

1.2.2. Недра

1.2.2.1. Эндогенные геологические процессы и геофизические поля

Сейсмичность Байкальской природной территории

(Байкальский филиал Геофизической службы СО 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 данными о палеосейсмодислокациях, полученными геологическими методами, сведениями о сильных землетрясениях исторического прошлого, а также информацией о более чем 222 тыс. землетрясений, зарегистрированных в результате инструментальных наблюдений, которые начали проводиться в Прибайкалье с 1902 года. С 1950 года здесь отмечено несколько мощных (9–10 баллов, $M=7,0-7,8$)¹ и целый ряд сильных землетрясений (до 8 баллов, M до 5,5–6). События последнего времени также подтверждают высокий уровень сейсмической опасности территории: Южно-Байкальское землетрясение 25.02.1999 г. ($M=6,0$); Кичерское - 21.03.1999 г. ($M=5,8$); Куморское - 16.09.2003 г. ($M=5,8$) и Култукское - 27.08.2008 г. ($M=6,2$).

Наличие в сейсмоопасной зоне БПТ гражданских и промышленных объектов, в том числе экологически опасных производств, приводит к необходимости постоянного слежения за развитием сейсмического процесса в связи с возможными социально-экономическими последствиями от сильных землетрясений. Согласно постановлению Совета Министров – Правительства Российской Федерации от 11 мая 1993 № 444 «О Федеральной системе сейсмологических наблюдений и прогноза землетрясений» мониторинг за развитием сейсмического процесса в Восточной Сибири ведет БФ ГС СО РАН.

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 филиале действует служба срочных и оперативных донесений.

***Байкальская региональная сейсмическая сеть** (международный код ВУКЛ) на 31 декабря 2010 года насчитывала 23 постоянные сейсмические станции, расположенные в Прибайкалье и Забайкалье и оснащенные цифровой аппаратурой. Центральная сейсмическая станция «Иркутск» – опорная станция сейсмической сети РАН, является региональным центром сбора и обработки материалов наблюдений по данным станций региона в срочном режиме. Сейсмическая станция «Талая» входит в телесейсмическую сеть РАН, которая интегрирована в систему глобальных сейсмических наблюдений земного шара. Кроме сейсмических станций БФ ГС СО РАН в Прибайкалье 2010 году работали четыре сейсмических станции локальной сети Бурятского филиала ГС СО РАН, данные наблюдений которых использовались при сводной обработке землетрясений Байкальского региона.*

¹ Для характеристики силы землетрясений используются такие понятия, как **магнитуда (М)**, **энергетический класс (К)** и **интенсивность (I)**. Магнитуда и энергетический класс - инструментально регистрируемые величины, условно характеризующие «энергетический заряд» в очаге землетрясения. Интенсивность характеризует силу сейсмических сотрясений в пункте наблюдения и зависит не только от силы сейсмических волн, излучённых 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.

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.

