Бурятской АССР. Наименьшие невязки времен пробега сейсмических волн по программе [1] при средней невязке 1,0 с получены в случае использования 26 наблюдений на сейсмических станциях Байкальской зоны и Монголии для эпицентра $\varphi = 51,62 \pm \pm 0,02^\circ N$, $\lambda = 107,04 \pm 0,2^\circ E$ при времени очага 01 ч 12 мин 40,5 $\pm 0,2$ с и глубине очага 15 км (с перебором глубин, неизвестных через 5 км). Подобные землетрясения в рассматриваемом районе Забайкалья достаточно редки - за всю историю известны лишь единичные события.

За 5 мин до основного толчка был отмечен слабый форшок ($K = 7$), ранее на протяжении более двух лет незарегистрирован даже самых слабых землетрясений. Афтершоки были весьма многочисленны при низких энергетических классах (7-8). 2 октября произошло всего шесть афтершоков, в месячный срок (по 4 ноября 1980 г.) - только 15 землетрясений.

Инструментальный эпицентр землетрясения тяготеет к району перемычки между Верхне- и Нижне-Оронгойской впадинами вне зоны Байкальского рифта [2]. Структурно-геологическая позиция окружающего района определяется сложным сочетанием образований протерозойского, верхнепалеозойского и мезокайнозойского структурных этапов (рис. 1). На этом кристаллическом фундаменте в неоген-антропогене сформировалась современная морфоструктура. Ее элементы входят в состав области умеренной неотектонической активизации [3] (включая часть Забайкальской переходной зоны, слабоактивной в кайнозое [2]). В общем плане кайнозойская тектоника района во многом унаследована от мезозойской, характеризующейся широким развитием впадин (прогибов) и сводов. Кайнозойская унаследованность проявляется в том, что фундамент сохраняет способность изгибаться, и тем самым создаются условия для формирования крупных аркогонических форм.

Небольшая по размерам перемычка между Верхне- и Нижне-Оронгойскими впадинами имеет антиклинальную природу. Землетрясение 2 октября, очевидно, указывает, что здесь возможны и разрывные нарушения. Эпизентральная область землетрясения пространственно связана с блоком земной коры, ограниченным на западе Гильберин-

Рис. 2. Схема изосейст землетрясения 2 октября 1980 г. по макросейсмическим данным; 1 — эпицентр, 2 — изосейста; 3 — эпицентр по интрузивным наблюдениям; 4 — эпицентр, определенный по интрузивным наблюдениям.

