

СЕЙСМИЧНОСТЬ УРАЛА и ЗАПАДНОЙ СИБИРИ в 2015 г.

А.А. Маловичко¹, Р.А. Дягилев¹, Ф.Г. Верхованцев¹, И.В. Голубева¹, Т.В. Злобина²

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

²Горный институт Уральского отделения РАН, г. Пермь, tati.verkholantseva@gmail.com

Аннотация. В статье приведены сведения о действующей сети сейсмических станций на территории Урала и Западной Сибири, методике обработки данных, дан краткий анализ сейсмической активности в регионе в 2015 году. Показаны регистрационные возможности региональной сети на всей представленной территории. Отмечено, что около 82 % зарегистрированных сетью событий приходится на технологические взрывы на горнодобывающих предприятиях, 37 событий имеют отношение к природной или природно-техногенной сейсмичности. Для наиболее сильных событий последней группы приведены варианты определений очаговых параметров, полученные другими агентствами. Самым сильным в 2015 г. и за последние 100 лет (с 1914 г.) тектоническим событием стало Среднеуральское землетрясение 18.10.2015 с $ML=4.7$, $I_0=6$.

Ключевые слова: сейсмичность, сейсмическая сеть, магнитуда, сейсмический режим, горно-тектонический удар, землетрясение, взрыв, Главный Уральский Разлом.

DOI: 10.35540/1818-6254.2021.24.19

Для цитирования: Маловичко А.А., Дягилев Р.А., Верхованцев Ф.Г., Голубева И.В., Злобина Т.В. Сейсмичность Урала и Западной Сибири в 2015 г. // Землетрясения Северной Евразии. – 2021. – Вып. 24 (2015 г.). – С. 200–209 doi: 10.35540/1818-6254.2021.24.19

Введение. Регион «Урал и Западная Сибирь» охватывает огромную площадь (рис. 1), которая существенным образом различна в плане тектонических обстановок. Большую часть региона занимают территории с платформенным режимом – восточная окраина Восточно-Европейской платформы, западная часть Сибирской платформы и Западно-Сибирская плита, для которых характерна относительно слабая рассеянная сейсмичность. Наиболее активными с сейсмотектонической точки зрения являются складчатые сооружения Урала, переживающие неотектоническую активизацию.

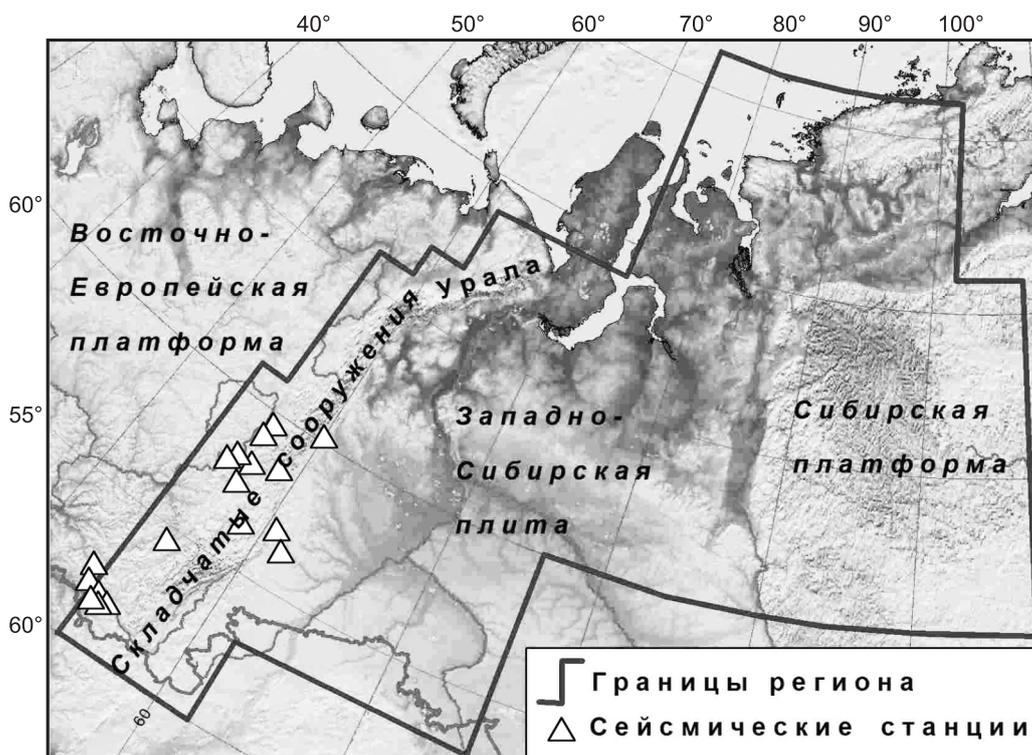


Рис. 1. Границы региона и сейсмические станции

Сейсмичность Урала имеет весьма разнообразное происхождение. Природные землетрясения представлены здесь тектоническими, обвальными и даже импактными событиями. Основной вклад в природную составляющую сейсмичности Урала вносит его важнейшая тектоническая структура – Главный Уральский Разлом (ГУР), имеющий субмеридиональное простирание. Уральский регион имеет развитую горнодобывающую промышленность, в связи с чем главный вклад в общее число регистрируемых событий вносят техногенные источники – промышленные взрывы, горные и горно-тектонические удары (ГТУ), обвалы и т.д. Само по себе разделение сейсмических событий на природные и техногенные имеет известные сложности. Несмотря на то, что положение горнодобывающих предприятий хорошо известно, близость их к ГУР затрудняет однозначное определение природы событий. С 1999 г. на Урале начала активно развиваться региональная сейсмологическая сеть – сначала в пределах Пермского края, а затем в Свердловской области и Республике Башкортостан. В настоящее время ее возможности позволяют регистрировать события не только в пределах Урала и Европейской части России, но и в Западной Сибири.

