

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 200 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. ($M=6,2$).

В последние годы (2002–2008 гг.) в Прибайкалье в пределах зоны, контролируемой сейсмостанциями Байкальского филиала Геофизической службы СО РАН (БФ ГС СО РАН), регистрируется более 8–9 тысяч слабых и сильных землетрясений в год. Традиционно в оперативную обработку в Байкальском регионе включаются записи землетрясений энергетического класса с $K \geq 9,5$ (уровень оперативного каталога), зарегистрированные на территории с координатами: $48^{\circ}-60^{\circ}$ С.Ш.; $96^{\circ}-122^{\circ}$ В.Д.

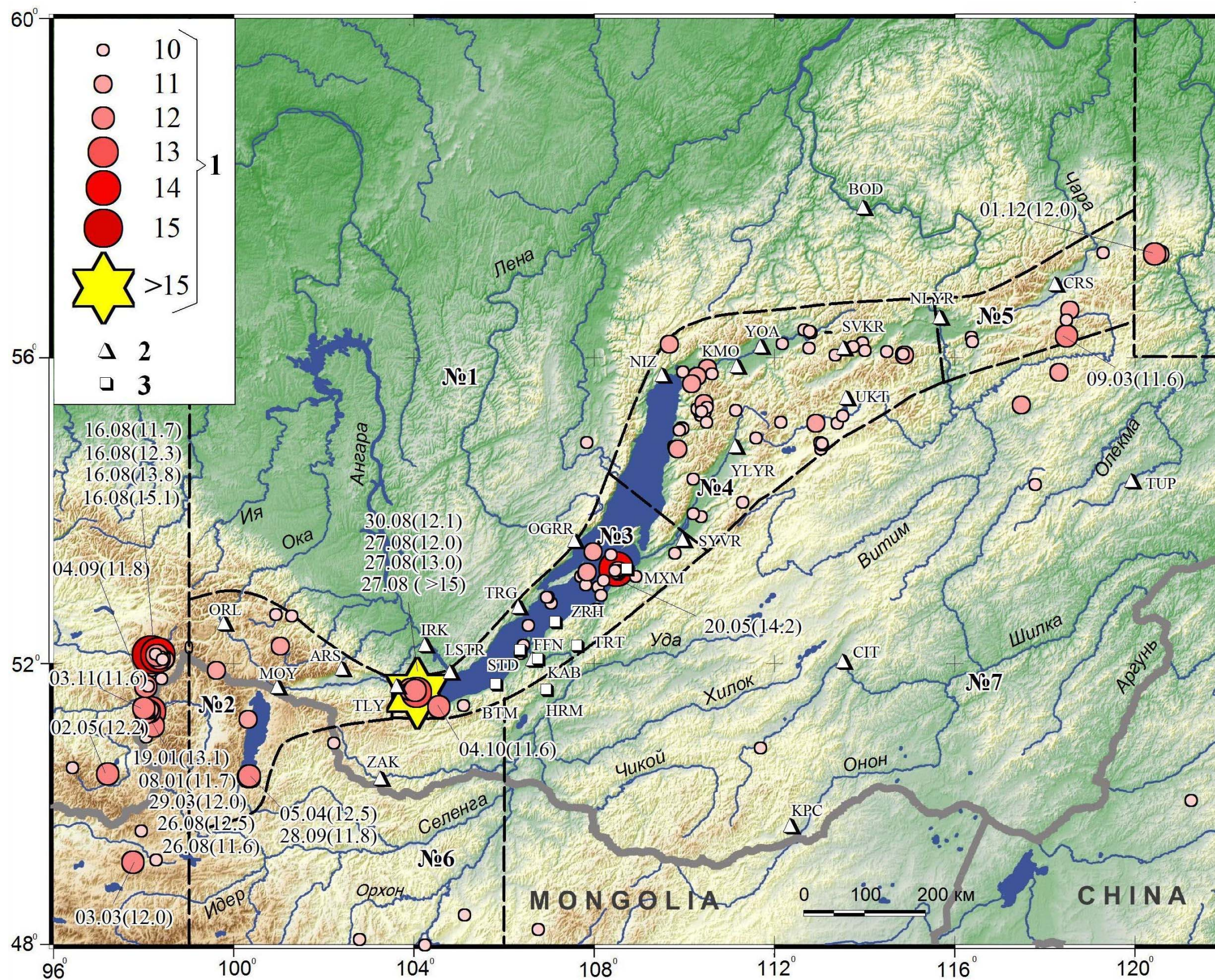
Наличие в сейсмоопасной зоне БПТ гражданских и промышленных объектов, в том числе экологически опасных производств, приводит к необходимости постоянного слежения за развитием сейсмического процесса в связи с возможными социально-экономическими последствиями от сильных землетрясений. Согласно постановлению Совета Министров – Правительства Российской Федерации от 11.05.1993 № 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 Российской Федерации от 24.03.1997 № 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 2008 года насчитывала 23 постоянные сейсмические станции, расположенные в Прибайкалье и Забайкалье (рис. 1.2.2.1.1) 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 телесеismicкую сеть РАН, которая интегрирована в систему глобальных сейсмических наблюдений земного шара.

¹⁾ Для характеристики силы землетрясений используются такие понятия, как **магнитуда (М)**, **энергетический класс (К)** и **интенсивность (I)**, характеризующаяся баллами. 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, 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.



Для землетрясений с $K > 11,5$ на рисунке указаны дата и (в скобках) энергетический класс.

Линии оконтуривают границы условных районов:

- №1 – Сибирская платформа,
- №2 – Хубсугул-Тункинский,
- №3 – Южно-Байкальский,
- №4 – Байкало-Муйский,
- №5 – Кодаро-Удоканский,
- №6 – Западное Забайкалье,
- №7 – Восточное Забайкалье.

Сейсмостанции

(Жирным шрифтом – в пределах БПТ)

ARS – Аршан;

BOD – Бодайбо;

BTM – Бабушкин;

CIT – Чита;

CRS – Чара;

FFN – Фофоново;

HRM – Хурамша;

IRK – Иркутск;

KAB – Кабанск;

KEL – Котокель;

KMO – Кумора;

KPC – Хапчеранга;

LSTR – Листвянка;

MOY – Монды;

MXM – Максимиха;

NIZ – Нижнеангарск;

NLYR – Неляты;

OGRR – Онгурен;

ORL – Орлик;

STD – Степной Дворец;

SYVR – Суво;

SVKR – Северомуйск;

TLY – Талая;

TRG – Тьрган;

TRT – Турунтаево;

TUP – Тупик;

UKT – Уakit;

Рис. 1.2.2.1.1. Карта эпицентров землетрясений Байкальского региона по оперативным данным за 2008 год

(из отчета Байкальского филиала Геофизической службы СО РАН по работам 2008 года)

1 – энергетический класс, K; 2 – сейсмические станции Байкальского филиала ГС СО РАН; 3 – сейсмические станции Бурятского филиала ГС СО РАН

Кроме сейсмических станций БФ ГС СО РАН в 2008 году работали восемь сейсмических станций локальной сети Бурятского филиала ГС СО РАН (см. рис. 1.2.2.1.1), данные наблюдений которых использовались при сводной обработке землетрясений Байкальского региона.

