

УРАЛ

А.А. Маловичко¹, Р.А. Дзягилев², Т.В. Злобина², Ф.Г. Верхоланцев¹, И.В. Голубева¹

¹ФИЦ ЕГС РАН, г. Обнинск, amal@gsras.ru

²Горный институт УрО РАН, г. Пермь, dr@mi-perm.ru

Сеть сейсмических станций. Условия для непрерывной регистрации землетрясений как на территории Уральского региона, так и на сопредельных территориях, в 2011 г., по сравнению с таковыми в 2010 г. [1], не изменились. Все технические характеристики 13 сейсмических станций остались на прежнем уровне. Их значения воспроизведены в Приложении [2].

Для обеспечения оперативности и объективности информирования заинтересованных лиц об изменениях сейсмической ситуации в регионе разработан и наполнен необходимыми базами данных специальный информационный сайт «Сейсмологический мониторинг Западного Урала» [3]. На сайте представлены общие сведения о землетрясениях и сейсмической опасности, информация о сети сейсмологических наблюдений на территории Уральского региона, а также волновые формы типичных сейсмических явлений.

Карта магнитудной представительности $M_{L\min}$ (рис. 1) в 2011 г., по сравнению с таковой в 2010 г. [1], не претерпела изменений, поскольку не изменилась действующая сеть станций, обеспечившая уверенную (без пропусков) регистрацию сейсмических событий на большей части Пермского края, начиная с $M_L=2.2$, в Свердловской области – с $M_L=2.6$, в республике Башкортостан – с $M_L=2.8$, в Челябинской и Оренбургской областях – с $M_L=3.0$. Компактное расположение станций в районе Оренбургского газоконденсатного месторождения обеспечивает локальное снижение порога представительности в центральной части Оренбургской области до $M_L=2.0$.

Методика обработки записей сейсмических событий осталась прежней: кинематические параметры определялись на основе годографа IASPEI [4]; классификация событий по величине проводилась по шкале локальных магнитуд M_L [5], которая находится в полном соответствии с классическим определением Ч. Рихтера [6] и изложена в [7]. Для сравнительного контроля региональной локации сейсмических событий привлекались данные других сейсмологических центров [8–10].

При обработке сейсмических записей ведется определение природы сейсмических источников (промышленный взрыв, тектоническое землетрясение или др.). Окончательная идентификация взрывов проводится после сопоставления с соответствующими сведениями о взрывных работах. Сопоставление ведется почти для всех карьеров, шахт и рудников, расположенных на территории Пермского края, и для некоторых объектов в Свердловской области (табл. 1).

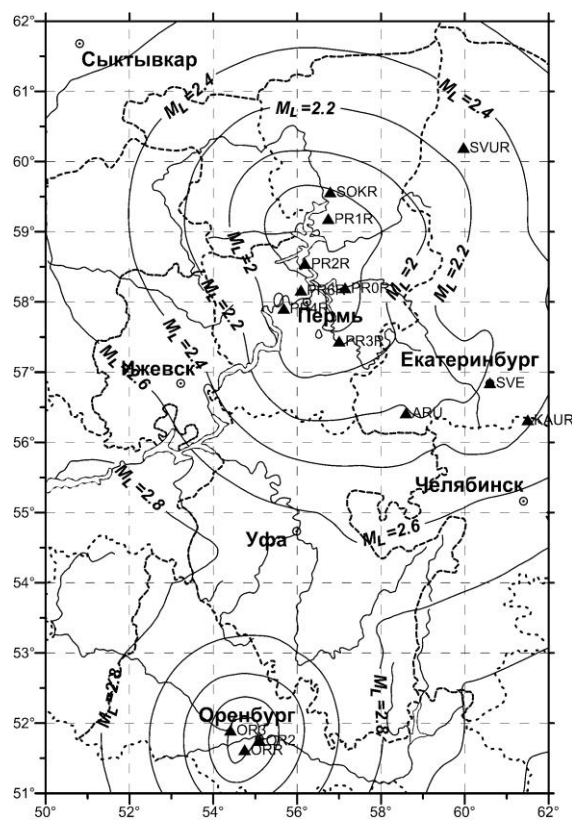


Рис. 1. Карта магнитудной представительности $M_{L\min}$ сейсмических событий на территории Урала в 2011 г.

Таблица 1. Подробные данные о числе взрывов в карьерах из [11]

№	Район	$N_{\text{взр}}$
1	Пермский кр., Александровский р-н, карьер «Ивакинский»	4
2	Пермский кр., Александровский р-н, карьер «Чаньвинский»	6
3	Пермский кр., Александровский р-н, карьер «Чаньвинский», уч-к Костанокский	16
4	Пермский кр., Александровский р-н, п. Луньевка, Луньевский карьер известняка	7
5	Пермский кр., Березовский р-н, карьер «Дубовской»	1
6	Пермский кр., Горнозаводский р-н	6
7	Пермский кр., Горнозаводский р-н, г. Горнозаводск, карьер глинистого сланца	1
8	Пермский кр., Горнозаводский р-н, карьер известняка ОАО «Горнозаводскцемент»	18
9	Пермский кр., Горнозаводский р-н, ООО «ГалоПолимерПашия»	2
10	Пермский кр., Горнозаводский р-н, п. Сараны, карьер «Южно-Сарановский хром»	1
11	Пермский кр., Гремячинский р-н, карьер «Заготовка»	18
12	Пермский кр., Добрянский р-н, п. Полазна, карьер «Чумкаский»	15
13	Пермский кр., Кунгурский р-н	2
14	Пермский кр., Кунгурский р-н, Дейковское месторождение	1
15	Пермский кр., Кунгурский р-н, карьер «Филипповский»	1
16	Пермский кр., Кунгурский р-н, п. Шубино, карьер «Шубинский»	1
17	Пермский кр., Кунгурский р-н, п. Ергач, карьер «Саркаевский»	17
18	Пермский кр., Чусовской р-н	2
19	Пермский кр., Чусовской р-н, д. Грузди, карьер «Утесовский»	18
20	Пермский кр., Чусовской р-н, карьер «Белый камень»	11
21	Республика Удмуртия, Малопургинский р-н, пос. Пугачево	9
22	Свердловская обл.	19
23	Свердловская обл., г. Волчанск, Волчанский угольный разрез	14
24	Свердловская обл., г. Карпинск, угольный карьер	4
25	Свердловская обл., г. Качканар, карьер Качканарского ГОКа	10
26	Свердловская обл., г. Нижний Тагил	12

Аналогичные сведения с предприятий других регионов неполны, поэтому для них применяется идентификация очагов по степени близости к известным горнодобывающим предприятиям с привлечением критериев распознавания по особенностям волновых форм [12].

