

1.2.2. Недра

1.2.2.1. Эндеогенные геологические процессы и геофизические поля

Сейсмичность Байкальской природной территории

(Байкальский филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба Российской академии наук», БФ ФИЦ ЕГС РАН; АО «Иркутскгеофизика»)

Впадина озера Байкал является центральным звеном Байкальской рифтовой зоны, с протяженной полосой которой связана подавляющая часть эпицентров землетрясений. В целом, Байкальский рифт – достаточно обособленная единая уникальная сейсмогенная структура. Поэтому наличие в пределах Байкальской природной территории объектов хозяйственно-бытовой инфраструктуры требует уточнения сейсмической опасности территории, а также предполагает проведение мониторинга периодичности развития сейсмического процесса для исключения катастрофических последствий от сильных землетрясений.

Сейсмостатистический материал по Прибайкалью накапливается более 300 лет, что подтверждается материалами летописных источников; начало инструментальных сейсмических исследований связано с открытием в 1901 г. сейсмической станции в г. Иркутске. За многовековой период наблюдений выявлено несколько значительных сейсмособытий: Цаганское землетрясение 12.01.1862 г. силой 10 баллов, в результате которого образован залив Провал; землетрясение 06.08.1931 г. силой 8 баллов в районе поселка Нижнеанагрск, жилые дома которого были затоплены из-за опускания побережья оз. Байкал до 2–2,5 м; 7-балльное землетрясение в юго-западной части озера 30.08.1966 г., отголоски которого ощущались в г. Улан-Удэ – за 200 км от эпицентра в виде толчков силой 5 баллов. Последние десятилетия высокий сейсмический потенциал Байкальской рифтовой зоны подтверждается произошедшими мощными ($I_0 = 9–10$ баллов, $M = 7,0–7,8$)¹⁾ и сильными землетрясениями (I_0 до 8 баллов, M до 5,5–6,5): 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 настоящее время для осуществления сейсмомониторинга наблюдения проводятся Байкальским филиалом Геофизической службы Сибирского отделения Российской академии наук (ГС СО РАН) на специально оборудованных наблюдательных пунктах, образующих Байкальскую региональную сеть сейсмических станций (международный код ВУКЛ), которая входит в глобальную международную систему наблюдений за сейсмическим процессом. Региональным центром сбора и обработки результатов наблюдений является сейсмическая наблюдательная станция «Иркутск» (г. Иркутск). Байкальская региональная сейсмическая сеть насчитывает 34 постоянных наблюдательных станции, которые эксплуатируются Байкальским (25 станций) и Бурятским (9 станций) филиалами ФИЦ ЕГС РАН. 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.

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.

