

I. ОБЗОР СЕЙСМИЧНОСТИ

УДК 550.348. (-924/-925)

СЕЙСМИЧНОСТЬ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ в 2015 г.

А.А. Маловичко, Н.В. Петрова, И.П. Габсатарова,

Р.С. Михайлова, В.И. Левина, О.Е. Старовойт, А.Д. Курова

ФИЦ ЕГС РАН, г. Обнинск, Россия, npetrova@gsras.ru

Аннотация. В статье представлен обзор сейсмичности Северной Евразии в 2015 г., содержащий описание сейсмических сетей, результатов анализа сейсмического режима и отдельных заметных землетрясений в 16 регионах России и сопредельных стран. Сейсмический мониторинг осуществлялся сетями станций России, Азербайджана, Армении, Беларуси, Казахстана, Кыргызстана, Латвии, Молдовы, Туркменистана, Таджикистана, Узбекистана, Украины, включающими 599 цифровых, семь аналоговых станций и восемь сейсмических групп. Данными сетями в 2015 г. зарегистрировано около 27 тыс. тектонических и свыше 6 тыс. вулканических землетрясений, 599 взрывов, 23 горно-тектонических удара и индуцированных землетрясения, для 592 землетрясений определены механизмы очагов. Из 449 землетрясений, о проявлениях которых в 2015 г. собрана информация, 26 толчков ощущались в населенных пунктах регионов Северной Евразии с интенсивностью 5 и более *баллов*. В большинстве регионов сейсмический процесс протекал в «фоновом» режиме, за исключением Таджикистана с прилегающими территориями, где отмечены два максимальных в 2015 г. землетрясения – Гиндукушское 26 октября с $M_w=7.5$, возникшее южнее Таджикистана в результате коллизии Индии и Евразии на глубине $h=230$ км, и Сарезское 7 декабря с $M_w=7.2$, $M_s=7.6$, $h=20$ км. Оба землетрясения сопровождались многочисленными афтершоками и ощущались в Таджикистане с интенсивностью $I_{\max}=7$ и $I_{\max}=7-8$ *баллов* соответственно по шкале MSK-64. Другим неординарным проявлением сейсмического режима на территории Северной Евразии является возникновение в 2015 г. крупнейшей за период инструментальных наблюдений в регионе «Прибайкалье и Забайкалье» Муяканской последовательности землетрясений, в результате которой количество зарегистрированных землетрясений региона возросло вчетверо. О сейсмической опасности платформенных и традиционно считавшихся слабосейсмичными территорий свидетельствуют произошедшие в 2015 г. ощутимые землетрясения – Чингизское 20 января с $M_s=4.1$, $I_0=5-6$ *баллов* вблизи Семипалатинского полигона в Восточном Казахстане, Среднеуральское 18 октября с $M_L=4.7$, $I_0=6$ *баллов* на Среднем Урале и Полтавское 3 февраля с $K_r=10.7$, $I_0=6$ *баллов* на юго-западе Восточно-Европейской платформы.

Ключевые слова: Северная Евразия, сейсмический пояс, тектоническое, вулканическое землетрясение, ощутимое землетрясение, механизм очага, выделенная сейсмическая энергия.

DOI: 10.35540/1818-6254.2021.24.01

Для цитирования: Маловичко А.А., Петрова Н.В., Габсатарова И.П., Михайлова Р.С., Левина В.И., Старовойт О.Е., Курова А.Д. Сейсмичность Северной Евразии в 2015 г. // Землетрясения Северной Евразии. – 2021. – Вып. 24 (2015 г.). – С.10–30 doi: 10.35540/1818-6254.2021.24.01

Введение. В данном выпуске журнала «Землетрясения Северной Евразии», как и в предыдущие годы, в соответствии с форматами ежегодных изданий «Землетрясения в СССР» и «Землетрясения Северной Евразии» представлены сведения о сейсмичности в 2015 г. на территории Северной Евразии, объединяющей Восточную Европу, Северную и Центральную Азию, Дальневосточный регион. Регистрация землетрясений, сводная обработка, интерпретация материалов и подготовка опубликованных в журнале обзоров региональной сейсмичности и статей, посвященных отдельным сильным и ощутимым землетрясениям в 2015 г., выполнялись в сейсмологических учреждениях России, Азербайджана, Армении, Беларуси, Казахстана, Кыргызстана, Латвии, Молдовы, Туркменистана, Таджикистана, Узбекистана, Украины. Данная статья обобщает информацию о сейсмичности в 16-ти регионах Северной Евразии в 2015 году. Границы регионов и территорий, а также отдельные тектонические элементы и сейсмические пояса на исследуемой территории показаны на рис. 1.

Сеймотектоническая обстановка. Сейсмичность исследуемой территории Северной Евразии обусловлена геодинамическим взаимодействием крупных литосферных плит Земли –

Евразийской, Аравийской, Индостанской, Тихоокеанской, Северо-Американской, а также расположенных на юге Евразии малых плит – Амурской, Охотоморской, Иранской и других. На их границах формируются крупные сейсмогенерирующие орогенические пояса (рис. 1), в пределах которых происходят наиболее значительные землетрясения Северной Евразии.

Самым высоким уровнем сейсмичности отличается Тихоокеанский сейсмический пояс, проходящий через регионы: Сахалин (IX), Курило-Охотский (X), Камчатка и Командорские острова (XI) (рис. 1). Второе место по сейсмической активности занимает Средиземноморско-Трансзиатский (Альпийско-Гималайский) пояс, представленный регионами: Карпаты (I), Крым (II), Кавказ (III), Копетдаг (IV), Средняя Азия и Казахстан (V). На третьем месте – Алтае-Охотоморский пояс, проходящий от восточного Казахстана (V б) через Алтай и Саяны (VI), Прибайкалье и Забайкалье (VII), Приамурье и Приморье (VIII) до побережья Охотского моря. Более подробное описание сейсмических поясов на исследуемой территории дано в [1, 2].

На территории Евразийской плиты, занимающей большую часть Северной Евразии, расположено несколько крупных платформ – древние Восточно-Европейская и Сибирская и более молодые Скифская, Туранская и Западно-Сибирская, где регистрируется слабая рассеянная сейсмичность, сосредоточенная в пределах земной коры. Однако и здесь возможны землетрясения умеренной силы, которые вызывают сотрясения с интенсивностью 5–7 баллов и тем самым представляют опасность для населения, зданий и сооружений. О сейсмогеодинамической активности платформенных областей, особенно вблизи их границ с сейсмоактивными областями, свидетельствуют произошедшие здесь в 2015 г. землетрясения: Чингизское 20 января с $K_p=12.2$ ($M_s=4.1$) и $I_0=5-6$ баллов [3] на востоке Туранской плиты (регион V), ощущавшееся в пос. Медеу с $I_i=5-6$ баллов; Полтавское 3 февраля с $K_p=10.7$ ($MPSP=4.4$) и $I_0=6$ баллов на юго-западе Восточно-Европейской платформы (регион XIV), ощущавшееся в п. Бакуты с $I_i=6$ баллов [4]; Среднеуральское 18 октября с $ML_{рег}=4.7$ ($MPSP=4.1$) и $I_0=6$ баллов на Урале, ощущавшееся в пос. Сарга и пос. Сабик с $I_i=5$ баллов [5] (рис. 1).

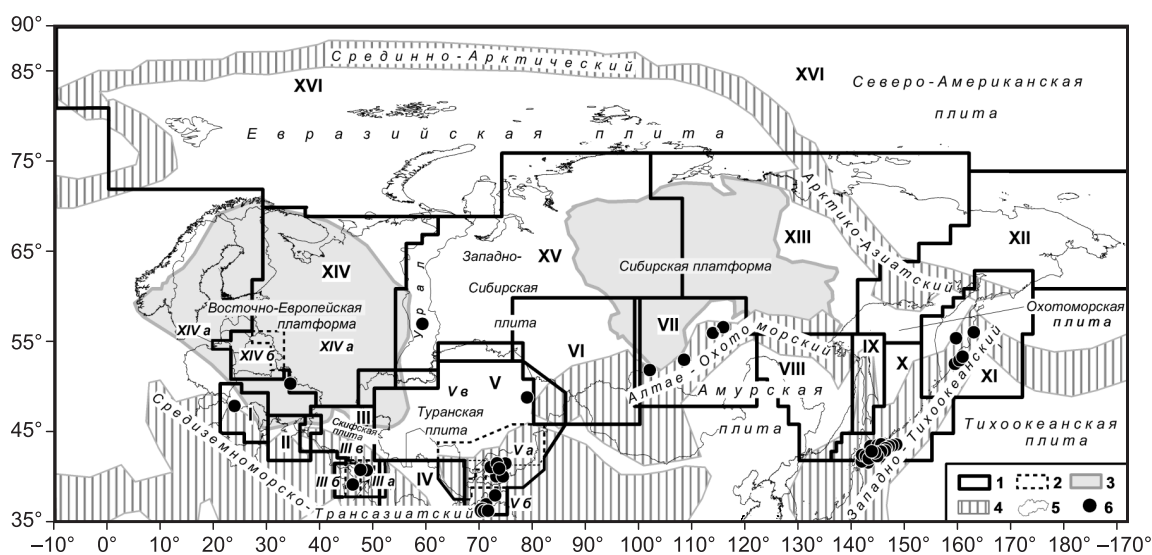


Рис. 1. Карта-схема границ регионов, территорий, тектонических элементов Северной Евразии и землетрясений, ощущавшихся в 2015 г. в населенных пунктах с интенсивностью $I_i=5-8$ баллов

1, 2 – граница региона и территории соответственно, цифра в центре соответствует номеру в табл. 1; 3 – древняя платформа; 4 – сейсмический пояс; 5 – государственная граница и береговая линия; 6 – эпицентр землетрясения 2015 г., ощущавшегося в ближайшем населенном пункте с интенсивностью $I_i=5-8$ баллов.

Названия регионов и территорий приведены в табл. 1.

Сеть сейсмических станций. На территории Северной Евразии в 2015 г. функционировали сети стационарных и временных сейсмических станций всех региональных подразделений ФИЦ ЕГС РАН, а также национальных сетей вышеперечисленных соседних государств. При анализе сейсмичности использованы также данные ежедекадного Сейсмологического бюллетеня ФИЦ ЕГС РАН [6] и бюллетеня Международного сейсмологического центра [7] за 2015 год. Сведения о сетях сейсмических станций, регистрировавших сейсмичность в регионах Северной

Евразии в 2015 г., представлены в табл. 1. Всего на рассматриваемой территории функционировало 606 постоянных станций, из них 599 цифровых, семь аналоговых [8] и восемь сейсмических групп (табл. 1).

Таблица 1. Распределение станций и землетрясений по регионам и территориям Северной Евразии в 2015 г.

№	Регион, территория	Число станций			Диапазон классов/магнитуд	Число землетрясений					ΣE, Дж
		A	Ц	Г		N _Σ	70–300	>300	N _{оц}	N _{мех}	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
I	Карпаты	–	20	–	4.7–12.2 _{Кр}	164+31 _{ISC}	22	–	8	12	5.38·10 ¹²
	Молдова	–	6	–	2.5–4.4 _{Мд}	42	26	–	–	–	–
II	Крымско-Черноморский регион	–	8	–	5.2–10.8 _{Кп}	58	–	–	1	2	1.49·10 ¹¹
III	Кавказ:										
III а	Азербайджан	–	35	–	3.0–5.9 _{ML}	128	–	–	18	18	1.46·10 ¹³
III б	Армения	2	15	–	0.2–5.4 _{ML}	1113	–	–	9	8	6.55·10 ¹³
III в	Северный Кавказ	2	56	1	2.2–12.4 _{Кр}	2421 + 70 _{взр}	23	–	31	10	3.84·10 ¹²
IV	Копетдаг	3	27	–	8.6–12.8 _{Кр}	211	–	–	17	18	1.70·10 ¹³
V	Средняя Азия и Казахстан:										
V а	Центральная Азия	–	54	–	8.6–14.1 _{Кр}	302	–	–	31	61	1.44·10 ¹⁴
V б	Таджикистан	–	7	–	8.6–16.5 _{Кр}	9083	6376	–	57	58	5.24·10 ¹⁶
V в	Казахстан	–	43	5	6.6–12.2 _{Кр}	493	–	–	16	25	4.33·10 ¹²
VI	Алтай и Саяны	–	52	–	–1.2 – 6 _{ML}	6206	–	–	3	7	5.97·10 ¹²
VII	Прибайкалье и Забайкалье	–	35	–	7.6–14.0 _{Кр}	2498	–	–	10	53	2.34·10 ¹⁴
VIII	Приамурье и Приморье	–	11	–	5.6–11.7 _{Кр} 2.2–5.1 _{MPVA}	305 + 106 _{взр}	–	6	3	2	2.2·10 ¹²
IX	Сахалин	–	14+ 11лок	–	5.9–10.0 _{Кс} 2.6–6.0 _{MPVA}	375+24 _{взр}	3	15	24	1+9 _{ISC}	1.84·10 ¹³
X	Курило-Охотский регион	–	10	–	6.6–14.6 _{Кс} 4.0–6.3 _{MLH}	833+ 152 _{ISC}	240+ 62 _{ISC}	20+ 19 _{ISC}	114	59+ 180 _{ISC}	6.4·10 ¹⁴
XI	Камчатка и Командорские о-ва	–	77	–	8.5–14.5 _{Кс}	1213	184	43	92	28+26 _{ISC}	6.1·10 ¹⁴
	Вулканы:										
	Северная группа	–	–	–	1.8–8.1 _{Кс}	5464 _{влк}	–	–	–	–	5.1·10 ⁸
	Авачинская группа	–	–	–	1.7–5.7 _{Кс}	302 _{влк}	–	–	–	–	1.63·10 ⁶
	Мутновско-Гореловская	–	–	–	2.1–6.8 _{Кс}	295 _{влк}	–	–	–	–	1.15·10 ⁷
	Кизимен	–	–	–	2.2–8.3 _{Кс}	462 _{влк}	–	–	–	–	4.69·10 ⁸
	Жупановский	–	–	–	2.5–8.4 _{Кс}	165 _{влк}	–	–	–	–	3.97·10 ⁸
XII	Северо-Восток России	–	14	–	4.4–12.6 _{Кр}	290+1 _{ISC}	–	–	3	–	4.63·10 ¹²
XIII	Якутия	–	23	–	7.2–12.7 _{Кр}	607+419 _{взр}	–	–	4	3	1.02·10 ¹³
XIV	Восточно-Европейская платформа (ВЕП):										
XIV а	ВЕП. Российская часть	–	44+7лок	1	5.6–10.9 _{Кр} 0.9–3.7 _{ML}	55	–	–	1	–	2.3·10 ¹¹
XIV б	Беларусь	–	17	–	4.6–8.4 _{Кд}	80	–	–	–	–	1.12·10 ⁹
XV	Урал и Западная Сибирь	–	18	1	1.3–4.7 _{ML}	37+6 _{в.зем} +22 _{гту} +1 _{инд}	–	–	4	–	1.97·10 ¹¹
XVI	Арктика	–	13	–	2.0–5.1 _{ML}	334	–	–	–	12	1.5·10 ¹²
	Северная Евразия в целом	7	599	8	–	26864 _{зем} 599 _{взр} 6688 _{влк} 23 _{гту, инд}	–	–	–	–	5.39·10 ¹⁶