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 службе РАН (г. Обнинск), Геофизической службе СО РАН (г. Новосибирск), оперативным дежурным Управлений МЧС России по Иркутской области, Республике Бурятия и Забайкальскому краю, оперативному дежурному Сибирского регионального центра МЧС России (г. Красноярск), дежурным администраций Иркутской области, Республики Бурятия, Забайкальского края.

Также не позднее часа с момента землетрясения информация о нем появляется на сайте Байкальского филиала ГС СО РАН: www.seis-bykl.ru.

В последние годы (2002–2008 гг.) в Прибайкалье в пределах зоны, контролируемой сейсмостанциями БФ ГС СО РАН, регистрируется более 8–9 тысяч слабых и сильных землетрясений в год. 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).

Согласно оперативному каталогу, составленному по данным региональной сети станций, с 1 января по 31 декабря 2008 года всего зарегистрировано 183 землетрясения (см. рис. 1.2.2.1.1), из них 17 – ощутимых.

Население Иркутска ощущало сотрясения 8 раз в течение 2008 года, интенсивность колебаний достигала 6 баллов. В Улан-Удэ сотрясения отмечены дважды, наиболее сильно от землетрясения 27 августа – 4 балла, в Чите - дважды с интенсивностью до 2-3 баллов 20 мая.

Сведения о землетрясениях 2008 года по семи сейсмическим районам Байкальской рифтовой зоны с энергетическим классом $K \geq 9,5$ (магнитуда > 3) приведены в таблице 1.2.2.1.1 и на рисунке 1.2.2.1.1.

В 2008 году на территории большинства сейсмических районов наблюдалась аномально слабая сейсмичность и энергетический класс землетрясений не превысил величину $K = 11,8$. Несколько больше сейсмическая активность наблюдалась в Хубсугул-Тункинском районе с $K_{\max} = 12,8$. Высокая активность отмечена на территории Южно-Байкальского района. 20 мая сильное землетрясение с $K = 14,3$ зарегистрировано в районе полуострова Святой Нос. Максимальные сотрясения в 5-6 баллов отмечены в пос. Максима. За первые 3 суток зарегистрировано ~ 500 афтершоков с $K > 5,5$.

27 августа в 01:35 по Гринвичу произошло сильное землетрясение с магнитудой $M = 6,2$, названное «Култукским» по наименованию наиболее пострадавшего населенного пункта (пос. Култук). В акватории озера Байкал это - второе по величине магнитуды землетрясение за период инструментальных наблюдений (с 1902 года) после Среднебайкальского (август 1959 года, $M = 6,8$).

Землетрясение 27 августа сопровождалось афтершоками, в течение 2 месяцев зарегистрировано более 1500 толчков, шесть из них ощутимых. На рисунке 1.2.2.1.2 приведена схема расположения эпицентров основного толчка землетрясения 27.08.2008 и его сильнейших афтершоков.

Землетрясения энергетического класса (К) свыше или равных 9,5 по оперативному каталогу данных региональной сети сейсмических станций в Байкальской рифтовой зоне в 2008 году (землетрясения с $K > 12,5$ выделены жирным шрифтом)

Сейсмический район Прибайкалья и Забайкалья	Местонахождение	Координаты		Дата	Время, час, мин по GMT	Энергетический класс, К	Интенсивность проявления (Жирным шрифтом выделены населенные пункты, испытывавшие сотрясения интенсивностью 4-5 и более баллов)	Характеристики
		° с.ш.	° в.д.					
1 – Сибирская платформа	Слабая рассеянная сейсмичность					<10,2	Данных об ощутимости нет	
2 – Хубсугул-Тункинский район	Монголия, юг оз. Хубсугул	50.33	100.25	05.04	18-56	12,8*	Закаменск - 2 балла	В составе группы (20 землетрясений с $K > 5,7$ в течение апреля)
		50.44	100.34	28.09	18-40	11,8		
	Граница с Монголией, Большой Саян	51.92	99.62	08.09	18-42	11,3	Орлик - 3-4 балла	
3 – Южно-Байкальский район	Средний Байкал, в 15 км от с. Максимиha Баргузинского района Республики Бурятия	53.30	108.49	20.05	20-42	14,3*	Максимиha - 5-6 баллов, Усть-Баргузин, Горячинск, Турка - 5 баллов, Котокель, Гремячинск, Хужир, Баргузин, Суво, Батурино, Зырянск, Турунтаево, Татаурово - 4-5 баллов и т.д.	Землетрясение с афтершоками. За первые 3 суток ~ 500 афтершоков с $K > 5,5$
		53.27	108.53	28.05	10-17	11,4		
	На Южном Байкале, в 14 км от г. Байкальска, в 27 км от пос. Култук, наиболее пострадавшего при этом землетрясении	51.62	104.06	27.08	01-35	15,9* $M_w=6,2$	Култук, Утулик - 7-8 баллов, Слюдянка, Талая, Быстрое - 7 баллов, Байкальск, Анчук - 6-7 баллов, Ангасолка, Подкаменная, Листвянка, Иркутск, Торы, Зун-Мурино, Ходарей - 6 баллов и т.д.	Култукское землетрясение - сильнейшее в Южном Прибайкалье почти за 50 последних лет. Зарегистрировано более 1000 афтершоков с $K=6-13$ за первые 12 суток
		51.61	104.03	27.08	01-41	13,2*	Иркутск - 5 баллов, Гусиноозерск, Еланцы - 3-4 балла	
		51.65	103.91	27.08	02-07	12,3*	Иркутск 3 балла, Еланцы 2 балла	
		51.63	104.03	30.08	13-53	12,1*	Култук, Талая, Слюдянка, Байкальск - 4-5 баллов, ж/д. ст. Голубые Ели - 3-4 балла, Иркутск, Еланцы, Глубокая - 3 балла, Ангарск - 2-3 балла, Закаменск - 2 балла	
		51.40	104.50	04.10	13-34	10,9*	Слюдянка, Байкальск - 2-3 балла, Иркутск,	
		51.43	104.49	04.10	13-34	11,6*	Закаменск - 2 балла	
В 7 км от восточной оконечности острова Ольхон на Байкале	53.25	107.85	05.12	18-10	11,5	Онгурены - 2 балла		

Сейсмический район Прибайкалья и Забайкалья	Местонахождение	Координаты		Дата	Время, час, мин по GMT	Энергетический класс, К	Интенсивность проявления (Жирным шрифтом выделены населенные пункты, испытавшие сотрясения интенсивностью 4-5 и более баллов)	Характеристики
		° с.ш.	° в.д.					
4 – Байкало-Муйский район	Южно-Муйский хребет. В 30 км южнее п. Таксимо	56.05	114.9	01.09	17-46	11,2	Данных об ощутимости нет	
	В Баргузинском хребте в районе истока р. Томпуды	55.44	110.45	24.11	18-59	11,2	Данных об ощутимости нет	В составе многочисленного роя, начавшегося в июне 2007 г.
5 – Кодаро-Удоканский район	Каларский хребет. В ~ 30 км юго-восточнее пос. Новая Чара Читинской области	56.64	118.63	14.02	22-00	11,7*	Данных об ощутимости нет	В составе группы из 20 землетрясений с $K > 5$, 8, зарегистрированной за период январь-март
	Каларский хребет. В ~ 60 км юго-восточнее пос. Новая Чара Читинской области	56.32	118.55	09.03	23-28	11,8*	Данных об ощутимости нет	Без форшоков и афтершоков
6 – Западное Забайкалье	Слабая рассеянная сейсмичность					<10,1	Данных об ощутимости нет	
7 – Восточное Забайкалье	Южный склон хребта Янкан	55.42	117.50	21.03	01-58	11,6*	Данных об ощутимости нет	Без форшоков и афтершоков