Тектонические землетрясения делятся на телесеismicкие и региональные. Последние могут быть как природными, так и связанными с ведением горных работ: горные удары (ГУ), горно-тектонические удары (ГТУ).

Распределение сейсмических событий в 2011 г. по трем типам – удаленные землетрясения, взрывы на карьерах, региональные землетрясения, начиная с 2000 г., дано на рис. 2.

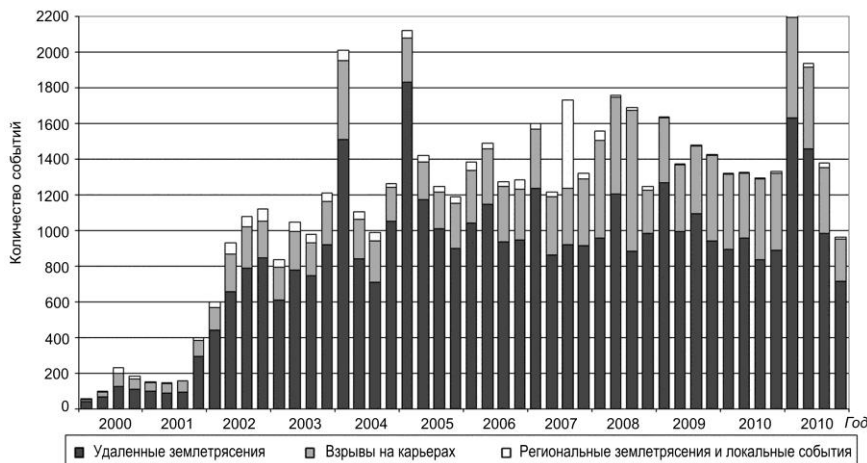


Рис. 2. Изменение числа сейсмических событий разной природы, зарегистрированных станциями Урала в 2000–2011 гг.

На гистограмме можно видеть, что представительные данные о сейсмичности региона имеются примерно с конца 2002 г. В отдельные периоды количество регистрируемых событий

резко возрастает. В частности в 2011 г. отмечается резкий скачок количества телесеизмических землетрясений, которые представлены, главным образом, афтершоками Великого восточно-японского землетрясения (Тохоку), произошедшего 11 марта [13]. Удаленные землетрясения в каталоги не включаются и в обзорах не описываются. Две другие группы – взрывы на карьерах и землетрясения, включающие техногенные горно-тектонические удары, тектонические землетрясения и (возможно) землетрясения, рассмотрим более детально.

Взрывы. Так же, как и в прошлые годы, продолжается активное промышленное освоение территории Урала. Доля местных событий на рис. 2 держится на уровне ~27 % и большая часть из них (>80 %) представлена взрывами, производимыми горнодобывающими предприятиями. Общее количество зарегистрированных промышленных взрывов в полном каталоге сейсмических событий Уральского региона [11], равное $N_{\text{взр}}=219$, по сравнению с таковым за 2010 г. ($N_{\text{взр}}=165$ [1]), выросло на 25 %, что связано с восстановлением промышленного производства после экономического кризиса 2008–2009 гг. Диапазон их магнитуд составил $M_L=1.3-2.8$. На территории Пермского края и Свердловской области максимальная магнитуда M_L не превысила 2.7. В результате пожара на военном складе в Республике Удмуртия (Малопургинский р-н, пос. Пугачево) была записана серия из девяти взрывов, для которых максимальная магнитуда $M_{L \text{ max}}=2.8$.

В табл. 2 представлена статистика взрывов, которые удалось достаточно точно идентифицировать для территории Пермского края, Свердловской области и Республики Удмуртия.

Таблица 2. Число локализованных взрывов по районам в 2011 г.

Район		N_{Σ}	$M_{L \text{ min}}-M_{L \text{ max}}$	Район		N_{Σ}	$M_{L \text{ min}}-M_{L \text{ max}}$
Пермский край	Александровский	33	1.3–2.3	г. Качканар	г. Качканар	11	1.8–2.4
	Березовский	1	1.9		г. Карпинск	4	2.2–2.4
	Горнозаводский	28	1.5–2.7		г. Кушва	1	2.5
	Гремячинский	18	1.6–2.2		г. Березовский	1	2.3
	Добрянский	15	1.3–2.3		г. Каменск-Уральский	1	2.7
	Кунгурский	22	1.5–2.3		г. Первоуральск	1	2.1
	Чусовской	31	1.5–2.2		Другие районы	9	1.7–2.2
Свердловская обл.	г. Волчанск	14	1.7–2.5	Республика Удмуртия	пос. Пугачево	9	2.1–2.8
	г. Нижний Тагил	16	1.7–2.4	Всего		219	1.3–2.8
	г. Североуральск	4	1.9–2.2				

Годовой анализ времени проведения взрывов показал, что они производятся в интервале 9–13 часов UTC, т.е. в 14–18 местного времени (GMT+5) (рис. 3 а) и, как правило, в рабочие дни недели (рис. 3 б) (единичные по выходным). Там, где ведется добыча подземным способом, взрывные работы производятся как в дневное, так и в ночное время суток, однако, такие события чаще всего слабые и, как правило, не регистрируются на региональных расстояниях.