Примечание. А – аналоговая станция, Ц – цифровая станция, Г – сейсмическая группа (array). Значения нижних индексов: Мд, MPVA, MLH, ML – магнитуды по длительности записи, по короткопериодным P-волнам, по горизонтальной составляющей поверхностных волн, локальная магнитуда соответственно; Кр, Кп, Кс, Кs, Кd – энергетические классы по шкалам Раутиан [9], Пустовитенко [10], Соловьева [11], Федотова [12] и по длительности записи соответственно; в.зем – возможно, землетрясение; в.взр – возможно, взрыв; взр – взрыв; влк – вулканическое землетрясение; гту – горно-тектонический удар; инд – индуцированное землетрясение; ISC – дополнительные землетрясения из бюллетеня ISC [7].

Методика однородной классификации землетрясений. Для построения карты эпицентров землетрясений 2015 г. и расчета сейсмической энергии энергетические и магнитудные характеристики землетрясений Северной Евразии приводились к единой магнитуде M с опорой на магнитуду по поверхностным волнам MLH или Ms , где MLH – магнитуда по горизонтальной компоненте поверхностных волн, определяемая в некоторых регионах, Ms – магнитуда по вертикальной составляющей записи по данным Сейсмологического бюллетеня ФИЦ ЕГС РАН (СБ) [6] или International Seismological Center (ISC) [7]. Принималось, что для неглубоких землетрясений с $h < 70$ км $M = MLH = Ms$. При этом, если для одного землетрясения имелись значения Ms по данным и СБ [6], и ISC [7], выбиралось большее.

Для коррекции за глубину магнитуд по поверхностным волнам Ms промежуточных и глубоких землетрясений ($h \geq 70$ км), которые приводятся в СБ [6] по данным телесеизмических станций ФИЦ ЕГС РАН, применялись предложенные в [13] поправки:

$$h = 70 - 90 \text{ км: } M = Ms + 1.71 \lg(h) - 2.726, \quad (1)$$

$$h > 90 \text{ км: } M = Ms + 0.556 \lg(h) - 0.5. \quad (2)$$

При отсутствии прямых определений Ms , но наличии моментной магнитуды Mw , значения M для умеренных и сильных землетрясений с $Mw \geq 5.6$ рассчитывались по формуле, установленной для глобальной сейсмичности [14]:

$$M = (\ln(Mw - 2.863) + 0.222) / 0.233. \quad (3)$$

В других случаях производился расчет M с помощью региональных соотношений, приведенных в табл. 2 в порядке приоритетов.

Таблица 2. Переходные региональные соотношения от энергетических классов и магнитуд к однородной магнитуде $M = MLH = Ms$

Регион, территория	Формула	Ссылка	
Беларусь, Карпаты, Северный Кавказ, Центральная Азия, Прибайкалье и Забайкалье, Приамурье и Приморье, Северо-Восток России, Якутия, Казахстан, Таджикистан	$K_p \leq 14: M = (K_p - 4) / 1.8$ (4 а)	[9]	
	$K_p > 14: M = (K_p - 8) / 1.1$ (4 б)		
	$M = Md$ (5)		
Крым	$M = 0.55 K_{II} - 2.3$ (6)	[10]	
Азербайджан	$M = 0.77 ML_{\text{Азр}} + 0.43$ (7)	[15]	
Копетдаг	$M = 0.68 K_p - 3.84$ (8)	[16]	
Алтай и Саяны	$M = 0.94 ML - 0.83$ (9)	[17]	
Сахалин, Курило-Охотский регион	$K_p \leq 14: M = (K_p - 4) / 1.8$ (4 а)	[9]	
	$K_p > 14: M = (K_p - 8) / 1.1$ (4 б)		
	$M = (K_c - 1.2) / 2$ (10)		[11, 18, 19]
	$M = (MSH - 1.71) / 0.75$ (11)		[18, 19]
Камчатка	$M = (MPV - 2.5) / 0.65$ (12)	[18, 19]	
	$M = 0.926 K_s - 6.44$ (13)	[20]	
Армения, Урал и Западная Сибирь, Арктика, Восточно-Европейская платформа	$M = ML$ (14)		

Примечание. Формула (4а) применялась для энергетических классов по длительности записи землетрясений Беларуси с заменой K_p на Kd ($Kd = K_p$). Формула (5) применялась, наряду с (4 а) и (4 б), для Карпат. Формулы (11) и (12) использовались также для пересчета M из короткопериодных магнитуд $MSHA$ и $MPVA$ соответственно при отсутствии MSH и MPV , определенных по средне- и длиннопериодным приборам. Для промежуточных и глубоких землетрясений Сахалина и Курил ($h \geq 70$ км) порядок приоритетов менялся на следующий: MSH , MPV , K_c , $MSHA$, $MPVA$.

В случаях отсутствия для землетрясений с $Mw < 5.6$ инструментально определенных значений Ms и используемых в формулах (4) – (14) параметров, но при наличии Mw , производился расчет M по формуле:

$$M = (Mw - 2.1) / 0.67 [21]. \quad (15)$$

С учетом данного подхода составлен сводный каталог землетрясений Северной Евразии в 2015 г. [22], использованный для анализа сейсмичности. Далее в статье однородные магнитуды, полученные с помощью формул (1) – (15), приводятся без индексов, указывающих их тип – M .

Суммарная сейсмическая энергия по регионам и Северной Евразии в целом рассчитывалась как сумма энергий отдельных землетрясений, $\Sigma E_i = \Sigma 10^{K_i}$, Дж, где значения K соответствуют K_r (для Камчатки K_s), а при их отсутствии получены из однородной магнитуды M по формулам:

$$M \leq 5.6: K = 1.8M + 4 \quad [9], \quad (16)$$

$$M > 5.6: K = 1.1M + 8 \quad [9]. \quad (17)$$

Общая характеристика сейсмичности. Суммарное эпицентральное поле землетрясений Северной Евразии в 2015 г. представлено на рис. 2. Всего в 2015 г. зарегистрировано и обработано свыше 34 тыс. сейсмических событий, в том числе около 27 тыс. тектонических землетрясений, свыше 6 тыс. вулканических землетрясений, 599 взрывов, 23 горно-тектонических удара и индуцированных землетрясения. Для 592 землетрясений определены механизмы очагов, для 449 ощутимых толчков собрана информация об их проявлениях в населенных пунктах (табл. 1).

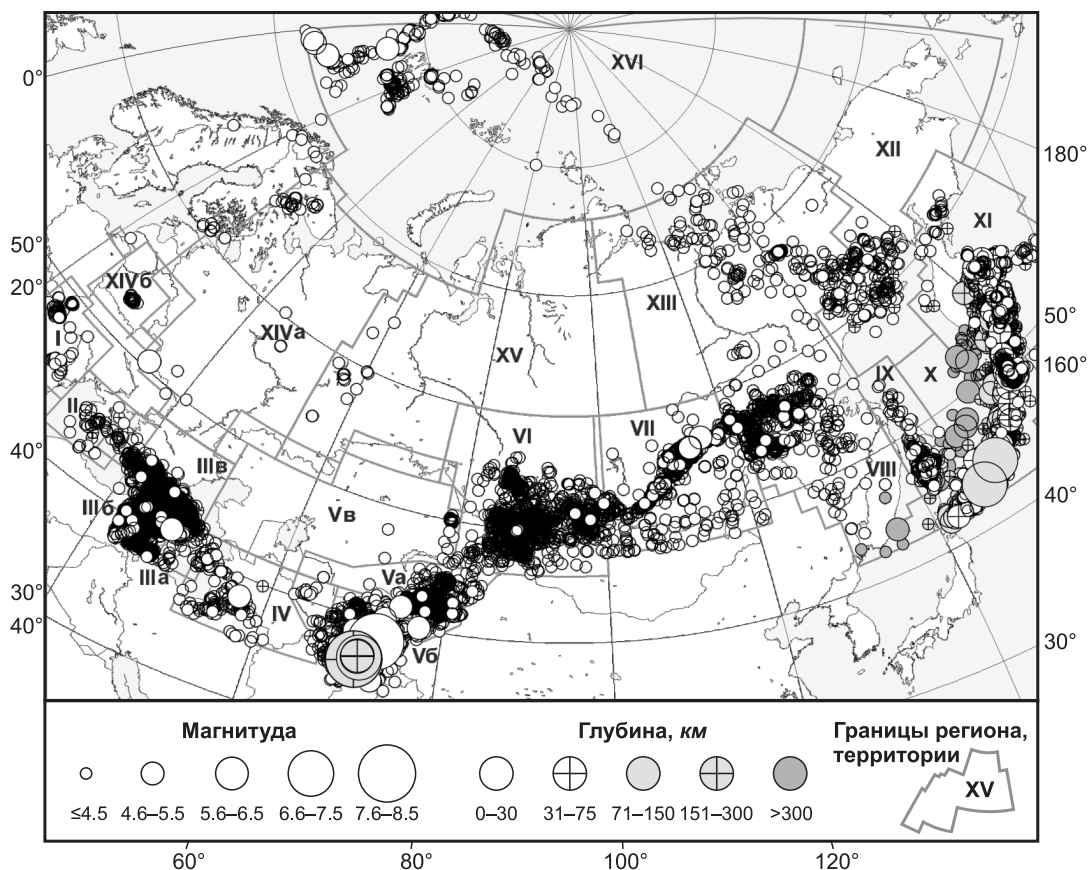


Рис. 2. Карта эпицентров землетрясений Северной Евразии в 2015 г.

Среди тектонических землетрясений свыше 18 тыс. локализованы в земной коре ($h < 70$ км), около 6.9 тыс. – на промежуточных глубинах ($h = 70–300$ км), и лишь 84 землетрясения – на глубинах более 300 км. При этом коровые землетрясения регистрируются во всех регионах Северной Евразии, промежуточные – в зоне Вранча в Карпатах, в Терско-Сунженской зоне Северного Кавказа, в Памиро-Гиндукушской зоне Таджикистана, в Курило-Охотском регионе и на Камчатке, а глубокие – только в регионах на Тихоокеанском побережье России (Приамурье и Приморье, Сахалин, Курило-Охотский регион и Камчатка).

В целом, как и ранее, основная масса землетрясений сосредоточена в пределах сейсмических поясов, показанных на рис. 1.

В табл. 3 представлены параметры сильных (M или $M_w \geq 5.5$) землетрясений Северной Евразии в 2015 г., а также ощутимых толчков, для которых в результате обследования или телефонного опроса установлена интенсивность $I_i = 5$ баллов и выше в ближайших населенных пунктах, расположенных на территории регионов Северной Евразии (рис. 1). Описание этих землетрясений приведено в специальных или обзорных статьях, ссылки на которые помещены

в столбце 11 табл. 3. Более подробно эти землетрясения будут рассмотрены в данной статье при анализе региональной сейсмичности.

Таблица 3. Наиболее заметные (M , $M_w \geq 5.5$, $I \geq 5$ баллов) землетрясения Северной Евразии в 2015 г.