* - данные детальной сводной обработки

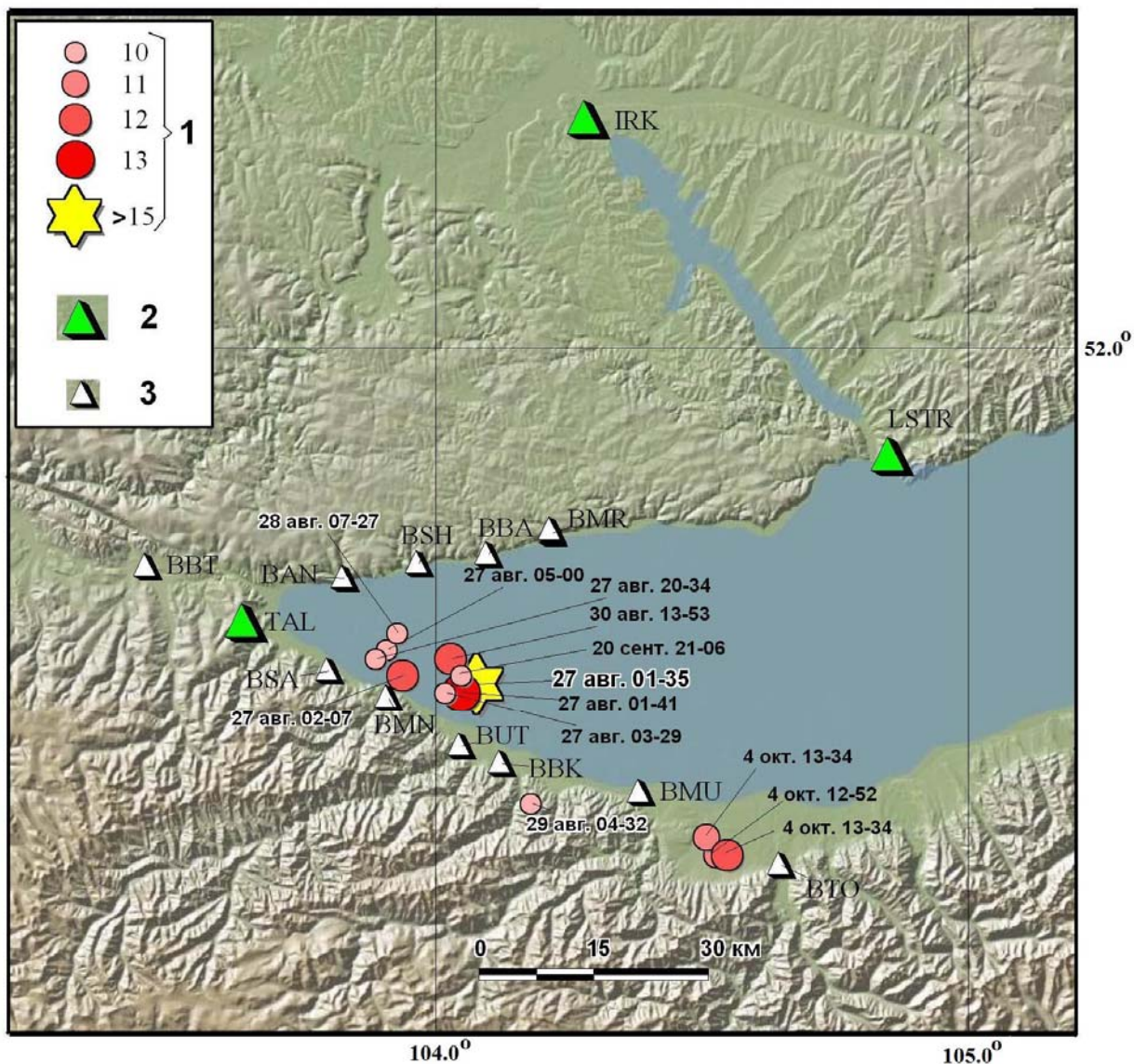


Рис. 1.2.2.1.2. Расположение основного толчка землетрясения 27 августа 2008 г., его сильнейших афтершоков и локальной сети временных сейсмических станций. 1 – энергетический класс, К; 2 – стационарные сейсмические станции БФ ГС СО РАН; 3 – временные сейсмические станции.

Наиболее пострадавшими от землетрясения стали поселки Култук и Утулик, а также город Слюдянка, расположенные на берегу озера Байкал. Землетрясение вызвало беспокойство, испуг, а в населенных пунктах Южного Прибайкалья - панику среди населения. В поселках Култук, Утулик и г. Слюдянка отмечено массовое обрушение кирпичных труб (см. рис. 1.2.2.1.3) и разрушение кирпичных печей в одноэтажных деревянных домах. Серьезно пострадали здания социального назначения (школы, детские сады, больницы) в городе Слюдянка и поселке Култук. Повреждения этих зданий достигали 2–3 степени («умеренные» и «тяжелые») по шкале MSK-64.

Кроме того, в населенных пунктах, расположенных на побережье Байкала, как массовое явление наблюдалось растрескивание штукатурки на стенах и потолках зданий, а также падение больших кусков штукатурки. Наиболее часто наблюдавшимися макросейсмическими признаками являются: сильное раскачивание, а в некоторых случаях падение люстр, плафонов, падение неустойчивых и устойчивых предметов, движение и опрокидывание тяжелой мебели и бытовой техники (шкафы, холодильники, телевизоры и т.п.), сильный подземный гул, а в зоне побережья - звук, похожий на взрыв бытового газа.



Рис. 1.2.2.1.3. Разрушение печных труб в поселке Култук во время землетрясения 27 августа 2008 года. Подобные разрушения имели массовый характер в Култуке, Утулике и Слюдянке.

В горах и на крутых склонах отмечены многочисленные осыпи, обвалы, оползни и камнепады (рис. 1.2.2.1.4). В лесу очевидцы ощущали сильные сотрясения почвы, которое сопровождалось раскачиванием деревьев и колебанием высокой травы.

В наиболее пострадавшем от землетрясения поселке Култук в момент первого толчка упали почти все кирпичные трубы на жилых домах. Большинство (около 80 %) печей разрушены частично или полностью и дальнейшей эксплуатации не подлежат. Отмечено появление трещин в бетонных фундаментах деревянных домов. Сильно пострадало при землетрясении трехэтажное кирпичное здание поселковой средней школы. Повреждения этого здания превысили 3-ю степень («тяжелые») по шкале MSK-64 – образовались сквозные зияющие трещины в наружных и внутренних стенах (рис. 1.2.2.1.5), нарушены связи между частями здания. Дальнейшая эксплуатация здания невозможна. В деревянном здании детского сада разрушены практически все кирпичные печи, с наружных и внутренних стен обвалились пласты штукатурки, во внутренних стенах видны зияющие трещины. По словам жителей, во время землетрясения было трудно передвигаться и просто стоять на ногах; волнообразные колебания почвы были заметны «на глаз». В колодцах и колонках отмечено сильное помутнение воды, ставшей непригодной для питья. Жители отмечают повышение уровня грунтовых вод – в огородах значительно увлажнилась почва, чего раньше не наблюдалось.