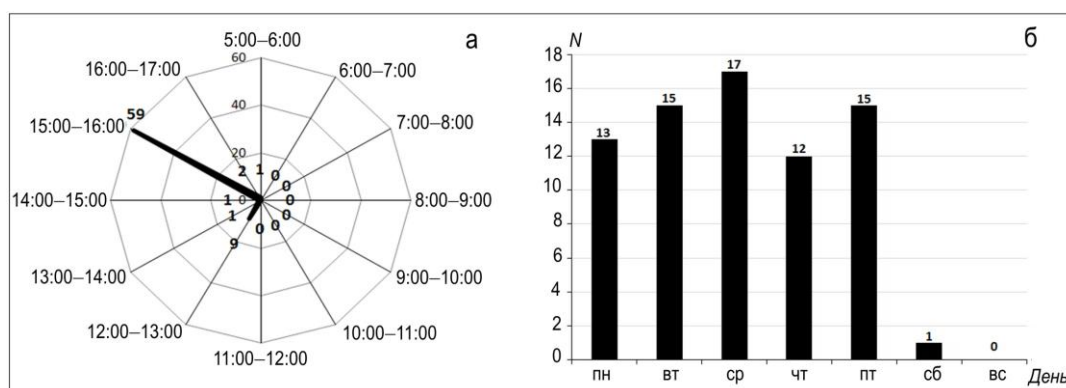


Рис. 3. Распределение взрывов в течение суток (а) и по дням недели (б) на примере Чаньвинского карьера Пермского края

Горно-тектонические удары. В общей сложности сейсмическими станциями Уральского региона в 2011 г. было зарегистрировано 30 землетрясений [14]. Из них 25 являются горно-тектоническими ударами на шахтах Североуральского бокситового месторождения (СУБР), 4 события бесспорно являются природными тектоническими землетрясениями, из которых

2 – внешние (в Кировской области и Республике Коми). Они даны на сайте [3], но в обзоре не рассматриваются. Оставшееся одно событие, эпицентр которого находится в Свердловской области, может иметь как природное, так и техногенное происхождение. Карта эпицентров включенных в обзор землетрясений и 25 горно-тектонических ударов представлена на рис. 4.

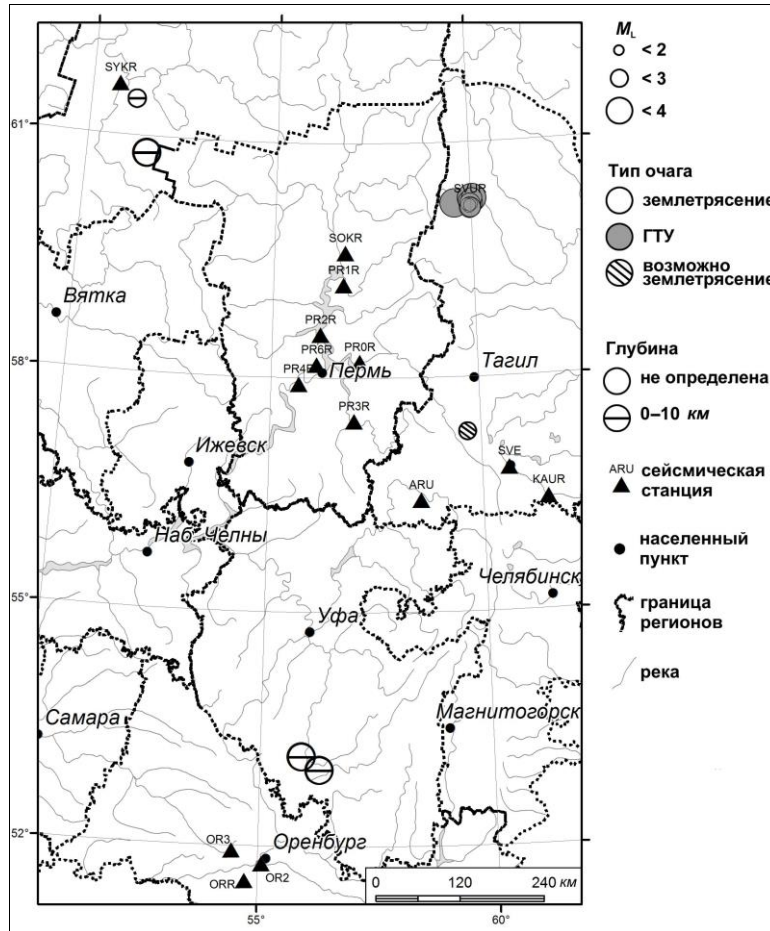


Рис. 4. Карта эпицентров сейсмических событий Урала в 2011 г.

Все зарегистрированные ГТУ формируют одну локальную зону в районе г. Североуральск, в рудниках Североуральского бокситового месторождения – ОАО «СУБР» (рис. 4), и подтверждаются Службой предотвращения горных ударов данного предприятия. Всего, как отмечено выше, за 2011 г. региональной сетью сейсмических станций зафиксировано 25 таких событий с локальными магнитудами M_L от 1.7 до 3.3 (табл. 3).

Таблица 3. Горно-тектонические удары на ОАО «СУБР» в 2011 г. с $M_L \geq 1.7$

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	Гипоцентр			M_L
			φ°, N°	λ°, E°	$h, км$	
1	10.01	20 17 38	60.20	59.90	1f	1.8
2	09.02	20 11 34	60.20	60.00	1f	2.0
3	02.03	16 32 30	60.23	60.02	1f	2.6
4	22.03	02 47 04	60.28	60.02	1f	3.1
5	04.04	02 23 54	60.16	59.98	1f	2.1
6	21.04	19 03 46	60.19	59.97	1f	1.8
7	22.04	21 47 51	60.28	60.02	1f	2.2
8	28.04	02 49 41	60.19	59.97	1f	2.7
9	29.04	16 17 23	60.20	59.97	1f	2.6
10	09.06	11 19 48	60.15	59.96	1f	3.0
11	17.06	09 37 10	60.23	59.94	1f	2.8
12	21.06	10 37 38	60.22	59.57	1f	3.3
13	25.08	15 06 23	60.28	60.02	1f	2.3
14	05.09	12 03 55	60.28	60.02	1f	2.2
15	07.09	20 07 20	60.17	59.95	1f	2.0
16	17.09	14 41 15	60.24	60.00	1f	2.4
17	30.09	02 22 25	60.22	60.02	1f	2.8
18	11.10	00 10 15	60.24	60.02	1f	2.6
19	13.10	17 52 25	60.24	59.94	1f	2.6
20	28.10	00 28 44	60.22	60.04	1f	2.6
21	01.11	19 49 37	60.20	59.99	1f	2.3
22	04.11	16 09 38	60.19	59.97	1f	1.7
23	07.12	14 29 54	60.20	60.02	1f	2.0
24	08.12	14 36 04	60.16	59.99	1f	2.3
25	10.12	23 21 52	60.21	59.97	1f	2.2

Как видно из табл. 3, наибольшее количество событий на СУБРе имеет магнитуды $M_L=2.1-2.5$. Фактическое же количество ГТУ в данном районе гораздо больше, но такие события часто имеют магнитуду ниже порога чувствительности региональной сейсмологической сети и фиксируются только одной ближайшей станцией «Североуральск» (SVUR), поэтому в таблице не отражены. События с магнитудами $M_L \geq 3.0$ единичны, но они зафиксированы без пропусков, в том числе и станциями других агентств (см. табл. 4–6).

