

УДК 550.348.098.64 (571.65)

СЕЙСМИЧНОСТЬ СЕВЕРО-ВОСТОКА РОССИИ в 2018–2019 гг.**Е.И. Алёшина, С.В. Курткин, Л.И. Карпенко**Магаданский филиал ФИЦ ЕГС РАН, г. Магадан, evgeniya@temsd.ru

Аннотация. Рассматриваются результаты сейсмического мониторинга Магаданской области, Чукотского автономного округа и шельфов прилегающих морей (Охотского, Чукотского, Берингова и Восточно-Сибирского). На Северо-Востоке России работали 14 сейсмических станций. В каталог включены сведения о 644 землетрясениях с энергетическими классами $K_p=4.8–13.2$. При этом, как обычно, большая их часть (77 %) локализована в районе Колымы (район № 2). В дополнительном каталоге содержатся сведения о 12 землетрясениях на Чукотке. Суммарная сейсмическая энергия, выделившаяся внутри границ региона, составила $\Sigma E=2.67 \cdot 10^{13}$ Дж. Классификация землетрясений осуществлялась по энергетическим классам K_p шкалы Т.Г. Раутиан. Построена карта энергетической представительности землетрясений с $K_{\min}=5–10$. На всей территории Магаданской области не могут быть пропущены землетрясения с $K_{\min}=7$, в Охотском море – с $K_{\min}=8$, на Чукотке – с $K_{\min}=10$. Пространственно все землетрясения Северо-Востока России традиционно сосредоточены в крупных сейсмогенных поясах: Черского, Северо-Охотском и Транс-Берингийском. Эпицентры большинства землетрясений приурочены к крупнейшим глубинным разломам северо-западного и субширотного направлений. Все гипоцентры расположены в пределах земной коры. Уровень сейсмичности Северо-Востока России в 2018–2019 гг. согласно шкале «СОУС'09» оценен как «фоновый средний» за период наблюдений с 1968 по 2019 год. Самое сильное землетрясение с $K_p=13.2$ и магнитудами $MPSP=5.1$, $MS=4.0$ произошло 31 июля 2019 г. в районе Колымы. В населённых пунктах Северо-Востока ощущались 13 землетрясений с интенсивностью от 2 до 5 баллов по шкале MSK-64.

Ключевые слова: Сейсмический мониторинг, Северо-Восток, Колыма, Чукотка, Охотское море, сейсмический пояс, энергетический класс, тектоника, глубинный разлом, эпицентральная зона.

Для цитирования: Алёшина Е.И., Курткин С.В., Карпенко Л.И. Сейсмичность Северо-Востока России в 2018–2019 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2023. – Вып. 26 (2018–2019 гг.). – С. 185–199. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.15> EDN: MZUCYS

Введение. Северо-Восток России включает территорию Магаданской области, Чукотского автономного округа (ЧАО) и шельфы прилегающих морей: Охотского, Чукотского, Берингова и Восточно-Сибирского. Сейсмический мониторинг в 2018–2019 гг. осуществлялся Магаданским филиалом ФИЦ ЕГС РАН.

Сеть сейсмических станций и карта энергетической представительности K_{\min} . Сеть наблюдений в 2018–2019 гг. состояла из 14 цифровых сейсмических станций. В Магаданской области действовали 11 станций (одна из них, «Магадан-1», – временная) и три – в Чукотском Автономном округе (ЧАО). Для определения параметров землетрясений, произошедших в приграничных с Саха (Якутией) районах, использовались данные станций Якутского филиала ФИЦ ЕГС РАН. Следует отметить, что в результате выполненных Отделом технического обслуживания и наладки (ОТОН) работ с 16 апреля 2018 г. значительно уменьшилось время простоя станций «Провидения» и «Анадырь», налажена автоматическая передача данных, появилась возможность удалённого контроля работы оборудования. Это отразилось на энергетической представительности землетрясений Северо-Востока, увеличилось количество лоцированных на территории ЧАО событий. До этого в каталог районов Чукотки включались параметры землетрясений, определённые международными агентствами (ISC).

Сведения о станциях, типах и параметрах регистрирующей аппаратуры приведены в электронном приложении к настоящему выпуску журнала [1]. Положение сейсмических станций МФ ФИЦ ЕГС РАН, работавших в 2018–2019 гг., показано на рис. 1.

