

1.2.2. Недра

1.2.2.1. Эндогенные геологические процессы и геофизические поля

Сейсмичность Байкальской природной территории

(Байкальский филиал Учреждения Российской академии наук Геофизической службы Сибирского отделения РАН)

Впадина озера Байкал является центральным звеном Байкальской рифтовой зоны, которая развивается одновременно с другими рифтовыми системами Мира. Высокий сейсмический потенциал Байкальской рифтовой зоны подтверждается сведениями о сильных землетрясениях исторического прошлого, данными о палеосейсмодислокациях, полученными геологическими методами, и информацией о более чем 231 тыс. землетрясений широкого энергетического диапазона, зарегистрированной в результате инструментальных наблюдений, проводимых в Прибайкалье с 1902 года. С 1950 года здесь отмечено несколько мощных ($I_0 = 9-10$ баллов, $M = 7,0-7,8$)¹ и целый ряд сильных землетрясений (I_0 до 8 баллов, M до 5,5–6,5). События последнего времени также подтверждают высокий уровень сейсмической опасности территории: Южно-Байкальское землетрясение 25.02.1999 ($M = 6,0$); Кичерское 21.03.1999 ($M = 5,8$); Куморское 16.09.2003 ($M = 5,8$) и Култукское 27.08.2008 ($M = 6,2$).

Наличие на сейсмоопасной территории Прибайкалья гражданских и промышленных объектов, в том числе экологически опасных производств, приводит к необходимости проведения мониторинга сейсмического процесса в связи с возможными социально-экономическими последствиями от сильных землетрясений. Для осуществления такого мониторинга согласно постановлению Совета Министров – Правительства Российской Федерации от 11.05.1993 № 444 «О Федеральной системе сейсмологических наблюдений и прогноза землетрясений» Геофизической службой Сибирского отделения Российской академии наук (ГС СО РАН) была организована Байкальская региональная сейсмическая сеть наблюдательных станций (международный код ВУКЛ), которая входит в глобальную международную систему наблюдений за сейсмическим процессом.

По состоянию на 31.12.2011 Байкальская региональная сейсмическая сеть насчитывала 34 постоянных наблюдательных станции, которые эксплуатируются Байкальским (25 станций) и Бурятским (9 станций) филиалами ГС СО РАН. Головным оператором Байкальской региональной сейсмической сети является Байкальский филиал ГС СО РАН. Региональным центром сбора и обработки результатов наблюдений является сейсмическая наблюдательная станция «Иркутск» (г. Иркутск). Схема расположения и перечень сейсмических станций Прибайкалья и Забайкалья приведены на рисунке 1.2.2.1.1 и в таблице 1.2.2.1.1.

В целях обеспечения выполнения постановления Правительства РФ от 24 марта 1997 № 334 «О порядке сбора и обмена в Российской Федерации информацией в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» в Байкальском филиале ГС СО РАН действует служба срочных и оперативных донесений о землетрясениях.

¹ Для характеристики силы землетрясений используются такие понятия, как **магнитуда (М)**, **энергетический класс (К)** и **интенсивность (I)**. Магнитуда и энергетический класс - инструментально регистрируемые величины, характеризующие энергию в очаге землетрясения. Интенсивность характеризует силу сейсмических сотрясений в пункте наблюдения и зависит не только от силы сейсмических волн, излученных из очага землетрясения, но и от удаления пункта наблюдения от эпицентра землетрясения, глубины очага, а также от геологических особенностей местности. Интенсивность землетрясения оценивается в баллах по описательной шкале MSK-64.