Среди техногенных событий на СУБРе самым сильным стал горно-тектонический удар, произошедший 21 июня в 10^h37^m , он был зафиксирован шестью сейсмическими станциями региональной сети. Локальная магнитуда данного горно-тектонического удара составила $M_L=3.3$. Информация о макросейсмических проявлениях отсутствует. Для него имеются альтернативные варианты решений, полученные другими агентствами (табл. 4).

Таблица 4. Разные решения параметров горно-тектонического удара в Свердловской области 21 июня по данным Уральской сети (PERM) в сопоставлении с определениями других агентств

Агентство	t_0 , ч мин с	δt_0 , с	Гипоцентр					Магнитуда
			φ° , N	$\delta\varphi^\circ$	λ° , E	$\delta\lambda^\circ$	h , км	
PERM	10 37 38		60.22		59.57		1f	$M_L=3.3$
IDC	10 37 37.4	0.8	60.231	0.14	60.042	0.09	0f	$m_b=(3.7 \pm 0.1)/4$, $M_s=(3.0 \pm 0.2)/1$, $M_l=(3.2 \pm 0.2)/7$
ISC	10 37 39.8	0.9	60.268	0.14	60.266	0.10	0f	$m_b=(3.8 \pm 0.1)/4$

Примечание. PERM – ГИ УрО РАН, г. Пермь; ISC – International Seismological Centre, Thatcham, United Kingdom; IDC – International Data Centre, Vienna, Austria.

Отметим еще два ГТУ с несколько меньшими магнитудами, зарегистрированных 22 марта и 28 апреля на СУБРе, которые были записаны не только станциями региона, но и другими агентствами. Сведений об интенсивности сотрясений на поверхности нет. В табл. 5 и 6 приведены разные решения их параметров.

Таблица 5. Разные решения параметров горно-тектонического удара в Свердловской области 22 марта по данным Уральской сети (PERM) в сопоставлении с определениями других агентств

Агентство	t_0 , ч мин с	δt_0 , с	Гипоцентр					Магнитуда
			φ° , N	$\delta\varphi^\circ$	λ° , E	$\delta\lambda^\circ$	h , км	
PERM	02 47 04		60.28		60.02		1f	$M_L=3.1$
IDC	02 47 02.9	1.2	60.321	0.20	59.945	0.15	0f	$m_b=(3.2 \pm 0.3)/1$, $M_s=(3.6 \pm 0.2)/1$, $M_l=(2.7 \pm 0.3)/4$
KNDC	02 47 12.3	1.0	59.673	0.08	60.793	0.06	0	$m_b=3.7$, $m_{pv}=3.5$
ISC	02 47 02.5	1.2	60.258	0.11	60.199	0.10	10f	

Примечание. PERM – ГИ УрО РАН, г. Пермь; ISC – International Seismological Centre, Thatcham, United Kingdom; IDC – International Data Centre, Vienna, Austria; KNDC – Kazakhstan National Data Center, Almaty, Kazakhstan.

Таблица 6. Разные решения параметров горно-тектонического удара в Свердловской области 28 апреля по данным Уральской сети (PERM) в сопоставлении с определениями других агентств

Агентство	t_0 , ч мин с	δt_0 , с	Гипоцентр					Магнитуда
			φ° , N	$\delta\varphi^\circ$	λ° , E	$\delta\lambda^\circ$	h , км	
PERM	02 49 41		60.19		59.97		1f	$M_L=2.7$
IDC	02 49 43.2	1.2	60.483	0.18	61.173	0.12	0f	$m_b=(3.1 \pm 0.3)/1$, $M_l=(2.9 \pm 0.2)/4$

Примечание. PERM – ГИ УрО РАН, г. Пермь; IDC – International Data Centre, Vienna, Austria.

Землетрясения представлены в табл. 7 из публикуемого в настоящем ежегоднике каталога [14], из них 2 события, произошедшие в зоне ответственности Уральского региона 11 марта в 23^h15^m и 25 ноября в 16^h41^m , бесспорно являются природными тектоническими землетрясениями. Оставшееся событие 25 октября в 21^h23^m , эпицентр которого находится в Свердловской области, может иметь как природное, так и техногенное происхождение.

Таблица 7. Тектонические землетрясения Урала в 2011 г.

№	Дата, дн м	t_0 , ч мин с	Эпицентр		h , км	M_L	Район	Природа события
			φ°, N	λ°, E				
1	11.03	23 15 09	53.15	55.87	10f	3.8	Респ. Башкортостан, г. Мелеуз	Землетрясение
2	25.10	21 23 10	57.30	59.68	0	2.6	Свердловская обл.	Возможно, землетрясение
3	25.11	16 41 25	52.98	56.25	6	3.4	Респ. Башкортостан, г. Мелеуз	Землетрясение

Как следует из табл. 8, для обоих тектонических землетрясений есть решения казахского центра KNDC, а для первого, более сильного (с $K_p=8.8$), еще решения международного центра данных IDC и международного сейсмологического центра ISC [9].