Сеть сейсмических станций. В 2015 г. конфигурация региональной сети не претерпела изменений по сравнению с 2014 годом. Изменения коснулись только аппаратного оснащения сейсмической станции «Североуральск» (SVUR). В середине года 16-битный набор регистрирующей аппаратуры IRIS DAS/ARS был заменен современным 24-битным регистратором UGRA. Комплект из трех короткопериодных сейсмометров Teledyne GS-13 (собственная частота 1 Гц) был заменен на комплект из трех короткопериодных сейсмометров СМЗ-КВ. Частота дискретизации в непрерывном режиме была увеличена с 20 до 50 Гц. Триггерный режим с частотой дискретизации 200 Гц выключен. Данные изменения привели к увеличению динамического и частотного диапазона сейсмической станции «Североуральск» (SVUR). Это положительно сказалось на возможностях регистрации сильных $ML \geq 3.0-3.5$ горно-тектонических ударов в пределах Северо-Уральского бокситового месторождения в ближней зоне (5–10 км). Исчерпывающие сведения о сейсмических станциях региональной сети и их аппаратном оснащении приведены в приложении к настоящему ежегоднику [1].

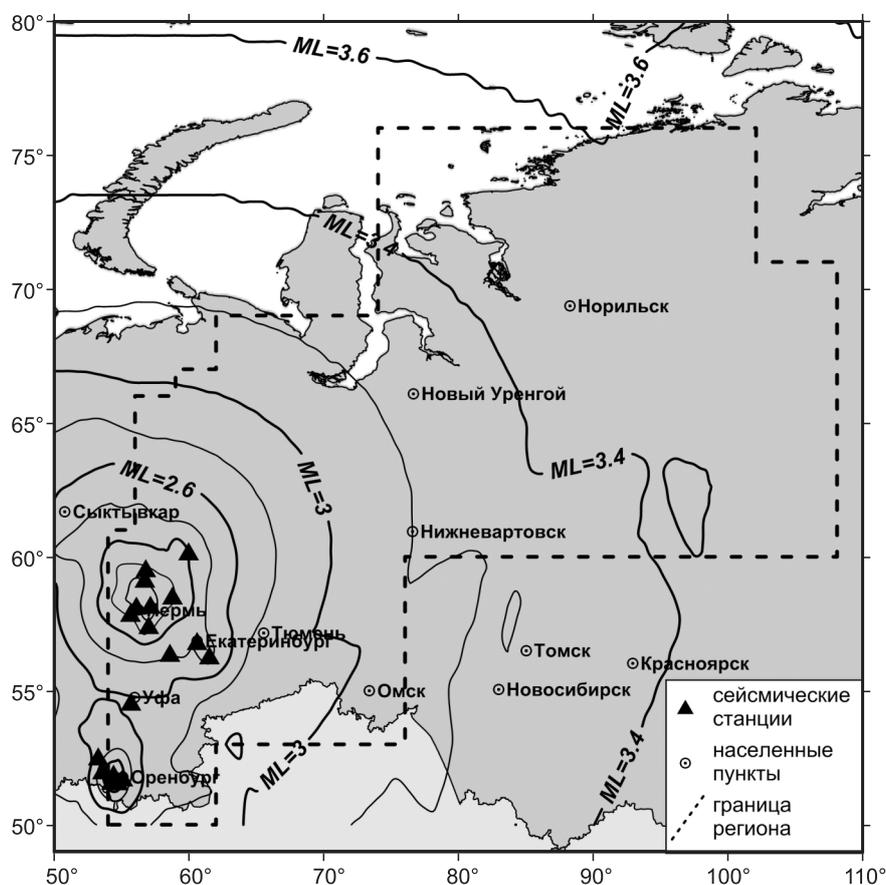


Рис. 2. Карта магнитудной представительности ML_{min} регистрации сейсмических событий Уральской сетью в 2015 г.

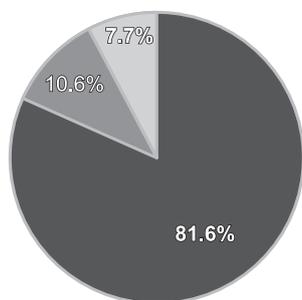
Действующая сеть станций обеспечивает уверенную регистрацию сейсмических событий на большей части Пермского края, начиная с $ML \geq 2.0$, в Свердловской области – с $ML \geq 2.4$, в республике Башкортостан – с $ML \geq 2.6$, в Челябинской и Оренбургской областях – с $ML \geq 2.8$, в Тюменской и Курганской областях – с $ML \geq 3.2$, на остальной территории – с $ML \geq 3.6$ (рис. 2).

Методика обработки цифровых записей землетрясений не изменилась [2]. С большинства станций передача данных в обрабатывающий центр происходит непрерывно, в режиме, близком к реальному времени. В качестве динамической характеристики сейсмических волн использовалась максимальная амплитуда колебаний на горизонтальных компонентах движения в симуляции сейсмографа Вуда-Андерсона для оценки локальной магнитуды. Методические основы принятой в регионе магнитудной шкалы ML изложены в [3] и учитывают закономерности распространения сейсмических волн для территории Пермского края и соседних областей. Шкала находится в полном соответствии с классическим определением Ч. Рихтера [4]. Кинематические параметры определяются на основе годографа IASPEI [5]. Для расчета сейсмической энергии – E в Дж использовано корреляционное уравнение связи между магнитудой и энергией Х. Канамори с соавторами [6]:

$$\lg E = 1.96ML + 2.05. \quad (1)$$

Для сравнительного анализа региональной локации сейсмических событий привлекались данные других сейсмологических центров [7–9].