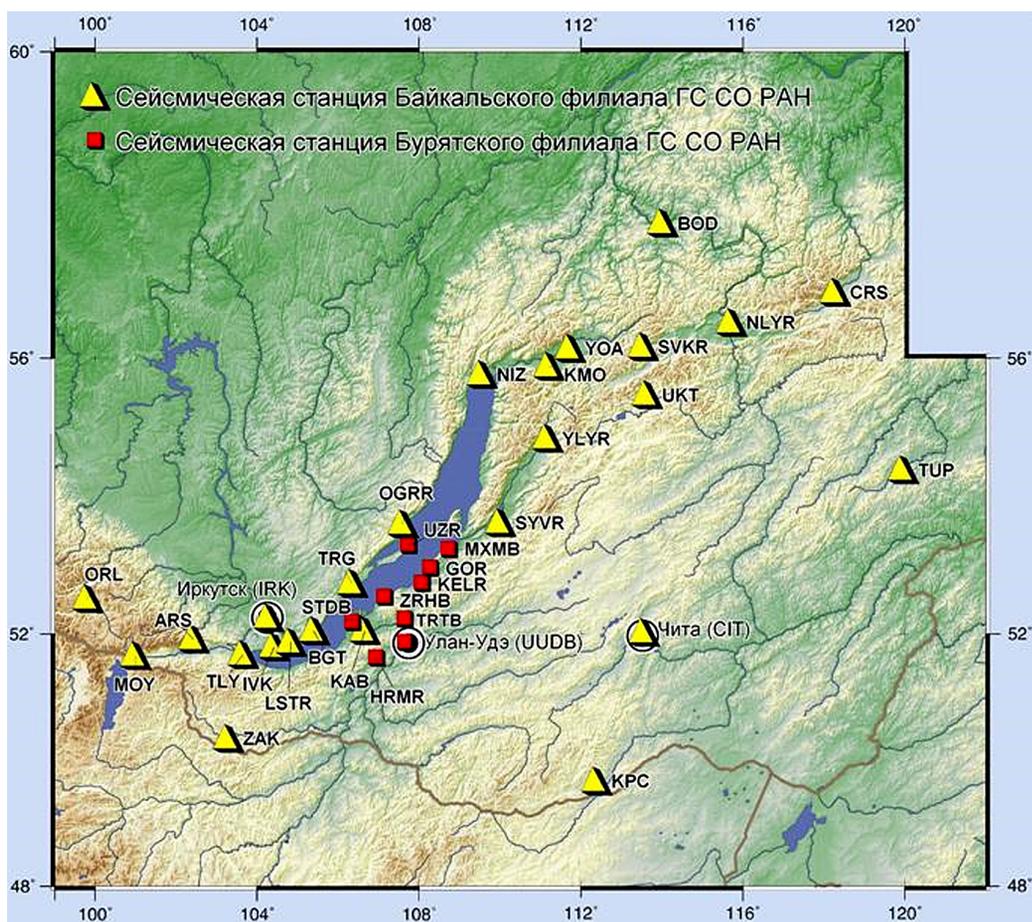


Рис. 1.2.2.1.1. Схема расположения сейсмических станций Байкальского и Бурятского филиалов Единой геофизической службы РАН

Таблица 1.2.2.1.1

Сейсмические станции Байкальского и Бурятского (курсив) филиалов Единой геофизической службы РАН (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	<i>STDB</i>	<i>Стенной Дворец</i>
5	CRS	Чара	22	SVKR	Северомуйск
6	<i>GOR</i>	<i>Горячинск</i>	23	SYVR	Суво
7	<i>HRMR</i>	<i>Хурамша</i>	24	TLY	Талая
8	IRK	Иркутск	25	TRG	Тырган
9	IVK	Ивановка	26	<i>TRTB</i>	<i>Турунтаево</i>
10	KAB	Кабанск	27	TUP	Тупик
11	<i>KELR</i>	<i>Котокель</i>	28	UKT	Уакит
12	KMO	Кумора	29	<i>UUDB</i>	<i>Улан-Удэ</i>
13	KPC	Хапчеранга	30	<i>UZR</i>	<i>Узур</i>
14	LSTR	Листвянка	31	YLYR	Улюнхан
15	MOY	Монды	32	YOA	Уоян
16	<i>MXMB</i>	<i>Максимиха</i>	33	ZAK	Закаменск
17	NIZ	Нижнеангарск	34	ZRHB	Заречье

Байкальская природная территория в 2015 г. характеризовалась умеренной сейсмической активностью. В течение года не зарегистрировано землетрясений энергетического класса $K > 13.1$, магнитуда $M > 4,8$, интенсивность сотрясений не превысила 5 баллов.

Большинство наиболее сильных ($K > 11.5$) землетрясений 2015 г. сконцентрировались в пределах центральной экологической зоны БПТ (рис. 1.2.2.1.2, табл. 1.2.2.1.2). Так в Южном Байкале зарегистрировано землетрясение 5 сентября 2015 г. ($K = 12.4$), в Среднем Байкале – 6 апреля 2015 г. ($K = 12.7$) и 21 июня 2015 г. ($K = 12.3$), чуть восточнее северной оконечности оз. Байкал – 7 июля 2015 г. ($K = 13.0$) и 27 ноября 2015 г. ($K = 11.6$). Наибольшая для 2015 г. интенсивность сотрясений в 5 баллов наблюдалась при землетрясении 6 апреля в 13 км от эпицентра в Горячинске.