№	Регион, название землетрясения, ссылка	Дата, д м	t_0 , ч мин с	Эпицентр		h , км	K/M_L	Магнитуды		I_{\max} , балл
				φ° , N	λ° , E			M_S (M)	M_w^{GCMT} ($M_{w\text{рег}}$)	
1	11	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Байкал, Муяканская последовательность [23]	03.01	12 29 43	56.11	113.71	7	12.9 _{Кр}	4.7	4.8	5
2	Байкал, Муяканская последовательность [23]	03.01	12 30 24	56.10	113.70	5	13.0 _{Кр}	4.6	–	5
3	Байкал, Муяканская последовательность [23]	05.01	06 04 00	56.10	113.75	5	13.0 _{Кр}	4.2	4.7	5
4	Камчатка, [24]	06.01	22 09 13	55.11	163.58	57	11.9 _{Кс}	5.5	5.5	–
5	Армения, [25]	07.01	23 00 28	39.35	45.94	10	4.5 _{ML}	(4.5)	–	6
6	Байкал, Муяканская последовательность [23]	18.01	06 41 00	56.13	113.75	7	13.4 _{Кр}	4.9	5.0	5
7	Казахстан, Чингизское [3]	20.01	09 30 57	48.98	78.76	14	12.2 _{Кр}	4.1	–	5–6
8	ВЕП, Полтавское [4]	03.02	05 56 32	50.51	34.18	3	10.7 _{Кр}	(3.7)	–	6
9	Камчатка [24]	19.02	16 32 46	52.69	159.31	90	13.8 _{Кс}	(4.9)	5.4	6
10	Таджикистан [26]	26.02	21 59 03	34.70	73.00	10	13.5 _{Кр}	4.6	5.1	5
11	Байкал [27]	06.04	07 47 28	53.15	108.31	14	12.7 _{Кр}	3.9	(4.4)	5
12	Азербайджан [28]	03.06	09 35 48	40.82	48.47	14	11.4 _{Кр}	4.0	–	5
13	Камчатка [24]	18.06	23 56 29	53.49	160.75	53	11.4 _{Кс}	3.4	–	5
14	Таджикистан [26]	29.06	22 07 48	36.70	71.25	190	13.9 _{Кр}	(5.3)	5.5	5
15	Курилы [29]	07.07	05 10 27	43.77	148.26	66	14.6 _{Кс}	6.0	6.3	5–6
16	Карпаты, Тересвинское-II [30]	19.07	11 30 47	48.04	23.67	8	11.1 _{Кр}	(3.9)	–	6
17	Таджикистан [26]	24.07	20 59 52	34.30	73.40	20	13.5 _{Кр}	4.5	5.1	7
18	Таджикистан [26]	10.08	10 05 26	36.60	71.10	230	14.3 _{Кр}	(5.7)	5.9	–
19	Камчатка [24]	24.08	11 50 58	56.17	164.42	64	11.7 _{Кс}	4.9	5.5	–
20	Байкал, Таллайское [31]	02.09	19 46 52	56.75	115.69	11	14.0 _{Кр}	4.6	5.0	6
21	Азербайджан, [28]	04.09	04 49 37	40.97	47.38	19	5.9 _{ML}	5.0	5.5	6
22	Камчатка [24]	05.09	13 16 06	49.16	156.09	45	13.6 _{Кс}	5.4	5.8	–
23	Центральная Азия, [32]	20.09	16 09 15	41.12	73.50	17	11.1 _{Кр}	3.5	–	5
24	Центральная Азия [32]	22.09	17 43 09	41.28	71.90	26	11.2 _{Кр}	3.8	–	5
25	Курилы [29]	14.10	05 43 09	48.69	156.65	53	13.0 _{Кс}	6.2	6.0	–
26	Камчатка [24]	16.10	06 38 23	55.54	159.52	295	13.3 _{Кс}	(5.1)	5.7	5
27	Урал, Среднеуральское [5]	18.10	21 44 55	57.12	59.05	12	4.7 _{ML}	(4.7)	–	5
28	Сев. Афганистан, Гиндукушское [33]	26.10	09 09 40	36.50	70.30	230	(16.5) _{Кр}	(7.7)	7.5	7
29	Камчатка, [24]	05.11	01 59 17	56.19	162.86	36.4	13.2 _{Кс}	4.8	5.2	5–6
30	Курилы [29]	16.11	16 49 15	48.12	154.65	75	13.6 _{Кс}	(6.0)	5.9	–
31	Кыргызстан, Талдыкское [34]	17.11	17 29 37	40.32	73.17	13	14.1 _{Кр}	5.4	5.5	7
32	Центральная Азия [32]	20.11	04 45 48	40.33	73.20	14	11.8 _{Кр}	4.0	–	–
33	Таджикистан [26]	22.11	18 16 04	36.45	71.35	100	13.6 _{Кр}	(5.6)	5.8	5
34	Курилы [29]	28.11	02 51 06	43.25	146.70	79	14.1 _{Кс}	(5.4)	5.5	6–7
35	Центральная Азия [32]	01.12	06 13 42	41.35	73.25	28	12.5 _{Кр}	4.0	–	5–6
36	Таджикистан, Сарезское [26]	07.12	07 50 01	38.15	72.75	20	(16.4) _{Кр}	7.6	7.2	7–8
37	Центральная Азия [32]	07.12	08 30 53	41.67	74.68	16	12.7	(4.8)	–	6
38	Таджикистан [26]	25.12	19 14 47	36.50	71.10	210	15.0 _{Кр}	(6.3)	6.3	–

Примечание. Расшифровка нижних индексов в столбце 7 приведена в Примечании к табл. 1. В столбце 7 в скобках приведены энергетические классы, рассчитанные по формулам (16) и (17) из однородной магнитуды; в столбце 8 указана M_S по данным СБ [6] или M_S из ISC [7], в скобках – расчетная (однородная) магнитуда; в столбце 9 приведена моментная магнитуда M_w по данным GCMT, опубликованным в [7], а при ее отсутствии – региональная моментная магнитуда $M_{w\text{рег}}$. (в скобках).

Для Гиндукушского землетрясения (№ 28) расчетная магнитуда $M=7.7$ получена с учетом поправки за глубину по формуле (2) к значению $M_S=6.9$, определенному И.П. Габсатаровой по данным 31 станции из [10]. Стационарные значения M_S приведены в [33].

Распределение по годам суммарной сейсмической энергии, выделившейся в регионах Северной Евразии за последние 10 лет, показано на рис. 3. Наиболее значительными сейсмическими событиями за весь период, определившими максимумы энергии в 2006–2013 гг., были показанные на рисунке Симуширские, Олюторское и Охотоморские землетрясения, произошедшие в пределах Западно-Тихоокеанского сейсмического пояса и связанные с процессами субдукции Тихоокеанской плиты под континент. В отличие от предыдущего периода, в 2015 г. максимум энергии, выделившейся при крупнейших в этом году Гиндукушском и Сарезском землетрясениях, приходится на территорию «Таджикистан», расположенную в пределах Альпийско-Гималайского (Средиземноморско-Трансазиатского на рис. 1) складчатого пояса.

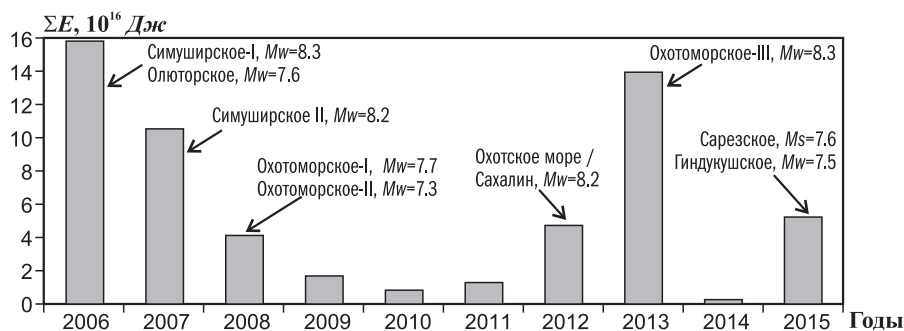


Рис. 3. Годовые значения суммарной сейсмической энергии, выделившейся на территории Северной Евразии в период 2006–2015 гг.

Стрелками указаны максимальные землетрясения в соответствующем году.

Сейсмичность регионов Северной Евразии. Рассмотрим более детально проявления сейсмичности в отдельных регионах Северной Евразии, уделяя особое внимание пространственно-временным особенностям сейсмического режима и наиболее заметным сейсмическим событиям. Параметры сейсмического режима (число зарегистрированных землетрясений и выделившаяся энергия), а также число действовавших в каждом регионе сейсмических станций приведены в табл. 1.

Сейсмичность в пределах *Альпийско-Гималайского (Средиземноморского) складчатого пояса* в данном обзоре представлена регионами I–V на рис. 1 и в табл. 1.

В регионе **Карпаты (I)**, расположенном в самом западном сегменте этого пояса, сейсмические наблюдения проводились в 2015 г., как и в прошлые годы, силами организаций двух государств: отделом сейсмичности Карпатского региона Института геофизики НАН Украины и лабораторией сейсмологии Института геологии и сейсмологии АН Молдовы [35]. Общее число зарегистрированных в регионе землетрясений равно $N_{\Sigma}=164$ в диапазоне $K_p=4.7-12.2$, из них 142 мелких с $h=1-35$ км и 22 с промежуточными глубинами $h=80-154$ км. Для Молдовы основную сейсмическую опасность представили три сильные землетрясения с $K_p=12$ (24 января, 16 и 29 марта) из области Вранча на изгибе Карпат с промежуточными глубинами очагов (89, 121, 144 км), ощутимые до 4 баллов [36]. Для Карпат наиболее значимо Тересвинское 6-балльное мелкое ($h=7.7$ км) землетрясение 19 июля с $K_p=11.1$, в очаговой зоне которого за 35 дней зарегистрировано 306 толчков [30]. Землетрясение произошло под действием горизонтальных сил растяжения, ориентированных близмеридионально, тип подвижки – сбросо-сдвиг по близвертикальным плоскостям субдиагонального направления в зоне влияния трех параллельных разломных структур северо-восточной ориентации.

Согласно изложенному в [1, 2], складчатые системы **Крыма (регион II)**, **Кавказа (регион III)** и **Копетдага (регион IV)** представляют собой единую систему в реализации сейсмического режима [37, 38], приуроченную к южному краю Евразийской литосферной плиты. Приведем наиболее значимые в 2015 г. события этой системы по данным региональных обзоров настоящего выпуска журнала [25, 28, 39, 40, 41].

Самый западный сегмент складчатой системы Крым–Кавказ–Копетдаг представлен системой Горного Крыма и прилегающими к ней акваториями Чёрного и Азовского морей. На Крымском п-ове развернута сеть из семи сейсмических станций, позволяющая без пропусков регистрировать землетрясения энергетического класса $K_{II}=8$ и выше. По данным [39], в целом

сейсмическая активность в регионе II в 2015 г. была низкой. Максимальное число землетрясений относится к Керченско-Анапскому району, а максимум энергии – к Азово-Кубанскому, где выделилось примерно 45 % и 48 % от общей годовой сейсмической энергии региона соответственно. Отмечается, что общая сейсмическая энергия, выделившаяся на территории **Крымско-Черноморского региона (II)** в 2015 г., и общее число землетрясений существенно уменьшились по сравнению с соответствующими значениями в 2014 году. Наиболее сильным здесь было землетрясение, произошедшее 13 июня на северном побережье Азовского моря, с моментной магнитудой $M_w=3.6$.

Восточнее Керченского и Таманского п-вов Горный Крым переходит в центральный Кавказский сегмент – регион **Кавказ (III)**. Этот регион представлен тремя территориями, условно названными «Азербайджан» (III а), «Армения» (III б) и «Северный Кавказ» (III в).

На территории **Азербайджана (III а)** работа всех аналоговых станций была остановлена, сеть полностью перешла на цифровую регистрацию и состояла из 35 телеметрических станций, которые равномерно распределены по территории [28]. Отмечается всплеск выделенной сейсмической энергии, зарегистрированный в марте и в сентябре, когда происходили землетрясения с $ML_{Aзр}>5$. В марте сейсмическая энергия, равная $\Sigma E=2.34 \cdot 10^{12}$ Дж, связана с сильным землетрясением с $ML_{Aзр}=5.4$, $K_p=12.3$, произошедшим 22 марта в акватории Каспийского моря. Увеличение выделенной сейсмической энергии до значения $\Sigma E=1.01 \cdot 10^{13}$ Дж зафиксировано в сентябре в связи с землетрясением 4 сентября с $ML_{Aзр}=5.9$. Суммарная сейсмическая энергия, высвобожденная в очагах землетрясений в 2015 г. ($\Sigma E=1.46 \cdot 10^{13}$ Дж), мало отличается от таковой в 2014 г. и близка к фоновому уровню за период 1993–2014 гг. Наиболее активным был район Средне-Куруинской депрессии. Всего в этом районе зарегистрировано четыре землетрясения с $K_p \geq 10$ и $ML_{Aзр} \geq 4$: 9 февраля с $ML_{Aзр}=4.0$, $K_p=10.3$; 23 февраля с $ML_{Aзр}=4.3$, $K_p=10.8$; 26 мая в 01^h20^m с $ML_{Aзр}=4.7$, $K_p=11.4$; 4 сентября с $ML_{Aзр}=5.9$, $K_p=13.0$. Событие 4 сентября ощущалось в эпицентральной зоне с интенсивностью $I_0=6$ баллов и было самым сильным на рассматриваемой территории в 2015 году. Землетрясение произошло под действием близких по величине растягивающих и сжимающих напряжений. Тип подвижки по плоскости $NP1$ – правосторонний сдвиг, по плоскости $NP2$ – левосторонний сдвиг. Сопоставление простирания нодальных плоскостей с линиями разломов показывает согласие первой нодальной плоскости с поперечным Арпа-Самурским глубинным разломом. На азербайджанской территории Восточного Кавказа самым сильным было землетрясение 26 января с $ML_{Aзр}=4.9$ с очаговой областью в зоне влияния продольного Сиязанского разлома. Оно ощущалось в эпицентре с интенсивностью 5 баллов и сопровождалось большим количеством афтершоков.