Аналогичные эффекты наблюдались в городе Слюдянка. Причинен ущерб зданиям социального назначения: школам, детскому саду, больнице (2–3-я степень повреждения). В панельных домах на фасадах нарушена целостность вертикальных растворных швов, а также горизонтальных стыков поперечных стеновых панелей в лестничных клетках, здания получили «умеренные» повреждения 2-й степени. Повышенный объем повреждений объясняется не столько высокой интенсивностью землетрясения, сколько низким качеством строительства и высокой степенью физического износа зданий. Например, панельные дома, запроектированные на 9 баллов, при интенсивности внешнего воздействия 7 баллов вообще не должны были получить никаких повреждений.



Рис. 1.2.2.1.4. Сейсмогравитационный обвал, произошедший в результате землетрясения 27 августа 2008 года перегородил грунтовую дорогу на окраине города Слюдянка



Рис. 1.2.2.1.5. Трещины в стене здания школы в поселке Култук после землетрясения 27 августа 2008 года

В городе Байкальск последствия землетрясения были выражены менее ярко, однако оно ощущалось абсолютным большинством населения в зданиях различных типов и на открытом воздухе. Сотрясения зданий были хорошо заметны на глаз. Отмечены разрушения печных труб в частных деревянных домах. Как массовое явление наблюдалось падение незакрепленных предметов со столов и полок, из открытых емкостей выплескивалась жидкость. В некоторых крупнопанельных зданиях осыпалась штукатурка, отмечен единственный случай разрыва пожарного гидранта. В кирпичном здании средней школы произошло раскрытие антисейсмического шва, других повреждений здание не получило.

По свидетельству очевидцев при землетрясении колебание земли вблизи берега Байкала было подобно волнению воды на озере, почва стала мягкой и напоминала «студень». Стоявшую на берегу автомашину подбрасывало вверх. Жители отмечали сильное раскачивание труб Байкальского целлюлозно-бумажного комбината.

В Иркутске землетрясение ощущалось практически всеми, кто находился в помещениях и многими на открытом воздухе, в том числе весьма отчетливо в стоявших автомашинах. Очень многие в испуге покидали дома, долгое время после землетрясения оставались на улице. В городе отмечены случаи опрокидывания или частичного разрушения печных труб в одно- и двухэтажных домах. В квартирах горожан наблюдалось падение незакрепленных предметов (посуда, книги, вазы, и прочее), появление трещин в штукатурке, осыпание побелки и небольших кусков штукатурки, дребезжание стекол, звон посуды, сильное раскачивание люстр и др. эффекты. На верхних этажах макросейсмические проявления были заметнее. В торговых павильонах на рынках и в магазинах города наблюдались многочисленные случаи падения товаров с полок.

Макросейсмические данные о Култукском землетрясении 27 августа 2008 года в ближней к эпицентру зоне (120 км), приведены в таблице 1.2.2.1.2, схема макросейсмических проявлений приведена на рисунке 1.2.2.1.6.

Таблица 1.2.2.1.2

**Макросейсмические данные о Култукском землетрясении 27 августа 2008 года
в ближней к эпицентру зоне (120 км)**

№	Пункт	Интенсивность, баллы	Удаление от эпицентра, км	№	Пункт	Интенсивность, баллы	Удаление от эпицентра, км
1	Утулик	7–8, гул	8	13	Иркутск	6	74
2	Култук	7–8, гул	27	14	Торы	6, гул	75
3	Слюдянка	7, гул	25	15	Зун-Мурино	6	83
4	Байкальск	7, гул	14	16	Зактуй	6	99
5	с/ст Талая	7	30	17	Никольск	6	103
6	Быстрое	7	44	18	Тунка	6	105
7	Анчук	6–7	44	19	Жемчуг	6, гул	110
8	Солзан	6, гул	18	20	Охор-Шибирь	6	114
9	Ст. Ангасолка	6, гул	20	21	Выдрино	5–6, гул	44
10	Ангасолка	6	26	22	Маритуй	5	22
11	Тибельти	6	58	23	Мурино	5	28
12	Шулуты	6	67	24	Аршан	5, гул	117

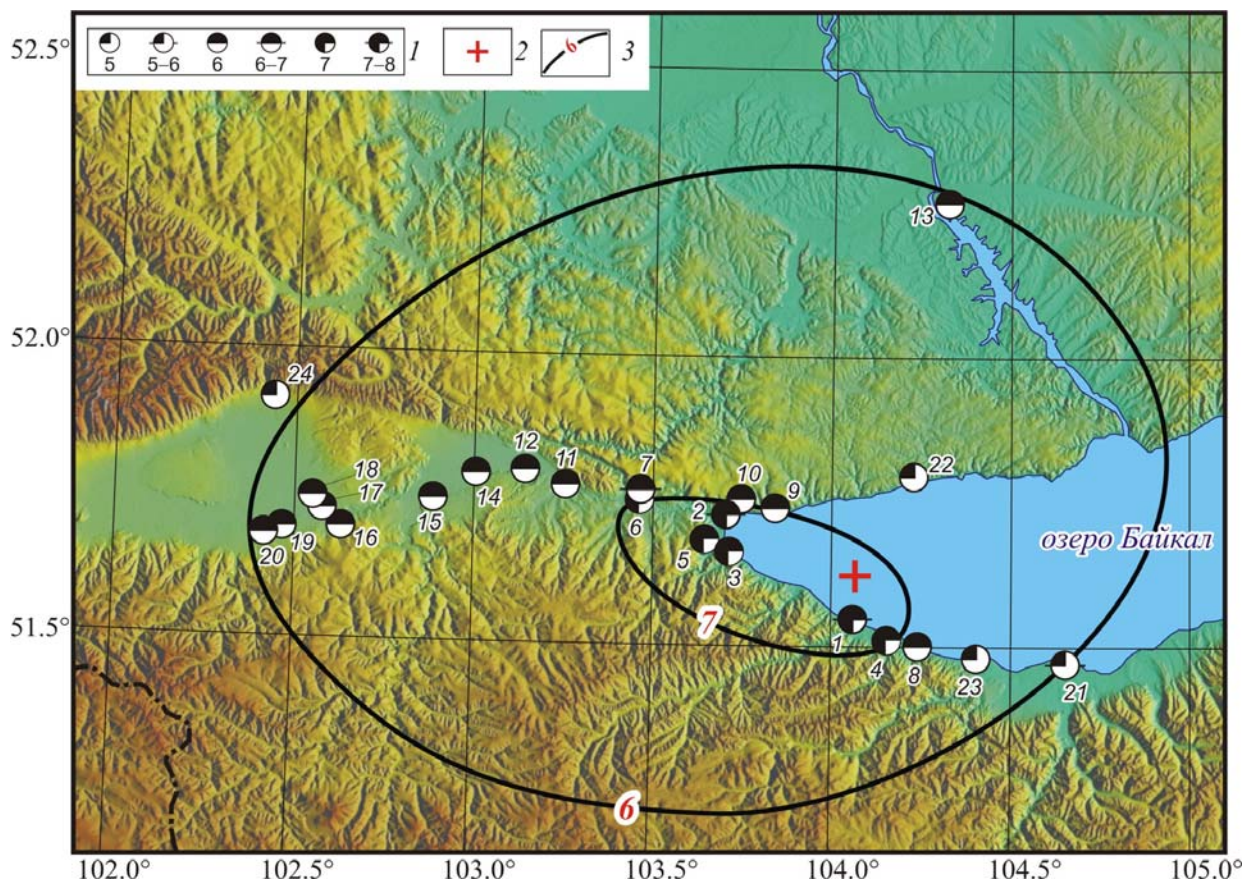


Рис. 1.2.2.1.6. Схема макросейсмических проявлений Култукского землетрясения 27 августа 2008 года в ближней к эпицентру зоне (120 км). Номера пунктов соответствуют таблице 1.2.2.1.2. 1 – интенсивность сотрясений по шкале MSK-64; 2 – инструментальный эпицентр; 3 – изосейста.