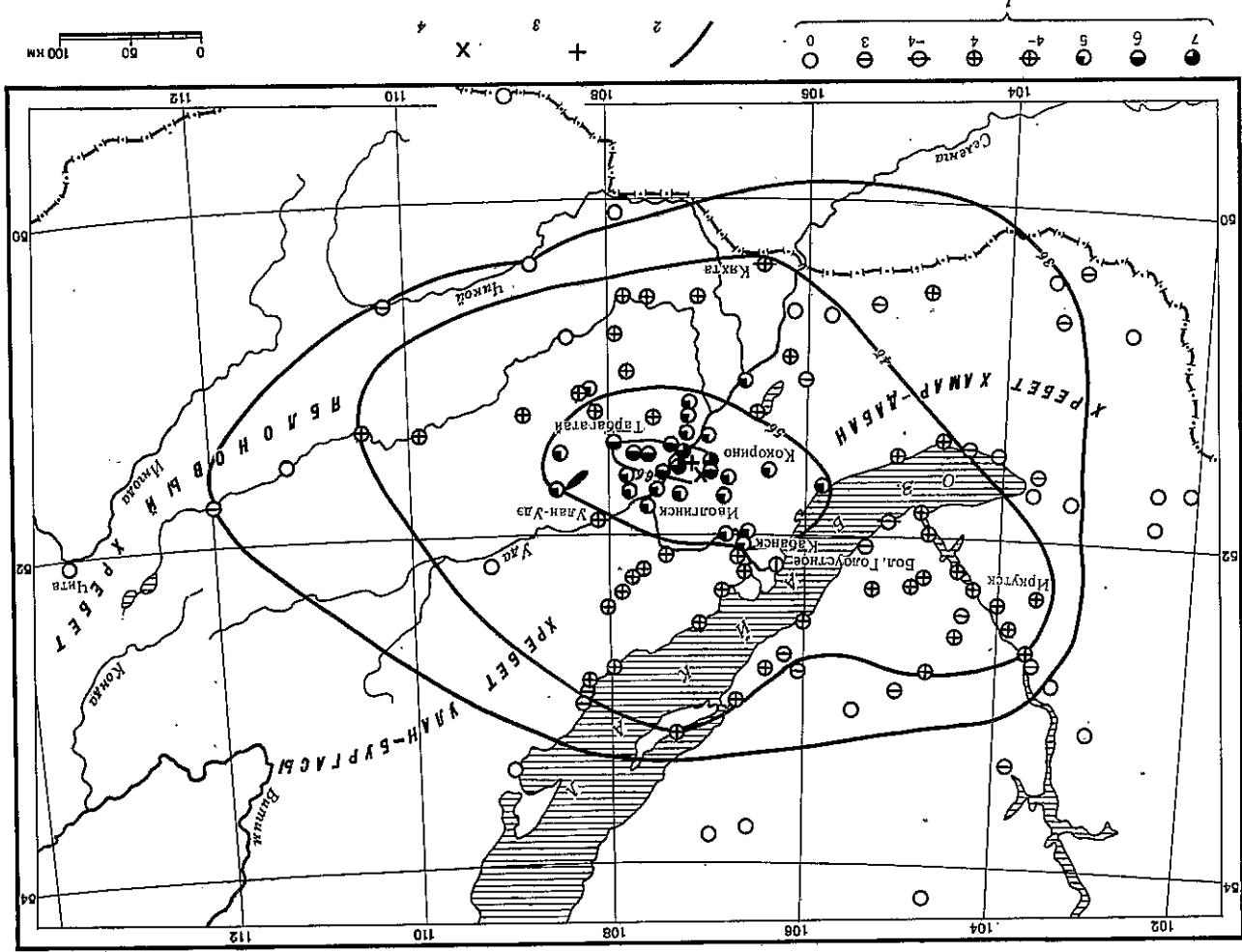
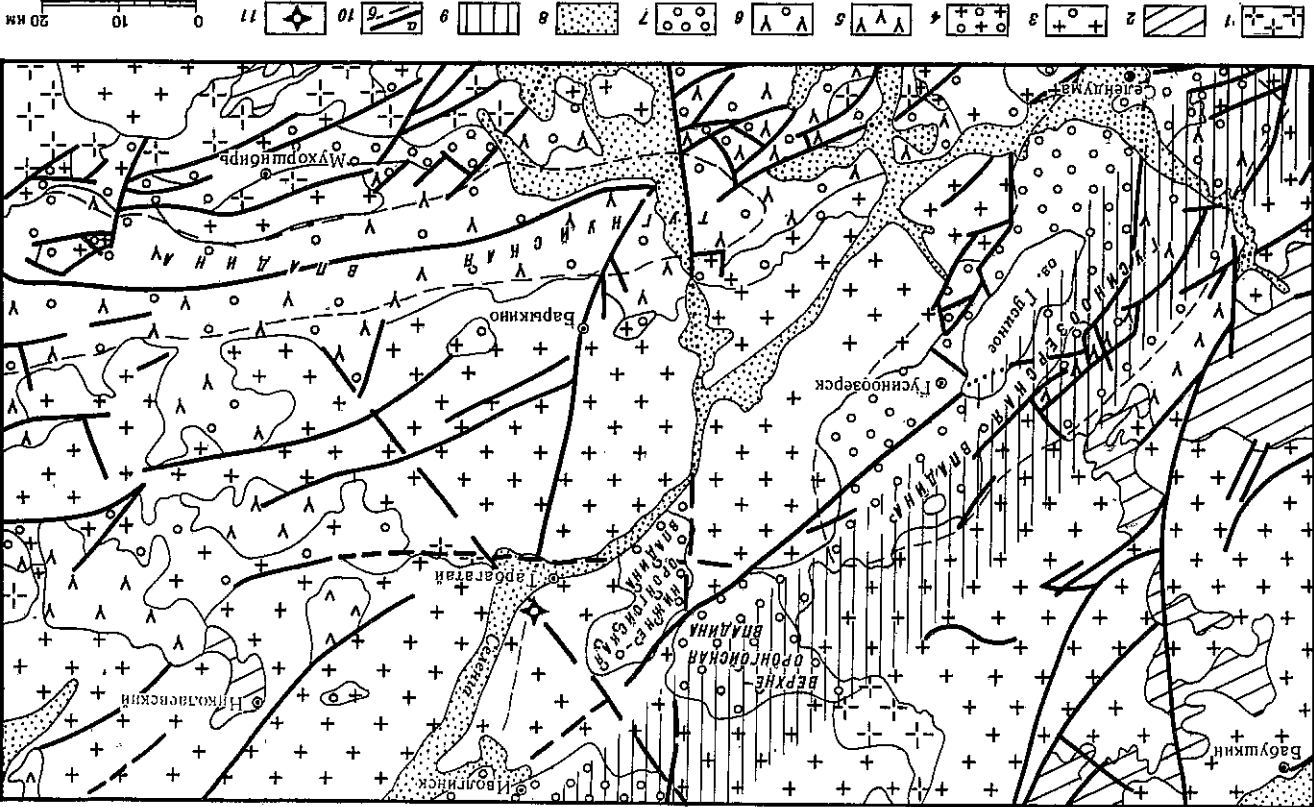