Максимальными в 2015 г. в пределах БПТ стали два землетрясения за пределами ЦЭЗ с эпицентром в Икатском хребте на северо-восточном краю БПТ 29 сентября ($K = 13.1$) и 13 декабря ($K = 13.0$). Они сопровождались многочисленными слабыми толчками. Интенсивность сотрясений при них в 4 балла наблюдалась на расстоянии до 460 км (табл. 1.2.2.1.2).

Сейсмически активна была также территория Верхнеангарской впадины, тут зарегистрированы два значительных землетрясения 28 октября 2015 г. ($K = 12.1$) и 29 ноября 2015 г. ($K = 11.6$).

Стоит отметить мощный рой в Муяканском хребте около 30 км восточнее границы БПТ (на рис. 1.2.2.1.2 выделен пунктирной линией), суммарная сейсмическая энергия которого в два раза превосходит суммарную сейсмическую энергию всех землетрясений, зарегистрированных в пределах БПТ в 2015 г.

По сравнению с предыдущим 2014 г. число умеренных землетрясений ($K > 12.5$) в пределах БПТ несколько больше, а именно четыре против одного в 2014 г., при этом суммарная сейсмическая энергия в 2015 г. больше приблизительно в 2 раза. Интенсивность сотрясений в 4 балла и выше в 2015 г. наблюдалась при 6 землетрясениях, тогда как в 2014 г. – только дважды.

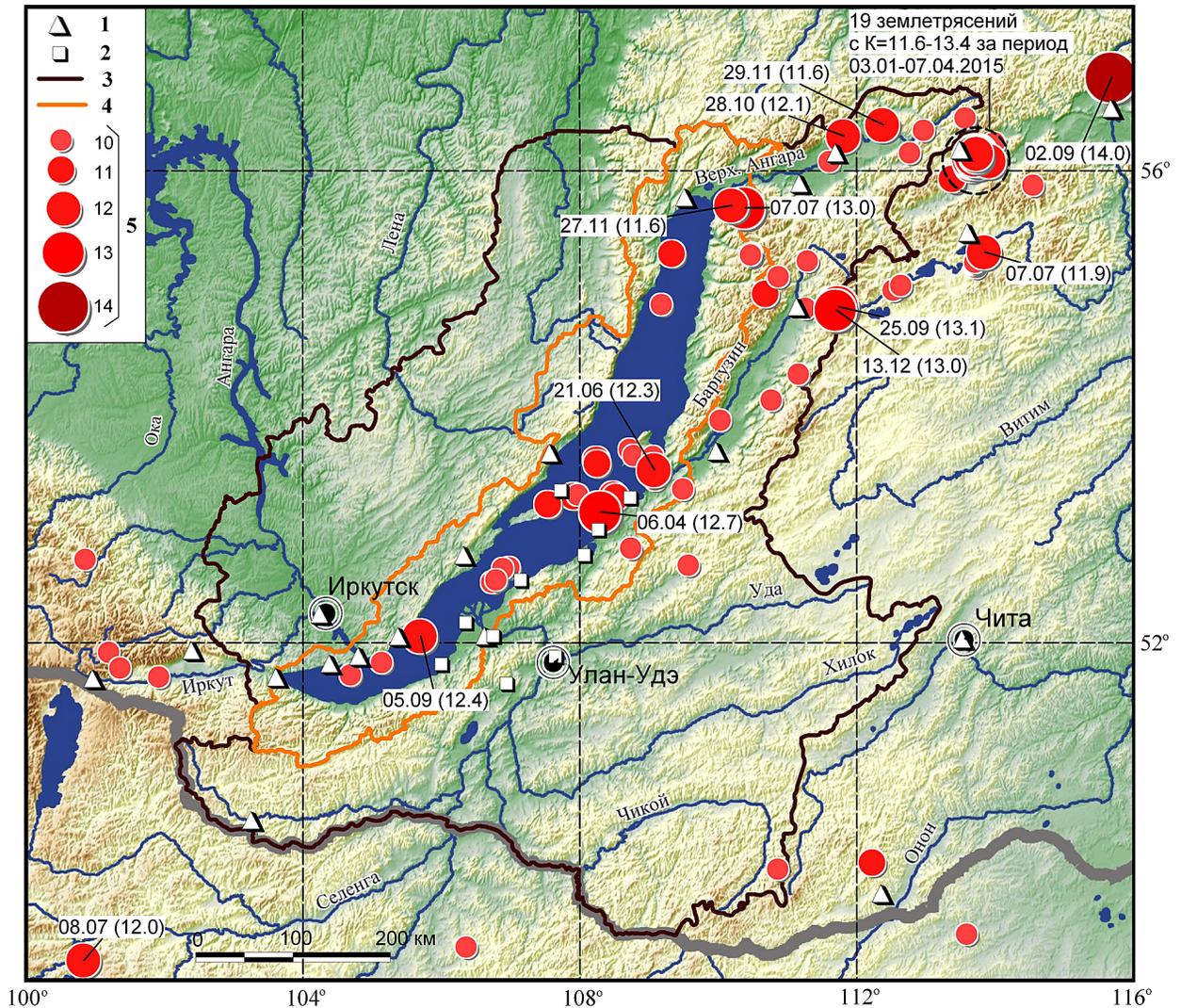
Сведения о наиболее сильных землетрясениях 2015 г., эпицентры которых были локализованы в пределах БПТ, приведены на рисунке 1.2.2.1.2 и в таблице 1.2.2.1.2.