Сейсмичность территории. В общей сложности сейсмическими станциями региона в 2015 г. было зарегистрировано 206 сейсмических событий, для которых определены все необходимые параметры. Большинство из них (169) приходится на долю массовых и технологических взрывов, проводимых на горнодобывающих предприятиях Пермского края, Свердловской, Челябинской областей и Республики Башкортостан. Остальные 37 сейсмических событий разделены на четыре основных типа: тектоническое землетрясение, индуцированное землетрясение, возможно землетрясение и горно-тектонический удар. Однако, несмотря на то, что в количественном отношении техногенные источники преобладают (рис. 3 а), 98.5 % от суммарной выделенной сейсмической энергии в 2015 г. приходится на землетрясения (рис. 3 б).



■ взрыв ■ горно-тектонический удар ■ тектоническое / индуцированное / возможно землетрясение

Рис. 3 а. Распределение сейсмических событий по типам

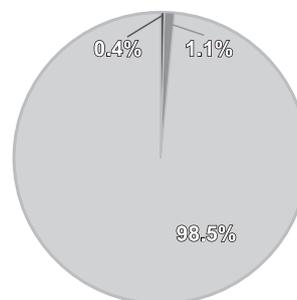


Рис. 3 б. Распределение сейсмических событий по энергии

Взрывы. Отработка месторождений рудных и нерудных полезных ископаемых на территории региона проводится как открытым, так и подземным способом. Организации, осуществляющие взрывные работы на территории Пермского края, регулярно предоставляют информацию о параметрах производимых ими взрывов. С предприятий других регионов поступает неполная информация, поэтому интерпретация ведется, исходя из близости горнодобывающих предприятий и согласно известным критериям распознавания волновых форм [10]. Наиболее крупные массовые взрывы производят Асбестовский, Высокогорский и Качканарский горно-обогатительные комбинаты (ГОК), расположенные на территории Свердловской области. Величины зарядов составляют 100 и более тонн взрывчатых веществ (ВВ).

На территории Пермского края в 2015 г. при проведении промышленных взрывов максимальная масса ВВ не превышала 31 тонны. Для наиболее сильных взрывов с $ML \geq 1.5$, регистрируемых несколькими станциями, традиционно определяются параметры очагов. В 2015 г. в региональный каталог взрывов включены 169 событий, для которых удалось определить все необходимые параметры. Это несколько меньше, чем в 2014 г., когда были определены параметры для 185 взрывов [11]. На рис. 4 представлено распределение взрывов по месяцам года.

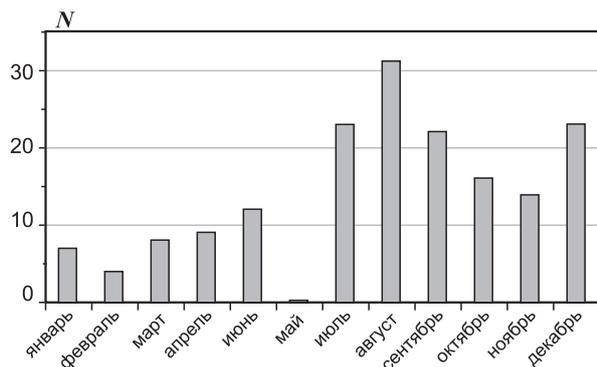


Рис. 4. Распределение числа взрывов по месяцам в 2015 г.

Как видно из рис. 5, наибольшее число взрывов было зарегистрировано в августе ($N=31$). Диапазон магнитуд составил $1.5 \leq ML \leq 3.1$. Пропуск в июне объясняется тем, что взрывов с магнитудами $ML \geq 1.5$ не проводилось. Суммарная сейсмическая энергия всех взрывов составила $E_{\Sigma} = 7.9 \cdot 10^8$ Дж.

Горно-тектонические удары. Большую часть таких событий представляют горные и горно-тектонические удары на шахтах Североуральского бокситового месторождения. За год было зарегистрировано порядка 210 ГТУ, для 18 из них удалось определить параметры очага ($2.0 \leq ML \leq 3.6$). Остальные сейсмические

события были зарегистрированы одной сейсмической станцией «Североуральск» (SVUR), расположенной непосредственно в горных выработках шахты «Красная шапочка».

Вторым по уровню сейсмической активности является район г. Нижнего Тагила, где располагаются шахты Высокогорского ГОКа. Здесь было зарегистрировано четыре горно-тектонических удара с ML от 1.7 до 2.5.

Самым сильным за рассматриваемый период стал горно-тектонический удар на шахте «Кальнинская» (ОАО «СУБР») 22 июня 2015 г. в $21^{\text{h}}44^{\text{m}}$ с $ML=3.6$ (рис. 5). По сведениям службы прогнозирования и предотвращения горных ударов (СППГУ) АО «СУБР», данное событие ощущалось с интенсивностью 4–5 баллов по шкале MSK-64 в поселке Калья и 4 балла в г. Североуральске [12]. Для параметров очага имеются альтернативные варианты решений, полученные другими агентствами (табл. 1).

Таблица 1. Разные решения параметров горно-тектонического удара в Свердловской области 22 июня по данным Уральской региональной сети (MIRAS) в сопоставлении с определениями других агентств

Агентство	t_0 , ч мин с	δt_0 , с	Гипоцентр				h , км	Магнитуда/количество станций
			φ° , N	$\delta\varphi^\circ$	λ° , E	$\delta\lambda^\circ$		
MIRAS	21 44 20	–	60.21	–	60.06	–	1	$ML=3.6 \pm 0.2/6$
IDC	21 44 20	1	60.19	–	59.98	–	0f	$mb=3.5 \pm 0.1/3, ML=3.8 \pm 0.1/9$
ISC	21 44 18	1.5	58.87	–	63.01	–	5.3 ± 8.81	$mb=3.5 \pm 0.2/3$
NNC	21 44 47	22	58.87	–	63.01	–	0	$mb=4.4, m_{pv}=4.1$

Примечание. MIRAS – «ГИ УрО РАН», Пермь, Россия; IDC – International Data Centre, Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty Organization, Vienna, Austria [7]; ISC – International Seismological Centre, Thatcham, United Kingdom [8]; NNC (KNDC) – National Nuclear Centre, Almaty, Kazakhstan [9]; f – фиксированная глубина.