Современные тектонические движения

(Институт земной коры СО РАН)

Общие сведения об исследованиях современных тектонических движений по данным системы глобального позиционирования GPS NAVSTAR (США) приведены в докладе за 2007 год (стр. 128-131). Наблюдения ведутся в 50 пунктах измерений, образующих наблюдательную сеть Байкальского геодинимического полигона. Наблюдательная сеть охватывает южную и центральную части Байкальской рифтовой системы, а также часть ее северо-восточного фланга (рис. 1.2.2.1.3). Опорными для сети служат пункты постоянных измерений в городах Иркутске (IRKU с 1994 г. и IRKT с 1996 г.) и Улан-Удэ (ULAN с 1994 г. и ULAZ с 1999 г.). В последние 3 года организованы полупостоянные (по полгода) измерения на трех пунктах, базирующихся на территориях сейсмических станций Байкальского филиала ГФ СО РАН – «Тырган» (Приольхонье), «Суво» (Баргузинская впадина) и «Закаменск» (южный склон Хамар-Дабана). Данные на полевых пунктах получены в результате ежегодных измерений с интервалом записи 30 сек в течение 22-23 часов на протяжении 2-4 дней.

В 2008 году проведены плановые измерения на локальных измерительных полигонах, расположенных в центральной и южной частях Байкальского рифта – в Приольхонье, Чивыркуйском заливе, Баргузинской впадине, Южно-Байкальской впадине, Тункинской впадине (см. рис. 1.2.2.1.7). Интерес к этим районам вызван тем, что здесь проявились сейсмические события, одно из которых - Култукское землетрясение (27.08.2008, $K = 15,9$), стало сильнейшим за последние 50 лет.

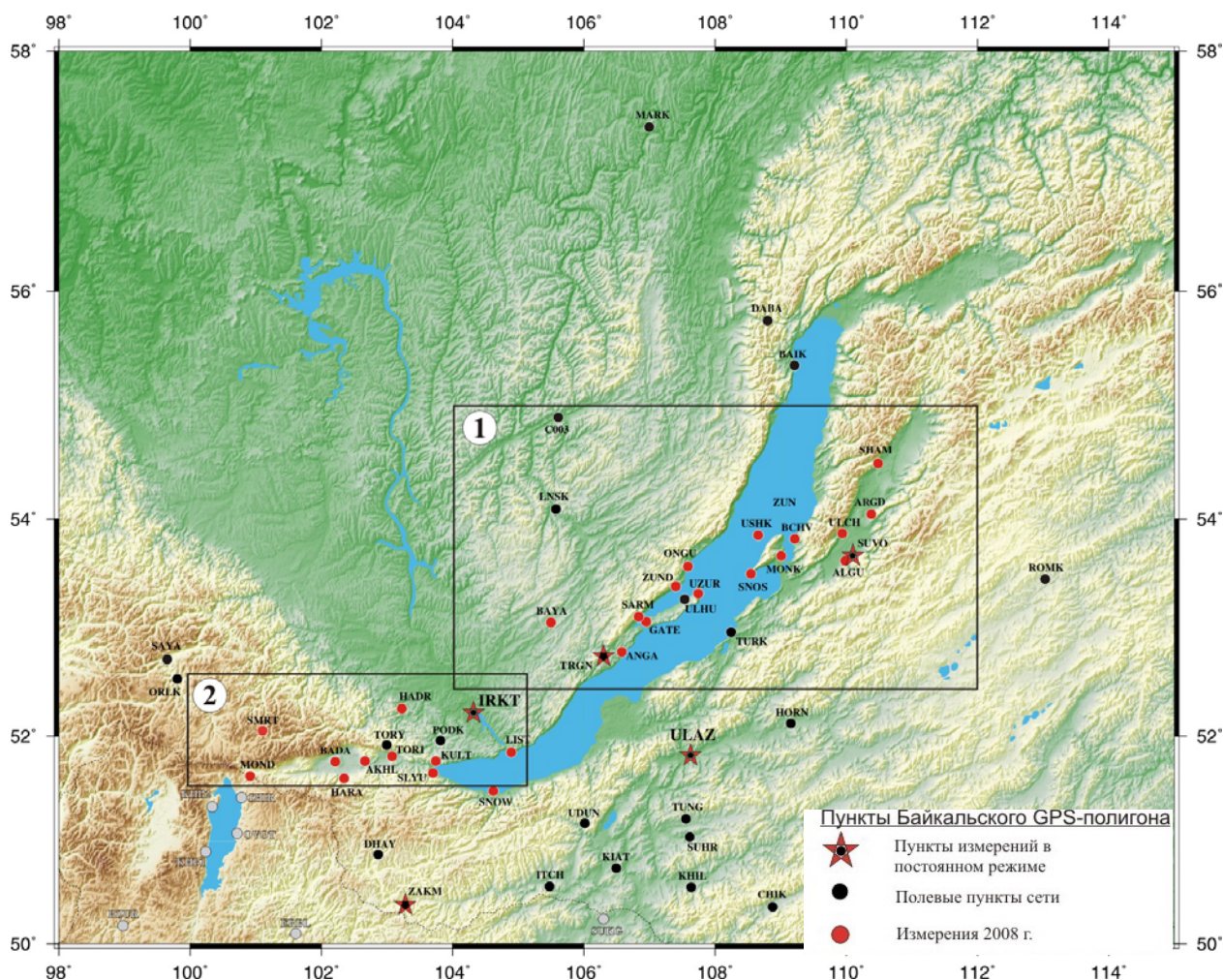


Рис. 1.2.2.1.7. Сеть пунктов геодинимического GPS-полигона в 2008 году.
 Прямоугольниками 1 и 2 показаны локальные геодинимические полигоны в центральной и южной частях Байкальского рифта.

Для наблюдений за динамикой деформаций организованы измерения в полупостоянном режиме на пунктах ZKMN (сейсмостанция «Закаменск»), TRGN (Приольхонье, сейсмостанция «Тырган») и SUVO (восточный борт Баргузинской впадины, сейсмостанция «Суво»). Измерения на этих пунктах проводятся в зимний период в течение 3-4 месяцев в постоянном режиме, а летом – единожды в течение 3 суток. При измерениях использовались комплекты GPS-приемников Ashtech Z-Xtreme с антеннами Choke-Ring и Ashtech Z-XII с антеннами Geodetic III. Продолжен ряд непрерывных режимных измерений на линии Иркутск (пункт IRKT) – Улан-Удэ (пункт ULAZ), (см. рис. 1.2.2.1.7). В результате наблюдений уточнены оценки направлений горизонтального движения тектонических блоков в пределах центральной части Байкальской рифтовой системы.