В 2015 г. по данным оперативного регионального сейсмологического каталога в Байкальском регионе в рамках координат от 50 до 58° с.ш. и от 101 до 112° в.д. зафиксировано 74 сейсмических события выше 9 энергетического класса (ЭК). По интенсивности в сравнении с предыдущим годом ЭК 2015 г. был менее насыщен эндогенными процессами. Наиболее значительные события происходили в центральной (ЭК до 12.7) и северной частях оз. Байкал (ЭК до 13.2), соответственно, в апреле-июле и сентябре-декабре. Несколько серий из 2–5 событий и одиночные толчки интенсивностью 9–11 энергетического класса отмечались на протяжении всего года.

Геолого-геофизические работы по мониторингу и прогнозу землетрясений

(АО «Иркутскгеофизика»)

В 2015 г. продолжался мониторинг гидрогеодеформационных (ГГД), газогидрохимических (ГГХ) и геофизических (ЕИЭМПЗ) полей. Состояние ГГД-поля прослеживалось по 11 пунктам, в т.ч. в пределах Центральной экологической зоны Байкальской природной территории по 6 из них. Наблюдения ГГХ-поля производились по 2 пунктам на участках Зеленый Мыс и Иркутск. Прослеживание ЕИЭМПЗ выполнялось по пунктам Тырган и Энхалук.



1.2

Рис. 1.2.2.1.2. Карта эпицентров землетрясений, произошедших на Байкальской природной территории в 2015 г. 1 – сейсмические станции Байкальского филиала ФИЦ ЕГС РАН; 2 – сейсмические станции Бурятского филиала ФИЦ ЕГС РАН, 3 – граница БПТ; 4 – граница ЦЭЗ БПТ; 5 – энергетический класс, К. Для землетрясений с $K > 11.5$ приведены даты (день, месяц) и в скобках энергетический класс.

В Байкальском регионе в 2015 г. динамика сейсмогеодинамических процессов и связанного с ними гидрогеодинамического поля (ГГД-поля) была в основном средней интенсивности и даже слабой в мае, но к концу года она стала интенсивной. Наиболее интенсивные перестроения ГГД-поля наблюдались в середине и конце года, что предопределяло увеличение сейсмогеодинамических процессов, когда происходила разрядка напряжений в виде нескольких серий толчков с эпицентрами в центральной и северной частях Байкала. Максимальная интенсивность толчков составила 12.3 ЭК ($M = 4,6$) в центральной части Байкала (21.06.2015 г.) и 13.2 ЭК ($M = 5,1$) в северной части Байкала (25.09.2015 г.). По результатам анализа наиболее ощутимые сейсмособытия ($M > 5,5$, ЭК $> 13,9$) в Байкальском регионе не ожидалось, что подтверждалось недостаточно насыщенной по интенсивности сейсмической активностью в 2015 г.