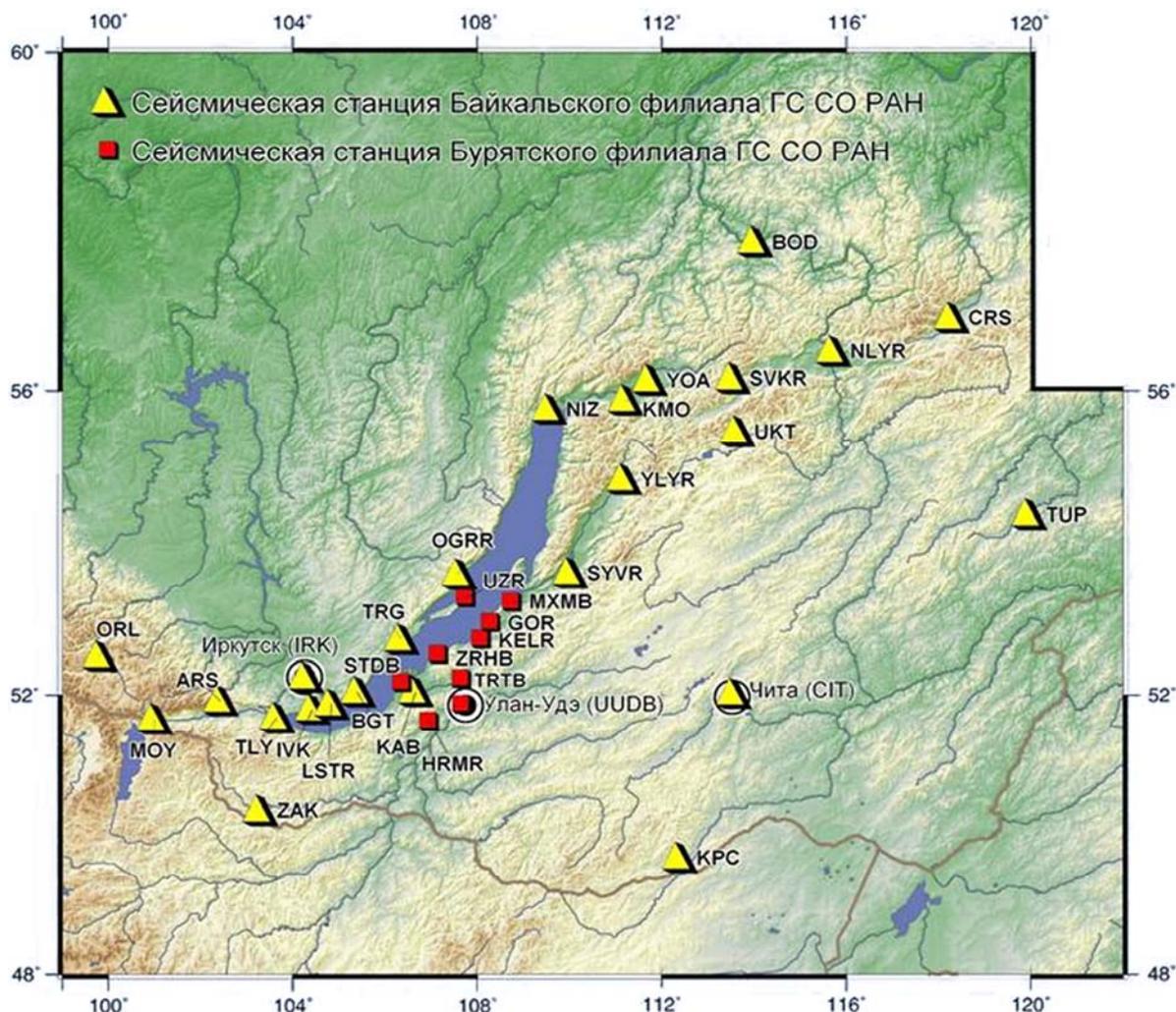


Рис. 1.2.2.1.1. Схема расположения сейсмических станций Прибайкалья и Забайкалья в 2011 году

Таблица 1.2.2.1.1

Сейсмические станции Прибайкалья и Забайкалья
(жирным шрифтом – в пределах БПТ)

№	Код	Название	№	Код	Название
1	ARS	Аршан	18	NLYR	Неляты
2	BGT	Б. Голоустное	19	OGRR	Онгурены
3	BOD	Бодайбо	20	ORL	Орлик
4	CIT	Чита	21	STDB	Степной Дворец
5	CRS	Чара	22	SVKR	Северомуйск
6	GOR	Горячинск	23	SYVR	Суво
7	HRMR	Хурамша	24	TLY	Талая
8	IRK	Иркутск	25	TRG	Тырган
9	IVK	Ивановка	26	TRTB	Турунтаево
10	KAB	Кабанск	27	TUP	Тупик
11	KELR	Котокель	28	UKT	Уакит
12	KMO	Кумора	29	UUDB	Улан-Удэ
13	KPC	Хапчеранга	30	UZR	Узур
14	LSTR	Листвянка	31	YLYR	Улюнхан
15	MOY	Монды	32	YOA	Уоян
16	MXMB	Максимиха	33	ZAK	Закаменск
17	NIZ	Нижнеангарск	34	ZRHB	Заречье

Действующая система наблюдений и передачи данных позволяет на контролируемой территории зарегистрировать любое событие с магнитудой $M \geq 3,0$, в течение часа собрать информацию о нем, произвести сводную обработку полученных материалов, передать основные параметры (время в очаге, координаты эпицентра, магнитуду, энергетический класс, расчетную интенсивность в эпицентре, макросейсмический эффект в населенных пунктах) семи адресатам: Геофизической службы РАН (г. Обнинск), Геофизической службы СО РАН (г. Новосибирск), оперативным дежурным Управлений МЧС России по Иркутской области, Забайкальскому краю и Республике Бурятия, оперативному дежурному Сибирского регионального центра МЧС России (г. Красноярск), дежурным администраций Иркутской области. Также не позднее часа с момента землетрясения информация о нем появляется на сайте Байкальского филиала ГС СО РАН: www.seis-bykl.ru.