Рис. 1. Геологическая схема района землетрясения 2 октября. Составлена на основе геологической карты Бурятской АССР с использованием материалов Л.О. Очирова 1976 г. 1 — протерозойский интрузивный комплекс; 2 — протерозойские осадочно-метаморфические образования; 3 — палеозойский интрузивный комплекс; 4 — палеозойские афлувиально-осадочные образования; 5 — мезозойский интрузивный комплекс; 6 — мезозойские афлувиально-осадочные образования; 7 — мезозойские известняки; 8 — каменноугольные отложения; 9 — зона Джунинско-Витимского глубинного разлома; 10 — региональные разломы; 11 — эпицентр землетрясения 2 октября 1980 г. по макросейсмическим данным.



№ п/п	Пункт	А, км	№ п/п	Пункт	А, км	№ п/п	Пункт	А, км
7 б а л л о в								
1	Ганзурино*	10	37	Тутуй	75	77	Усть-Урма*	100
2	Кордон (Шалута)*	10	38	Кудара	80	78	Большое Голоустное*	135
3	Кокорино*	15	39	Турунтаево	80	79	Петрово	145
3 б а л л а								
6 б а л л о в								
4	Хурамша*	15	40	Зрянский	85	81	Косая Стень	160
5	Тарбагатай*	15	41	Оймур	90	82	Петропавловка	165
6	Колобск*	20	42	Никольск*	90	83	Турка	171
7	Наденно*	30	43	Исток*	90	84	Горячinsk	180
8	Куйтун	40	44	Нестерово	100	85	Мурино	195
9	15 км к юго-востоку от Куйтуна	55	45	Селендума	100	86	Олой	210
			46	Шибертуй	100	87	Байкальск	215
			47	Сухая	110	88	Хомутово	215
			48	Гурулево	110		Черемхово (Читинская обл.)	235
5 б а л л о в								
10	Нижний Жирим	20	49	Окино-Ключ	110	89	Слюдянка	240
11	Иволгинск	20	50	Бичора	115	90	Усолье-Сибирское	275
12	Клбалино	25	51	Петровск-Забайкальский	120	91	Баянгол	275
13	Каленовское	30	52	Малый Куналей	120	92	Оса	300
14	Нижний Саянгуй	30	53	Бутульдейка	135	93	Закаменск*	300
15	Верхний Жирим*	30	54	Танхой	145	94	Могзон	330
16	Северное Каленовское	40	55	Гремячinsk	145		Неошущалось	
17	Барыкино	40	56	Еланцы	145	95	Малета	120
18	Улан-Удэ	45	57	Малое Голоустное	150	96	Джида	125
19	Николаевский	45	58	Исток	160	97	Боргой	135
20	Северо-западное Николаевского	45	59	Пункт № 1	160	98	Удинск	155
21	Селенгинск*	55	60	Листьянка	165	99	Красный Чинкой	170
22	Хайтун	55	61	Большая Речка	170	100	Урлук	175
23	Каменск	60	62	Выдрино	175	101	Баяндай	200
24	Кубанск	65	63	Горячий ключ	175	102	Усть-Барлузин	240
25	Новоселенгинск*	65	64	Хужир	180	103	Култук	240
26	Хонхолой	85	65	Бада	185	104	Большая Тарель	245
27	Татарский ключ	90	66	Патроны	200	105	Чангур	250
28	Илька	90	67	Нижний Торей	200	106	Тибелья	270
29	Бабушкин*	95	68	Иркутск	215	107	Менза	270
			69	Усть-Ордынский	215	108	Харагун	280
			70	Оёк	220	109	Цакир	280
30	Кяхта	140	71	Хилок	225	110	Тайгурка	295
			72	Метет	235	111	Санага	320
			73	Ангарск	250	112	Тунка	325
31	Бар	40	74	Саватеевка	260	113	Аршан	330
32	Гусиноозерск	55	75	Тельма	265	114	Черемхово (Иркутская обл.)	330
33	Тагаурово	60				115	Кутское	335
34	Шергино*	70				116	Кырен	-
35	Онохой*	75				117	Чита	-
36	Мухор-Дибирь*	75						