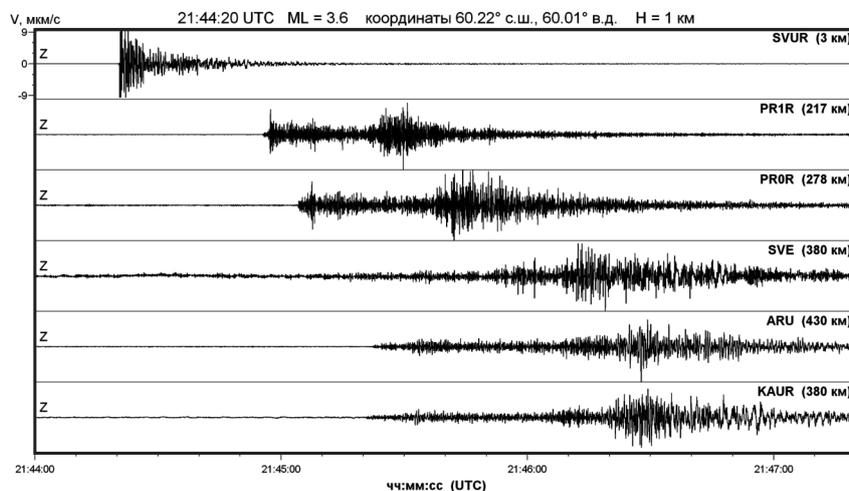


Рис. 5. Сейсмограммы горно-тектонического удара, произошедшего на шахте «Кальнинская» 22 июня 2015 г. в $21^{\text{h}}44^{\text{m}}$, г. Североуральск (Свердловская область)

Из четырех ГТУ, зарегистрированных на Высокогорском ГОКе (Нижний Тагил), макросейсмическими проявлениями сопровождались два [12]. Более сильным стал горно-тектонический удар, произошедший после проведенного массового взрыва на шахте «Естюнинская» 08 ноября 2015 г. в 11^h00^m с $ML=2.5$ (рис. 6).

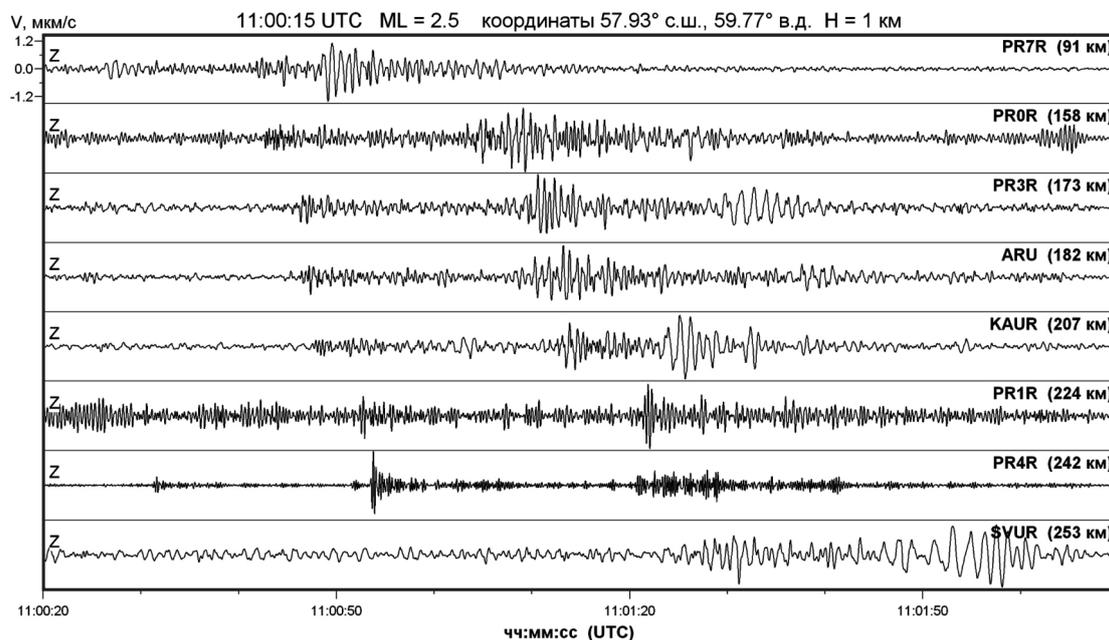


Рис. 6. Сейсмограммы горно-тектонического удара, произошедшего 8 ноября 2015 г. в 11^h00^m на шахте «Естюнинская», г. Нижний Тагил (Свердловская область)

Данное сейсмическое событие сопровождалось ощутимым сотрясением массива горных пород в шахте. Разрушений не отмечено. Макросейсмическая интенсивность в районе шахты «Естюнинская» составила 3 балла по шкале MSK-64.

Второй ощутимый горно-тектонический удар на этой же шахте был зарегистрирован 10 августа в 03^h36^m с $ML=1.7$. Несмотря на значительно меньшую магнитуду, чем у события 08.11.2015 г., данное землетрясение также ощущалось с интенсивностью в 3 балла (MSK-64) как в самой шахте, так и в соседних поселках Евстюниха и Песчаный.

Результаты определения параметров всех указанных ГТУ представлены в прилагаемом каталоге [13]. Суммарная сейсмическая энергия всех ГТУ составила $E_2=2.09 \cdot 10^9$ Дж. Их техногенная природа не подвергается сомнению.