В оперативную обработку включаются зафиксированные землетрясения энергетического класса (K) $\geq 9,5$.

В последние годы в Прибайкалье в пределах зоны, контролируемой сейсмостанциями БФ ГС СО РАН, регистрируется более 8–9 тысяч слабых и сильных землетрясений в год. Большинство эпицентров землетрясений БПТ сосредоточено в пределах узкой полосы Байкальского рифта, совпадающей с Центральной экологической зоной БПТ.

Самое сильное землетрясение в 2011 году зарегистрировано 16 июля в 18:38 по Гринвичу с $K=14.5$, $M=5.3$ в районе Среднего Байкала примерно в 20 км к юго-востоку от п. «Турка» Прибайкальского района Республики Бурятия (Центральная экологическая зона БПТ). Максимальная ощутимость в 7 баллов зафиксирована в с. Соболиха, находящемся в 11 км от эпицентра. Сообщение об этом землетрясении, опубликованное в местной газете «Прибайкалец» от 22 июля 2011 № 28 (7500) было озаглавлено: «Тряхнуло так, что в Соболихе развалились печи, а в Турке упали трубы». По информации представителей районной администрации жертв среди населения не было, но разрушения имелись. В основном пострадал частный сектор. В некоторых домах на крышах поломался шифер, частично разрушены печи и печные трубы. Пострадавшие от стихии жители обращаются в администрацию поселения с заявлениями об оказании материальной помощи. Уже в понедельник, 18 июля, от жителей села Турка поступило 14 заявлений, 9 - из Горячинска и 22 – от жителей Соболихи. В таблице 1.2.2.1.2 приведены макросейсмические данные о Туркинском землетрясении 16 июля 2011 для ближней к эпицентру зоны (до 150 км). На рисунке 1.2.2.1.2 приведена карта размещения пунктов ближайших к эпицентру зоны Туркинского землетрясения 16 июля 2011 года ($K=14.5$, $M=5.3$) с указанием зафиксированной в них интенсивности подземных толчков.

Второе по силе землетрясение 2011 года с эпицентром в пределах БПТ зарегистрировано 01.02.2011 в 12:53 по Гринвичу ($K=13.2$, $M=4.7$) в 7 км к югу от районного центра Республики Бурятия села Мухоршибирь. Интенсивность сотрясений в 6 баллов отмечена в селах Мухоршибирь, Новый Заган, Шаралдай и Харашибирь, расположенных в пределах 18 км от эпицентра.

В результате опроса местного населения, проведенного ИЗК СО РАН, это землетрясение описано следующим образом. Вначале был слышен гул с юга, потом чувствительный толчок, подобный удару по дому. Несколько человек подумали, что на дом наехала машина. Гул был явный, некоторые считают его продолжительным (секунды). После толчка наблюдались колебательные движения, сопровождаемые скрипами стен, пола. Один человек определил направление колебания – юг-север. В одном случае во время толчка телевизор сместился на тумбочке в направлении толчка (на юг). В момент землетрясения очевидцы находились в помещениях. Практически все испытывали испуг, большинство в испуге выбегали на улицу, некоторые – в панике.

Скрипели полы и потолки; дребезжала посуда, стекла окон; незакрепленные предметы смещались и падали. Отмечено осыпание побелки и небольших кусков штукатурки, а также образование трещин в штукатурке. Землетрясение характеризуется как удар и колебания.

Таблица 1.2.2.1.2

**Макросейсмические данные о Туркинском землетрясении 16 июля 2011
для ближней к эпицентру зоны (до 150 км)
(жирным выделены показанные на рис. 1.2.2.1.2)**

№	Пункт	Расстояние от эпицентра	Интенсивность баллы	Примечание
1	Соболиха	11	7	гул
2	Горячинск	19	6–7	гул
3	Турка	22	6–7	гул
4	Золотой Ключ	15	6	гул
5	Исток	19	5–6	гул
6	Ярцы	26	5–6	гул
7	Черемушки	31	5–6	гул
8	Котокель	32	5–6	гул
9	Гремячинск	39	5–6	гул
10	Максимиха	43	5	гул
11	Тэгда	61	5	гул
12	Могой	62	5	
13	Ойбонт	64	5	
14	Малая Курба	72	5	
15	Турунтаево	97	5	
16	Заречье	99	5	
17	Сухая	102	5	
18	Онгурен	104	5	гул
19	Новый Энхэлук	114	5	
20	Еланцы	142	5	
21	Кика	56	4–5	гул
22	Гурулево	66	4–5	гул
23	Усть-Баргузин	70	4–5	
24	Хасурга	70	4–5	гул
25	Нестерово	71	4–5	гул
26	Батурино	75	4–5	гул
27	Макаринино	75	4–5	гул
28	Адамово	85	4–5	гул
29	Хужир (о.Ольхон)	86	4–5	
30	Зорино	90	4–5	гул
31	Журавлиха	91	4–5	гул