*Землетрясение сопровождалось гулом.

ским разломом, с юга — Селенгино-Куйтунской зоной дробления и с севера — Иволгинским отрезком Джино-Витимского глубинного шва. Однако связь землетрясения с каким-либо конкретным разломом не обнаруживается. Землетрясение может быть обусловлено подвижками как по одному из разломов, составляющих Джино-Витимскую зону, так и по разлому, ее опережающему.

Определение механизма очага землетрясения проведено по стандартной методике¹ с использованием информации о направлениях первых вступлений в продольных волнах как на сейсмических станциях Байкальской зоны, так и на станциях Алтае-Саянской зоны и Монголии (по любезным сообщениям заведующего лабораторией сейсмологии Института геологии и геофизики СО АН СССР Н.Д. Жалковского и заведующего отделом сейсмологии Института физики и техники АН МНР И. Балжинняма), а также на некоторых удаленных советских и европейских станциях по данным Института физики Земли АН СССР. Результаты этого определения показали, что по механизму очага это землетрясение существенно отличается от типичных землетрясений Байкальской рифтовой зоны. Возможные смещения по объемкрупноталадающим плоскостям составляют почти чистые сдвиги со значительно меньшими вращательными движениями, а оси растягивающих и сжимающих напряжений ориентированы близгоризонтально.

Ранее в близлежащем районе механизм очага определялся только в одном случае — для толчка 18 июня 1962 г. с эпицентром восточнее р. Селенги в хр. Паган-Дабан [4]. Результаты этих двух определений обнаруживают сходство. В общих чертах они согласуются с особенностями тектонической обстановки и механизма развития современных структур в рассматриваемом районе, поскольку по этим данным здесь можно ожидать субгоризонтальную или наклонную ориентировку осей сжатия и растяжения и преобладающие взбросодеформационные деформации.

Макросейсмические проявления землетрясения 2 октября изучались по материалам анкет, собранных более чем из 60 населенных пунктов, и специальному обследованию, проведенного группой сотрудников Института земной коры СО АН СССР в составе В.А. Авдеева, М.Г. Демьяновича, Р.М. Семенова, С.П. Серебренникова, А.В. Цицибулова. 4 октября осуществлен аэровизуальный осмотр эпицентральной зоны, с 3 по 21 октября выполнены наземные маршруты, давшие информацию более чем из 100 населенных пунктов. Собранные сведения отражены в таблице и на схеме изосейст (рис. 2).

Максимальные сейсмические эффекты, достигавшие 7 баллов, отмечены по долинам рек Селенги и Хурамша (на станциях Омутевка и Ганзурино, в поселках Кокорино, Шалута и Кордон). Здесь наблюдались разрушения верхних венцов кирпичных труб, растрескивание печей и дымоходов, образование трещин в стенах и потолках. В новом здании станции Омутевка, построенном из огнеупорного кирпича, треснула стена между складским помещением и котельной. Трещина разошлась на 8 см, кирпичи по ней были разорваны, многочисленные обломки вываливались. Отмечен сдвиг потолочного перекрытия на 1—2 см. С крутых склонов вблизи поселка скатывались отдельные валуны. В железнодорожной насыпи появились трещины. Колесания, поперечные ходу движения, замечены в движущемся поезде, что было приписано неисправности железнодорожного пути. В Кокорино сильно раскачивались телеграфные столбы, рвались провода, от линий электропроводов шел дребезжащий гул.

В 5—6 км от пос. Шалута в лесу сильно раскачивались деревья, распространение сотрясения воспринималось как движущиеся земляные волны, люди с трудом удерживали равновесие. На склонах произошли каменные осыпи.