Землетрясения. В Пермском крае продолжается развитие сейсмического процесса в Добрянском районе (район д. Таборы). За год здесь было зарегистрировано четыре землетрясения с магнитудами $1.7 \leq ML \leq 2.5$. Сейсмические события в данном районе фиксируются с начала представительного периода (2002 г.) инструментальных наблюдений [2]. До 2010 г. регистрировались микроземлетрясения с магнитудами ML от -0.4 до 1.1 . Как правило, их фиксировала одна, реже две станции, поэтому их природу достоверно определить не удавалось. С 2010 г. магнитуды стали выше ($1.3 \leq ML \leq 2.5$) и появилась возможность более точно определять положение эпицентров по трем и более станциям. На текущий момент здесь зарегистрировано порядка 25 событий. Необычный для Урала характер такой сейсмической активности может быть спровоцирован разработкой крупного (извлечено более 250 млн. т) Ярино-Каменоложского нефтяного месторождения. В то же время нельзя исключать и вероятность тектонической природы данных землетрясений, так как есть сведения об ощутимых исторических землетрясениях в этом районе [14].

Два события отнесены нами к категории «возможно землетрясение». Одно из них произошло 25 августа в 21^h04^m в 40 км к западу от г. Чусового и имело магнитуду $ML=2.2$, второе реализовалось 1 декабря в 16^h20^m с $ML=1.6$ в Юсьвинском районе, вблизи д. Тукачево. Эпицентры этих событий находятся вдали от горнодобывающих объектов и, скорее всего, их очаги являются слабыми тектоническими землетрясениями, характерными для платформенных территорий. Более мелкие события в Пермском крае фиксируются одной, реже двумя станциями, они остаются

в архивах записей и заносятся в каталог регионального обрабатывающего центра. В данной работе они не представлены.

Большинство из зарегистрированных в 2015 г. землетрясений произошло в Свердловской области. Здесь же, близ пос. Сабик, имело место самое сильное ($ML=4.7$) тектоническое землетрясение на территории региона. Оно произошло 18 октября в 21^h44^m, интенсивность сотрясений в эпицентре достигала 6 баллов по шкале MSK-64. Землетрясение ощущалось на обширной территории радиусом до 200 км, включая такие города, как Екатеринбург и Пермь. Полное описание землетрясения 18 октября 2015 г., которое по своему положению получило название Среднеуральского, и результаты макросейсмических обследований изложены в отдельной статье, представленной в данном ежегоднике [15].

Кроме этого уникального Среднеуральского землетрясения, на территории Свердловской области в районе г. Карпинска были зарегистрированы три события с $ML=2.0, 2.7, 2.8$, которые были отнесены к категории «возможно землетрясение». Наиболее крупное из них произошло 29 мая в 18^h41^m. С тектонической точки зрения эпицентры этих событий ложатся в зону влияния Главного Уральского разлома, но их относительная близость к затопленному Карпинскому угольному карьеру не дает возможности полностью исключить их техногенную природу. Сведения о макросейсмических проявлениях у всех событий отсутствуют.

На Приполярном Урале на границе республики Коми и Ханты-Мансийского автономного округа 4 января в 13^h58^m произошло тектоническое землетрясение с магнитудой $ML=4.1$. Несмотря на значительное удаление, событие было зарегистрировано восемью станциями региона – ARU, BA1R, KAUR, PR0R, PR3R, PR4R, PR7R и SVUR (рис. 7). Для очага имеются альтернативные варианты решений, полученные другими агентствами (табл. 2).

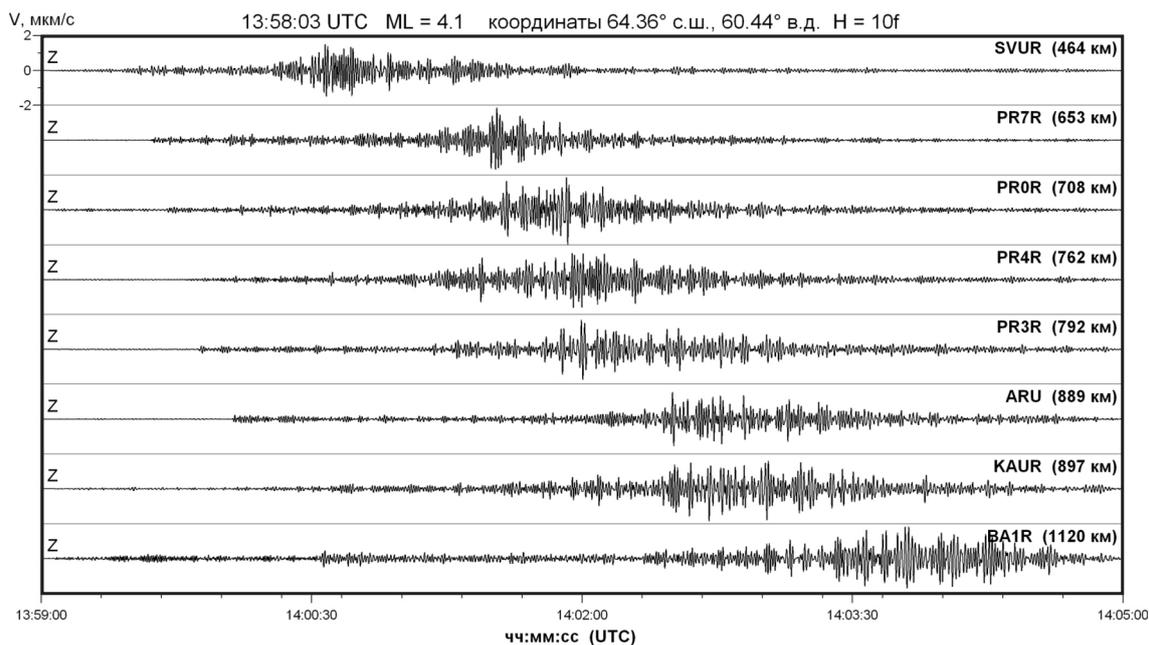


Рис. 7. Сейсмограммы тектонического землетрясения, произошедшего 4 января 2015 г. в 13^h58^m на границе республики Коми и Ханты-Мансийского автономного округа

Таблица 2. Параметры тектонического землетрясения 4 января 2015 г. на Приполярном Урале по данным различных агентств