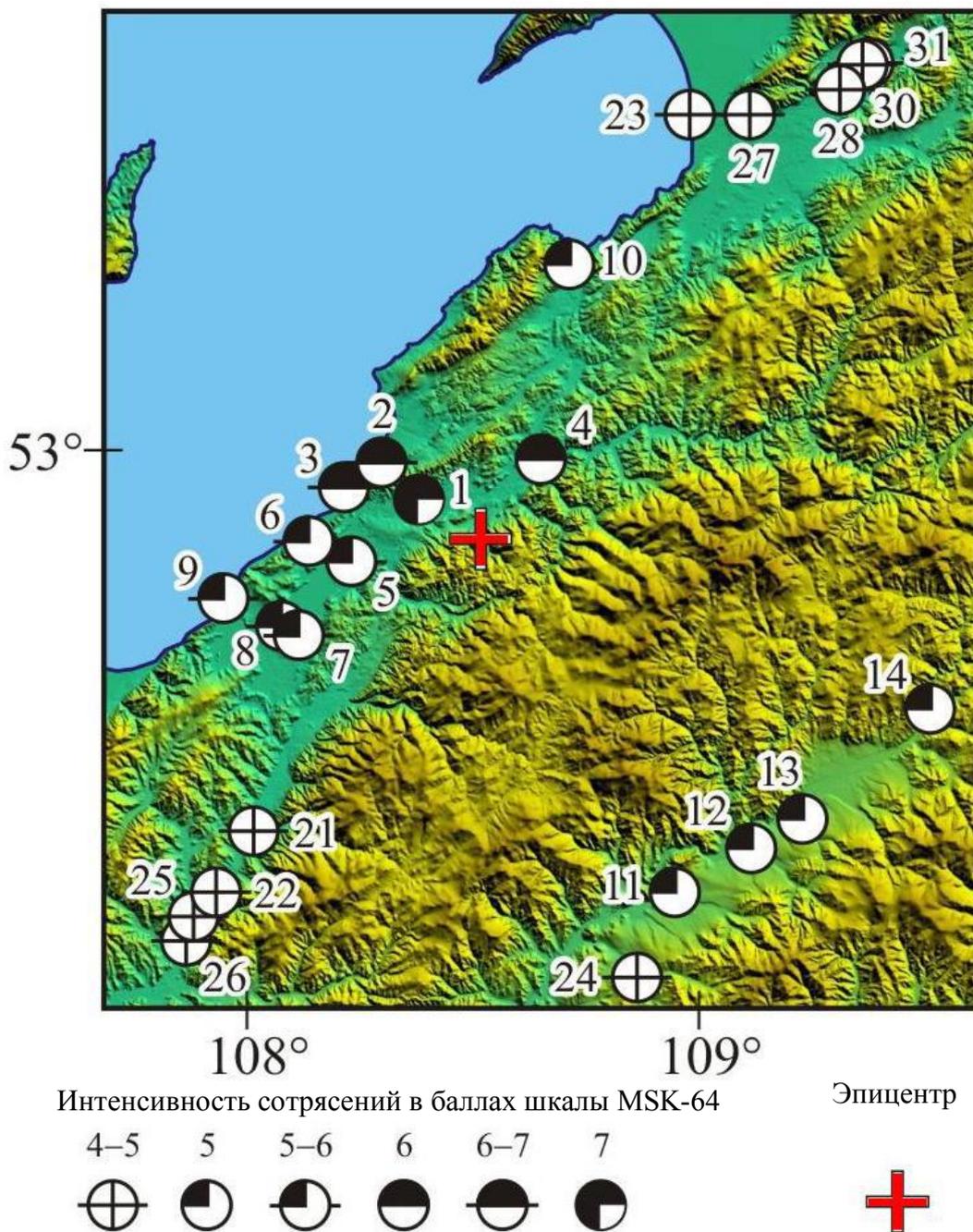


Рис. 1.2.2.1.2. Карта пунктов–баллов для ближней к эпицентру зоны Туркменского землетрясения 16.07.2011. Указаны номера пунктов, которые перечислены в таблице 1.2.2.1.2

Кроме этих двух землетрясения в 2011 году только один раз были отмечены 4-5 балльные эффекты в пределах БПТ при землетрясении 9 ноября в с. Большое Голоустное. В целом сейсмическая активность в 2011 году была на среднем уровне.