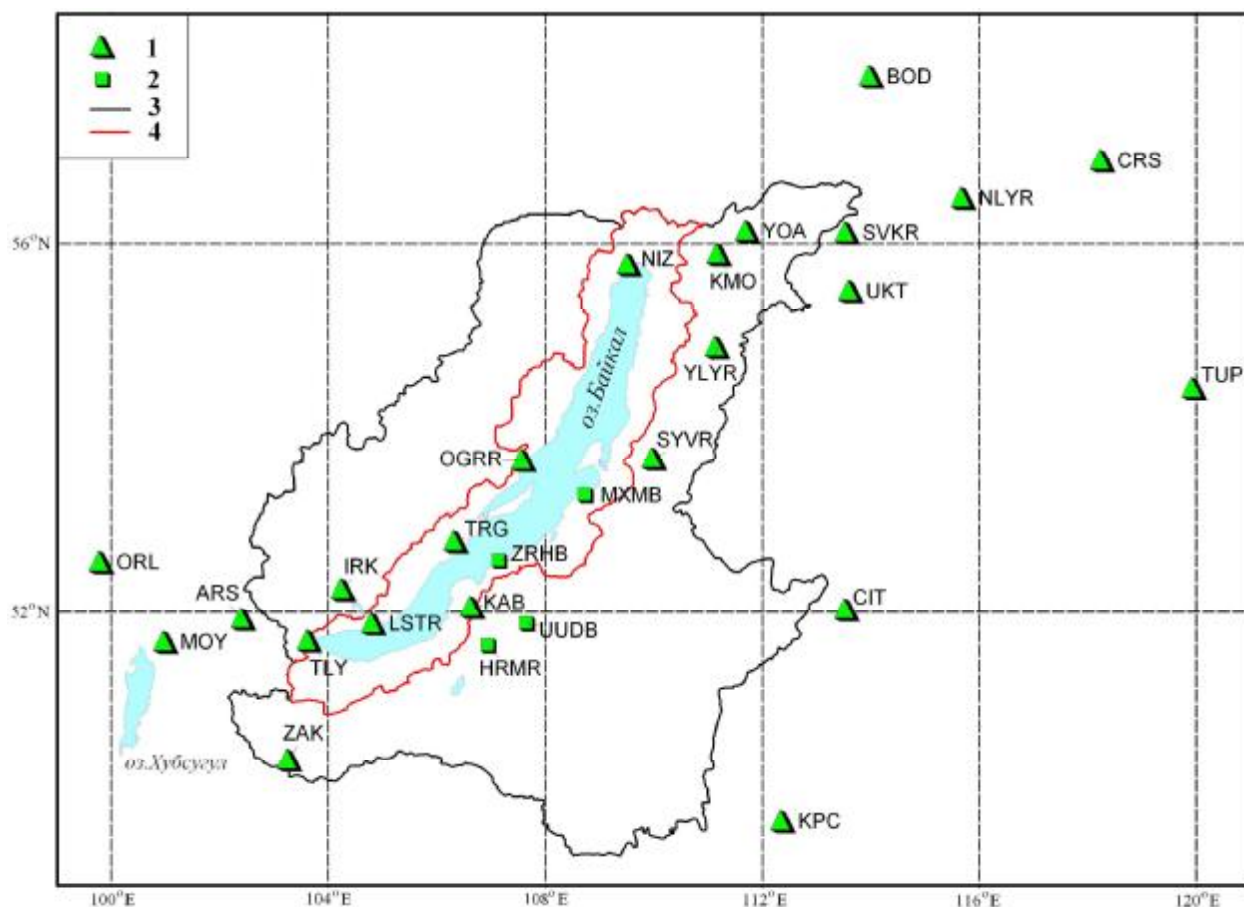


Рис. 1.2.2.1.1. Схема расположения сейсмических станций Прибайкалья и Забайкалья в 2010 году. 1 – сейсмические станции Байкальского филиала ГС СО РАН; 2 – сейсмические станции Бурятского филиала ГС СО РАН; 3 – граница БПТ; 4 – граница Центральной экологической зоны БПТ

Таблица 1.2.2.1.1

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

№	Код	Название	№	Код	Название			
1	ARS	Аршан	10	LSTR	Листвянка	19	TLY	Талая
2	BOD	Бодайбо	11	MOY	Монды	20	TRG	Тырган
3	CIT	Чита	12	MXM	Максимиha	21	TUP	Тупик
4	CRS	Чара	13	NIZ	Нижнеангарск	22	UKT	Уакит
5	HRM	Хурамша	14	NLYR	Неляты	23	UUD	Улан-Удэ
6	IRK	Иркутск	15	OGRR	Онгурен	24	YLYR	Улюнхан
7	KAB	Кабанск	16	ORL	Орлик	25	YOA	Уоян
8	KMO	Кумора	17	SYVR	Суво	26	ZAK	Закаменск
9	KPC	Хапчеранга	18	SVKR	Северомуйск	27	ZRH	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.