На территории **Армении (III б)** представительная регистрация землетрясений сетью станций велась на том же уровне, что и в 2014 г.: вблизи Еревана и Гарни $K_{min}=5-6$, в центральной области – $K_{min}=7$, на севере, в Спитакской зоне, $K_{min}=6$, а для всей территории – $K_{min}=8$. Максимальное в 2015 г. землетрясение произошло в Зангезурском хребте 7 января с $M_L=4.5$, $K_p=12.1$, $h=10$ км. Расчетная интенсивность I_0^p в его эпицентре составила 7 баллов. По данным опросов, колебания в 6 баллов ощущались в Ацаване (11 км) и Сисиане (14 км); 5 баллов – в Каджаране (33 км); до 4 баллов – в Капане (44 км) и Горисе (36 км). Механизм очага показал тип подвижки в очаге – взброс по крутой плоскости северо-западного простирания или сдвига-надвига по пологой плоскости близмеридионального простирания с существенными компонентами правостороннего сдвига. Учитывая простирание Зангезурского хребта, действующей плоскостью признана первая из названных. Продолжалась активизация сейсмичности в очаговой зоне Спитакского землетрясения 1988 г. [42], где произошло землетрясение 24 марта в 16^h00^m, $M_L=3.8$, $K_p=10.8$, ощущавшееся в Гюмри с интенсивностью 4 балла. На территории Армении также ощущались с интенсивностью не более 4–5 баллов четыре землетрясения, произошедшие в Иране (2 марта с $M_L=3.3$, $K_p=9.9$), Грузии (27 июля с $M_L=4.1$, $K_p=11.4$), Турции (5 августа с $M_L=3.8$, $K_p=10.8$) и Азербайджане (4 сентября с $M_L=5.4$, $K_p=13.7$) [25]. В целом сейсмический процесс в пределах территории III б в 2015 г. по-прежнему характеризовался устойчивой повышенной активностью на севере, севернее очаговой зоны 10-балльного Спитакского землетрясения 1988 г. [42]. Активна в 2015 г. была область юго-западнее оз. Севан, в зоне влияния Арарат-Севанского разлома, но максимальная энергия выделилась в немногочисленной группе наиболее сильных землетрясений в средней части Зангезурского хребта.

На *Северном Кавказе (III в)*, сейсмичность которого описана в [40], наиболее сильные землетрясения в 2015 г. произошли на территории Центрального и Восточного Кавказа. Особенностью проявления сейсмичности в рассматриваемом году является сейсмическая активизация в очаговых зонах землетрясений, произошедших ранее, в том числе несколько лет назад. Так, например, в зоне Су-Псехского землетрясения 10.12.2012 г. в районе Анапского грабена 16 августа произошло землетрясение с $K_p=10.1$; в зоне Заветненского 02.05.2012 г., в юго-юго-западной части Ставропольского свода, крупнейшей структуры Скифской платформы, 3 ноября зарегистрировано землетрясение с $K_p=11.3$; в зоне разрушительного Чхалтинского землетрясения 1963 г. с $M=6.4$, $I_0=9$, вслед за дуплетом Домбайских землетрясений 2013 г. (26.03.2013 г. с $K_p=11.9$, $M_w=4.9$ и 28.05.2013 г. с $K_p=11.9$, $M_w=5.2$), в 2015 г. разрядка накопившейся энергии продолжилась реализацией землетрясения 14 сентября с $K_p=11.1$, с типичным для этой зоны механизмом очага. Тенденция «оживления» сейсмического процесса в уже известных очаговых зонах проявилась землетрясением 16 октября с $K_p=11.2$ в районе Гудамкарского хребта на территории Грузии вблизи очаговых зон сильных землетрясений: Гудамкарского (15.08.1947 г. с $M=5.5$, $I_0=7$ баллов) и трех Барисахских (28.03.1955 г. с $M=4.5$, $I_0=6-7$ баллов, 30.04.1956 г. с $M=4.6$, $I_0=7$ баллов, 28.01.1969 г. с $M=3.5$, $I_0=5$ баллов и 23.10.1992 г. с $M=6.3$, $I_0=7$ баллов). Уровень сейсмичности региона оценивается как «фоновый средний» за последние 54 года инструментальных наблюдений в регионе. Незначительное увеличение выделившейся энергии по сравнению с таковой в предыдущий период произошло лишь в Ставропольском крае [40]. Ощутимыми в населенных пунктах Северного Кавказа в 2015 г. были 17 землетрясений.

На западном берегу Каспийского моря центральный Кавказский сегмент сочленяется с Копетдагским, сейсмичность которого описывается в статье [41] региона *Копетдаг (IV)*. В 2015 г. было продолжено переоснащение аналоговых станций Института сейсмологии и физики атмосферы Академии наук Туркменистана цифровой аппаратурой типа GEOSIG – к девяти укомплектованным ею станциям были добавлены еще шесть, при этом работа аналоговой аппаратуры на переоснащенных станциях была остановлена. В результате во второй половине 2015 г. сеть сейсмических станций Туркменистана состояла из 28 цифровых и четырех аналоговых станций. Параметры сейсмического режима (сейсмическая активность A_{10} и наклон графика повторяемости γ) на территории Копетдагского региона в 2015 г. были близки к фоновым за период 1992–2014 гг. Продолжилась начавшаяся в 2012 г. сейсмическая активизация вдоль границ блоков земной коры на севере Иранской плиты в зоне ее контакта с Туранской – здесь 12 октября произошло максимальное по магнитуде ($M_w=5.2$) на территории Туркменистана в 2015 г. Кёнекесирское землетрясение с $K_p=12.7$, ощущавшееся в ближайшем населенном пункте Кёнекесир с интенсивностью 4–5 баллов. По комплексу сеймотектонических данных, в очаге произошел сбросо-сдвиг по плоскости юго-западного простирания, падающей на северо-запад и совпадающей с ориентацией ближайшего Эльбурс-Арчманского сейсмолинеамента. Землетрясение сопровождалось неординарным количеством афтершоков – за 80 дней до конца 2015 г. в радиусе 30 км от эпицентра было лоцировано более 35000 событий с $K_p=3-11$. Афтершоковая серия завершилась в 2016 году. Максимальный афтершок произошел 16 ноября с $K_p=11.1$. Судя по его отдаленности от основного толчка в пространстве и во времени, а также отличию типа подвижки в очаге (взброс), он вызван релаксацией напряжений в окружающей среде. Еще одно довольно крупное землетрясение с $K_p=12.8$, $M_w=5.1$ произошло 22 марта в акватории Каспийского моря и ощущалось в г. Туркменбаши ($\Delta=68$ км) с интенсивностью до 4 баллов. Механизм очага по данным GCMT и ISC [7] представлен сдвигом по крутым плоскостям – левосторонним по субмеридиональной или правосторонним по субширотной. Обе плоскости равновероятны, поскольку в районе очага пересекаются сейсмолинеаменты с близкой ориентацией – меридиональный Среднекаспийский и запад–северо-западный Копетдаг-Большебалханский.

В регионе *Средняя Азия и Казахстан (V)*, расположенном в месте поворота на юг *Средиземноморско-Транскаспийского сейсмического пояса*, традиционно рассматриваются три территории – *Центральная Азия, Таджикистан и Казахстан*, которые значительно перекрываются (рис. 1).

Сейсмические наблюдения на территории *Центральной Азии (V а)* в 2015 г. проводились сетями трех государств: Кыргызстана, Узбекистана и Казахстана, включающими в общей сложности 61 сейсмическую станцию и пять сейсмических групп. В каталог землетрясений 2015 г. вошли 302 события с $K_p=8.6-14.1$ [32]. Сильнейшее Талдыкское землетрясение с $K_p=14.1$,

$M_w=5.5$ зарегистрировано 17 ноября в Ошской области Кыргызстана [34], в которой неоднократно происходили ощутимые до 8–9 баллов землетрясения. Землетрясение 17 ноября 2015 г. сопровождалось многочисленными афтершоками с $K_p=4.1-11.4$ в интервале глубин 12–13 км: за первые сутки зарегистрировано 189 событий, за вторые – 196, за третьи – 84, далее сейсмическая активность снизилась. Серьезного обследования последствий этого землетрясения не проводилось, однако известно, что в ближайших к эпицентру населенных пунктах было повреждено 900 домов и 115 других объектов [34]. Рассматривая сейсмический процесс на территории **V а** в целом, можно отметить, что в 2015 г. в регионе наблюдалось небольшое усиление сейсмической активности по сравнению с таковой в 2014 году. Эпицентральные зоны и их конфигурация остались без особых изменений в пространстве и во времени [32].

Характеризуя сейсмический процесс в *Таджикистане (V б)* с прилегающими к нему территориями (**V а**) в 2015 г. [26], следует отметить максимальную его интенсивность за период инструментальных наблюдений по числу зарегистрированных событий с $K_p \geq 8.6$ (свыше 9000). Одним из сильнейших явилось Гиндукушское землетрясение 26 октября с $M_w=7.5$, $M_s=6.9$ (с учетом поправки за глубину $M_s^p=7.7$), произошедшее на глубине $h=230$ км [33] в Гиндукушской зоне, сейсмичность которой обусловлена континентальным столкновением Индийской и Евразийской тектонических плит. Согласно данным [43], они сходятся с относительной скоростью 40–50 мм в год. Более того, как отмечено в [44], Гиндукуш в Афганистане, расположенный на западной окраине столкновения Индии с Азией, – одно из немногих мест на планете, где предполагается отрыв части опускающейся (Индийской) плиты в результате столкновения континентов. Записи землетрясения 26 октября, полученные на станциях Геофизической службы АН Республики Таджикистан, интересны тем, что на них наблюдается двойной толчок с десятисекундной разницей во времени. Основной толчок сопровождался небывалой для землетрясений на промежуточных глубинах афтершоковой последовательностью: более 1400 афтершоков зарегистрированы только за оставшиеся два месяца до конца года [33]. Вызванные основным толчком сотрясения разной интенсивности (от 8 до 2 баллов) зафиксированы в населенных пунктах 15 государств: Афганистана, Таджикистана, Пакистана, Туркменистана, Индии, Кыргызстана, Узбекистана, Казахстана, Китая, Ирана, Непала, ОАЭ, России, Катара и Бангладеш, суммарная площадь сотрясений составила $S_2=14 \cdot 10^6$ км².

Сильные Гиндукушские землетрясения воздействовали на сейсмическую обстановку в земной коре и мантии не только Гиндукушской зоны, но и Памира, Центральной Азии, Китая и Кашмира. Так, через 22 дня после Гиндукушского землетрясения в 480 км к север–северо-востоку от его эпицентра реализовалось упомянутое выше Талдыкское землетрясение в Южном Тянь-Шане с $K_p=14.1$, $M_w=5.5$, $I_0=7$ [34]. Через 42 дня в Центральном Памире, в зоне пересечения Бартанг-Пшартского и южной оконечности сдвоенных Каракульско-Сарезских глубинных разломов, в 22 км от Сарезского озера произошло 8-балльное Сарезское (II) землетрясение с $M_s=7.6$, $M_w=7.2$, $I_0=8$ [26], повредившее более 500 домов и явившееся причиной травм и гибели десятков людей.

В *Казахстане (V в)* каталог землетрясений является совместным трудом двух организаций – Сейсмологической опытно-методической экспедиции Министерства образования и науки Республики Казахстан (СОМЭ) и Института геофизических исследований Министерства энергетики Республики Казахстан (ИГИ) [45]. В него включено 489 землетрясений с энергетическими классами $K_p=6.6-12.2$. Самое сильное землетрясение произошло 20 января с $K_p=12.2$, $M_s=4.1$ в слабоактивном районе Восточного Казахстана, вблизи бывшего Семипалатинского испытательного ядерного полигона, и названо Чингизским по наименованию Главного Чингизского разлома, к которому оно приурочено [3]. Землетрясение ощущалось на расстоянии до 300 км от эпицентра, максимальная интенсивность, 5–6 баллов по шкале MSK-64, отмечена в населенном пункте Медеу. Характеризуя сейсмичность территории Казахстана в 2015 г., следует отметить, что помимо традиционно активных сейсмогенных зон юго-востока Казахстана, аномально высокую сейсмическую активность проявляли районы, традиционно считавшиеся слабосейсмичными – территория вблизи Семипалатинского полигона и район Прибалхашья в Восточном Казахстане.

Алтае-Охотоморский сейсмический пояс, северным ограничением которого служит Сибирская платформа, граничащая с Амурской плитой на юге, начинается в восточной части Казахстана и проходит через российские регионы *Алтай и Саяны (VI)*, *Прибайкалье и Забайкалье (VII)*, *Приамурье и Приморье (VIII)*.

Сейсмичность и сеть сейсмических станций *Алтая и Саян (VI)* подробно описаны в обзорной статье [46]. Стационарная сейсмическая сеть в 2015 г состояла из 52 станций, на четыре больше, чем в 2014 году. Дополнительно функционировали две локальные временные сети, включающие 37 станций. Сеть станций в Кемеровской области в районе разреза «Бачатский» была развернута для исследования сейсмической активизации, сопутствующей Бачатскому землетрясению 18.06.2013 г. с $ML=6.1$, которое является крупнейшим в мире техногенным землетрясением при добыче твердых полезных ископаемых [47, 48]. Вторая локальная сеть из 18 станций функционировала в период с 19 июля по 6 октября 2015 г. в Чуйско-Курайской зоне Горного Алтая, в эпицентральной области Чуйского землетрясения 27.09.2003 г. с $MS=7.3$ [49] и прилегающих районах. В течение года данными сетями зарегистрировано 6206 землетрясений. Самое сильное землетрясение – вышеописанное Чингизское, произошедшее 20 января вблизи западной границы региона в Казахстане, в районе Зайсанской впадины. В границах региона землетрясения с $4.5 \leq ML \leq 5.5$ в 2015 г. происходили в Республике Алтай, в Республике Хакасия, в 35 км к юго-западу от г. Абаза в Монголии, в районе хр. Хан-Хухэй и котловины Убсу-Нур, на хр. Восточный Саян, а также в Республике Тува, в районе хр. ак. Обручева и в районе Бусингольской впадины. Суммарная сейсмическая энергия, выделенная в очагах землетрясений, составила $5.97 \cdot 10^{12}$ Дж. Она оказалась существенно ниже среднего значения по Алтае-Саянскому региону за период с 1963 г. ($3.5 \cdot 10^{15}$ Дж).