Агентство	t_0 , ч мин с	δt_0 , с	Гипоцентр					Магнитуда/количество станций
			φ° , N	$\delta\varphi^\circ$	λ° , E	$\delta\lambda^\circ$	h , км	
MIRAS	13 58 03	—	64.36	—	60.44	—	10f	$ML=4.1\pm 0.2/5$
OBN	13 58 03	1.8	64.48	—	60.33	—	10	$mb=4.3/9$
IDC	13 58 04	0.5	64.51	—	60.70	—	0f	$mb=3.8\pm 0.1/20, ML=4.0\pm 0.2/7$
ISC	13 58 04	0.3	64.45	—	60.49	—	10f	$mb=4.1\pm 0.3/50, MS=3.1\pm 0.2/7$
NNC	13 58 14	5.3	63.93	—	63.01	—	37	$mb=3.9$

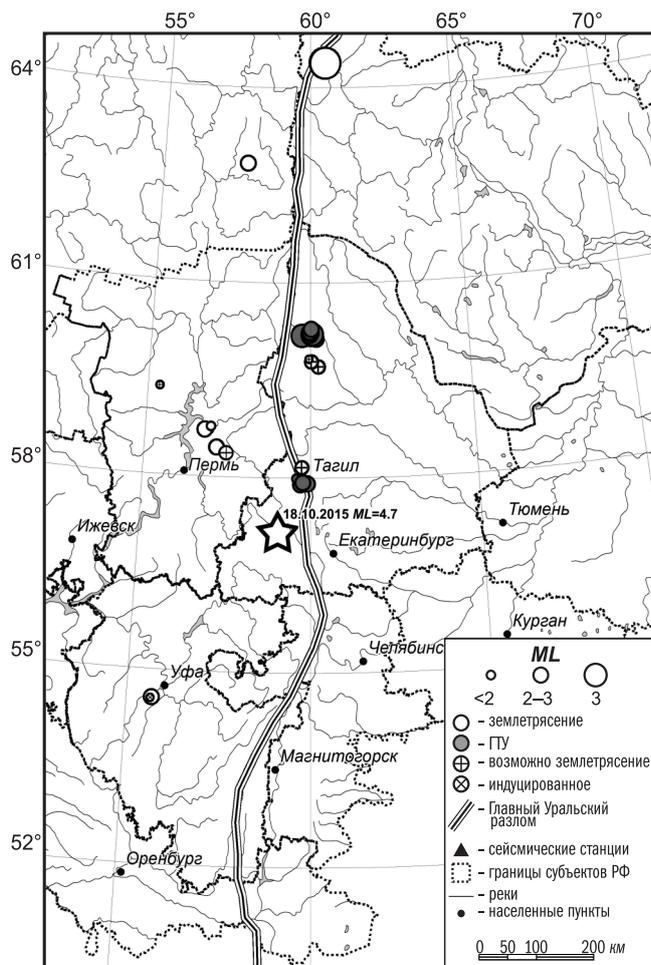


Рис. 8. Карта эпицентров сейсмических событий Урала и Западной Сибири в 2015 г.

Еще одно тектоническое землетрясение произошло на северо-востоке республики Коми 21 марта в 14^h14^m и имело магнитуду $ML=2.9$.

Данных о макросейсмических проявлениях этих двух землетрясений нет из-за того, что эпицентры расположены в безлюдной местности в районах Северного и Приполярного Урала.

На территории Республики Башкортостан (Чишминский район) были зарегистрированы два землетрясения разной природы. Первое из них произошло 11 января 2015 г. в 13^h01^m и имело магнитуду $ML=1.3$. Данное событие отнесено к категории индуцированных, чье происхождение обусловлено влиянием разработки Алкинского нефтяного месторождения [16]. Второе событие произошло 8 июня 2015 г. в 22^h55^m и имело магнитуду $ML=3.0$. Цифровые записи имеют классическую форму, типичную для тектонических землетрясений с хорошо выраженными группами объемных волн. С учетом инструментально определенной глубины, $h=20$ км, что в данной области сопоставимо с глубиной кристаллического фундамента, и доводов, изложенных в [16], землетрясение отнесено к категории тектонических. Макросейсмических проявлений событие не имело.

Сведения о параметрах всех землетрясений, зарегистрированных в 2015 г. в регионе Урал и Западная Сибирь, приведены в [13], карта их эпицентров представлена на рис. 8.

Итоговое распределение событий разных типов по магнитудам ML и суммарное распределение сейсмической энергии ΣE на территории региона (Урал и Западная Сибирь) представлено в табл. 3. Энергия событий рассчитывалась по формуле (1).

Таблица 3. Распределение числа сейсмических событий N в различных интервалах магнитуд ML и суммарная выделившаяся сейсмическая энергия ΣE , Дж

Тип события	ML					N_{Σ}	ΣE , Дж
	0–1.0	1.1–2.0	2.1–3.0	3.1–4.0	4.1–5.0		
Тектоническое, индуцированное, возможно землетрясение	–	5	8	–	2	16	$1.95 \cdot 10^{11}$
ГТУ	–	2	17	3	–	22	$2.09 \cdot 10^9$
взрывы	–	68	100	1	–	169	$7.90 \cdot 10^8$
Всего	–	75	125	4	2	206	$1.98 \cdot 10^{11}$

Подводя итоги, рассмотрим параметры сейсмичности в 2015 г. в сравнении с ежегодными значениями N и ΣE , начиная с 2006 г. (рис. 9). Как видим, суммарная сейсмическая энергия, выделившаяся в очагах землетрясений в 2015 г., скачкообразно увеличилась. Это связано с сильнейшим за последние 100 лет Среднеуральским землетрясением, энергия которого на два порядка выше, чем нормированное на год усредненное значение энергии тектонических землетрясений за представленные 10 лет.