Традиционно в оперативную обработку в Байкальском регионе включаются записи землетрясений энергетического класса с $K \geq 9,5$, зарегистрированные на территории с координатами: 48° – 60° СШ; 96° – 122° ВД (см. рис. 1.2.2.1.1).

В последние годы (2002–2010 гг.) в Прибайкалье в пределах зоны, контролируемой сейсмостанциями БФ ГС СО РАН, регистрируется более 8–9 тысяч слабых и сильных землетрясений в год. В 2010 году было зарегистрировано 8192 землетрясения энергетического класса $K=5,6-13,6$. Из них 66 % (5417) – в пределах Байкальской природной территории. Большинство (73 %, а точнее 3951) эпицентров землетрясений БПТ сосредоточено в пределах узкой полосы Байкальского рифта, совпадающей с Центральной экологической зоной БПТ.

В 2010 году самое сильное землетрясение было зарегистрировано 19 марта в 09^h30^m с $K=13,6$, $M=5,5$ в центральной части Байкальской рифтовой зоны в Баргузинском хребте. Максимальная интенсивность в 5 баллов была зафиксирована в поселках Курумкан и Могойто Курумканского района республики Бурятия.

Кроме этого землетрясения ещё трижды были отмечены 4-5 балльные эффекты в пределах БПТ при землетрясениях 25 февраля, 26 июля и 27 сентября.

Сведения о наиболее сильных землетрясениях 2010 года ($K > 10,5$, магнитуда $> 3,6$), эпицентры которых были локализованы в пределах БПТ, приведены на рисунке 1.2.2.1.2 и в таблице 1.2.2.1.2.

В целом сейсмическая активность в 2010 году была на среднем уровне.