Расчеты векторов скорости движений для каждого пункта геодинимических GPS-полигонов сделаны также относительно Сибирской платформы, являющейся частью стабильной Северной Евразии. Опорной точкой является пункт IRKT (г. Иркутск). Для центральной части Байкальского рифта тенденцией являются малые скорости смещений пунктов на западном борту Байкальской впадины и достаточно высокие скорости, достигающие 4,1 мм/год – на восточном (см. рис. 1.2.2.1.8).

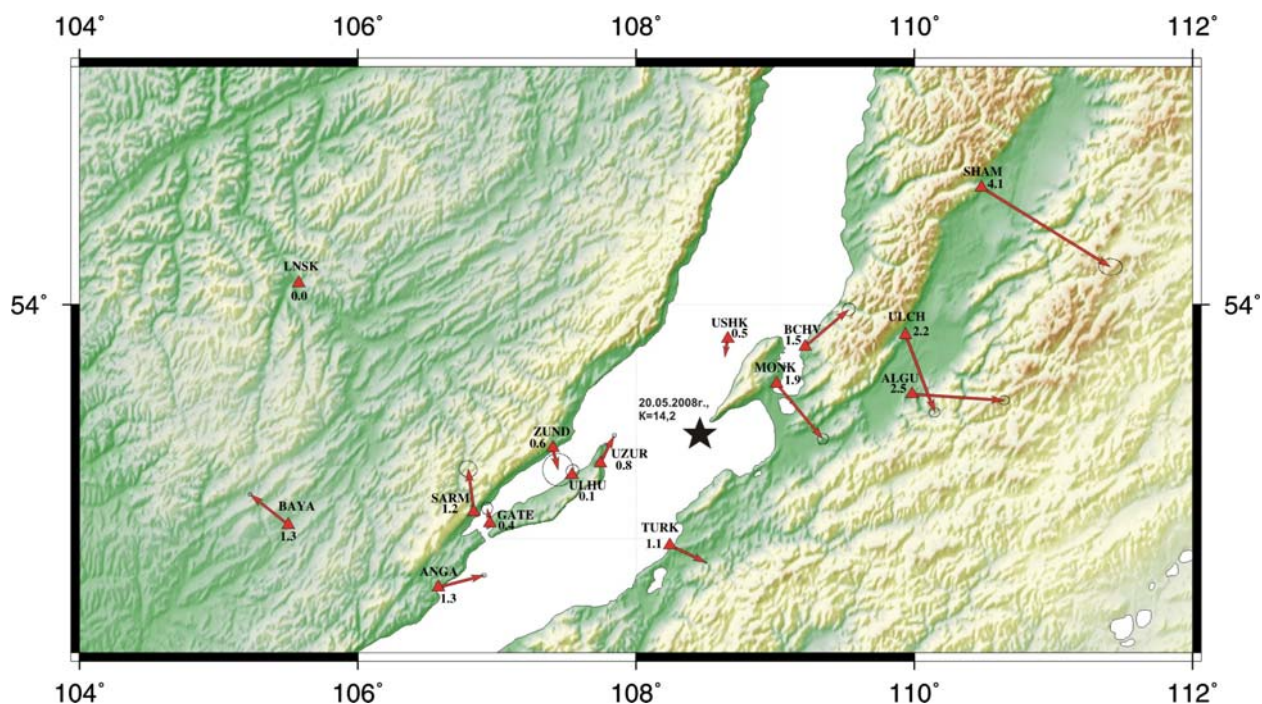


Рис. 1.2.2.1.8. Поле скоростей горизонтальных движений пунктов Центрально-Байкальского локального геодинамического полигона относительно пункта IRKT (г. Иркутск) по данным измерений за 1994-2008 гг.
Векторы скоростей показаны с 95% эллипсами доверительного интервала.

В целом пункты, располагающиеся в Забайкалье, движутся в юго-восточном направлении, что коррелирует с данными измерений в Южно-Байкальской впадине. Движения во внутренней части Байкальской впадины менее однонаправлены. Так, измеряемые с 1994 года пункты ANGA и UZUR показывают северо-восточный тренд движения. Другие пункты, расположенные по берегам пролива Малое Море, попарно смещаются к северу (SARM, GATE) или практически неподвижны в пределах точности измерений (ZUND, ULHU). Необходимо заметить, что серию измерений 2008 года предваряло довольно сильное землетрясение 20.05.2008 ($M=14,2$), эпицентр которого располагался несколько южнее мыса Нижнее Изголовье полуострова Святой Нос. Эффект косейсмических деформаций такого землетрясения пока не может быть оценен по данным измерений геодезической сети. Однако, наличие быстрых изменений поля деформаций и дальнейшую релаксацию упругих деформаций вокруг его эпицентральной области надо учитывать при интерпретации данных измерений. Последующие измерения на сетях геодинамических полигонов позволят выявить характер динамики деформаций и оценить влияние на нее сейсмических событий разной силы.

Поле скоростей горизонтальных движений для пунктов в восточной части Тункинской цепи впадин и в Присянье характеризуется общей тенденцией движения к СВ (см. рис. 1.2.2.1.9). Соотношение скоростей движений указывает на конвергентную составляющую движений по Главному Саянскому и Торско-Быстринскому сегменту Тункинского разлома. Разворот векторов для пунктов TOR1, SLYU и LIST свидетельствует о небольшой левосторонней составляющей движений по Главному Саянскому и Обручевскому разломам. Вместе с тем, средняя скорость этого движения очень мала - около 0,3 мм/год для юго-восточного сегмента Главного Саянского разлома.

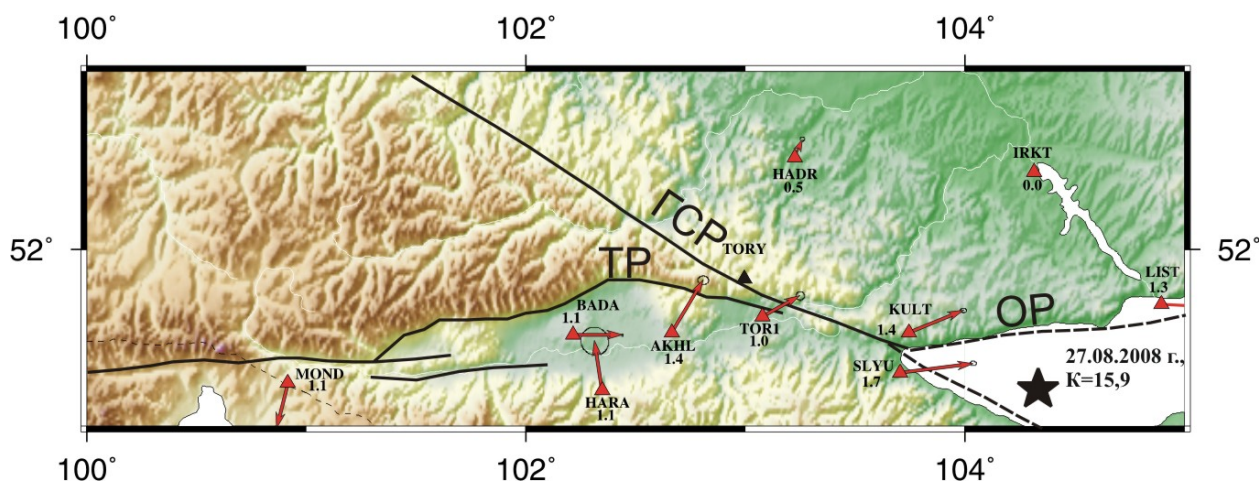


Рис. 1.2.2.1.9. Поле скоростей горизонтальных движений пунктов Тункинского локального геодинамического полигона относительно пункта IRKT (г. Иркутск) по данным измерений за 1994-2008 гг. Векторы скоростей показаны с 95% эллипсами доверительного интервала.