Сотрясения силой 6 баллов отмечались в поселках Тарбагатай, Куйтун, Наденно, Вахмистрово, Десятниково и др., отстоящих от эпицентра на 5—50 км. В отдельных домах этих поселков разрушены верхние венцы дымовых труб, в стенах и потолках появились тонкие трещины, откальвалась штукатурка, со стен срывались картины и плакаты, падали неустойчивые предметы. Жители были сильно напуганы, кое-где возникла паника.

¹ См. каталог дополнительных параметров в настоящем сборнике.

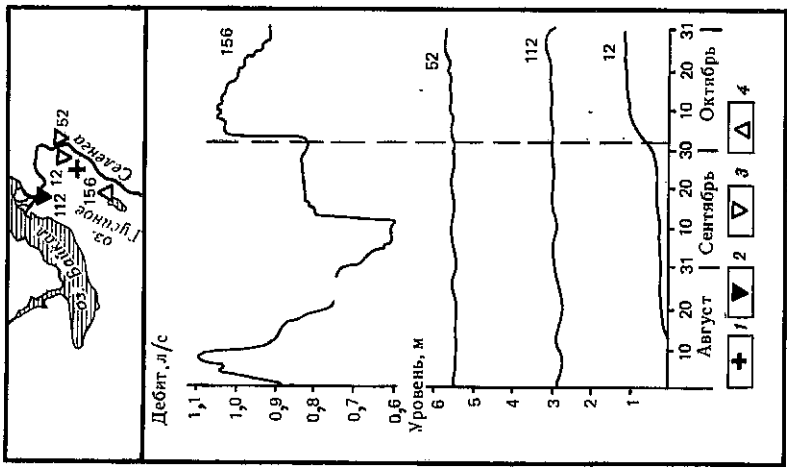


Рис. 3. Результаты режимных наблюдений в скважинах № 12, 52, 112, 156 в Западном Забайкалье и схема расположения скважин:
1 — эпицентр землетрясения; 2 — скважина, вскрывшая порово-пластовый водоносный горизонт; 3 — скважина, вскрывшая трещинно-пластовые воды; 4 — скважина в зоне разлома в нижнемеловых отложениях

В пос. Тарбагатай отдельные макросейсмические эффекты свидетельствуют о более сильном, чем в Баллов, воздействии. Здесь в подготовленном к эксплуатации новом здании спорткомплекса на потолке актового зала лопнула плита, в стене, разделяющей спортзал и актовый зал, образовалась сквозная трещина от пола до потолка, с наружной стороны стены вскрылись старые и образовались новые трещины, расщепились кирпичную кладку и фундамент здания. Однако в данном случае деформации, хотя и возникли при землетрясении, скорее всего, обусловлены недоучетом инженерно-геологических условий или недоработками строителей. В широтном и меридиональном направлениях размеры области шестибалльных сотрясений составили примерно 70 и 20 км соответственно. В области семи- и шестибалльных сотрясений всюду слышался гул, особенно сильный в эпицентральной зоне. В ряде случаев гул отмечен и в областях сотрясений меньшей балльности (см. таблицу).

В пятибалльной зоне в отдельных случаях наблюдались повреждения, соответствующие шестибалльным макросейсмическим эффектам. Это, по-видимому, также обусловлено неблагоприятными инженерно-геологическими условиями. Здания со следами таких проявлений возведены без антисейсмических мероприятий. В некоторых случаях повреждения произошли из-за ветхости построек.

Общим для всех пунктов пятибалльных сотрясений было появление тонких трещин на стыках стен, стен и потолков; обсыпание известки, выплескивание воды из сосулек, падение книг, цветов и т.д. В редких случаях на верхних этажах зданий лопались оконные стекла. Изосейсты землетрясения определены по широте (рис. 2). К особенностям проявления землетрясения, не находящим пока должного объяснения, нужно отнести повышенный относительно ожидаемого согласно карте изосейст эффект в Кяхте (а возможно, и в Нижнем Таре) и пониженную силу сотрясений на северо-западном берегу Байкала — в Большом Голоустном и Больших Котах. По анкетным сведениям во многих зданиях в г. Кяхте открывались или закрывались двери, колебались висячие предметы, падали предметы на полках, сообщается даже о том, что школьники были выведены на улицу с урока. Вместе с тем в пунктах Боргое и Джида, расположенных недалеко от г. Кяхты, землетрясение не ощущалось.