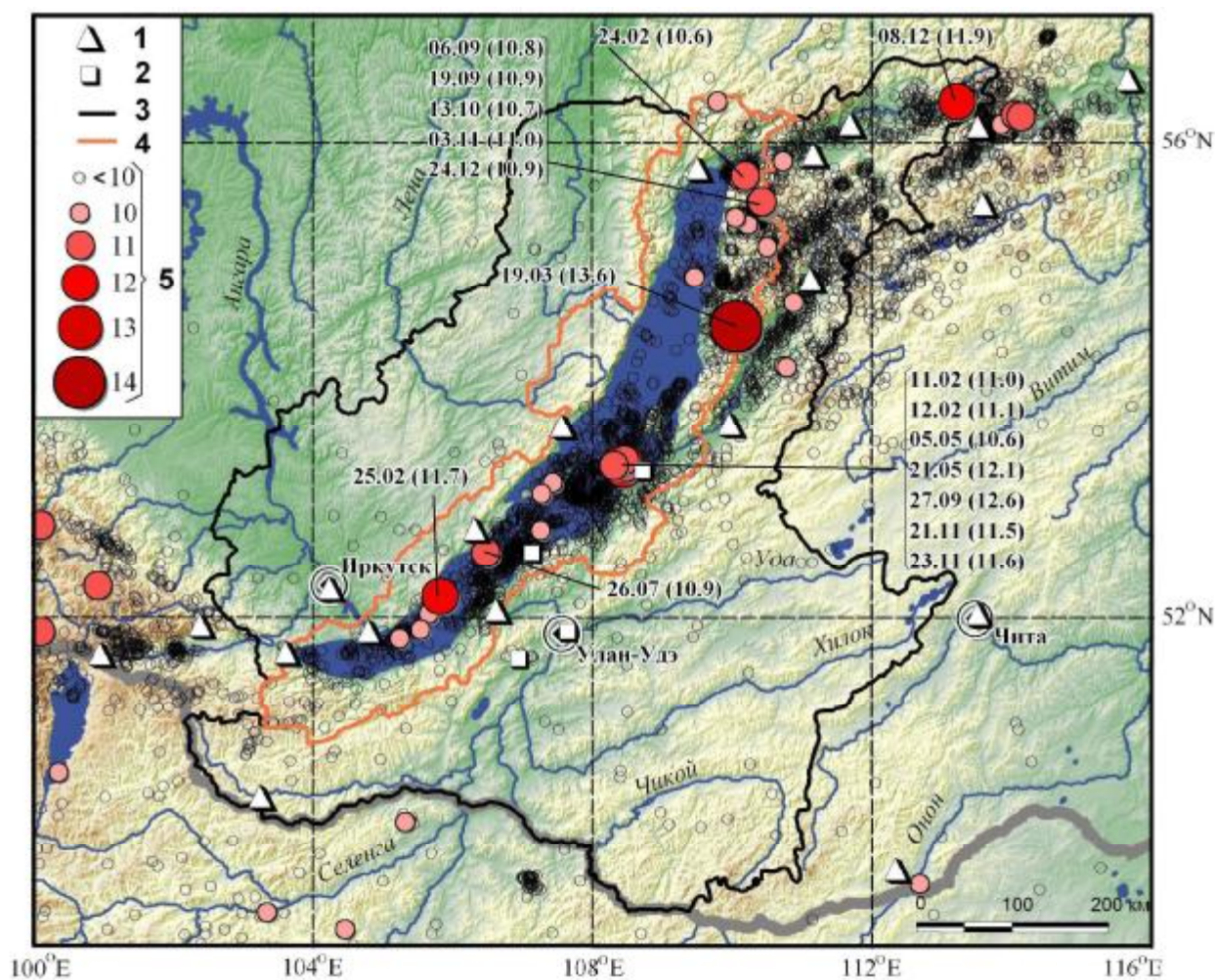


Рис. 1.2.2.1.2. Карта эпицентров землетрясений Байкальской природной территории за 2010 год. 1 - сейсмические станции Байкальского филиала ГС СО РАН; 2 - сейсмические станции Бурятского филиала ГС СО РАН; 3 - граница БПТ; 4 - граница ЦЭЗ БПТ; 5 – энергетический класс, К.

Таблица 1.2.2.1.2

Землетрясения энергетического класса (К) свыше или равных 10.5, зарегистрированные в пределах БПТ региональной сетью сейсмических станций в 2010 году (землетрясения с $K > 12.5$ выделены жирным шрифтом)

Дата	Время (ЧЧ-ММ-СС)	Местонахождение эпицентра землетрясения	Координаты		Энергетический класс	Проявления. Жирным шрифтом – населенные пункты, испытавшие сотрясения интенсивностью 4-5 и более баллов	Характеристики
11.02	11-30	Средний Байкал, в 15-30 км от с. Максимиха Баргузинского района Республики Бурятия.	° с.ш.	° в.д.	11.0		Активизация в течение всего года. Сильные землетрясения сопровождаются увеличением числа слабых. Так 12.02 $N_{слаб.} = 72$, 22.05 $N_{слаб.} = 70$, 27-28.09 $N_{слаб.} = 96$, 21-23.11 $N_{слаб.} = 66$.
12.02	1-49		53.36	108.48	11.1		
05.05	5-41		53.37	108.48	10.6		
21.05	22-34		53.32	108.32	12.1	Усть-Баргузин 3 б., Онгурен 3 б.	
27.09	13-00		53.30	108.50	12.6	Максимиха 4-5; Усть-Баргузин 4; Гусиха, Уро 3-4; Суво, Улан-Удэ 3; Онгурен 2-3; Горячинск, Турка, Читкан 2 б.	
21.11	14-37	Восточнее северной оконечности Байкала, в 42 км к востоку от сейсмостанции «Нижнеангарск».	53.32	108.47			Район Кичерской последовательности, максимально проявившей себя в 1999 г. С января по июнь 2010 г. 120 землетрясений с $K_p = 5.6 - 10.6$.
23.11	01-31		53.30	108.49	11.5		
24.02	21-34		53.30	108.48	11.6	Верхняя Заимка, Кичера 3-4 б., Северобайкальск 2-3 б.	
25.02	4-27	Южный Байкал. В ~ 30 км западнее дельты р. Селенги	52.19	105.84	11.7	Шигаево, Творогово, Истомино, Ранжурово, Посольское, Еланцы, Бугульдейка, Малое Голоустное 4-5 б.; Иркутск, Борки, Тырган, Петрово, Попово, Анга, Энхалук 4 б.; Шелехов, Улан-Удэ, Ангарск, Милониды 3-4 б.; Тугутуй, Верхоленик, Баяндай, Листвянка, Оёк, Татаурово 3 б.; Саган-Нур, Селенгинск 2-3 б.; Слюдянка, Байкальск, Каменск, Качуг 2 б.	В составе группы из 5 землетрясений за период с 22 по 25 февраля 2010 г., землетрясения с $K_p = 5.9 - 11.7$