Для определения регистрационных возможностей сейсмических станций Северо-Востока построена карта K_{\min} (рис. 1) в энергетических классах K_p шкалы Т.Г. Раутиан [2], которые определяются в регионе с использованием калибровочной кривой для приборов СКМ. При определении K_{\min} использовалась методика 1984 г. В.В. Артамонова и Л.В. Мишиной [3] с изменениями, поскольку на территории Северо-Востока в 1999 г. началась замена аналоговых станций на цифровые. Энергетическая представительность землетрясений K_{\min} по наблюдениям действовавшей в 2018–2019 гг. сети показана на рис. 1.

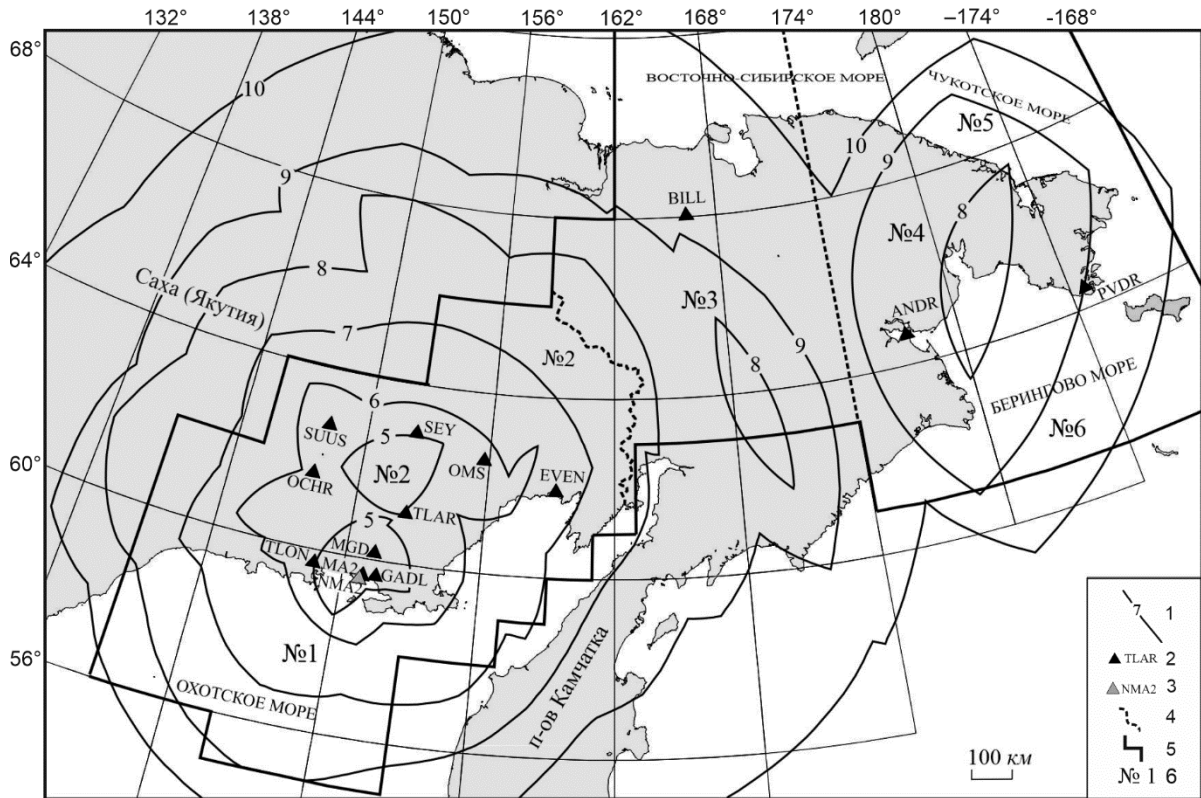


Рис. 1. Карта энергетической представительности K_{\min} землетрясений Северо-Востока России и расположение сейсмических станций в 2018–2019 гг.

1 – изолиния K_{\min} ; 2, 3 – сейсмическая станция, постоянная и временная соответственно; 4 – граница района, для районов № 1 (Охотское море), № 5 (Чукотское море) и № 6 (Берингово море) граница вдоль береговой линии и пунктиром не указана; 5 – граница региона; 6 – номер района.