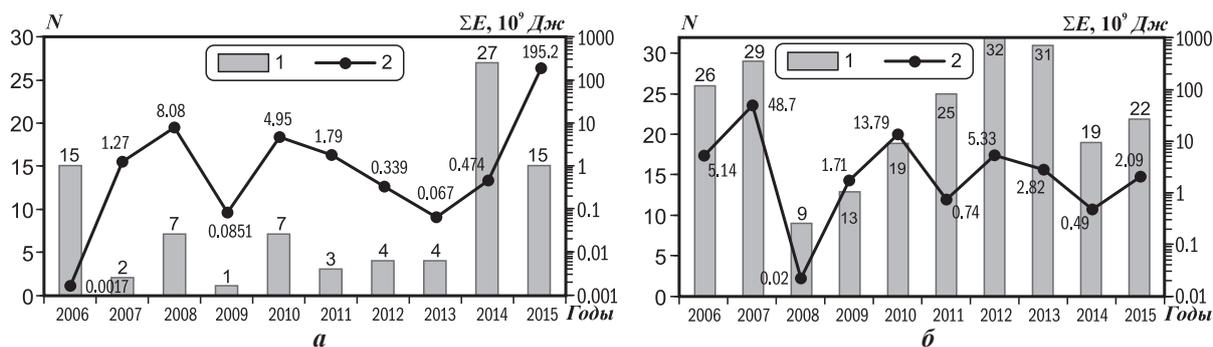


Рис. 9. Сводные данные о годовом количестве N и суммарной энергии землетрясений ΣE (а) и горно-тектонических ударов (б) за 2006–2015 гг.

1 – количество землетрясений N ; 2 – суммарная сейсмическая энергия ΣE .

Незначительное увеличение числа горно-тектонических ударов в 2015 г. – $N_{\Sigma}=22$ против $N_{\Sigma}=19$ в 2014 г., тем не менее, привело к четырехкратному увеличению суммарной выделенной сейсмической энергии – $E_{\Sigma}=2.09 \cdot 10^9$ Дж против $4.89 \cdot 10^8$ Дж в 2014 г. [11].

Закключение. В целом можно отметить, что 2015 г. для региона в сейсмическом отношении оказался уникальным. Было зарегистрировано и детально изучено сильнейшее за последние 100 лет Среднеуральское землетрясение, которое продемонстрировало, что природный сейсмический потенциал Урала на порядки превышает техногенную составляющую. Все ранее выделенные сейсмически активные зоны подтверждаются новыми сейсмическими событиями, преобладающая природа которых в их пределах сохраняется.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках темы НИР АААА-А20-120060890034-7 госзадания № 075-00576-21, с использованием данных, полученных на уникальной научной установке «Сейсмоинфразвуковой комплекс мониторинга арктической криолитозоны и комплекс непрерывного сейсмического мониторинга Российской Федерации, сопредельных территорий и мира».

Л и т е р а т у р а

1. Верхованцев Ф.Г., Нестеренко М.Ю. Сейсмические станции региона Урал и Западная Сибирь в 2015 г. // Землетрясения Северной Евразии. – 2021. – Вып. 24 (2015 г.). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.ceme.gsras.ru/zse/app-24.html>
2. 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.
3. Дягилев Р.А. Шкала M_L для Среднего Урала // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы Десятой Международной сейсмологической школы. – Обнинск: ГС РАН, 2015. – С. 219–223.
4. Рихтер Ч. Инструментальная шкала для магнитуд землетрясений // Слабые землетрясения. – М.: ИЛ, 1961. – С. 13–44.
5. Kennett, B.L.N. IASPEI 1991 Seismological Tables // Bibliotech. – Canberra, Australia, 1991. – 167 p.
6. Kanamori H., Mori J., Hauksson E., Heaton T.H., Hutton L.K., Jones L.M. Determination of Earthquake Energy Release and M_L using TERRAScope // Bulletin of the Seismological Society of America. – 1993. – V. 83, N 2. – P. 330–346.
7. International Data Centre, Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty Organization. – URL: <https://www.ctbto.org/verification-regime/the-international-data-centre>
8. International Seismological Centre. (2021). On-line Bulletin. <https://doi.org/10.31905/D808B830>
9. Казахстанский национальный центр данных (NNC). – URL: <http://www.kndc.kz/index.php/ru>
10. 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.

11. Маловичко А.А., Дягилев Р.А., Голубева И.В., Верхоланцев Ф.Г., Злобина Т.В. Урал и Западная Сибирь // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 23 (2014 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – С. 216–227. doi: 10.35540/1818-6254.2020.23.21
12. Верхоланцев Ф.Г. (отв. сост.), Дягилев Р.А., Пойгина С.Г., Бахтиарова Г.М. Сведения о пунктах, для которых имеется информация о макросейсмических проявлениях сейсмических событий Урала в 2015 г. // Землетрясения Северной Евразии. – 2021. – Вып. 24 (2015 г.). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.ceme.gsras.ru/zse/app-24.html>
13. Дягилев Р.А. (отв. сост.), Верхоланцев Ф.Г., Голубева И.В., Старикович Е.Н., Белевская М.А., Злобина Т.В., Варлашова Ю.В. Сводный каталог землетрясений, горных и горно-тектонических ударов на территории Урала и Западной Сибири в 2015 г. // Землетрясения Северной Евразии. – 2021. – Вып. 24 (2015 г.). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.ceme.gsras.ru/zse/app-24.html>
14. Сюезев П. «Пермские губернские ведомости», неофициальная часть. – 1911. – № 60.
15. Верхоланцев Ф.Г., Габсатарова И.П., Гусева Н.С., Дягилев Р.А. Среднеуральское землетрясение 18 октября 2015 г., $ML=4.7$, $I_0=6$ // Землетрясения Северной Евразии. – 2021. – Вып. 24 (2015 г.). – С. 314–323. doi: 10.35540/1818-6254.2021.24.30
16. Верхоланцев Ф.Г., Дягилев Р.А., Голубева И.В., Гусева Н.С. Землетрясение 20 мая 2014 г. $ML=2.8$, $I_0=4-5$ в центральной части Республики Башкортостан // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 23 (2014 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – С. 317–322. doi: 10.35540/1818-6254.2020.23.32