Дата	Время (ЧЧ-ММ-СС) (Гринвичу)	Местонахождение эпицентра землетрясения	Координаты		Энергетический класс	Проявления. Жирным шрифтом – населенные пункты, испытывавшие сотрясения интенсивностью 4-5 и более баллов	Характеристики
19.03	9-30	Баргузинский хребет. В 24 км северо-западнее с. Курумкан Курумканского р-на Республики Бурятия.	° с.ш.	° в.д.	13.6	Курумкан, Могойто 5 б.; Барагхан, Северобайкальск, Суво 4-5 б.; Аргун, Гусиха, Верхняя Заимка, Уро, Улон, Новый Уоян, Уоян 4 б.; Багдарин, Баргузин, Усть-Баргузин, Кунерма, Улькан, Кичера, Улонхан 3-4 б.; Адамово 3 б., Чита 2-3 б., Иркутск, Казачинское 2 б.	В составе немногочисленной для такого сильного землетрясения последовательности из 30 землетрясений за период с 28 января по 22 июня с $K_p=5.7-13.6$
26.07	07-18	Средний Байкал. В 25 км юго-восточнее ст. «Тырган»	52.57	106.49	10.9	Тырган 4-5 б.; Еланцы, Петрово, Попово, Нарин-Кунта 4 б.; Иркутск 2 б.	Без форшоков и афтершоков
06.09	00-50	Баргузинский хребет, в районе истока р. Томпуды	55.50	110.46	10.8		Активизация долгоживущего роя (с июня 2007г.). В начале 2010 года значительное число слабых, в сентябре – декабре энергия роя возрастает до $K_p \sim 11$.
19.09	05-31		55.51	110.43	10.9		
13.10	03-52		55.51	110.44	10.7		
03.11	01-16		55.52	110.44	11.0		
24.12	13-59		55.50	110.42	10.9		
08.12	10-42	Северомуйский хребет. От ст. «Северомуйск» в 30 км к северо-западу	56.33	113.24	11.9	Северомуйск, Мамакан 3-4 б.; Бодайбо 3 б.	Без форшоков и афтершоков

Геолого-геофизические работы по прогнозу землетрясений (ФГУТНПП «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 2010 году на Байкальском геофизическом полигоне мониторинг ГГД поля велся на 11-ти наблюдательных пунктах, в т.ч. по 6 пунктам в пределах БПТ, из которых только два участка (Талая, Онгурены) расположены в Центральной экологической зоне БПТ; мониторинг ГГХ поля – по 2-м пунктам и геофизического поля - по 2-м пунктам. Схема расположения пунктов наблюдений приведена на рисунке 1.2.2.1.3.