Сведения о наиболее сильных землетрясениях 2011 года ($K > 10.5$, магнитуда > 3.6), эпицентры которых были локализованы в пределах БПТ, приведены на рисунке 1.2.2.1.3 и в таблице 1.2.2.1.3.

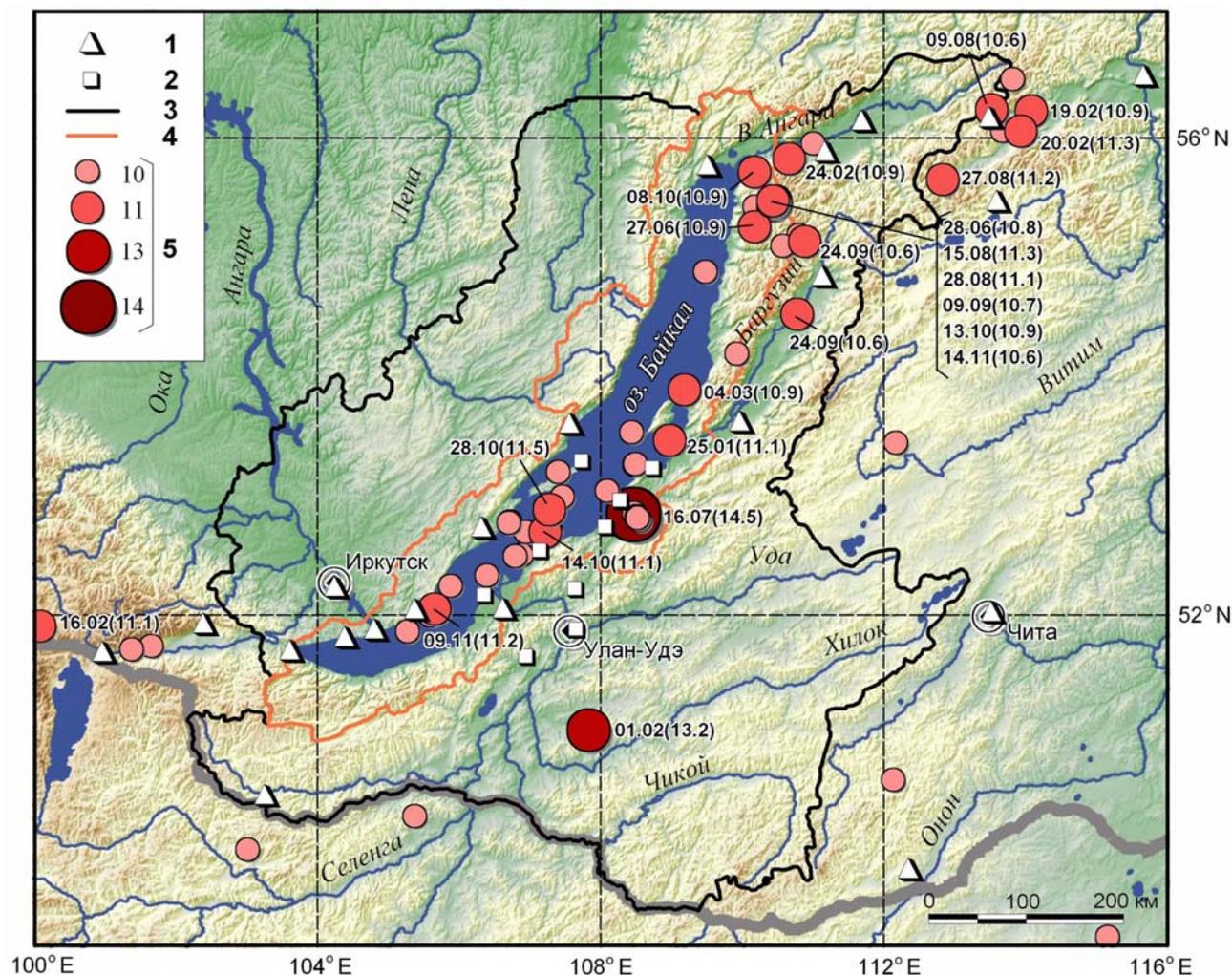


Рис. 1.2.2.1.3. Карта эпицентров землетрясений произошедших на Байкальской природной территории в 2011 году. 1 - сейсмические станции Байкальского филиала ГС СО РАН; 2 - сейсмические станции Бурятского филиала ГС СО РАН; 3 - граница БПТ; 4 - граница ЦЭЗ БПТ; 5 – энергетический класс, К