Минимальный уровень энергии землетрясений с $K_{\min}=5$ обеспечен региональной сетью на двух участках: в центре района № 2 (Колыма) и в Примагаданье, в областях наибольшей плотности сети станций. На всей территории района Колымы не могут быть пропущены землетрясения с $K_{\min}=7$. В Охотском море (район № 1) без пропусков регистрируются землетрясения с $K_{\min}=8$. Зона $K_{\min}=9$ образует две области. Первая, большая, занимает площадь восточной части приграничной Якутии, Охотского моря, Корякии и западной Чукотки (район № 3). Вторая область охватывает Восточную Чукотку (район № 4) и часть акваторий Чукотского и Берингова морей. В центре Западной (район № 3) и Восточной Чукотки (№ 4) выделяются две небольших области с $K_{\min}=8$, вытянутые в субмеридиональном направлении. Отметим, что в каждой из них локализовано лишь по два землетрясения.

Таким образом, сеть сейсмических станций Северо-Востока на конец 2019 г. решает задачу регистрации землетрясений с $K_{\min}=10$ на территории всего региона.

Методика определения основных параметров землетрясений не изменилась. Просмотр сейсмограмм, выделение фаз, определение времен вступлений P - и S -волн, замеры амплитуд производились в программе DIMAS [4]. Основные параметры (время в очаге, координаты, глубина) вычислялись с помощью программы НУР2DT (версия 7.1), предоставленной К. Дж. Мяки (Мичиганский университет, Ист-Лансинг, США). Координаты эпицентров землетрясений рассчитывались с использованием времен пробега прямых и преломленных P - и S -волн [5].

Анализ данных. В каталог землетрясений Северо-Востока и приграничных районов [6] за 2018–2019 гг. включены сведения о 644 событиях с $K_p=4.8–13.2$. Из них 92 землетрясения находятся за границами зоны ответственности МФ ФИЦ ЕГС РАН: 47 – на Камчатке, 34 – на территории Саха (Якутия), 8 – на Аляске и 3 – в Беринговом море (рис. 2). Они не будут участвовать в обзоре сейсмичности Северо-Востока в данной статье. Одно событие с $K_p=7.1$ в Тенькинском районе определено нами как «возможно взрыв» в районе рудника им. Матросова.

В дополнении [7] к каталогу [6] содержатся сведения о 12 землетрясениях с $m_{ISC}=3.5-4.1$, произошедших на территории ЧАО и вблизи границ региона на Аляске. Их параметры заимствованы из бюллетеней ISC [8]. Данных сети сейсмических станций МФ ФИЦ ЕГС РАН оказалось недостаточно для определения их гипоцентров.

Самое сильное землетрясение (26) в каталоге [6] с $K_p=13.2$ ($MPSP=5.1$, $MS=4.0$ [9]) произошло 31 июля 2019 г. в 08^h29^m. Минимальным значением энергетического класса $K_p=4.8$ в каталоге характеризуется событие в районе № 2 (Колыма), находящееся в 13 км юго-восточнее пос. Стекольный.

Ощутимых землетрясений в 2018–2019 гг. было 13 [10]. Максимальная интенсивность сотрясений не превышала $I=5$ баллов по шкале MSK-64 [11]. Сотрясения от ощутимых землетрясений 2018–2019 гг. были зафиксированы в семи населенных пунктах [12].

Гипоцентры всех землетрясений Северо-Востока расположены в пределах земной коры на глубинах $h \leq 33$ км. Карта эпицентров землетрясений, включенных в каталоги [6, 7], представлена на рис. 2.