В регионе *Прибайкалье и Забайкалье (VII)* в 2015 г. зарегистрировано рекордное годовое число сейсмических событий (более 36 тыс.), что обусловлено реализацией в Северо-Муйском районе Байкальской рифтовой зоны крупнейшей за весь период инструментальных наблюдений Муяканской последовательности землетрясений [23, 27]. За этот период в регионе произошли два сильных землетрясения, описанных в отдельных статьях: Муяканское 3 января ($M_s=4.6$) [23] и Таллайское 2 сентября с $K_p=14.0$, $M_w=5.0$, $I_0=7-8$ [31]. Три относительно сильных землетрясения, которым посвящена специальная статья [50], реализовались в течение 2015 г. в пределах Северного Прибайкалья: Верхнеакулинское 7 июля с $M_w=4.6$ в верховьях р. Верхняя Акули, Гулонгинское-I 25 сентября с $M_w=4.7$ и Гулонгинское-II 13 декабря с $M_w=4.6$ вблизи горных озер Гулонга. Несмотря на столь высокую сейсмическую активность и вчетверо большее количество зарегистрированных толчков в 2015 г. по сравнению с таковым в 2014 г., суммарная сейсмическая энергия, выделившаяся в 2015 г. ($\Sigma E=2.34 \cdot 10^{14}$ Дж), несколько уступает таковой за 2014 г. ($\Sigma E=3.75 \cdot 10^{14}$ Дж). Количество ощутимых землетрясений ($N_{\text{ощ}}=53$) в 2015 г. также выделяется на фоне предшествующих лет, причем 30 из них относятся к Муяканской последовательности [23]. Два ощутимых толчка проявились с интенсивностью 5 баллов в пгт Северомуйск [23].

В *Приамурье и Приморье (VIII)* сейсмичность в 2015 г. традиционно делится на коровую и глубокофокусную при отсутствии землетрясений в промежуточном слое.

Коровая сейсмичность представлена 290 слабыми и умеренными сейсмическими событиями с $K_p=5.6-11.7$, произошедшими на глубинах до 23 км [29]. Большинство из них располагается в северо-западной части региона. Самое сильное коровое землетрясение региона произошло 16 апреля с $K_p=11.7$ на глубине $h=12$ км вблизи глубоководной части Зейского водохранилища в 55 км к северу от г. Зеи, где интенсивность макросейсмических проявлений составила 2 балла. Еще два ощутимых землетрясения, 9 июля с $K_p=11.2$ и 24 июля с $K_p=11.1$, отмечены в очаговой зоне Сковородинского землетрясения 2011 г. и в 54 км восточнее г. Зеи соответственно. В ближайших населенных пунктах они ощущались с интенсивностью 2–3 балла. Число зарегистрированных коровых землетрясений и суммарная сейсмическая энергия в 2015 г. гораздо ниже средних значений этих параметров за период 2001–2014 гг.

Глубокофокусная сейсмичность Приамурья и Приморья представлена шестью землетрясениями с $M_w=3.4-4.7$ и глубинами $h=354-562$ км, приуроченными к зоне субдукции Тихоокеанской плиты под континент. Их эпицентры локализованы в юго-восточной части региона: два – на территории Приморья, четыре – в акватории Японского моря.

В целом, в Приамурье и Приморье в 2015 г. наблюдался один из самых низких за последние 16 лет (2000–2015 гг.) уровень коровой сейсмической активности. Энергия глубокофокусных землетрясений также была невысока. Уровень сейсмичности региона в 2015 г. по методике «СОУС'09» [51] отнесен к категории «фоновый средний».

В регионе *Сахалин (IX)* уровень сейсмичности по методике «СОУС'09» [51] в 2015 г. также отнесен к категории «фоновый средний» [29]. Глубокофокусная сейсмичность Сахалина

представлена 18 землетрясениями. Самое глубокое землетрясение ($h=597$ км) зарегистрировано 14 января с $MSH=5.8$ ($M=5.1$) в средней части о. Сахалин южнее г. Углегорска. Мелкофокусная сейсмичность Сахалина представлена 357 коровыми землетрясениями, из них 150 с магнитудами $M \geq 3$. Это в 1.4 раза ниже среднего числа землетрясений с теми же магнитудами за период 2001–2014 гг. ($N_{cp}=209.2$). Суммарная сейсмическая энергия в 2015 г. в 13 раз ниже среднего значения за указанный период. Макросейсмический эффект на территории региона отмечен при 21 землетрясении, из них пять – на севере Сахалина, два – в центральной его части, 14 – на юге. Максимальная интенсивность составила $I_{max}=4$ балла, она наблюдалась в г. Холмске ($\Delta=9$ км) при землетрясении 6 января с $M=5.5$, произошедшем в южной части острова. Интенсивность сотрясений от землетрясений, произошедших на севере и в средней части острова, не превышала 2–3 баллов.

В **Курило-Охотском регионе (X)**, как и на Сахалине, уровень сейсмичности в 2015 г. по методике «СОУС'09» [51] отнесен к категории «фоновый средний» [29]. В 2015 г. в этом регионе зарегистрированы 833 землетрясения с $M=2.7$ –6.3. Гипоцентры 656 землетрясений (78.8 %) локализованы в верхнем глубинном интервале с $h \leq 80$ км, 157 (18.8 %) – в промежуточном слое с $h=81$ –300 км, 20 (2.4 %) – в нижнем интервале глубин $h > 300$ км.

Самое сильное землетрясение региона произошло 14 октября на глубине $h=53$ км с $MLH=6.3$, $M_{w,per}=6.0$. Его эпицентр находился в северной части Курильской дуги, в 233 км к юго-юго-востоку от г. Северо-Курильска, где макросейсмический эффект составил 2 балла. Второе по силе землетрясение региона зарегистрировано 7 июля на глубине $h=66$ км с $MLH=6.0$, $M_{w,per}=6.3$. Его эпицентр находился в южной части Курильской дуги, к востоку от о. Итуруп, где макросейсмический эффект составил 5–6 баллов в пос. Горный ($\Delta=138$ км) и Горячие Ключи ($\Delta=144$ км).

В регионе **Камчатка и Командорские острова (XI)** определены параметры 6399 землетрясений в энергетическом диапазоне $K_S=2.2$ –13. 8 ($ML=0.35$ –6.15) [24]. Суммарная энергия всех зарегистрированных в 2015 г. землетрясений составила $\Sigma E=2.2 \cdot 10^{14}$ Дж. Уровень сейсмичности по шкале «СОУС'09» [51] во всех выделенных зонах и в целом по региону соответствовал фоновому.

Максимальные события произошли 19 февраля в промежуточном слое северной части Камчатской сейсмофокальной зоны с эпицентром в Авачинском заливе ($ML=6.15$, $M_w=5.4$) и 5 сентября в промежуточном слое сейсмофокальной зоны Курил и Южной Камчатки с эпицентром в Тихом океане, в 168 км на юг от г. Северо-Курильска ($ML=6.05$, $M_w=5.8$) [24].

В регионе **Северо-Восток России (XII)** все землетрясения традиционно сосредоточены в крупных сейсмических поясах: Черского, Северо-Охотском и Транс-Берингийском. В 2015 г. в регионе работали 14 сейсмических станций, включая вновь открытую на побережье Охотского моря станцию «Гадля» [52]. Количество зарегистрированных землетрясений составило $\Sigma N=272$. Самое сильное землетрясение в 2015 г. произошло 1 июня на глубине 31 км с $K_p=12.6$ ($MPSP=4.9$) в районе Колымы. Максимальная интенсивность сотрясений, 4 балла, наблюдалась в пос. Омсукчан ($\Delta=132$ км). Суммарная сейсмическая энергия, выделившаяся в 2015 г. в границах региона, составила $\Sigma E=4.634 \cdot 10^{12}$ Дж, а уровень сейсмичности согласно шкале «СОУС'09» [51] оценен как «фоновый средний» за период наблюдений с 1968 по 2015 г. [52].

В **Якутии (XIII)** мониторинг сейсмичности базировался на данных 23 цифровых сейсмических станций, зарегистрировавших 607 землетрясений с $K_p \geq 7.2$ –12.7 с суммарной энергией $\Sigma E=1.03 \cdot 10^{13}$ Дж [53]. Это на порядок меньше таковой в 2014 г. ($1.9 \cdot 10^{14}$ Дж) и на два порядка – в 2013 г. ($2.0 \cdot 10^{15}$ Дж). На юге все события тяготеют к Олёкмо-Становой сеймотектонической зоне (ОСЗ), разграничивающей Евразийскую и Амурскую литосферные плиты, на северо-востоке – к **Арктико-Азиатскому сеймотектоническому поясу** (ААСП), границе Евразийской и Североамериканской литосферных плит [54]. Характерной особенностью Якутии являются «незаживающие» очаги. Так, в ОСЗ уже более 10 лет не прерывается сейсмическая активность Чародинского роя, действующего после трех главных толчков – 10.11.2005 г. (с $K_p=15.7$, $M_w=5.8$); 11.12.2005 г. (с $K_p=14.8$, $M_w=5.7$) [55]; 26.01.2009 г. (с $K_p=13.7$, $M_w=5.4$) [56]. В 2015 г. здесь произошло свыше 133 роевых событий с $K_p=7.2$ –10.5. В зоне коллизии (ААСП), в районе хр. Черского продолжались афтершоки 9-балльного Илин-Тасского (Абыйского) землетрясения 2013 г. с $K_p=15.2$, $M_{GCMT}=6.7$ [57], число которых за прошедшие два года сократилось с 4 тыс. до 150.

Самое заметное землетрясение региона в 2015 г. – Южно-Верхоянское с $K_p=12.7$ – реализовалось 18 марта в Восточной Якутии, на стыке хребтов Верхоянского и Сетте-Дабан [53]. Тип подвижки в его очаге – взбросо-сдвиг. В этом же районе, на склонах хр. Хараулах (Северное Верхоянье), 10 сентября произошел средний по величине ($K_p=11.3$) подземный толчок с $h=10$ км, интересный тем, что 88 лет назад на этом участке был отмечен дуплет равносильных (с $M=6.8$) и равноинтенсивных (с $I_0=8-9$ баллов) Булунских землетрясений [58], близких по времени в очаге и расстоянию (14.11.1927 г. в $00^h12^m07^s$ с $\varphi=69.9^\circ N$, $\lambda=129.9^\circ E$ и в $04^h56^m28^s$ с $\varphi=70.1^\circ N$, $\lambda=129.2^\circ E$).

Сейсмичность **Восточно-Европейской платформы (ВЕП) (XIV)** описана в отдельных обзорах по ее российской части [4] и Беларуси [59].

В 2015 г. на *российской территории ВЕП (XIV а) и ее ближайшем окружении*, в отличие от 2014 г., наблюдалась природная сейсмичность, особенностью которой являлось проявление землетрясений в периферийных районах ВЕП (на юго-западе, западе и северо-западе) и в зонах, связанных с палеорифтовыми структурами, – с Днепровско-Донецким на юго-западе и с Кировско-Кажимским и Солигаличским (Среднерусским) авлакогенами на северо-востоке. Самое заметное и ощутимое сейсмическое событие года – Полтавское землетрясение 3 февраля с $M_{расч}=3.7$ и интенсивностью в эпицентре до 6 баллов. Оно произошло вблизи юго-западной границы региона, в зоне сочленения двух крупных структурных элементов ВЕП – северного крыла Днепровско-Донецкого авлакогена и южного склона Воронежского кристаллического массива, в пределах одной из современных геодинамически активных зон, выделяемых на территории Украины. В Нижегородской области зарегистрированы два землетрясения, 3 июля с $ML=3.8$ и 5 июля с $ML=3.6$, которые по магнитуде близки к вышеупомянутому Полтавскому землетрясению с $M_{расч}=3.7$, но не вызвали макросейсмического эффекта. Интересное сейсмическое событие зарегистрировано в 20 км от границы Калининградской области 12 июня с $ML=2.6$ в западной Литве [4].

На территории *Беларуси (XIV б)* сейсмическая сеть в составе двух аналоговых и 17 цифровых станций зарегистрировала 81 сейсмическое событие с $Kd=4.6-8.4$ [59]. Все они, как и в предыдущие годы, проявились в южной части, в Солигорском горнопромышленном районе. Уровень выделившейся сейсмической энергии в 2015 г. понизился относительно такового в 2014 г., оставаясь значительно ниже среднего значения за 1983–2013 гг. [59].

Сейсмичность в пределах Урало-Монгольского складчатого пояса, представленная регионом **Урал и Западная Сибирь (XV)**, в эпицентральной поле выражена слабо (рис. 2), поэтому на рис. 1 данный пояс не показан. В целом регион характеризуется слабой рассеянной сейсмичностью. Наиболее активными с сеймотектонической точки зрения являются складчатые сооружения Урала, переживающие неотектоническую активизацию. Главный вклад в природную составляющую сейсмичности Урала вносит его важнейшая тектоническая структура – Главный Уральский Разлом (ГУР), имеющий субмеридиональное простирание [60].

Сейсмологическая сеть региона сосредоточена, главным образом, на Урале, но своими регистрационными возможностями охватывает несколько разных с тектонической точки зрения территорий – складчатые сооружения Урала, восточную окраину Восточно-Европейской платформы и западную часть Западно-Сибирской плиты. В 2015 г. она обеспечивала уверенную регистрацию сейсмических событий с $ML \geq 2.0$ на большей части Пермского края, 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 [60]). В общей сложности сейсмическими станциями региона в 2015 г. зарегистрировано 206 сейсмических событий, из них 169 приходились на долю массовых и технологических взрывов, производимых на горнодобывающих предприятиях Пермского края, Свердловской, Челябинской областей и Республики Башкортостан. Остальные 37 сейсмических событий имели техногенно-природный и природный характер. Несмотря на то, что в количественном отношении техногенные источники преобладают, 98.5 % от суммарной выделенной сейсмической энергии в 2015 г. приходится на землетрясения. Большинство из зарегистрированных в 2015 г. землетрясений произошло в Свердловской области, здесь же, близ пос. Сабик, 18 октября реализовалось самое сильное ($ML=4.7$) тектоническое землетрясение на территории региона, которое по своему положению получило название Среднеуральского. Регистрация и детальное изучение этого сильнейшего за последние 100 лет землетрясения продемонстрировали, что природный сейсмический потенциал Урала на порядки превышает техногенную

составляющую. Интенсивность сотрясений от Среднеуральского землетрясения в эпицентре достигала 6 баллов по шкале MSK-64. Оно ощущалось на обширной территории радиусом до 200 км, включая такие города как Екатеринбург и Пермь. Полное описание землетрясения 18 октября и результаты макросейсмических обследований изложены в отдельной статье, представленной в данном ежегоднике [5].