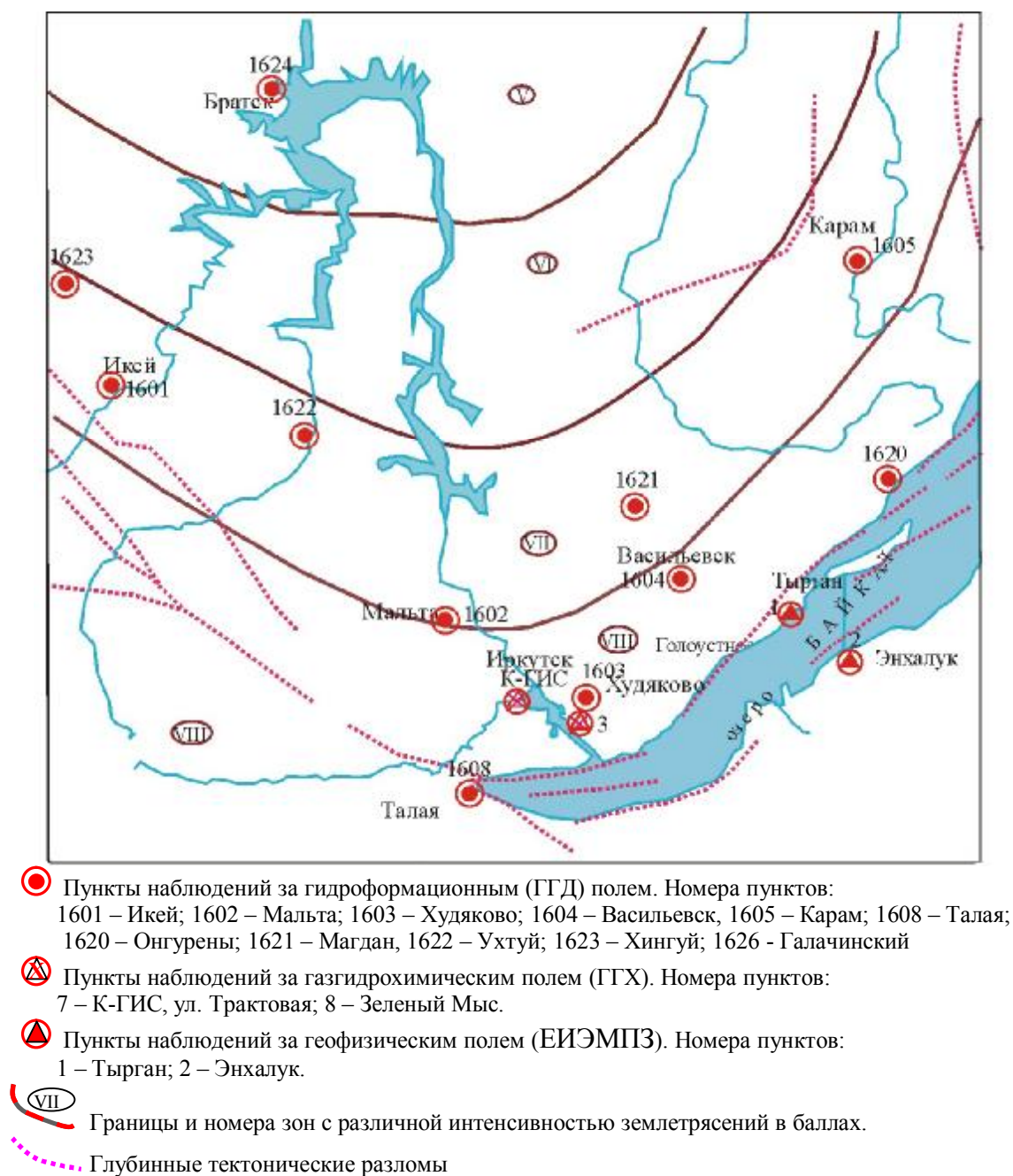


Рис. 1.2.2.1.3. Схема расположения пунктов наблюдений за гидрогеодеформационным, газгидрохимическим и геофизическим полями в 2010 году

Режимные наблюдения за ГГД и ГГХ полями

В 2010 году наблюдения ГГД-поля велись с помощью приборов «Кедр-ДМ» и «Кедр-ДС», получаемая информация с которых через операторов сотовой и спутниковой связи, непосредственно поступала на электронный адрес ФГУПП «Гидроспецгеология» (г. Москва), где проводились обработка и анализ данных.

Сведения о пунктах наблюдательной сети ГГД-, ГГХ- полей представлены в таблице 1.2.2.1.3.