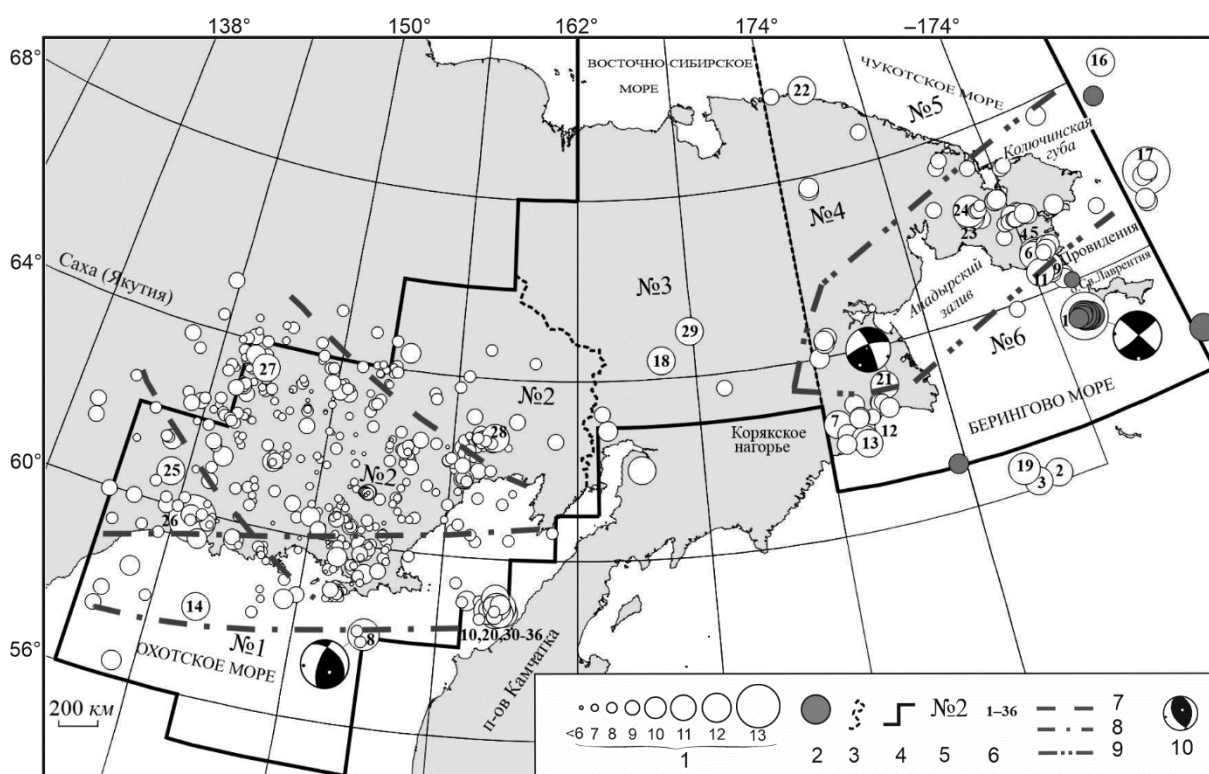


Рис. 2. Карта эпицентров землетрясений Северо-Востока России, за 2018–2019 гг.

1 – энергетический класс K_p ; 2 – эпицентры из дополнительного каталога [7]; 3, 4 – граница района и региона соответственно; 5 – номер района; 6 – номер сильного ($K_p \geq 10.6$) землетрясения, указанного в графе 2 каталога [6]; 7 – граница фрагмента сейсмического пояса Черского; 8 – граница Северо-Охотского сейсмического пояса; 9 – граница фрагмента Транс-Берингийского сейсмического пояса (ТБСП); 10 – механизмы очагов землетрясений по GCMT [13].

Большинство землетрясений приурочено к ранее известным сейсмогенным зонам: сейсмическим поясам Черского северо-западного простирания, Северо-Охотскому субширотного направления и Транс-Берингийскому сейсмическому поясу (ТБСП) северо-восточного простирания [14, 15, 16] (рис. 2).

Распределение землетрясений по энергетическим классам и выделенной ими суммарной сейсмической энергии в районах представлено в табл. 1. Суммарная сейсмическая энергия, выделенная в 2018–2019 гг. внутри границ региона, согласно каталогам [6, 7] составила $\Sigma E = 266.744 \cdot 10^{11}$ Дж, количество зарегистрированных в регионе землетрясений – $N_{\Sigma} = 562$. На рис. 3 показано распределение количества землетрясений и выделенной ими суммарной сейсмической энергии на Северо-Востоке России в период 2000–2019 гг.

Таблица 1. Распределение числа землетрясений по энергетическим классам K_p и суммарная сейсмическая энергия ΣE по районам за 2018–2019 гг.

№	Район	K_p										N_Σ	$\Sigma E, \text{Дж} \cdot 10^{11}$
		5	6	7	8	9	10	11	12	13			
2018 г.													
1	Охотское море	–	1	4	6	3	2	1	1	–	–	18	17.26
2	Колыма	1	22	74	61	17	5	–	–	–	180	0.617	
3	Западная Чукотка	–	–	–	–	–	–	1	–	–	1	1.259	
4	Восточная Чукотка	–	–	1	1	7	17	7	–	–	33	12.965	
5	Чукотское море	–	–	–	–	1	–	1	–	–	2	2.015	
6	Берингово море [6]	–	–	–	–	1	2	2	–	1	6	52.033	
6	Берингово море [7]	–	–	–	–	1	4	4	–	–	9	6.533	
	Всего	1	23	79	68	30	30	16	1	1	249	92.683	
2019 г.													
1	Охотское море	–	5	8	10	1	1	–	–	–	25	0.247	
2	Колыма	4	21	112	71	26	9	3	–	1	247	161.566	
3	Западная Чукотка	–	–	–	1	1	–	1	–	–	3	0.417	
4	Восточная Чукотка	–	–	–	2	19	11	1	1	–	34	11.444	
5	Чукотское море	–	–	–	–	–	1	–	–	–	1	0.158	
6	Берингово море [6]	–	–	–	–	1	1	–	–	–	2	0.07	
6	Берингово море [7]	–	–	–	–	–	1	–	–	–	1	0.159	
	Всего	4	26	120	84	48	24	5	1	1	313	174.061	
	Всего за 2 года	5	49	199	152	78	54	21	2	2	562	266.744	

Примечание. Учтены землетрясения из основного [6] и дополнительного каталога [7].