В каталог землетрясений региона *Арктика (XVI)*, составленный на основе каталогов нескольких организаций и сейсмологических центров, включено 334 землетрясения, большая часть которых приурочена к срединно-океаническим хребтам Мона, Книповича и Гаккеля [61]. В пределах хребтов произошли все сильнейшие землетрясения 2015 года. На шельфовых территориях большая часть землетрясений была приурочена к архипелагу Шпицберген, в частности, к сейсмоактивной зоне в проливе Стур-фьорд. Возобновление сейсмометрических наблюдений на архипелаге Земля Франца-Иосифа позволило регистрировать слабые землетрясения на севере шельфа Баренцева и Карского морей, в частности, в районе желоба Франц-Виктория, в его устьевой части, и о. Белый. Выделившаяся на территории региона сейсмическая энергия в 2015 г. составила $15.43 \cdot 10^{11}$ Дж.

Заключение. Согласно оценкам количества землетрясений и выделившейся сейсмической энергии в регионах Северной Евразии в 2015 г., в сравнении с долговременными характеристиками сейсмического режима, в большинстве регионов сейсмический процесс протекал в «фоновом» режиме. Исключение составляет территория Таджикистана, где отмечено два крупнейших землетрясения – Гиндукушское 26 октября с $M_w=7.5$, возникшее на глубине $h=230$ км в северном Афганистане вблизи его границы с Таджикистаном, и Сарезское 7 декабря с $M_w=7.2$, $M_s=7.6$, $h=20$ км, локализованное непосредственно в Таджикистане. Оба землетрясения сопровождались многочисленными афтершоками и ощущались в Таджикистане с интенсивностью $I_{\max}=7$ и $I_{\max}=7-8$ баллов соответственно по шкале MSK-64.

Значимым событием в сейсмической истории Прибайкалья и Забайкалья стало возникновение в 2015 г. крупнейшей за период инструментальных наблюдений в регионе Муяканской последовательности землетрясений, в результате которой количество зарегистрированных в регионе землетрясений возросло вчетверо.

Необходимо отметить также возникновение в 2015 г. ощутимых землетрясений в районах, традиционно считавшихся слабосейсмичными, – вблизи Семипалатинского полигона в Восточном Казахстане (Чингизское 20 января, $M_s=4.1$, $I_0=5-6$ баллов), на Среднем Урале (Среднеуральское 18 октября с $ML=4.7$, $I_0=6$ баллов) и на юго-западе Восточно-Европейской платформы (Полтавское 3 февраля с $K_p=10.7$, $I_0=6$ баллов). Их реализация свидетельствует о потенциальной сейсмической опасности платформенных территорий и Урала.

Л и т е р а т у р а

1. Маловичко А.А., Петрова Н.В., Габсатарова И.П., Старовойт О.Е., Рогожин Е.А., Михайлова Р.С., Левина В.И., Морозов А.Н. Сейсмичность Северной Евразии в 2014 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 23 (2014 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – С. 10–26. doi: 10.35540/1818-6254.2020.23.01
2. Шерман С.И. Сейсмический процесс и прогноз землетрясений: тектонофизическая концепция. – Общество с ограниченной ответственностью Академическое издательство Гео, 2014.
3. Мукамбаев А.С., Михайлова Н.Н., Соколов А.Н. Чингизское землетрясение 20 января 2015 г. с $K_p=12.2$, $mb=5.6$, $I_0^p=5-6$ (Восточный Казахстан) // Землетрясения Северной Евразии. – 2021. – Вып. 24 (2015 г.). – С. 258–266. doi: 10.35540/1818-6254.2021.24.25
4. Габсатарова И.П., Ассиновская Б.А., Баранов С.В., Карпинский В.В., Конечная Я.В., Мунирова Л.М., Надёжка Л.И., Никулин В.Г., Петров С.И., Пивоваров С.П., Санина И.А. Сейсмичность Российской части Восточно-Европейской платформы и ближайшего окружения в 2015 г. // Землетрясения Северной Евразии. – 2021. – Вып. 24 (2015 г.). – С. 182–191. doi: 10.35540/1818-6254.2021.24.17
5. Верховланцев 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
6. Сейсмологический бюллетень (сеть телесеизмических станций), 2015. (2021) // ФИЦ ЕГС РАН [сайт]. – URL: ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_bulletin/2015
7. International Seismological Centre. (2021). On-line Bulletin. <https://doi.org/10.31905/D808B830>

8. Левина В.И., Лукаш Н.А. Список всех сейсмических станций Северной Евразии за 2015 г. // Землетрясения Северной Евразии. – 2021. – Вып. 24 (2015 г.). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.ceme.gsras.ru/zse/app-24.html>
9. Раутиан Т.Г. Энергия землетрясений. // Методы детального изучения сейсмичности. (Труды ИФЗ АН СССР, № 9 (176)). – М.: ИФЗ АН СССР, 1960. – С. 75–114.
10. Пустовитенко Б.Г., Кульчицкий В.Е., Горячун А.В. Землетрясения Крымско-Черноморского региона. – Киев: Наукова думка, 1989. – 192 с.
11. Соловьев С.Л., Соловьева О.Н. Соотношение между энергетическим классом и магнитудой Курильских землетрясений // Физика Земли. – 1967. – № 2. – С. 13–23.
12. Федотов С.А. Энергетическая классификация K_S Курило-Камчатских землетрясений и проблема магнитуд. – М.: Наука, 1972. – 117 с.
13. Petrova N.V., Gabsatarova I.P. Depth corrections to surface-wave magnitudes for intermediate and deep earthquakes in the regions of North Eurasia // Journal of Seismology. – 2020. – V. 24, N 1. – P. 203–219. <https://doi.org/10.1007/s10950-019-09900-8>
14. Storchak D.A., Di Giacomo D., Bondár I., Engdahl E.R., Harris J., Lee W.H.K., Villaseñor A., Bormann P. Public Release of the ISC-GEM Global Instrumental Earthquake Catalogue (1900–2009) // Seismological Research Letters. – 2013. – V. 84, N 5. – P. – С. 810–815.
15. Етирмишли Г.Д., Абдуллаева Р.Р., Исмаилова С.С., Казымова С.Э. Азербайджан // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 21 (2012 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – С. 59–66.
16. Петрова Н.В. Соотношения между оценками величины землетрясений Копетдага по данным различных сейсмологических центров // Землетрясения Северной Евразии, 2003. – Обнинск: ГС РАН, 2009. – С. 409–417.
17. Еманов А.Ф., Еманов А.А., Фатеев А.В., Подкорытова В.Г., Шевкунова Е.В. Алтай и Саяны // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 21 (2012 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – С. 132–142.
18. Соловьёв С.Л., Соловьёва О.Н. Скорость колебания земной поверхности в объемных волнах неглубокофокусных Курило-Камчатских землетрясений на расстояниях до 17° // Физика Земли. – 1967. – № 1. – С. 37–60.
19. Соловьёва О.Н., Соловьёв С.Л. Новые данные о динамике сейсмических волн неглубокофокусных Курило-Камчатских землетрясений // Проблемы цунами. – М.: Наука, 1968. – С. 75–97.
20. Гусев А.А., Мельникова В.Н. Связи между магнитудами – среднемировые и для Камчатки // Вулканология и сейсмология. – 1990. – № 6. – С. 55–63.
21. Ekström G., Dziewonski A.M. Evidence of bias in estimations of earthquake size // Nature. – 1988. – V. 332, N 6162. – P. 319–323.
22. Левина В.И., Петрова Н.В., Лукаш Н.А. Сводный каталог землетрясений Северной Евразии за 2015 г. // Землетрясения Северной Евразии. – 2021. – Вып. 24 (2015 г.). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.ceme.gsras.ru/zse/app-24.html>
23. Гилёва Н.А., Мельникова В.И., Филиппова А.И., Радзиминович Я.Б., Кобелева Е.А. Муяканская последовательность землетрясений в 2015 г. (Северное Прибайкалье) // Землетрясения Северной Евразии. – 2021. – Вып. 24 (2015 г.). – С. 245–257. doi: 10.35540/1818-6254.2021.24.24
24. Чебров Д.В., Салтыков В.А., Матвеев Е.А., Дрознина С.Я., Ромашева Е.И., Митюшкина С.В., Абубакиров И.Р., Павлов В.М. Сейсмичность Камчатки и Командорских островов в 2015 г. // Землетрясения Северной Евразии. – 2021. – Вып. 24 (2015 г.). – С. 153–163, doi: 10.35540/1818-6254.2021.24.14
25. Саргсян Г.В., Абгарян Г.Р., Мугнецян Э.А., Геворгян А.А. Сейсмичность Армении и прилегающих территорий в 2015 г. // Землетрясения Северной Евразии. – 2021. – Вып. 24 (2015 г.). – С. 60–68. doi: 10.35540/1818-6254.2021.24.05
26. Улубиева Т.Р., Михайлова Р.С., Рислинг Л.И., Джураев Р.У. Сейсмичность Таджикистана и прилегающих территорий в 2015 г. // Землетрясения Северной Евразии. – 2021. – Вып. 24 (2015 г.). – С. 103–112. doi: 10.35540/1818-6254.2021.24.09
27. Мельникова В.И., Гилёва Н.А., Филиппова А.И., Радзиминович Я.Б., Кобелева Е.А. Сейсмичность Прибайкалья и Забайкалья в 2015 г. // Землетрясения Северной Евразии. – 2021. – Вып. 24 (2015 г.). – С. 129–138. doi: 10.35540/1818-6254.2021.24.12
28. Етирмишли Г.Д., Абдуллаева Р.Р., Исмаилова С.С., Казымова С.Э. Сейсмичность Азербайджана и прилегающих территорий в 2015 г. // Землетрясения Северной Евразии. – 2021. – Вып. 24 (2015 г.). – С. 50–59. doi: 10.35540/1818-6254.2021.24.04
29. Фокина Т.А., Сафонов Д.А., Костылев Д.В., Михайлов В.И. Сейсмичность Приамурья и Приморья, Сахалина и Курило-Охотского региона в 2015 году // Землетрясения Северной Евразии. – 2021. – Вып. 24 (2015 г.). – С. 139–152. doi: 10.35540/1818-6254.2021.24.13