SEISMICITY of the URALS and WESTERN SIBERIA in 2015

A.A. Malovichko¹, R.A. Dyagilev¹, F.G. Verkholtantsev¹, I.V. Golubeva¹, T.V. Zlobina²

¹*Geophysical Survey of the Russian Academy of Sciences, Obninsk, amal@gsras.ru,*

²*Mining Institute, Ural branch of the Russian Academy of Sciences, Perm, tati.verkholtantseva@gmail.com*

Abstract. The article summarizes information about seismic network in the Urals and Western Siberia region, describes processing technique, presents a short analysis of the seismic activity in 2015. Seismic network capability is shown for the whole territory under control. It was found that about 82 % of registered events are explosions in mines and open pits, 37 events are natural or induced ones. For the strongest induced events, variants of source parameters obtained by different agencies are shown. The strongest tectonic event in 2015 and for the last century (after 1914) is the Middle Ural earthquake with $ML=4.7$, $I_0=6$ that occurred on October 18, 2015.

Key words: seismicity, seismic network, magnitude, seismic regime, rockburst, earthquake, explosion, Main Ural Fault.

DOI: 10.35540/1818-6254.2021.24.19

For citation: Malovichko, A.A., Dyagilev, R.A., Verkholtantsev, F.G., Golubeva, I.V., & Zlobina, T.V. (2021). [Seismicity of the Urals and Western Siberia in 2015]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 24(2015), 200–209. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2021.24.19

R e f e r e n c e s

1. Verkholtantsev, F.G., & Nesterenko, M.Iu. (2021). [Digital stations of Ural seismic network]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 24(2015). Electronic supplement. Retrieved from <http://www.ceme.gsras.ru/zse/app-24.html> (In Russ.).
2. Malovichko, A.A., Malovichko, D.A., Dyagilev, R.A., Verkholtantsev, F.G., Golubeva, I.V., & Verkholtantsev, A.V. (2011). [Perm region 2000–2005]. In *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii v 2005 godu* [Earthquakes in Northern Eurasia, 2005] (pp. 269–289). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
3. Dyagilev, R.A. (2015). [M_L scale for the Middle Urals]. In *Materialy X Mezhdunarodnoi seismologicheskoi shkoly "Sovremennye metody obrabotki i interpretatsii seismologicheskikh dannykh"* [Proceedings of the X International Seismological Workshop "Modern Methods of Processing and Interpretation of Seismological Data"] (pp. 219–223). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
4. Richter, Ch. (1961). Instrumental'naiia shkala dlia magnitud zemletriasenii [Instrumental scale for earthquake magnitudes]. In *Slabye zemletriaseniia* [Weak earthquakes] (pp. 13–44). Moscow, Russia: IL Publ. (In Russ.).
5. Kennett, B.L.N. (1991). *IASPEI 1991 Seismological Tables*. Bibliotech, Canberra, Australia, 167 p.

6. Kanamori, H., Mori, J., Hauksson, E., Heaton, T.H., Hutton, L.K., & Jones, L.M. (1993). Determination of earthquake energy release and ML using TERRASCOPE. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 83(2), 330–346.
7. International Data Centre. (2021). Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty Organization. Retrieved from <https://www.ctbto.org/verification-regime/the-international-data-centre>
8. International Seismological Centre. (2021). On-line Bulletin. Retrieved from <https://doi.org/10.31905/D808B830>
9. *Kazakhstanskii natsional'nyi tsentr dannykh* [Kazakhstan national data center]. (2021). Retrieved from <http://www.kndc.kz/index.php/ru> (In Russ.).
10. Dyagilev, R.A., & Golubeva, I.V. (2008). [Estimation of efficiency of As/Ap discriminator of seismic events for Ural region using statistical approaches]. In *Seismichnost' Severnoi Evrazii. Materialy mezhdunarodnoi konferentsii* [Seismicity of the Northern Eurasia. Proceedings of international conference] (pp. 78–80). Obninsk, Russia: GS RAS. (In Russ.).
11. Malovichko, A.A., Dyagilev, R.A., Golubeva, I.V., Verkholtantsev, F.G., Zlobina, T.V. (2020) [Urals and Western Siberia] *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 23(2014), 216–227. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2020.23.21
12. Verkholtantsev, F.G., Dyagilev, R.A., Poigina, S.G., & Bakhtiarova, G.M. (2021). [Information on the points for which macroseismic data of the Ural seismic events in 2015 is available]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 24(2015). Electronic supplement. Retrieved from <http://www.ceme.gsras.ru/zse/app-24.html> (In Russ.).
13. Dyagilev, R.A., Golubeva, I.V., Verkholtantsev, F.G., Starikovich, E.N., Belevskaia, M.A., Verkholtantseva, T.V. & Varlashova, Iu.V. (2021). [Consolidated catalog of earthquakes, rockbursts and fault-slip bursts in the Urals and Western Siberia in 2015]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 24(2015). Electronic supplement. Retrieved from <http://www.ceme.gsras.ru/zse/app-24.html> (In Russ.).
14. Suzev, P. (1911). «Permskiye gubernskiyе vedomosti (neofitsial'naya chast', 1911, № 60) ["Perm Provincial journal" (unofficial part, 1911, V. 60)]. (In Russ.).
15. Verkholtantsev, F.G., Gabsatarova, I.P., Guseva, N.S., & Dyagilev, R.A. (2021). [Middle Ural earthquake on October 18, 2015, $ML=4.7$]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 24(2015), 314–323. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2021.24.30
16. Verkholtantsev, F.G., Dyagilev, R.A., Golubeva, I.V., & Guseva, N.S. (2020). [Earthquake on May 20, 2014, $ML=2.8$, $I_0=4-5$ in central part of Bashkortostan republic]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 23(2014), 317–322. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2020.23.32