Макросейсмический эпицентр ($\varphi = 51,6^{\circ}N$, $\lambda = 107,2^{\circ}E$) достаточно близок к инструментальному (расстояние менее 15 км), расположенному у западной границы области шестибалльных сотрясений. При эффекте $I_0 = 7$ баллов в эпицентре и магнитуде толчка $M = 5,1$ глубина очага согласно макросейсмической формуле $I_0 = 1,5M - 4 \lg h + 4$ [5] равна 14 км, что хорошо согласуется с ранее приведенной оценкой по инструментальным наблюдениям. Отметим однако, что указанная формула весьма приближена, относится главным образом к землетрясениям из зоны рифта и факти-

ческие данные о землетрясении 2 октября лишь только в общих чертах соответствуют ей. По размерам зоны ошумитости и отдельных изосейст согласно этой формуле следовало бы ожидать более высокого значения магнитуды землетрясения.

Результаты режимных наблюдений за изменениями уровня и дебита подземных порово- и трещинно-пластовых вод в четырех скважинах (№ 12, 52, 112, 156) отражены на рис. 3. По скважинам № 52 и 112 глубиной 200 м соответственно в г. Улан-Удэ (трещинно-пластовые воды в отложениях гусноозерской свиты, уровень на глубине 4,5 м, расстояние до эпицентра ~40 км) и в Кабанске (в средневерхних отложениях, представленных среднерезервуарным песком, водоносный горизонт на глубине 3,6 м, расстояние до эпицентра ~60 км) никаких изменений в режиме в связи с землетрясением не обнаружено.

В скважине № 12 глубиной 71 м в пос. Иволгинск, вскрывшей в песчанках и алевролитах гусноозерской свиты нижнемелового возраста водоносный горизонт на глубине 55 м (уровень 0,15—0,5, расстояние до эпицентра 25 км), при землетрясении в течение 7—8 суток после него отмечалось изменение уровня одного знака. Из-за недостаточной частоты измерений нельзя сказать, начались ли изменения уровня непосредственно перед землетрясением или только после него. Для объяснения наблюдавшегося явления можно предположить, что в результате землетрясения в песчанках образовались дополнительные трещинные емкости аккумуляции подземных вод, что и привело к скачкообразному изменению уровня.

Очень изменчивы были измерения на самоизливавшейся скважине № 156 в г. Гусноозерске, пройденной до глубины 98 м в песчанках нижнемелового возраста, рассеченных тектоническим нарушением (расстояние до эпицентра 50 км). В какой мере указанную реакцию подземных вод следует связывать с землетрясением, без других наблюдений такого рода, разумеется, сказать нельзя. Температура воды во всех скважинах была стабильна, колебания ее не превышали $0,2^{\circ}C$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Голенецкий С.И., Перелыгина Г.И. Программа определения гипоцентров близких землетрясений на ЭВМ по наблюдениям сейсмических станций Прибайкалья. — В кн.: Изучение сейсмической опасности. Ташкент: Фан, 1971, с. 66—73.
2. Флоренсов Н.А. Мезозойские и кайнозойские впадины Прибайкалья. М.: Л.: Наука, 1969, с. 1—258.
3. Очиров Ц.О. Блокная тектоника Забайкалья. Новосибирск: Наука, 1976, с. 199.
4. Мишарина Л.А. Напряжения в очагах землетрясений Монголо-Байкальской сейсмической зоны. — В кн.: Поле упругих напряжений Земли и механизм очагов землетрясений. М.: Наука, 1972, с. 161—171.
5. Голенецкий С.И. Сейсмичность Байкальской рифтовой области. — В кн.: Континентальный рифтогенез. М.: Сов. радио, 1977, с. 56—64.

УДК 550.348.436 (571.56)

Б.М. Козьмин, Т.А. Андреев, Р.С. Югова, М.С. Попова

Землетрясения Якутии и Северо-Востока

Сейсмические наблюдения проводились на 17 стационарных станциях, из них 10 (одна опорная и девять региональных) действовали на территории Якутии и 7 (две опорных и пять региональных) — в Магаданской области. С целью уточнения сейсмической опасности района строительства Адычанской ГЭС (среднее течение р. Яны) действовали две временные станции на р. Адыче-Сайды и Табалах. Другие две временные станции — Тунгурча и Хатыстыр — функционировали в зоне влияния центрального участка трассы БАМ Хани—Тында. Эти станции были оснащены типовой сейсмической аппаратурой (маятники СКМ-3, ВЭГИК — гальванометры ГК-VII, ГБ-III) с увеличением