Таблица 8. Другие решения параметров землетрясений 11 марта и 25 ноября

Агентство	t_0 , ч мин с	δt_0 , с	Гипоцентр					Магнитуда
			φ°, N	$\delta\varphi^\circ$	λ°, E	$\delta\lambda^\circ$	h , км	
11.03.2011								
IDC	23 15 05.73	0.74	53.0173	0.11	56.3880	0.09	0f	$m_b=(3.4\pm 0.2)/3, M_l=(3.5\pm 0.2)/7$
ISC	23 15 08.91	0.82	53.1184	0.12	56.1956	0.07	35f	
KNDC	23 15 10.18	2.64	52.8474	0.06	56.3860	0.06	4	$K_p=8.8, m_b=3.7, m_{pv}=3.3$
25.11.2011								
KNDC	16 41 11.58	7.81	53.2835	0.14	56.0818	0.14	3	$K_p=7.7, m_b=3.2, m_{pv}=2.9$

Примечание. IDC – International Data Centre, Vienna, Austria; ISC – International Seismological Centre, Thatcham, United Kingdom; KNDC – Kazakhstan National Data Center

Оба тектонические землетрясения значимы, т.к. впервые получены объективные данные о неотектонической активности Республики Башкортостан, что подтверждается не только имеющимися сейсмограммами на различных удалениях (163–678 км, рис. 5), но и описанием макросейсмических проявлений первого из них в работах [15, 16]. Самым сильным ($M_L=3.8$) сейсмическим событием на территории региона стало Мелеузское землетрясение [14], произошедшее 11 марта «в 25 км северо-западнее г. Мелеуз (среднее течение р. Сухайля при впадении в нее ручья Холодный у дер. Петропавловки) [15]».

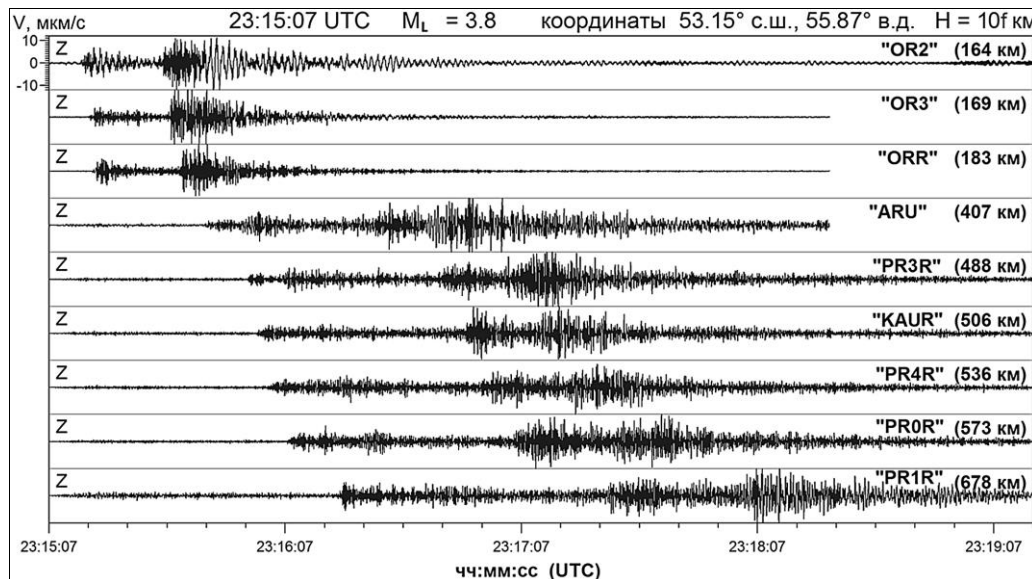


Рис. 5. Сейсмограммы землетрясения с $M_L=3.8$ [14], $I_0=5$ баллов [17], произошедшего 11 марта 2011 г. в районе г. Мелеуз Республики Башкортостан

Сейсмограммы этого землетрясения на вертикальных каналах девяти сейсмических станций собраны на рис. 5. Данные по ближайшим трем оренбургским станциям («Оренбург»-ORR,

«Оренбург-2»-OR2, «Оренбург-3»-OR3) любезно предоставлены отделом геоэкологии Оренбургского научного центра РАН.

В результате был определен инструментальный эпицентр с координатами $\varphi_{и}=53.15^{\circ}N$, $\lambda_{и}=55.87^{\circ}E$, с фиксированной глубиной $h=10$ км [14].

Положение очага, определенное по инструментальным данным, отличается от положения максимальных макросейсмических проявлений (рис. 6), что, вероятно, связано с ошибкой локации. Расстояние между ними 21 км. Наиболее сильные макросейсмические проявления наблюдались непосредственно в северной и восточной (площадка Химзавода) частях г. Мелеуз, а также на восток от Мелеуза, в деревнях Кизрай, Кочкарь, Смаково, Арасланово, Тукмак, Малошарипово, Басурмановка [15]. Внешние проявления выражались в заметных толчках, продолжительном гуле, перемещении мебели, падении книжных полок, звоне посуды и т.д. [15]. Максимальная интенсивность сотрясений, равная $I_{max}=5$ баллов [17] по шкале MSK-64 [18], пришлось на деревню Арасланово, где произошло аварийное отключение от газоснабжения 59 домов [15]. Тогда координаты этого пункта можно принять приближенно за макросейсмический эпицентр Мелеузского землетрясения: $\varphi_{м}=53.02^{\circ}N$, $\lambda_{м}=56.10^{\circ}E$.

Все макросейсмические данные сведены в табл. 9. Эпицентральные расстояния традиционно рассчитаны от макросейсмического эпицентра.

Таблица 9. Макросейсмические данные по Мелеузскому землетрясению 11 марта 2011 г. в 23^h15^m с $M_L=3.8$

№	Пункт	$\Delta_{мкр}$, км	φ° , N	λ° , E	№	Пункт	$\Delta_{мкр}$, км	φ° , N	λ° , E
1	<u>5 баллов</u> дер. Арсланово	0	53.02	56.10	4	хут. Кочкарь	6.2	53.07	56.07
	<u>4-5 баллов</u>				5	дер. Кизрай	6.5	52.97	56.14
2	дер. Смаково	2.6	53.03	56.07	6	г. Мелеуз (пл. химзавода)	7.5	52.99	56.00
3	дер. Малошарипово	4.0	53.03	56.16	7	дер. Басурмановка	11.7	52.99	56.27
					8	г. Мелеуз	13.5	52.95	55.93
					9	ферма Тукмак			

Карта пунктов-баллов изображена в двух масштабах на рис. 6.