1.2
Таблица 1.2.2.1.2
Сведения о землетрясениях энергетического класса $K \geq 10.5$, зарегистрированных в пределах БПТ в 2015 г.

Местонахождение	Дата (день, мес., 2015 г.)	Время (ЧЧ-ММ по Гринвичу)	Координаты		Энерг. класс, K , Магнитуа, M , $K > 12,5$ – выделено	Проявления. Интенсивность сотрясений в баллах шкалы MSK-64. Жирным шрифтом выделены нас. пункты, интенсивность сотрясений для которых составила 4 балла и выше	Характеристики
			°с.ш.	°в.д.			
Баргузинская долина. В 15 км к северо-востоку от пос. Улун Баргузинского р-на Респ. Бурятия	04.01	0:19	55.00	110.69	10.9	Нет сведений	Активизация слабой сейсмичности не отмечена
Средний Байкал. В 20–22 км от мыса «Нижнее изголовье» полуострова Святой Нос	11.01	21:04	53.60	108.25	11.0	Онгурен (46 км) 3 балла	Активизация слабой сейсмичности не отмечена
	14.09	18:54	53.57	108.26	10.6	Нет сведений	Активизация слабой сейсмичности не отмечена
Южный Байкал. В 20 км севернее пос. Нов. Энхэлук Прибайкальского р-на Республики Бурятия	26.01	02:10	52.67	106.99	10.5	Нет сведений	4 землетрясения кучно (в круге радиусом 11 км) в течение года с $K = 9.6–10.5$
Северный Байкал. В 10 км восточнее с. Байкальское Северобайкальского р-на Республики Бурятия	19.02	18:46	55.33	109.34	10.8	Нет сведений	Активизация слабой сейсмичности не отмечена
Средний Байкал. Восточное побережье. В 5 км севернее мыса Повалишина. Баргузинский р-н Республики Бурятия	06.04	07:47	53.15	108.31	12.7 $M = 4,4$	Горячинск (13 км) 5 баллов; Усть-Баргузин (58 км), Куйтун (178 км) 4 балла; Харанцы (63 км), Баргузин (102 км), Улан-Удэ (149 км) 3–4 балла; Иркутск (285 км), Ангарск (305 км) 3 балла; Еланцы (133 км) 2–3 балла; Онгурен (77 км), Хомутово (274 км), Пивовариха (277 км), Магистральный (346 км) 2 балла	Активизация слабой сейсмичности не отмечена
Средний Байкал. В 15–17 км западнее пос. Максимиха Баргузинского р-на Республики Бурятия	20.04	23:31	53.30	108.49	11.4	Нет сведений	Район мощной Максимихинской последовательности, продолжавшейся с мая 2008 г.
	21.09	21:08	53.28	108.53	10.7	Нет сведений	Активизация слабой сейсмичности не отмечена
Голондинский хребет. В ~30 км к востоку от пос. Усть-Баргузин. Баргузинский р-н Респ. Бурятия	29.05	20:17	53.35	109.50	10.5	Нет сведений	Активизация слабой сейсмичности не отмечена