Таблица 1.2.2.1.3

Землетрясения энергетического класса (К) свыше или равных 10,5, зарегистрированные в пределах БПТ региональной сетью сейсмических станций в 2011 году (землетрясения с $K > 12,5$ выделены жирным шрифтом)

Местонахождение	Дата	Время (чч-мм по Гринвичу)	Координаты		Энергетический класс, К	Проявления. Жирным шрифтом – населенные пункты, испытавшие сотрясения интенсивностью 6 и более баллов	Характеристики
			° с.ш.	° в.д.			
В 6-7 км к северу от пос. Усть-Баргузин, Республика Бурятия, Баргузинский район	25.01	11:48	53.51	108.99	11.1*	Усть-Баргузин 4 балла; Суво 2 балла	Без форшоков. и афтершоков. 27 апреля небольшая активизация в том же месте – 3 зем-ния с $K=5.6 - 9.3$
В ~7 км к югу от с. Мухоршибирь Республика Бурятия	01.02	12:53	50.98	107.85	13.2* M=4.7	Мухоршибирь, Новый Заган, Шаралдай Харашибирь 6 баллов; Тугнуй, Новосретенка 5–6 баллов и т.д.	Усилением слабой сейсмичности не сопровождалось
Сев. предгорья Баргузинского хр. В 33 км к востоку от с. Верхняя Заимка Северобайкальского района Республики Бурятия	24.02	20:19	55.84	110.68	10.9*		Усилением слабой сейсмичности не сопровождалось
В 15 км к сев-востоку от полуострова Святой Нос на Байкале	04.03	15:56	53.94	109.20	10.9*		Усилением слабой сейсмичности не сопровождалось
Баргузинская долина, в ~4 км от пос. Майский Курумканского района Республики Бурятия	27.05	13:49	54.57	110.79	10.8*		В составе небольшой группы землетрясений (N=11) с $K=5.8 - 10.8$ за период апрель – май
Баргузинский хр. р. Лев. Фролиха, Северобайкальский район Республики Бурятия	27.06	18:45	55.29	110.19	10.9*		Наиболее сильное в рое, начавшемся 27.01.11 (до 30 сентября 415 землетрясений)
Баргузинский хребет, в районе истока р. Тампуды. Северобайкальский район Республики Бурятия	28.06	20:54	55.46	110.45	10.8*		Продолжение долгоживущего роя (с июня 2007 г.). В 2010 году $K_{MAX}=11.1$. Слабых землетрясений с $K > 5.5$ за период с 01.01 по 30.09.12 зарегистрировано N=250
	15.08	4:29	55.50	110.45	11.3*		
	28.08	2:14	55.49	110.45	11.1*		
	09.09	9:22	55.49	110.45	10.6*		
	13.10	19:38	55.48	110.49	10.9		
	14.11	21:14	55.50	110.49	10.6		

Местонахождение	Дата	Время (чч-мм по Гринвичу)	Координаты		Энергетический класс, К	Проявления. Жирным шрифтом – населенные пункты, испытавшие сотрясения интенсивностью 6 и более баллов	Характеристики
			° с.ш.	° в.д.			
В ~20 км к юго-востоку от пос. Турка. Республика Бурятия, Прибайкальский район	16.07	18:38	52.88	108.49	14.5* M=5.3	Соболиха 7 баллов; Горячинск, Турка 6–7 баллов; Золотой Ключ 6 баллов; Исток, Ярцы, Черемушки, Котокель, Гремячинск 5–6 баллов и т.д.	7 афтершоков с К=9.6-10.1 по ноябрь 2011. Слабых афтершоков за 5 первых суток (16-20 июля) N=550
Баргузинский хр. В ~35 км к северо-западу от пос. Улюнхан Курумканского района Республики Бурятия	24.09	8:20	55.15	110.88	10.4*	Улюнхан 3–4 балла	24 сентября небольшая группа из четырех землетрясений с К=6.0-10.4
Северные предгорья Баргузинского хребта. В 14 км к югу от пос. Верхняя Заимка Северобайкальского р-на Республики Бурятия	08.10	18:45	55.73	110.19	10.9		Район затухающей Акуликанской последовательности 2006 года. С 01.01 по 30.09.12 N=170 землетрясений
Средний Байкал, в ~ 40 км южнее о. Ольхон	14.10	07:32	52.73	107.23	11.1	Тырган 2–3 балла	Без форшоков и афтершоков с К >9.5
Средний Байкал, в ~ 20 км южнее о. Ольхон	28.10	15:33	52.92	107.29	11.5	Еланцы, Тырган, Петрово, Попово 4 балла	Без форшоков и афтершоков с К >9.5
Южн. Байкал. В ~20 км к востоку от пос. Большое Голоустное	09.11	15:23	52.06	105.67	11.2	Большое Голоустное 4–5 баллов; Миловиды, Иркутск, Мамоны, Смоленщина 3–4 балла (далее см. п. 4.5)	Без форшоков и афтершоков с К >9.5