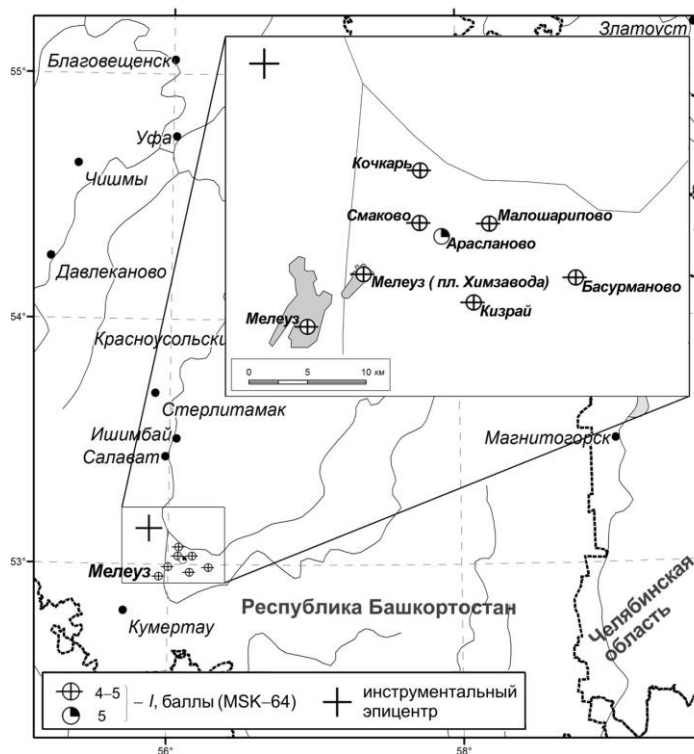


Рис. 6. Положение инструментального эпицентра землетрясения 11 марта 2011 г. с $M_L=4.0$ и его макросейсмические проявления в районе г. Мелеуз Республики Башкортостан

Второе землетрясение ($M_L=3.4$) из этой же зоны было зарегистрировано 25 ноября в 16^h41^m, но описание макросейсмических проявлений для него отсутствует [14]. Записи этого землетрясения также по девяти станциям изображены на рис. 7.

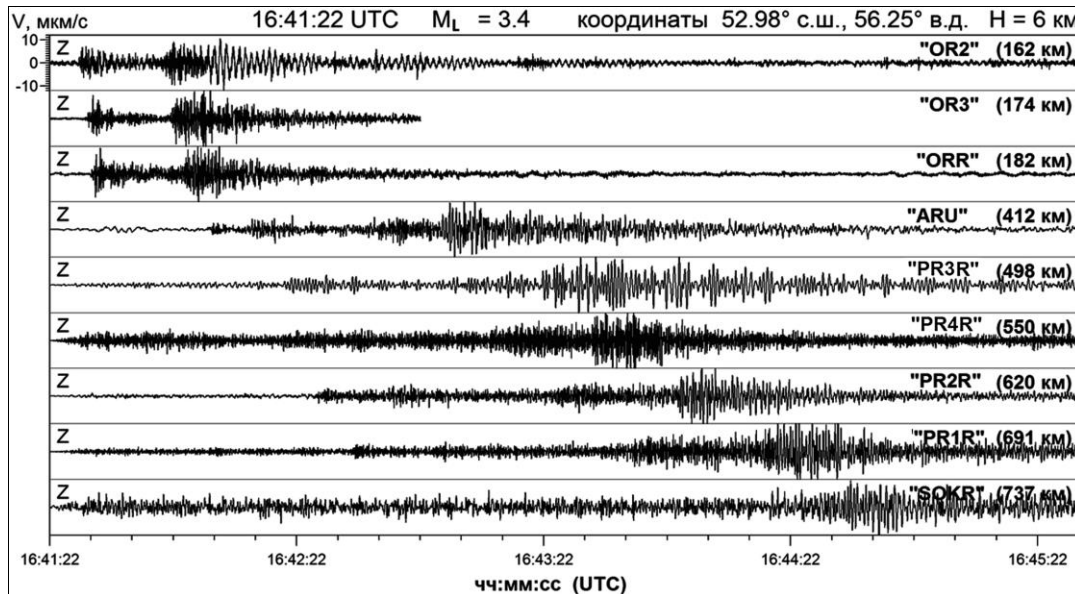


Рис. 7. Сейсмограммы землетрясения с $M_L=3.4$ [14], произошедшего 25 ноября 2011 г. в районе г. Мелеуз Республики Башкортостан

Волновая картина для этих двух землетрясений была достаточно детально изучена с выделением всех наблюдаемых сейсмических фаз [19, 20]. Глубины гипоцентров, определенные по инструментальным данным, составили от 6 до 10 км, формы записей очень схожи, что может говорить о принадлежности этих событий к одной и той же очаговой зоне.

С тектонической точки зрения они приурочены к Серноводско-Абдулинскому авлакогену Русской плиты. Данный район является зоной коллизии Уральских складчатых сооружений и юго-восточной части Русской плиты и, следовательно, сильных действующих напряжений [21, 22].

Итоговое распределение событий разных типов по магнитудам M_L и суммарное распределение сейсмической энергии ΣE в регионе представлено в табл. 10. Энергия событий рассчитывалась по формуле Канамори:

$$\lg E, \text{ Дж} = 1.96 M_L + 2.05 \text{ из [5]},$$

применимой для диапазона магнитуд $1.5 < M_L < 6.0$.