Геолого-геофизические работы по прогнозу землетрясений (ФГУГНПП «Иркутскгеофизика»)

По современным научным представлениям аномалии состояния гидрогеодеформационного (ГГД) и газгидрохимического (ГГХ) полей могут интерпретироваться как краткосрочные предвестники землетрясений. В Прибайкалье мониторинг предвестников землетрясений осуществляется на специально оборудованном Байкальском геофизическом полигоне в рамках государственной программы «Мониторинг гидрогеодеформационного, геофизических и газгидрогеохимических полей в сейсмически опасных районах Сибирского федерального округа в 2006-2008 гг.». Заказчиком работ является Федеральное агентство по недропользованию.

В 2008 году на Байкальском геофизическом полигоне мониторинг ГГД поля велся в 6-ти наблюдательных пунктах, мониторинг ГГХ поля – в 2-х пунктах. Схема расположения пунктов наблюдений приведена на рисунке 1.2.2.1.10.

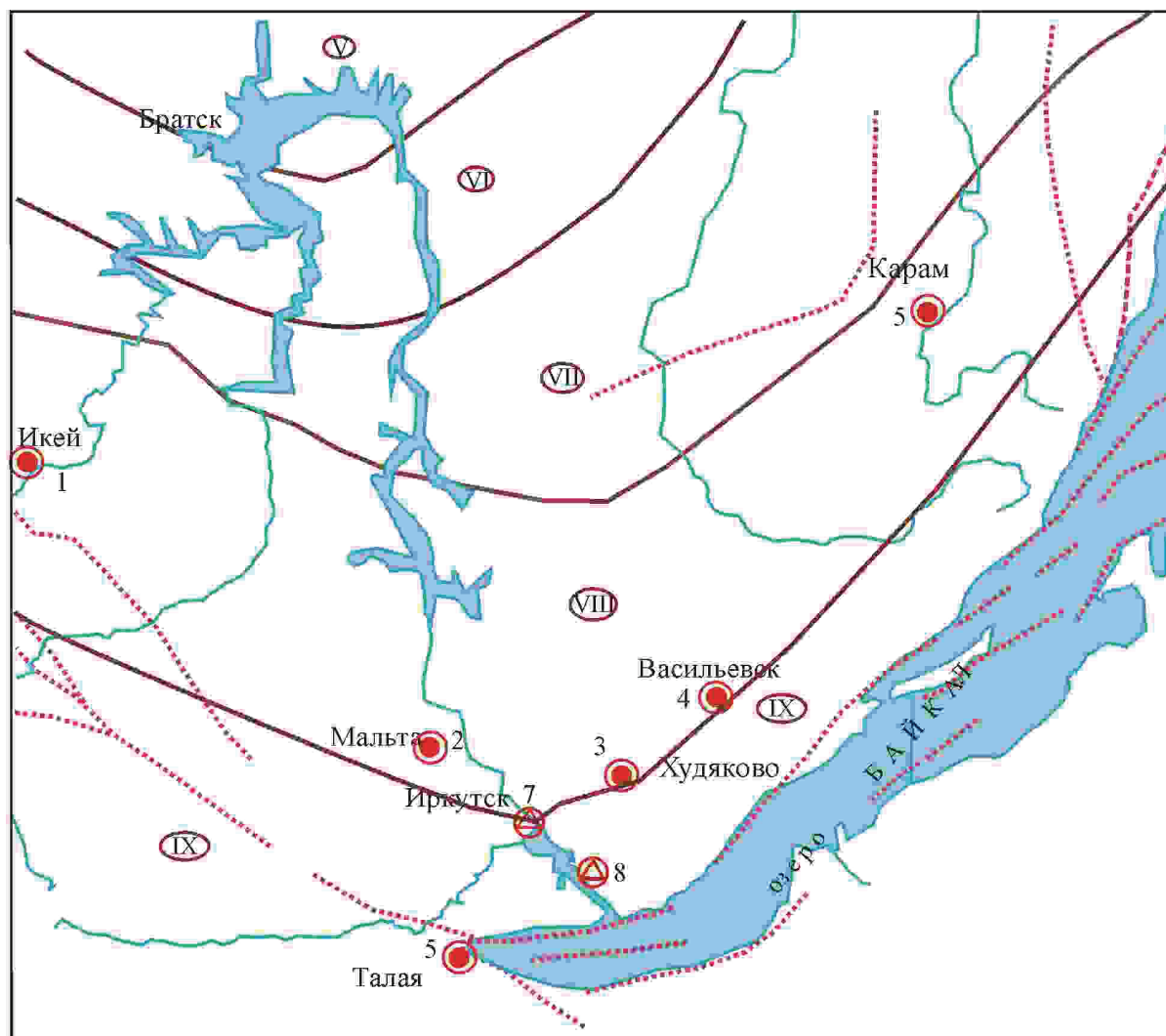
Режимные наблюдения за ГГД полем осуществлялись по пунктам: Талая, Худяково, Васильевск, Икей, Мальта и Карам. Наблюдательный пункт «Талая» расположен в Центральной экологической зоне Байкальской природной территории.

Пункты ГГД мониторинга оборудованы измерительной системой Кедр-2А и Кедр-Д (производства «Полином», г. Хабаровск), обеспечивающих автоматическую регистрацию одновременно атмосферного давления, уровня и температуры подземных вод. В 2008 году на участках Васильевск, Мальта, Икей установлены модернизированные телеметрические комплексы сбора данных «Кедр-ДМ» с автоматической передачей данных на электронный адрес ИТЦГМГС через оператора сотовой связи.

Информация, получаемая с объектов наблюдений, после обработки в виде файлов, сформированных по установленной форме, направлялась электронной почтой в ГИПЦ ВСЕГИНГЕО, где производилась их обработка и осуществлялся обобщенный анализ текущего состояния ГГД-поля и формировался банк данных наблюдений.

В результате наблюдений подготавливались еженедельные карты, характеризующие напряженно-деформационные процессы. Примеры подготавливаемых карт приведены на рисунке 1.2.2.1.11. Анализ состояния ГГД поля в 2008 году показал, что территория Прибайкалья в период с 01.01.08 по 06.05.08 находилась в состоянии стабилизации сейсмогеодинамической обстановки. Зафиксированные в южной части платформы процессы напряжения-сжатия предварили произошедшие здесь сейсмические события:

19.01.08 (K = 13,1); 3.03.08 (K = 12,0); 17.03.08 (K = 10,9); 29.03.08 (K = 12); 5.04.08 (K = 12,5); 22.04.08 (K = 10,1) с очагами на северо-западе Монголии. С июня в структуре ГГД поля Прибайкалья произошла активизация процессов напряжения-сжатия в северной части Байкала. С течением времени область зоны напряжения-сжатия увеличилась по площади. Рост напряжения сжатия в южной части Байкала способствовал накоплению упругой энергии и ее разгрузке, проявившейся в августе двумя мощными сериями событий 16 и 27 августа 2008 г. с K=15,1 и 15,2 и очагами на северо-западе Монголии и на южном Байкале. При анализе результатов наблюдений за ГГД полям отмечена корреляция колебания уровня подземных вод в пунктах «Талая», «Худяково», «Васильевка» с сейсмическими событиями.