Местонахождение	Дата (день, мес., 2015 г.)	Время (ЧМ-М по Гринвичу)	Координаты		Энерг. класс, К, Матнитуда, М, $K > 12.5 -$ включено	Проявления. Интенсивность сотрясений в баллах шкалы MSK-64. Жирным шрифтом выделены нас. пункты, интенсивность сотрясений для которых составила 4 балла и выше	Характеристики
			° с.ш.	° в.д.			
Восточное побережье Байкала. В 12 км севернее пос. Усть-Баргузин Баргузинского р-на Республики Бурятия	21.06	14:30	53.50	109.10	10.9	Ощущалось вместе со следующим землетрясением, как одно. Макаринино (1 км), Усть-Баргузин (8 км), Адамово (14 км), Зорино (18 км), Журавлиха (19 км), Максимиха (35 км) 4–5 баллов; Гусиха (11 км), Баргузин (38 км), Суво (62 км) 4 балла; Уро (50 км), Горячинск (75 км), Соболиха (76 км), Турка (82 км), Гремячинск (106 км) 3–4 балла; Большая Тарель (167 км) 3 балла; Улан-Удэ (207 км) 2–3 балла; Чита (338 км), Иркутск (346 км) 2 балла	Активизация слабой сейсмичности не отмечена
	07.07	14:15	55.70	110.39	13.0 M=4.6	Верхняя Займка (21 км) 4–5 баллов; Кичера (31 км) 4 балла; Кумора (58 км), Новый Уоян (98 км), Магистральный (189 км) 3–4 балла; Нижнеангарск (51 км), Северобайкальск (66 км) 3 балла; Киренск (269 км), Усть-Кут (314 км) 2–3 балла; Окунайский (170 км), Буйновка (262 км), Бодайбо (334 км), Чита (457 км), Иркутск (547 км) 2 балла	Активизация слабой сейсмичности не отмечена
Средний Байкал. В 12 км к юго-востоку от с. Узуры на севере о. Ольхон. Ольхонский р-н Иркутской области	13.07	04:15	53.29	107.92	11.3	Харанцы (35 км) 3–4 балла; Онгурен (49 км) 2–3 балла; Иркутск (266 км) 2 балла	Еще 3 землетрясения с $K = 9.6–10.1$ в апреле и июле кучно в круге радиусом 3 км
Южный Байкал. В 21 км от пос. Большое Голоустное. Ольхонский р-н Иркутской области	05.09	05:00	52.06	105.70	12.4 M=4.4	Большое Голоустное (21 км), Мишиха (43 км), Листвянка (62 км), СНТ Радуга (79 км), СНТ Городское (83 км), СНТ Дорожник (88 км), Новолисиха (89 км), Новая Разводная (94 км), Иркутск (98 км), Карлук (106 км), Олха (112 км), Шелехов (112 км), Максимовщина (113 км), Куйтун (150 км) 4 балла; Молодежный (92 км), Хомутово (102 км), Маркова (105 км), Усть-Ордынский (108 км), Чистые Ключи (120 км), Ангарск (137 км), Слюдянка (144 км) 3–4 балла; Бабушкин (37 км), Бугульдейка (62 км), Петрова (90 км), Тырган (91 км)	13 января землетрясение с $K = 10.2$, эпицентр в 3 км



Местонахождение	Дата (день, мес., 2015 г.)	Время (ЧМ-ММ по Гринвичу)	Координаты		Энерг. класс, К Магнитуда, М, K > 12.5 - выделено	Проявления. Интенсивность сотрясений в баллах шкалы MSK-64. Жирным шрифтом выделены нас. пункты, интенсивность сотрясений для которых составила 4 балла и выше	Характеристики
			°с.ш.	°в.д.			
Икатский хребет. В 35–37 км восточнее с. Таза. Курумканский р-н Республики Бурятия	25.09	23:24	54.89	111.74	13.1 M=4.7	Улюнхан (41 км), Аргада (96 км), Янчужан (168 км), Кунерма (224 км), Колотовка (381 км), Витимский (383 км), Мусковит (383 км), Кропоткин (460 км) 4 балла, Новый Уоян (142 км), Таксимо (258 км) 3 балла	Еще 5 землетрясений с K = 9.6–10.3 в течение года. Их эпицентры расположены близко: в круге радиусом 4 км
	13.12	05:53	54.86	111.71	13.0* M=4.8	Улюнхан (43 км), Барваринский (72 км) 3–4 балла; Чита (336 км), Атамановка (349 км) 3 балла	
Остров Ольхон на Байкале. В 14 км к востоку от пос. Хужир. Ольхонский р-н Иркутской обл.	11.10	06:37	53.22	107.55	11.0*	Онгурен (46 км) 2–3 балла	Активизация слабой сейсмичности не отмечена
Верхнеангарская впадина. В 18 км к северу от пос. Новый Уоян. Северо-Байкальский р-н Республики Бурятия	28.10	23:57	56.28	111.82	12.1*	Новый Уоян (11 км) 4 балла; Кумора (53 км) 3–4 балла	Активизация слабой сейсмичности не отмечена
Северное предгорье Баргузинского хребта. В 15 км южнее с. Верхняя Замка. Северо-Байкальский р-н Республики Бурятия	27.11	00:13	55.72	110.22	10.5*	Нет данных	27 ноября еще два землетрясения послабее с K = 9.8
	27.11	00:49	55.72	110.20	11.6*	Нет данных	
Верхнеангарская впадина. В 30 км северо-западнее пос. Янчужан. Северо-Байкальский р-н Республики Бурятия	29.11	03:23	56.37	112.38	11.6*	Мамакан (188 км) 3 балла; Балахнинский (215 км) 2 балла	Активизация слабой сейсмичности не отмечена