30. Пронишин Р.С., Пустовитенко Б.Г. Тересвинское-II землетрясение 19 июля 2015 г. с $K_p=11.1$, $MSH=3.4$, $I_0=6$ (Закарпатье, Украина) // Землетрясения Северной Евразии. – 2021. – Вып. 24 (2015 г.). – С. 291–304. doi: 10.35540/1818-6254.2021.24.28
31. Мельникова В.И., Гилёва Н.А., Радзиминович Я.Б., Филиппова А.И. Таллайское землетрясение 2 сентября 2015 г. с $K_p=14.0$, $M_w=5.1$, $I_0=7-8$ на северо-восточном фланге Байкальского рифта // Землетрясения Северной Евразии. – 2021. – Вып. 24 (2015 г.). – С. 305–313. doi: 10.35540/1818-6254.2021.24.29
32. Абдрахматов К.Е., Фролова А.Г., Берёзина А.В., Шукурова Р., Першина Е.В., Бектурганова Б.Б., Кучкаров К.И. Сейсмичность Центральной Азии в 2015 г. (Кыргызстан, Узбекистан и Юго-Восточный Казахстан) // Землетрясения Северной Евразии. – 2021. – Вып. 24 (2015 г.). – С. 94–102 doi: 10.35540/1818-6254.2021.24.08
33. Михайлова Р.С., Улубиева Т.Р., Петрова Н.В. Гиндукушское землетрясение 26 октября 2015 г. с $M_w=7.5$, $I_0=7$: предшествующая сейсмичность и афтершоковая последовательность // Землетрясения Северной Евразии. – 2021. – Вып. 24 (2015 г.). – С. 324–339. doi: 10.35540/1818-6254.2021.24.31
34. Фролова А.Г., Гребенникова В.В., Багманова Н.Х., Берёзина А.В., Першина Е.В., Молдобекова С. Талдыкское землетрясение 17 ноября 2015 г. с $K_p=14.1$, $M_w=5.5$ (Кыргызстан) // Землетрясения Северной Евразии. – 2021. – Вып. 24 (2015 г.). – С. 340–348. doi: 10.35540/1818-6254.2021.24.32
35. Вербицкий С.Т., Пронишин Р.С., Прокопишин В.И., Стецькив А.Т., Чуба М.В., Нищименко И.М., Келеман И.Н., Степаненко Н.Я., Карданец В.Ю., Симонова Н.А. Сейсмичность Карпат в 2015 году // Землетрясения Северной Евразии. – 2021. – Вып. 24 (2015 г.). – С. 31–42. doi: 10.35540/1818-6254.2021.24.02
36. Степаненко Н.Я., Карданец В.Ю., Симонова Н.А. Ощутимые в Молдове землетрясения 2015 г.: 24 января с $K_p=12.2$, $M_w=4.3$; 16 марта с $K_p=11.6$, $M_w=4.3$; 29 марта с $K_p=11.9$, $M_w=4.5$ (Румыния–Молдова) // Землетрясения Северной Евразии. – 2021. – Вып. 24 (2015 г.). – С. 267–275. doi: 10.35540/1818-6254.2021.24.26
37. Патина И.С., Леонов Ю.Г., Волож Ю.А., Копп М.Л., Антипов М.П. Крымско-Копетдагская зона концентрированных орогенических деформация как трансрегиональный позднеколлизийный правый сдвиг // Геотектоника. – 2017. – № 4. – С. 17–30.
38. Уломов В.И., Данилова Т.И., Медведева Н.С., Полякова Т.П. О сейсмогеодинамике линейментных структур горного обрамления Скифско-Туранской плиты // Физика Земли. – 2006. – № 7. – С. 17–33.
39. Свидлова В.А., Бондарь М.Н. Сейсмичность Крымско-Черноморского региона в 2015 г. // Землетрясения Северной Евразии. – 2021. – Вып. 24 (2015 г.). – С. 43–49. doi: 10.35540/1818-6254.2021.24.03
40. Габсатарова И.П., Королецки Л.Н., Иванова Л.Е., Саяпина А.А., Багаева С.С., Адилов З.М., Асанов О.А. Сейсмичность Северного Кавказа в 2015 г. // Землетрясения Северной Евразии. – 2021. – Вып. 24 (2015 г.). – С. 69–83. doi: 10.35540/1818-6254.2021.24.06
41. Сарыева Г.Ч., Петрова Н.В., Безменова Л.В. Сейсмичность Копетдагского региона в 2015 г. // Землетрясения Северной Евразии. – 2021. – Вып. 24 (2015 г.). – С. 84–93. doi: 10.35540/1818-6254.2021.24.07
42. Кондорская Н.В., Вандышева Н.В., Захарова А.И., Саргсян Г.В., Чепкунас Л.С. Спитакское землетрясение 7 декабря 1988 г. Инструментальные данные // Землетрясения в СССР в 1988 году. – М.: Наука, 1991. – С. 60–73.
43. Hayes G.P., Meyers E.K., Dewey J.W., Briggs R.W., Earle P.S., Benz H.M., ... & Furlong K.P. Tectonic summaries of magnitude 7 and greater earthquakes from 2000 to 2015. – US Geological Survey, 2017. – N 2016–1192.
44. Kufner S.K., Schurr B., Haberland C., Zhang Y., Saul J., Ischuk A., Oimahmadov I. Zooming into the Hindu Kush slab break-off: A rare glimpse on the terminal stage of subduction // Earth and Planetary Science Letters. – 2017. – V. 461. – P. 127–140.
45. Михайлова Н.Н., Соколова И.Н., Бектурганова Б. Сейсмичность Казахстана и прилегающих территорий в 2015 г. // Землетрясения Северной Евразии. – 2021. – Вып. 24 (2015 г.). – С. 113–121. doi: 10.35540/1818-6254.2021.24.10
46. Еманов А.Ф., Еманов А.А., Фатеев А.В., Шевкунова Е.В., Подкорытова В.Г. Сейсмичность Алтае-Саянского региона в 2015 г. // Землетрясения Северной Евразии. – 2021. – Вып. 24 (2015 г.). – С. 122–128. doi: 10.35540/1818-6254.2021.24.11
47. Еманов А.Ф., Еманов А.А., Лескова Е.В., Фатеев А.В. Техногенное Бачатское землетрясение 18.06.2013 г. ($M_L=6.1$) в Кузбассе – сильнейшее в мире при добыче твердых полезных ископаемых // Вопросы инженерной сейсмологии. – 2016. – Т. 43, № 4. – С. 34–60.
48. Еманов А.Ф., Еманов А.А., Фатеев А.В. Бачатское техногенное землетрясение 18 июня 2013 г. с $M_L=6.1$, $I_0=7$ (Кузбасс) // Российский сейсмологический журнал. – 2020. – Т. 2, № 1. – С. 48–61.

49. Еманов А.Ф., Еманов А.А., Лескова Е.В., Колесников Ю.И., Фатеев А.В., Филина А.Г. Чуйское землетрясение 27 сентября 2003 г. с $K_p=17.1$, $MS=7.3$ (Горный Алтай) // Землетрясения Северной Евразии, 2003 год. – Обнинск: ГС РАН, 2009. – С. 326–343.
50. Радзиминович Я.Б., Мельникова В.И., Гилёва Н.А., Филиппова А.И. Сильные землетрясения Северного Прибайкалья ($M_w=4.6-4.7$) в 2015 году // Землетрясения Северной Евразии. – 2021. – Вып. 24 (2015 г.). – С. 276–290. doi: 10.35540/1818-6254.2021.24.27
51. Салтыков В.А. Статистическая оценка уровня сейсмичности: методика и результаты применения на примере Камчатки // Вулканология и сейсмология. – 2011. – № 2. – С. 53–59.
52. Алёшина Е.И., Курткин С.В., Карпенко Л.И. Сейсмичность Северо-Востока России в 2015 г. // Землетрясения Северной Евразии. – 2021. – Вып. 24 (2015 г.). – С. 164–172. doi: 10.35540/1818-6254.2021.24.15
53. Шибаев С.В., Козьмин Б.М., Макаров А.А. Сейсмичность Якутии в 2015 г. // Землетрясения Северной Евразии. – 2021. – Вып. 24 (2015 г.). – С. 173–181. doi: 10.35540/1818-6254.2021.24.16
54. Имаев В.С., Имаева Л.П., Козьмин Б.М. Сейсмоструктура Якутии. – М.: ГЕОС, 2000. – 226 с.
55. Шибаев С.В., Петров А.Ф., Козьмин Б.М., Имаева Л.П., Мельникова В.И., Радзиминович Н.А., Тимиршин К.В., Петрова В.Е., Гилёва Н.А., Пересыпкин Д.М. Чаруодинский рой землетрясений 2005 года и его опутимые землетрясения: Чаруодинское-I 10 ноября в $19^{\text{h}}29^{\text{m}}$ с $K_p=15.7$, $M_w=5.8$, $I_0=8$ и Чаруодинское-II 11 декабря в $15^{\text{h}}54^{\text{m}}$ с $K_p=14.8$, $M_w=5.7$, $I_0=7$ (Южная Якутия) // Землетрясения Северной Евразии, 2005 год. – Обнинск: ГС РАН, 2011. – С. 404–418.
56. Козьмин Б.М., Шибаев С.В., Петров А.Ф., Тимиршин К.В. Чаруодинское-III землетрясение 26 января 2009 г. с $K_p=13.7$, $M_w=5.4$, $I_0^p=8$ (Южная Якутия) // Землетрясения Северной Евразии, 2009 год. – Обнинск: ГС РАН, 2015 – С. 277–282.
57. Шибаев С.В., Козьмин Б.М., Имаева Л.П., Имаев В.С., Петров А.Ф., Старкова Н.Н. Илин-Тасское (Абыйское) землетрясение 14 февраля 2013 г. с $M_w=6.7$ (Северо-Восток Якутии) // Российский сейсмологический журнал. – 2020. – Т. 2, № 1. – С. 92–102. doi:10.35540/2686-7907.2020.1.09
58. Козьмин Б.М. (отв. сост.), Андреев Т.А. VI. Якутия и Северо-Восток России [1735–1974 гг.; $M \geq 4.5$, $I_0 \geq 5$] // Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. – М.: Наука, 1977. – С. 339–356.
59. Аронова Т.И., Аронов Г.А., Протасовицкая Т.А., Аронов А.Г. Сейсмичность на территории Беларуси в 2015 г. // Землетрясения Северной Евразии. – 2021. – Вып. 24 (2015 г.). – С. 192–199. doi: 10.35540/1818-6254.2021.24.19
60. Маловичко А.А., Дягилев Р.А., Верхоланцев 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
61. Морозов А.Н., Аветисов Г.П., Антоновская Г.Н., Асминг В.Э., Баранов С.В., Ваганова Н.В., Виноградов Ю.А., Жолондз А.С., Конечная Я.В., Федоров А.В., Федоров И.С. Сейсмичность Арктики в 2015 г. // Землетрясения Северной Евразии. – 2021. – Вып. 24 (2015 г.). – С. 210–216. doi: 10.35540/1818-6254.2021.24.20

SEISMICITY of NORTHERN EURASIA in 2015

A.A. Malovichko, N.V. Petrova, I.P. Gabsatarova, R.S. Mikhailova, V.I. Levina,

O.E. Starovoit, A.D. Kurova

Geophysical Survey of the Russian Academy of Sciences, Obninsk, Russia, npetrova@gsras.ru

Abstract. The review of the Northern Eurasia seismicity for 2015 includes a description of seismic networks, the results of analysis of the seismic regime and individual noticeable earthquakes in 16 regions of Russia and neighbouring countries. Seismic monitoring was carried out by the networks of seismic station of Russia, Azerbaijan, Armenia, Belarus, Kazakhstan, Kyrgyzstan, Latvia, Moldova, Turkmenistan, Tajikistan, Uzbekistan, Ukraine, including 599 digital, 7 analogue stations and eight seismic groups. In 2015, these networks registered about 27 thousand tectonic earthquakes, over 6 thousand volcanic earthquakes, 599 explosions, 23 mountain-tectonic shocks and induced earthquakes. Focal mechanisms of 592 earthquakes were determined, the information on manifestations of 449 perceptible earthquakes was collected. 26 shocks were felt in settlements of Northern Eurasia with an intensity $I \geq 5$. According to estimates of the annual number and released seismic energy in 2015 in comparison with the long-term characteristics of the seismic regime, the seismic process in most regions of Northern Eurasia proceeded in the “background” regime. An exception is Tajikistan and adjacent territories, where two strong earthquakes occurred – the Hindu Kush earthquake on October 26 with $M_w=7.5$, $h=230$ km in northern Afghanistan, near the border with Tajikistan, and the Sarez earthquake on December 7 with $M_w=7.2$, $M_s=7.6$,

$h=20$ km in Tajikistan. Both earthquakes were accompanied by numerous aftershocks and were felt in Tajikistan with intensities $I_{\max}=7$ and $I_{\max}=7-8$ respectively, on the MSK-64 scale. Notable event on the territory of Northern Eurasia in 2015 is the emergence of the Muyakan sequence of earthquakes, the largest for the period of instrumental observations in the region "Baikal and Transbaikalia", as a result of which the number of recorded earthquakes in the region quadrupled concerning 2014. The other interesting fact is occurrence of tangible earthquakes in the regions, traditionally considered weakly seismic – near the Semipalatinsk test area in Eastern Kazakhstan (Chingiz earthquake on January 20, $M_s=4.1$, $I_0=5-6$), in the Middle Urals (Middle Ural earthquake on October 18 with $ML=4.7$, $I_0=6$) and in the southwest of East-European platform (Poltava earthquake on February 3 with $K_R=10.7$, $I_0=6$).

Keywords: Northern Eurasia, seismic belt, tectonic, volcanic earthquake, tangible (felt) earthquake, focal mechanism, released seismic energy.

DOI: 10.35540/1818-6254.2021.24.01

For citation: Malovichko, A.A., Petrova, N.V., Gabsatarova, I.P., Mikhailova, R.S., Levina, V.I., Starovoit, O.E., & Kurova, A.D. (2021). [Seismicity of Northern Eurasia in 2015]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 24(2015), 10–30. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2021.24.01

R e f e r e n c e s

1. Malovichko, A.A., Petrova, N.V., Gabsatarova, I.P., Starovoit, O.E., Rogozhin, E.A., Mikhailova, R.S., Levina, V.I., & Morozov, A.N. (2020). Seismicity of Northern Eurasia in 2014. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 23(2014), 10–26. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2020.23.01
2. Sherman, S.I. (2014). Seismic Process and the Forecast of Earthquakes: Tectonophysical Conception. Novosibirsk, Russia: Academic Publishing House «Geo», 359 p. (In Russ.).
3. Mukambaev, A.S., Mikhailova, N.N., & Sokolov, A.N. (2021). [Chingiz earthquake of January 20, 2015 with $K_R=12.2$, $mb=5.6$, $I_0=5-6$ (Eastern Kazakhstan)]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 24(2015), 258–266. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2021.24.25
4. Gabsatarova, I.P., Assinovskaya, B.A., Baranov, S.V., Karpinsky, V.V., Konechnaya Ya.V., Munirova, L.M., Nadezhka, L.I., Nikulins, V.G., Noskova, N.N., Petrov, S.I., Pivovarov, S.P., & Sanina, I.A. (2021). [Seismicity of the Russian part of East European platform and adjacent territories in 2015]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 24(2015), 182–191. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2021.24.17
5. Verkholantsev, 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
6. GS RAS, Bulletin of Teleseismic Stations, 2015. (2021). Retrieved from ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_bulletin/2015
7. International Seismological Centre. (2021). On-line Bulletin. Retrieved from <https://doi.org/10.31905/D808B830>
8. Levina, V.I., & Lukash, N.A. (2021). [List of all seismic stations in Northern Eurasia for 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.).
9. Rautian, T.G. (1960). [Energy of the Earthquakes]. In *Metody detal'nogo izucheniya seismichnosti. Trudy IFZ AN SSSR*, 9(176) [Methods of Detailed Study of the Seismicity. Proceedings of the IFZ SA USSR № 9(176)] (pp. 75–114). Moscow, Russia: IFZ AN SSSR. (In Russ.).
10. Pustovitenko, B.G., Kul'chickij, V.E., & Goryachun, A.V. (1989). *Zemletriaseniia Krymsko-Chernomorskogo regiona* [Earthquakes of the Crimean Black Sea region]. Kiev, Ukraine: Naukova Dumka Publ., 192 p. (In Russ.).
11. Solov'yov, S.L., & Solov'yova, O.N. (1967). [Relationship between the energy class and the magnitude of the Kuril earthquakes]. *Fizika Zemli* [Izvestiya. Physics of the Solid Earth], 2, 13–23. (In Russ.).
12. Fedotov, S.A. (1972). *Energeticheskaja klassifikatsiia KS Kurilo-Kamchatskikh zemletriasenii i problema magnitud* [KS energy classification of Kuril-Kamchatka earthquakes and the problem of magnitudes]. Moscow, Russia: Nauka Publ., 117 p. (In Russ.).
13. Petrova, N.V., & Gabsatarova, I.P. (2020). Depth corrections to surface-wave magnitudes for intermediate and deep earthquakes in the regions of North Eurasia. *Journal of Seismology*, 24(1), 203–219. <https://doi.org/10.1007/s10950-019-09900-8>
14. Storchak, D.A., Di Giacomo, D., Bondár, I., Engdahl, E.R., Harris, J., Lee, W.H.K., Villaseñor, A., & Bormann, P. (2013). Public Release of the ISC-GEM Global Instrumental Earthquake Catalogue (1900–2009). *Seismological Research Letters*, 84(5), 810–815.