Таблица 10. Распределение числа сейсмических событий разной природы в различных интервалах магнитуд и суммарной выделившейся сейсмической энергии

Тип события	M_L				N_{Σ}	$\Sigma E, 10^9 \text{ Дж}$
	0–1.0	1.1–2.0	2.1–3.0	3.1–4.5		
Землетрясение/возможно землетрясение			1	2	3	1.79
ГТУ		8	15	2	25	0.73
Всего		8	16	4	28	2.52

Сопоставление данных в 2011 г., по сравнению с таковыми в 2010 г. [1], показало, что число зарегистрированных землетрясений снизилось ($N_{\Sigma}=3$ вместо $N_{\Sigma}=7$), как и сейсмическая энергия ($\Sigma E=1.79 \cdot 10^9 \text{ Дж}$ вместо $\Sigma E=4.96 \cdot 10^9 \text{ Дж}$). Количество горно-тектонических ударов, по сравнению с таковым в 2010 г., несколько возросло ($N_{\Sigma}=25$ вместо $N_{\Sigma}=19$), но величина их суммарной сейсмической энергии снизилась – ($\Sigma E=0.73 \cdot 10^9 \text{ Дж}$ вместо $\Sigma E=13.79 \cdot 10^9 \text{ Дж}$).

Распределение сейсмических событий в 2006–2011 гг. Наряду с данными за 2011 г. (табл. 10), рассмотрим ряд прежних наблюдений в Уральском регионе, начиная с 2006 г.

(рис. 8), по данным опубликованных каталогов [23–27]. При этом сейсмическая энергия каждого землетрясения и горно-тектонического удара рассчитывалась за все годы единообразно, по приведенной выше формуле Канамори.

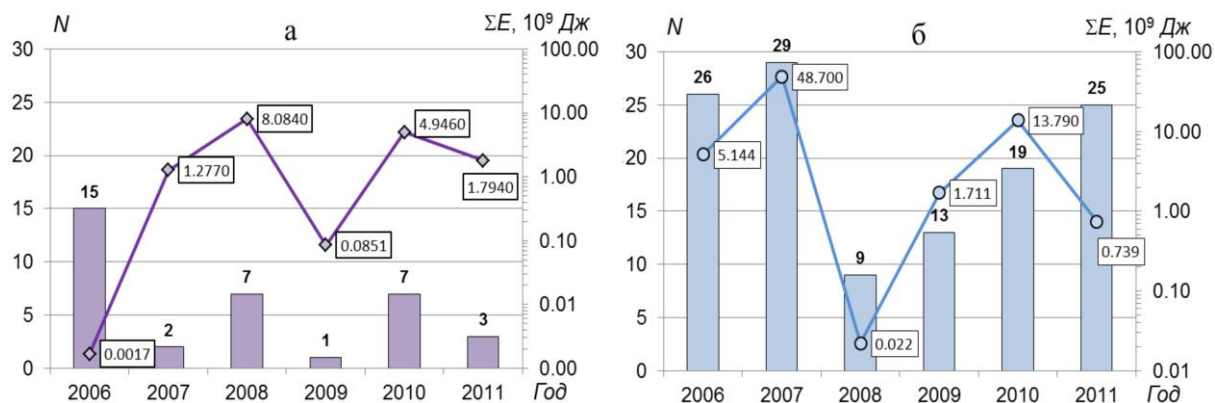


Рис. 8. Сводные данные о годовых числах и суммарной энергии для землетрясений (а) и горно-тектонических ударов (б) за 2006–2011 гг.

Как видим, наибольшее количество возможно/тектонических землетрясений было зарегистрировано в 2006 г. [23] на территории Пермского края. Это связано с произошедшей серией ($N_2=14$) сейсмических событий с незначительными локальными магнитудами $0.8 < M_L < 1.5$ в Добрянском районе [23]. Наибольшая выделившаяся суммарная сейсмическая энергия, равная $\Sigma E = 8.08 \cdot 10^9$ Дж (рис. 8 а), получена для землетрясений в 2008 г. Это повышение произошло за счет Альметьевского-III 5-балльного землетрясения 29.05.2008 г. [28] с $M_L = 4.0$ [25] и энергией $E = 7.78 \cdot 10^9$ Дж (96 % от годовой).

Справедливости ради следует отметить, что приведенное выше сравнение по годам суммарного числа и суммарной энергии тектонических землетрясений Уральского региона в 2006–2011 гг. не совсем корректно, поскольку изначально, в работе [29], не была зафиксирована зона ответственности каталога Уральского сейсмоактивного региона по координатным узлам. В результате площадь выборки в каждый из представленных на рис. 8 годов разная, что в будущем следует учесть и нормировать, т.е. пересчитывать все величины к выбранной площади одинакового размера.

В отношении горно-тектонических ударов максимальное их количество $N_2=29$ и максимальная энергия $\Sigma E = 48.70 \cdot 10^9$ Дж были зарегистрированы в 2007 г. [24] (рис. 8 б).

Подводя итоги, можно отметить, что 2011 год в сейсмическом отношении был достаточно спокойным. На территории Пермского края тектонических событий зарегистрировано не было. Пространственное распределение эпицентров произошедших землетрясений подтверждает наличие тектонических активных зон в Республике Башкортостан, а также проявление техногенной сейсмичности в районе г. Североуральск.

Л и т е р а т у р а

1. Маловичко А.А., Дягилев Р.А., Верхоланцева Т.В., Верхоланцев Ф.Г., Голубева И.В. Урал // Землетрясения Северной Евразии, 2010 год. – Обнинск: ГС РАН, 2016. – С. 258–264.
2. Верхоланцев Ф.Г. (сост.). Цифровые станции Уральской сейсмической сети в 2011 г. // Землетрясения Северной Евразии, 2011 год. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – Приложение на CD_ROM.
3. Сейсмологический мониторинг Западного Урала. URL: <http://pts.mi-perm.ru/region/>.
4. Телесеismicкий годограф-IASPEI- Kennet B.L.N. (editor). IASPEI 1991 Seismological Tables. Sydney: Research School of Earth Sciences Australian National University, 1991. – 167 p.
5. Kanamori H., Mori J., Hauksson E., Heaton T.H., Hutton L.K. and Jones L.M. Determination of earthquake energy release and ML using TERRAScope // Bull. Seism. Soc. Am. – 1993. – 83. – N 2. – P. 330–346.