Таблица 1.2.2.1.3

Сведения о пунктах наблюдательной сети ГГД-мониторинга на территории Иркутской области в 2010 г.

№ п/п	Пункт	№ скважины	Глубина скважины, м	Индекс пород зон водопритока	Интервал зоны водопритока, м	Измерительный прибор
ГГД-поле						
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
ГГХ-поле						
1	Зеленый Мыс	3	707	Є ₁	597 -707	Определение гелия-«Ингем» OARn – Камера1»
2	Иркутск	К-ГИС	300	J ₁	200-300	

Исходными данными по ГГД-мониторингу служили временные почасовые ряды уровней подземных вод и, как дополнительная информация, – температура и электропроводимость подземных вод, атмосферное давление. Для сопоставления изменений ГГД-поля и сейсмичности использовался каталог землетрясений за отчетный год.

Исходными данными по геофизическому и газгидрогеохимическому мониторингу были сейсмологическая информация и данные метода ЕИЭМПЗ - естественного импульсного электромагнитного поля Земли, которые велись непрерывно по двум направлениям приема сигнала (север-юг и запад-восток) с частотой опроса каналов один раз в минуту.

Данные ГГХ наблюдений представлены ежедневными замерами в наблюдательных скважинах концентрации гелия и радона в подземных водах.

По данным показателей ГГД-мониторинга наметилась тенденция проявления события перед землетрясениями:

- напряженно-деформированное состояние геологической среды, наиболее сильно изменяющееся в феврале и марте в Байкальском регионе предопределило событие 19 марта с очагом на севере Байкала с K=13,6;

- изменения в структуре ГГД-поля – «схлопывание» аномалии растяжения с севера на юг в августе месяце предшествовали серии из 3 событий 27-29 сентября в средней части Байкала, начавшейся толчком с $K=12,6$ с повторными афтершоками меньшей силы;

- изменения напряженно-деформированного состояния геологической среды в октябре и ноябре месяцах на севере Иркутской области и юго-восточнее озера Байкал также предшествовали событиям 21-25 ноября в средней части Байкала, где максимальная интенсивность толчков с $K=11,5-11,6$.

По данным ГГХ-мониторинга наблюдалась явно выраженная связь между содержанием гелия в воде и зафиксированными эндогенными событиями. Анализ данных ГГХ-мониторинга позволил выявить аномальные признаки изменения динамики ГГХ-поля, повторяющиеся перед землетрясениями за 3-4 дня.

По данным геофизического мониторинга сейсмогеодинамические процессы практически в течение всего года определялись - как средней интенсивности.

В целом, ведение мониторинга ГГД-и ГГХ-полей свидетельствует о возможности прогноза сейсмических событий с упреждением от 2 дней до 2 месяцев. Однако информативность и достоверность прогноза будут тем выше, чем больше будет специализированных наблюдательных скважин. В настоящее время на территории Прибайкалья сеть недостаточна и требует расширения.

Выводы

1. В 2010 году в Прибайкалье сейсмическая активность была на среднем уровне. По интенсивности энергетического класса 2010 г. был менее насыщен в сравнении с предыдущими годами.

2. Для осуществления прогноза землетрясений в Прибайкалье выполняется мониторинг сейсмической активности, мониторинг современных тектонических движений средствами GPS-геодезии, мониторинг гидрогеодеформационного (ГГД) газгидрохимического (ГГХ) и геофизического (ЕИЭМПЗ) полей. Существующая система мониторинга нуждается в развитии. Необходимо увеличить количество пунктов наблюдений и выполнить модернизацию измерительного оборудования, обеспечить взаимодействие между организациями, выполняющими мониторинг и получателями информации. Нужно развивать региональные, муниципальные и локальные системы оповещения об угрозе или начале землетрясений, в т.ч. оповещение специально подготовленных сил и средств, предназначенных для предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, дежурно-диспетчерских служб организаций, эксплуатирующих потенциально опасные объекты, органов местного самоуправления, единых дежурно-диспетчерских служб муниципальных образований, руководителей учреждений и предприятий, а также населения.