15. Etirmishli, G.D., Abdullaeva, R.R., Ismailova, S.S., & Kazymova, S.E. (2018). [Azerbaijan]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 21(2012), 59–66. (In Russ.).
16. Petrova, N.V. (2010). [Relations between estimates of the magnitude of Kopetdag earthquakes according to data from various seismological centers]. In *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii v 2004 godu* [Earthquakes in Northern Eurasia in 2004] (pp. 409–417). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
17. Emanov, A.F., Emanov, A.A., Fateev, A.V., Podkorytova, V.G., & Shevkunova, E.V. (2018). [Altai and Sayan mountains]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 21(2012), 132–142. (In Russ.).
18. Solov'yov, S.L., Solov'yova, O.N. (1967). [Earth surface oscillation velocity in body waves of shallow focus Kuril-Kamchatka earthquakes at distances up to 17°]. *Fizika Zemli* [Izvestiya. Physics of the Solid Earth], 1, 37–60. (In Russ.).
19. Solov'yov, S.L., Solov'yova, O.N. (1968). [New data on the dynamics of seismic waves of shallow focus Kuril-Kamchatka earthquakes]. In *Problemy cunami* [Tsunami problems] (pp. 75–97). Moscow, Russia: Nauka Publ. (In Russ.).
20. Gusev, A.A., & Mel'nikova, V.N. (1990). Relationships between magnitudes: average–world and for Kamchatka. *Volcanology and seismology*, 6, 55–63.
21. Ekström, G., & Dziewonski, A.M. (1988). Evidence of bias in estimations of earthquake size. *Nature*, 332(6162), 319–323.
22. Levina, V.I., Petrova, N.V., & Lukash, N.A. (2021). [Joint catalog of earthquakes in Northern Eurasia 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.).
23. Gileva, N.A., Melnikova, V.I., Filippova, A.I., Radziminovich, Ya.B., & Kobeleva, E.A. (2021). [Muyakan earthquake sequence in 2015 (Northern Baikal Region)]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 24(2015), 245–257. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2021.24.24
24. Chebrov, D.V., Saltikov, V.A., Matveenkov, E.A., Droznina, S.Ya., Romasheva, E.I., Mityushkina, S.V., Abubakirov, I.R., & Pavlov, V.M. (2021). [Seismicity of Kamchatka and Commander Islands in 2015]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 24(2015), 153–163, (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2021.24.14
25. Sargsyan, H.V., Abgaryan, G.R., Mughnetsyan, E.A., & Geworgyan, A.A. (2021). [Seismicity of Armenia and adjacent territories in 2015]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 24(2015), 60–68. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2021.24.05
26. Ulubieva, T.R., Mikhailova, R.S., Risling, L.I., & Juraev, R.U. (2021). [Seismicity of Tajikistan and adjacent territories in 2015]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 24(2015), 103–112. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2021.24.09
27. Melnikova, V.I., Gileva, N.A., Filippova, A.I., Radziminovich, Ya.B., & Kobeleva, E.A. (2021). [Seismicity of Baikal and Transbaikalia in 2015]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 24(2015), 129–138. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2021.24.12
28. Etirmishli, G.D., Abdullaeva, R.R., Ismailova, S.S., & Kazymova, S.E. (2021). [Seismicity of Azerbaijan and adjacent territories in 2015]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 24(2015), 50–59. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2021.24.04
29. Fokina, T.A., Safonov, D.A., Kostylev, D.V., & Mikhailov, V.I. (2021). [Seismicity of the Amur and Primorye, Sakhalin and the Kuril-Okhotsk region in 2015]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 24(2015), 139–152. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2021.24.13
30. Pronishin, R.S., & Pustovitenko, B.G. (2021). [Teresva-II earthquake on July 19, 2015 with $K_p=11.1$, $MSH=3.4$]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 24(2015), 291–304. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2021.24.28
31. Melnikova, V.I., Gileva, N.A., Radziminovich, Ya.B., & Filippova, A.I. (2021). [The September 2, 2015, $K_R=14.0$, $M_w=5.1$, $I_0=7-8$ Tallay earthquake at the north-eastern flank of the Baikal rift]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 24(2015), 305–313. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2021.24.29
32. Abdrakhmatov, K.E., Frolova, A.G., Berezina, A.V., Shukurova, R., Pershina, E.V., Bekturganova, B.B., & Kuchkarov, K.I. (2021). [Seismicity of Central Asia in 2015 (Kyrgyzstan, Uzbekistan and Southeastern Kazakhstan)]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 24(2015), 94–102 (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2021.24.08
33. Mikhailova, R.S., Ulubieva, T.R., & Petrova, N.V. (2021). [The Hindu Kush earthquake on October 26, 2015 with $M_w=7.5$, $I_0\sim 7$: Preceding seismicity and aftershock sequence]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 24(2015), 324–339. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2021.24.31

34. Frolova, A.G., Grebennikova, V.V., Bagmanova, N.Kh., Berezina, A.V., Pershina, E.V., & Moldobekova, S. (2021). [Taldyk earthquake on November 17, 2015 with $K_R=14.1$, $M_w=5.5$ (Kyrgyzstan)]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 24(2015), 340–348. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2021.24.32
35. Verbitsky S.T., Pronishin R.S., Prokopishin V.I., Stetskiv A.T., Chuba M.V., Nishchimenko I.M., Keleman I.N., Stepanenko N.Ya., Kardanets V.Yu., & Simonova N.A. (2021). [Seismicity of the Carpathians in 2015]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 24(2015), 31–42. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2021.24.02
36. Stepanenco, N.Ya., Cardanets, V.Yu., & Simonova, N.A. (2021). [Earthquakes felt in Moldova in 2015: January 24 with $K_P=12.2$, $M_w=4.3$; March 16 with $K_R=11.6$, $M_w=4.3$ and March 29 with $K_R=11.9$, $M_w=4.5$ (Romania–Moldova)]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 24(2015), 267–275. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2021.24.26
37. Patina, I.S., Leonov, Y.G., Volozh, Y.A., Kopp, M.L., & Antipov, M.P. (2017). Crimea-Kopet Dagh zone of concentrated orogenic deformations as a transregional late collisional right-lateral strike-slip fault. *Geotectonics*, 51(4), 353–365.
38. Ulomov, V.I., Danilova, T.I., Medvedeva, N.S., & Polyakova, T.P. (2006). Seismogeodynamics of lineament structures in the mountainous regions bordering the Scythian-Turan plate. *Izvestiya, Physics of the Solid Earth*, 42(7), 551–566.
39. Svidlova, V.A., & Bondar, M.N. (2021). [Seismicity of the Crimean-Black sea region in 2015]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 24(2015), 43–49. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2021.24.03
40. Gabsatarova, I.P., Koroletski, L.N., Ivanova L.E., Sayapina A.A., Bagaeva, S.S., Adilov, Z.M., & Asmanov, O.A. (2021). [Seismicity of the Northern Caucasus in 2015]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 24(2015), 69–83. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2021.24.06
41. Saryeva, G.Ch., Petrova, N.V., & Bezmenova, L.V. (2021). [Seismicity of Kopetdag region in 2015]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 24(2015), 84–93. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2021.24.07
42. Kondorskaya, N.V., Wandisheva, N.V., Zakharova, A.I., Sargsyan, H.V., & Chepkunas, L.S. (1991). [Spitak earthquake on December 7, 1988. Instrumental data]. In *Zemletriaseniia v SSSR v 1988 godu* [Earthquakes in the USSR in 1988] (pp. 60–73). Moscow, Russia: Nauka Publ. (In Russ.).
43. Hayes, G.P., Meyers, E.K., Dewey, J.W., Briggs, R.W., Earle, P.S., Benz, H.M., ... & Furlong, K.P. (2017). Tectonic summaries of magnitude 7 and greater earthquakes from 2000 to 2015 (№ 2016–1192). *US Geological Survey*.
44. Kufner, S.K., Schurr, B., Haberland, C., Zhang, Y., Saul, J., Ischuk, A., & Oimahmadov, I. (2017). Zooming into the Hindu Kush slab break-off: A rare glimpse on the terminal stage of subduction. *Earth and Planetary Science Letters*, 461, 127–140.
45. Mikhailova, N.N., Sokolova, I.N., & Bektyrganova, B. (2021). [Seismicity of Kazakhstan and adjacent territories in 2015]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 24(2015), 113–121. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2021.24.10
46. Emanov, A.F., Emanov, A.A., Fateev, A.V., Shevkunova, E.V., & Podkorytova, V.G. (2021). [Seismicity of the Altai and Sayan region in 2015]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 24(2015), 122–128. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2021.24.11
47. Emanov, A.F., Emanov, A.A., Fateev, A.V., & Leskova, E.V. (2017). The technogenic Bachat earthquake of June 18, 2013 ($M_L=6.1$) in the Kuznetsk Basin – the world’s strongest at solid mining. *Seismic Instruments*, 53(4), 333–355.
48. Emanov A.F., Emanov A.A., & Fateev A.V. (2020). Bachat technogenic earthquake on June 18, 2013 with $M_L=6.1$, $I_0=7$ (Kuzbass). *Rossiiskii seismologicheskii zhurnal* [Russian Journal of Seismology], 2(1), 48–61. (In Russ.).
49. Emanov, A.F., Emanov, A.A., Leskova, E.V., Kolesnikov, Yu.I., Fateev, A.V., & Filina, A.G. (2009). [$M_S=7.3$ Chui earthquake on September 27, 2003 (Altai Mountains)]. In *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii v 2003 godu* [Earthquakes in Northern Eurasia in 2003] (pp. 326–343). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
50. Radziminovich, Ya.B., Melnikova, V.I., Gileva, N.A., & Filippova, A.I. (2021). [Strong earthquakes in the north of the Lake Baikal region ($M_w=4.6–4.7$) in 2015]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 24(2015), 276–290. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2021.24.27
51. Saltykov, V.A. (2011). A statistical estimate of seismicity level: the method and results of application to Kamchatka. *Journal of Volcanology and Seismology*, 5(2), 123–128. doi: 10.1134/S0742046311020060

52. Alyeshina, E.I., Kurtkin, S.V., & Karpenko, L.I. (2021). [Seismicity of the North-East of Russia]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 24(2015), 164–172. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2021.24.15
53. Shibaev, S.V., Koz'min, B.M., & Makarov, A.A. (2021). [Seismicity of Yakutia in 2015]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 24(2015), 173–181. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2021.24.16
54. Imaev, V.S., Imaeva, L.P., & Koz'min, B.M. (2000). *Seismotektonika Yakutii* [Seismotectonica of Yakutia]. Moscow, Russia: GEOS Publ., 226 p. (In Russ.).
55. Shibaev, S.V., Petrov, A.F., Koz'min, B.M., Imaeva, L.P., Mel'nikova, V.I., Radziminovich, N.A., Timirshin, K.V., Petrova, V.E., Gileva, N.A., & Peresyppkin, D.M. (2011). [The Charuodinsky swarm of earthquakes and its perceptible earthquakes: Charuodinskoe-I on November 10 with $K_R=15.7$, $M_w=5.8$, $I_0=8$ and Charuodinskoe-II on December 11 with $K_R=14.8$, $M_w=5.7$, $I_0=7$ earthquakes (South Yakutia)]. In *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii v 2005 godu* [Earthquakes in Northern Eurasia in 2005] (pp. 404–418). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
56. Koz'min, B.M., Shibaev, S.V., Petrov, A.F., & Timirshin, K.V. (2015). [Charuodinskoe-III earthquake on January 26, 2009 with $K_R=13.7$, $M_w=5.4$, $I_0=8$ (South Yakutia)]. In *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii v 2009 godu* [Earthquakes in Northern Eurasia in 2009] (pp. 277–282). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
57. Shibaev, S.V., Kozmin, B.M., Imaeva, L.P., Imaev, V.S., Petrov, A.F., & Starkova, N.N. (2020). [Ilin-Tasskoe (Abyjskoe) earthquake on February 14, 2013 with $M_w=6.7$ (northeast Yakutia)]. *Rossiiskii seismologicheskii zhurnal* [Russian Journal of Seismology], 2(1), 92–102. (In Russ.). doi: 10.35540/2686-7907.2020.1.09
58. Koz'min, B.M., & Andreev, T.A. (1977). [Yakutia and North-East of Russia (1735–1974, $M \geq 4.5$, $I_0 \geq 5$)]. In *Novyi catalog sil'nykh zemletryasenii na territorii USSR s drevneishykh vremen do 1975 goda* [A new catalog of strong earthquakes on the territory of the USSR from ancient times to 1975] (pp. 339–356). Moscow, Russia: Nauka Publ. (In Russ.).
59. Aronova, T.I., Aronov, G.A., Protasovitskaya, T.A., & Aronov, A.G. (2021). [Seismicity of the territory of Belarus in 2015]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 24(2015), 192–199. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2021.24.19
60. Malovichko, A.A., Dyagilev, R.A., Verkholantsev, 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
61. Morozov, A.N., Avetisov, G.P., Antonovskaya, G.N., Asming, V.E., Baranov, S.V., Vaganova, N.V., Vinogradov, Yu.A., Jolondz, A.S., Konechnaya, Ya.V., Fedorov, A.F., & Fedorov, I.S. (2021). [Seismicity of the Arctic in 2015]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 24(2015), 210–216. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2021.24.20