* - данные детальной сводной обработки

Геолого-геофизические работы по прогнозу землетрясений

(ФГУГНПП «Иркутскгеофизика»)

По современным научным представлениям аномалии состояния гидрогеодеформационного (ГГД), газгидрохимического (ГГХ) и геофизических (ЕИЭМПЗ) полей могут интерпретироваться как краткосрочные предвестники землетрясений. В Прибайкалье мониторинг предвестников землетрясений осуществляется на специально оборудованном Байкальском геофизическом полигоне. Заказчиком работ является Федеральное агентство по недропользованию.

В 2011 году на Байкальском геофизическом полигоне мониторинг ГГД поля велся на 11-ти наблюдательных пунктах, из которых 6 расположены в пределах БПТ и 2 (Талая, Онгурены) - в Центральной экологической зоне БПТ. Мониторинг ГГХ поля велся на 2-ух пунктах, расположенных в г. Иркутск и пос. Зеленый Мыс, мониторинг ЕИЭМПЗ поля - на 2-ух пунктах, расположенных в пос. Тырган и Энхалук. Схема расположения и основные сведения о пунктах наблюдений за ГГД и ГГХ полями, приведены на рисунке 1.2.2.1.4 и в таблице 1.2.2.1.4.

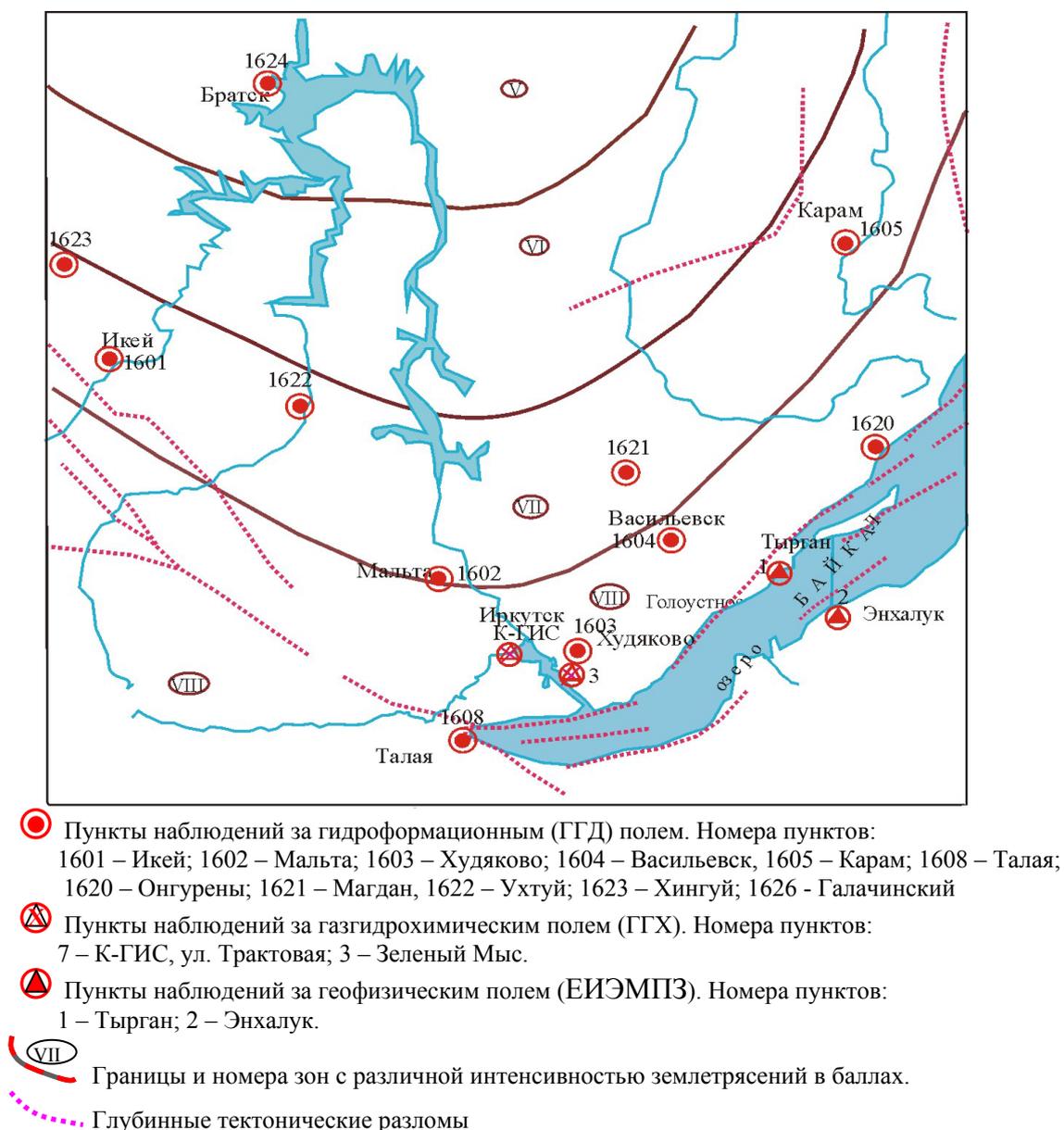


Рис. 1.2.2.1.4. Схема расположения пунктов наблюдений за гидрогеодеформационным, газгидрохимическим и геофизическим полями в 2011 году

**Сведения о пунктах наблюдательной сети мониторинга
гидрогеодеформационного, газгидрохимического и геофизического полей на
Байкальском геофизическом полигоне в 2011 году**

№ п/п	Пункт	№ скважины	Глубина скважины, м	Индекс пород зон водопритока	Интервал зоны водопритока, м	Измерительный прибор
<i>Гидрогеодеформационное (ГГД) -поле</i>						
1	Икей	1601	155	J _{1cr}	132-138	Кедр-ДМ
2	Мальта	1602	319	Є _{1bl}	290-318	Кедр-ДМ
3	Васильевск	1604	130	Є _{2 vl}	95-120	Кедр-ДМ
4	Худяково	1603	182	J _{1cr}	175-181	Кедр-ДМ
5	Карам	1605	130	Є ₂	104-118	Кедр-ДС
6	Талая	1608	120	AR-PR	77-79,5	Кедр-ДМ
7	Ухтуй	9М/1622	100	Є _{2 vl}	64,4 – 72	Кедр-ДМ
8	Хингуй	19/1623	35	О	18,4-35	Кедр-ДМ
9	Галачинский	277/1624	75	О	34 – 58	Кедр-ДМ
10	Магдан	186/1621	55,2	Є ₂	32-52	Кедр-ДС
11	Онгурены	159	52	AR-PR	41,2-44,6	Кедр-ДС
<i>ГГХ-поле</i>						
1	Зеленый Мыс	3	707	Є ₁	597 -707	Определение гелия- «Ингем», радона – «Камерал»