Условные обозначения:

- Пункты наблюдений за гидроформационным (ГГД) полем. Номера пунктов: 1 – Икей; 2 – Мальта; 3 – Худяково; 4 – Васильевск; 5 – Карам; 6 – Талая.
- △ Пункты наблюдений за газгидрохимическим полем (ГГХ). Номера пунктов: 7 – К-ГИС, ул. Трактовая; 8 – Зеленый Мыс.
- (VII) Границы и номера зон с различной интенсивностью землетрясений в баллах.
- ⋯ Глубинные тектонические разломы

Рис. 1.2.2.1.10. Схема расположения пунктов наблюдений за гидроформационным и газгидрохимическим полями в 2008 году

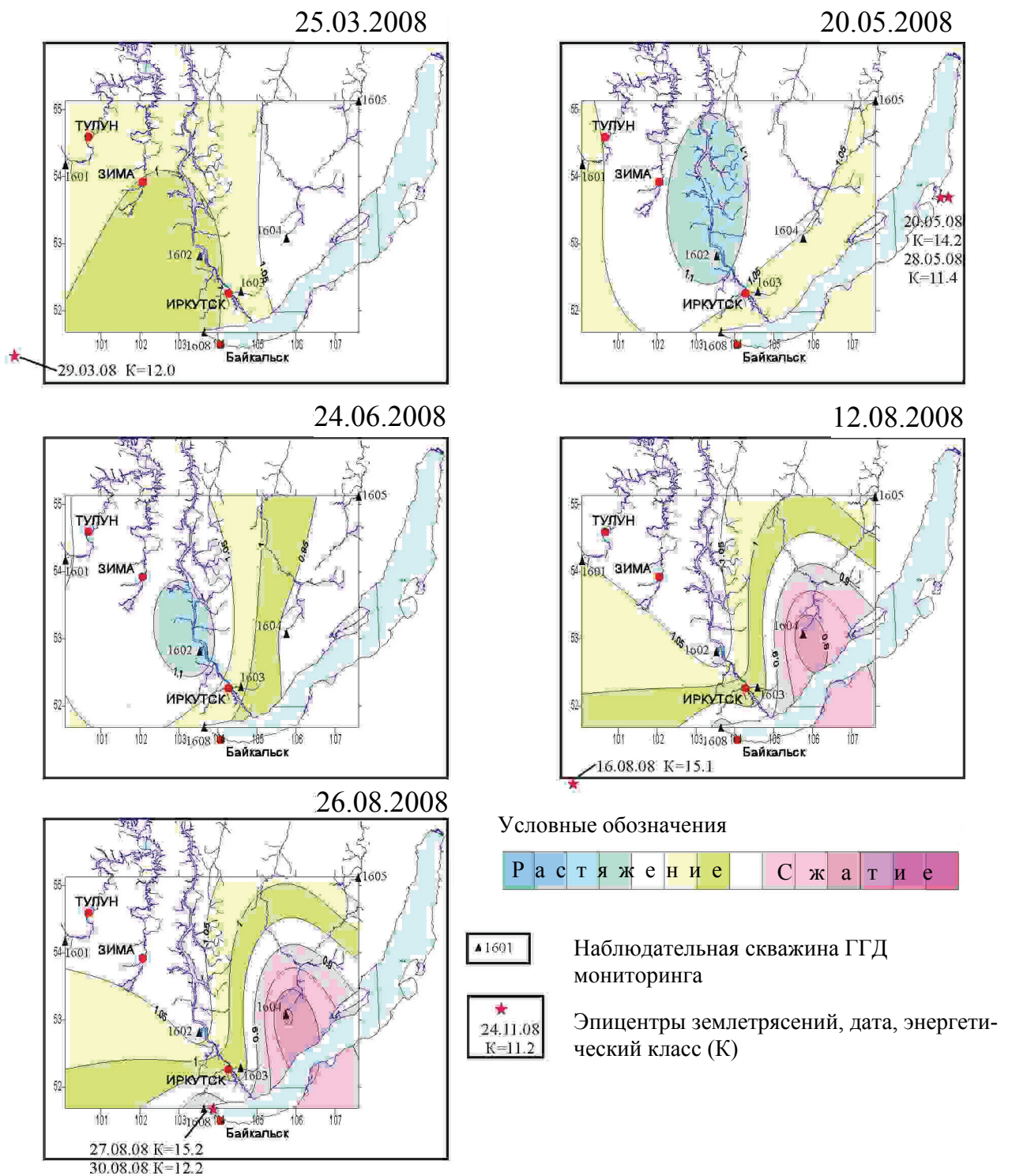


Рис. 1.2.2.1.11. Примеры карт-схем состояния ГГД поля Байкальского региона

Мониторинг газгидрохимических полей проводился по двум пунктам: «скв. 3 уч. Зеленый Мыс» и «скв. К-ГИС в г. Иркутске», где ежедневно определялись концентрации гелия и радона в подземных водах магниторазрядным индикатором гелия «ИНГЕМ-1» и радиометром радона РРА-01М-01 «Альфарад». При анализе результатов наблюдений ГГХ полей отмечена выраженная связь между содержанием гелия и радона в воде и сейсмическими событиями.

На участке Зеленый Мыс в течение первых 5 месяцев года уровень концентрации гелия в воде варьировал в пределах $1000 - 2500 \cdot 10^{-5}$ мг/л (среднее $1700 \cdot 10^{-5}$ мг/л). С июня концентрация гелия стала возрастать и достигла максимума $4500 \cdot 10^{-5}$ мг/л за 10 дней до событий 16.08.08 и 27.08.08 (очаг в Саянах, северо-запад Монголии и юг Байкала). В этот период среднее значение концентрации в воде гелия составило $2500 \cdot 10^{-5}$ мг/л. Напряжению растяжения ГГД-поля соответствовало снижение уровня в первой половине года по уч. Талой и невысокой концентрации гелия по уч. Зеленый Мыс, а напряжения-сжатия соответствовало повышению уровня подземных вод и увеличению концентрации гелия. Противоположная картина наблюдается по активности радона (OARn) по уч. Зеленый Мыс. Среднее содержание Rn в первой половине года было выше, чем в июле – августе, когда наблюдались абсолютные минимумы за 2008 г. Аналогичная картина наблюдается по скв. К-ГИС.

Выводы

1. 27 августа 2008 года в районе Южного Байкала произошло сильное Култукское землетрясение с максимальными сотрясениями до 7-8 баллов. Это - второе по силе землетрясение за весь период инструментальных наблюдений, которые проводятся в Прибайкалье более 100 лет (с 1902 года). Ощутимые сотрясения охватили обширную территорию. К западу и северо-западу от эпицентра главного толчка заметные колебания распространились соответственно до Кызыла и Красноярска, а на востоке – до Читы. Землетрясение было замечено и на территории Монголии, в частности в городах Улан-Батор и Дархан. Более или менее серьезные повреждения отмечались на расстояниях до 100 км от эпицентра.

2. Для осуществления прогноза землетрясений в Прибайкалье выполняется мониторинг сейсмической активности, мониторинг современных тектонических движений средствами GPS-геодезии, мониторинг гидроформационного (ГГД) газгидрохимического (ГГХ) 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.