Примечание. * – данные оперативной сводной обработки.

По комплексным показателям в 2015 г. ГГД-, ГГХ- и ЕИЭМПЗ динамика состояния геологической среды в Байкальском регионе в начале и конце года (январь, сентябрь, ноябрь, декабрь) определялась как интенсивная, в остальной период (февраль – апрель, июнь – август, октябрь) как средней интенсивности и слабой (май) (Стажило-Алексеев С.К., 2015). Характер динамики ГГД-поля и сейсмичности в начале года предопределил увеличение интенсивности сейсмогеодинамических процессов в июне, начале июля, когда происходила разрядка напряжений в виде нескольких серий толчков с эпицентрами в центральной и северной частях Байкала и севере Бурятии. А аналогичные показатели июля, августа предопределили интенсивность процессов в октябре, декабре в северной частях Байкала и севере Бурятии. Максимальная интенсивность толчков в 2015 г не превышала уровня 13.2 энергетического класса (в сравнении с 13.6 ЭК в 2014 г.).

В 2015 г. в рамках реализации мероприятия «Геологическое доизучение и мониторинг опасных эндогенных геологических процессов в центральной экологической зоне Байкальской природной территории» ФЦП «Охрана озера Байкал и социально-экономическое развитие Байкальской природной территории на 2012–2020 годы» (Исполнитель ФГУПП «Гидроспецгеология») подготовлены:

- 1) пояснительная записка с оценкой обеспеченности объектов мониторинга центральной экологической зоны Байкальской природной территории существующими пунктами наблюдений за опасными эндогенными геологическими процессами;
- 2) пояснительная записка с обоснованием создания в составе специализированной сети по прогнозу землетрясений в центральной экологической зоне Байкальской природной территории не менее 15 дополнительных автоматизированных пунктов наблюдений за гидрогеодеформационным, сейсмическим и электромагнитным полями с поэтапным графиком их ввода в эксплуатацию;
- 3) действующие 5 новых пунктов наблюдений по ведению мониторинга гидрогеодеформационного поля, оснащенные современными средствами измерений и передачи информации с паспортами, актами приемки и ввода в специальную сеть по прогнозу землетрясений, актами постановления на баланс с разрешительной документацией для оформления земельного отвода и пр.;
- 4) автоматизированная система наблюдений за опасными эндогенными геологическими процессами;
- 5) актуализированная «Программа мониторинга опасных эндогенных геологических процессов центральной экологической зоны Байкальской природной территории».

Выводы

1. Мониторинг ГГД-, ГГХ- и геофизических полей обеспечивает возможность изучения пространственно-временных изменений напряженно-деформированного состояния горных пород и позволяет достаточно уверенно прогнозировать изменение сейсмической активности и подготовку сильных землетрясений.
2. По сейсмической интенсивности 2015 г. был немного менее насыщен в сравнении с предыдущим годом.
3. Эндогеодинамические процессы имеют глобальное развитие, поэтому система мониторинга за сейсмоподготовительными процессами должна иметь глобальный характер. Немаловажным фактором является регулярность и систематичность наблюдений. Нерегулярность наблюдений может привести к пропуску процесса «созревания» крупного сейсмического события.