2	Иркутск	К-ГИС	300	J ₁	200-300	
<i>ЕИЭМПЗ -поле</i>						
1	Энхалук					Станция магнитовариационная МВ-01 (для измерения модуля вектора индукции магнитного поля), трехкомпонентная станция МВ-02, магнитовариационные станции МВ-08, МВ-07
2	Тырган					

В скважинах, оборудованных для наблюдения за ГГД-полем, велись ежечасные измерения температуры и электропроводимости подземных вод, а также атмосферного давления. В скважинах, оборудованных для наблюдения за ГГХ-полем, выполнялись ежедневные замеры концентрации гелия и радона в подземных водах. Также во всех скважинах, оборудованных для наблюдения за ГГД и ГГХ полями, выполнялись ежечасные измерения уровня подземных вод. Результаты всех выполняемых измерений по каналам сотовой и спутниковой связи передавались в центр обработки и анализа данных ФГУГП «Гидроспецгеология» (г. Москва).

По комплексным показателям ГГД, ГГХ и ЕИЭМПЗ полей на протяжении всего 2011 года состояние динамики геологической среды определялось как состояние средней интенсивности. Наиболее интенсивные изменения измеряемых показателей отмечались в феврале и в конце года. Характер динамики ГГД-поля и сейсмичности в первой половине года предопределил увеличение интенсивности сейсмогеодинамических процессов в июле - начале августа, когда произошла серия толчков с эпицентром в центральной части Байкала.

Выводы

1. В 2011 году в Прибайкалье сейсмическая активность была на среднем уровне. По интенсивности энергетического класса землетрясений 2011 год был более насыщен в сравнении с предыдущим годом.

2. Для осуществления прогноза землетрясений в Прибайкалье выполнялся мониторинг сейсмической активности, мониторинг современных тектонических движений средствами GPS-геодезии, мониторинг гидрогеодеформационного (ГГД) газгидрохимического (ГГХ) и геофизического (ЕИЭМПЗ) полей. Существующая система мониторинга опасных эндогенных процессов нуждается в совершенствовании и развитии.

3. Для обеспечения взаимодействия между организациями, выполняющими мониторинг, и получателями информации необходимо развивать региональные, муниципальные и локальные системы оповещения об угрозе или начале землетрясений.