6. Рихтер Ч. Инструментальная шкала для магнитуд землетрясений // Слабые землетрясения. – М.: ИЛ, 1961. – С. 13–44.
7. Маловичко А.А., Маловичко Д.А., Дягилев Р.А., Верхованцев Ф.Г., Голубева И.В., Верхованцев А.В. Пермский край 2000–2005 гг. // Землетрясения Северной Евразии, 2005 год. – Обнинск: ГС РАН, 2011. – С. 269–289.
8. International Data Centre, CTBTO (IDC), Vienna, Austria, 2011. – URL: <http://www.ctbto.org>.
9. International Seismological Centre (ISC), On-line Bulletin, not reviewed, Internatl. Seis. Cent., Thatcham, United Kingdom, 2014. – URL: <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/bulletin/>.
10. Kazakhstan National Data Center (KNDC), Almaty, Kazakhstan, 2011.– URL: <http://www.kndc.kz/index.php/ru>.
11. Дягилев Р.А., Голубева И.В. (отв. сост.), Старикович Е.Н., Верхованцева Т.В., Белевская М.А., Варлашова Ю.В., Голубева И.В. (сост.). Полный каталог взрывов ($N=219$), горно-тектонических ударов ($N=25$) и землетрясений ($N=5$) на территории Пермского края и прилегающих районов за 2011 г. – Фонды ГС РАН, 04.08.2016. – 9 с.
12. Дягилев Р.А., Голубева И.В. Оценка эффективности критерия распознавания сейсмических событий A_s/A_p для станций Уральского региона с применением статистических подходов // Сейсмичность Северной Евразии. Материалы международной конференции. – Обнинск: ГС РАН, 2008. – С. 78–80.
13. Рогожин Е.А. Строеие очага землетрясения Тохоку 11.03.2011 ($M_w=9.0$) в Японии, его макросейсмические, сейсмологические и геодинамические проявления // Вопросы инженерной сейсмологии. – 2011. – 38. – № 1. – С. 5–20.
14. Голубева И.В., Дягилев Р.А. (отв. сост.), Белевская М.А., Варлашова Ю.В., Старикович Е.Н. (сост.). Каталог землетрясений, горных и горно-тектонических ударов на территории Урала и прилегающих районов за 2011 г. // Землетрясения Северной Евразии, 2011 год. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – Приложение на CD_ROM.
15. Шакуров Р.К., Горожанин В.М. Мартовские сейсмособытия 2011 года Башкирии // – Известия Отделения наук о Земле и природных ресурсов АН РБ. Геология. – 2011. – № 16. – С. 99–103.
16. Шакуров Р.К. Землетрясение в Башкортостане // Экологический журнал «Табигат». – 2011. – № 3. – С. 30–31.
17. Дягилев Р.А. (отв. сост.). Макросейсмический эффект ощутимых землетрясений в населенных пунктах Урала в 2011 г. // Землетрясения Северной Евразии, 2011 год. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – Приложение на CD_ROM.
18. Медведев С.В. (Москва), Шпонхойер В. (Иена), Карник В. (Прага). Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.
19. Verkholantsev Ph.G., Golubeva I.V. On seismic activity in the South-East part of Russian plate in accordance with instrumental data in 2011–2012 // 33-rd General Assembly of the European Seismological Commission – Moscow, Russia, 2012.
20. Верхованцев Ф.Г., Голубева И.В. О сейсмической активности на Юго-Востоке республики Башкортостан по данным инструментальных наблюдений в 2011–2012 гг. // Материалы Седьмой Международной сейсмической школы, Нарочь (Беларусь). Обнинск: ГС РАН, 2012. – С. 84–87.
21. Копп М.Л. Новейшие деформации южного Урала и Мугоджар и их вероятное происхождение // Геотектоника. – 2005. – № 5. – С. 36–61.
22. Масагутов Р.Х. Литолого-стратиграфическая характеристика и палеогеография позднего докембрия Башкирского Приуралья // М.: Недра, 2002. – 224 с.
23. Голубева И.В., Дягилев Р.А. (отв. сост.), Белевская М.А., Варлашова Ю.В., Старикович Е.Н. Каталог землетрясений, горных и горно-тектонических ударов на территории Урала за 2006 г. // Землетрясения Северной Евразии, 2006 год. – Обнинск: ГС РАН, 2012. – (На CD).
24. Голубева И.В., Дягилев Р.А. (отв. сост.), Белевская М.А., Варлашова Ю.В., Старикович Е.Н. Каталог землетрясений, горных и горно-тектонических ударов на территории Урала за 2007 г. // Землетрясения Северной Евразии, 2007 год. – Обнинск: ГС РАН, 2013. – (На CD).
25. Голубева И.В., Дягилев Р.А. (отв. сост.), Белевская М.А., Варлашова Ю.В., Старикович Е.Н. (сост.). Каталог землетрясений, горных и горно-тектонических ударов на территории Пермского края и прилегающих районов за 2008 г. // Землетрясения Северной Евразии, 2008 год. – Обнинск: ГС РАН, 2014. – (На CD).

26. **Голубева И.В., Дягилев Р.А. (отв. сост.), Верхованцев Ф.Г., Верхованцева Т.В., Старикович Е.Н., Варлашова Ю.В., Белевская М.А. (сост.).** Каталог сейсмических событий на территории Пермского края и прилегающих районов за 2009 г. // Землетрясения Северной Евразии, 2009 год. – Обнинск: ГС РАН, 2015. – (На CD).
27. **Голубева И.В., Дягилев Р.А. (отв. сост.), Белевская М.А., Верхованцева Т.В., Старикович Е.Н. (сост.).** Каталог землетрясений, горных и горно-тектонических ударов на территории Урала и прилегающих районов за 2010 г. // Землетрясения Северной Евразии, 2010 год. – Обнинск: ГС РАН, 2016. – (На CD).
28. **Габсатарова И.П., Бабкова Е.А., Огаджанов В.А., Маслова М.Ю., Огаджанов А.В., Михайлова Р.С.** Альметьевское-III землетрясение 29 мая 2008 г. с $M_L=3.6$, $I_0=5$ (Татарстан) // Землетрясения Северной Евразии, 2008 год. – Обнинск: ГС РАН, 2014. – С. 346–351.
29. **Маловичко А.А., Маловичко Д.А., Дягилев Р.А., Верхованцев Ф.Г., Голубева И.В., Верхованцев А.В.** Пермский край 2000–2005 гг. // Землетрясения Северной Евразии, 2005 год. – Обнинск: ГС РАН, 2011. – С. 269–289.