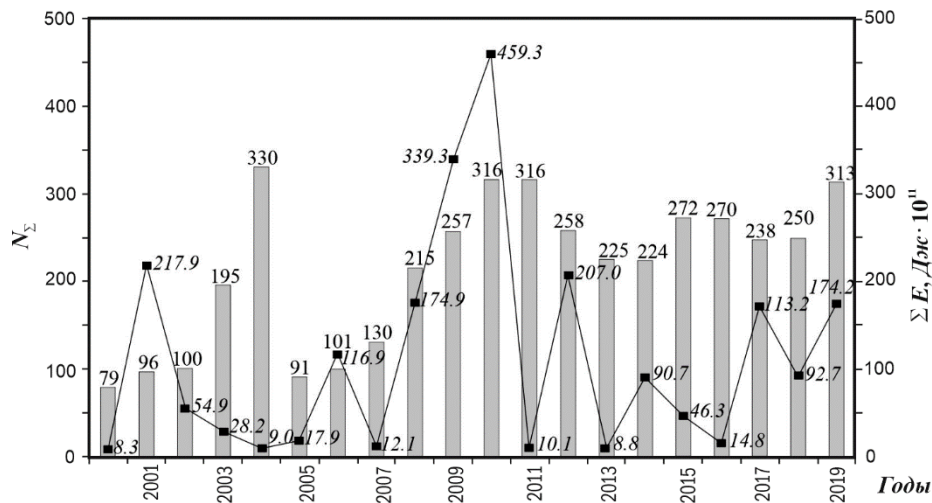


Рис. 3. Изменение ежегодного количества землетрясений N_Σ и сейсмической энергии ΣE на Северо-Востоке России за период 2000–2019 гг.

Гистограмма – количество землетрясений (N_Σ), график – суммарная сейсмическая энергия (ΣE).

Количество землетрясений в 2018 г. близко к среднему значению за 20-летний период наблюдений, а в 2019 г. оно выше среднего на 99 ($N_{\Sigma \text{ ср}}=214$). Суммарная сейсмическая энергия в 2018 г. в 1.2 раза ниже среднего значения за 20 лет ($\Sigma E_{\text{ ср}}=112.7 \cdot 10^{11} \text{ Дж}$), а в 2019 г. она выше среднего в 1.5 раза.

По шкале «СОУС’09» [17] уровень сейсмичности Северо-Востока России в 2018 и 2019 гг. оценен как «фоновый средний» за 52-летний период наблюдений, с 1968 по 2019 г. [18, 19].

Проанализируем особенности сейсмичности Северо-Востока России в 2018–2019 гг. по отдельным районам.

В **Охотском море (№ 1)** в 2018–2019 гг. локализовано 43 землетрясения с $K_p=5.9–12.2$. Выделившаяся сейсмическая энергия, равная $\Sigma E=17.507 \cdot 10^{11} \text{ Дж}$, составляет 6.6 % от суммарной двухгодичной энергии землетрясений региона (табл. 1).

Самое сильное землетрясение (8 на рис. 2) с $K_p=12.2$ здесь зарегистрировано 5 августа 2018 г. в 02^h16^m. Его эпицентр расположен в 215 км юго-восточнее г. Магадана. Макросейсмических сведений от жителей города и близлежащих населенных пунктов не поступало. Зарегистрирован один афтершок с $K_p=7.9$. Отметим, что в 2017 г. 1 сентября в 21^h07^m (почти год назад) на расстоянии 10 км севернее этого очага произошло землетрясение с $K_p=12.1$, хотя в этом районе ранее не регистрировались сильные события, за весь период наблюдений их класс не превышал $K_p \leq 10.3$.

Основные параметры землетрясения (8) по материалам различных сейсмологических агентств представлены в табл. 2. Все решения в плане изображены на рис. 4.

Таблица 2. Основные параметры землетрясения 5 августа 2018 г. с $K_p=12.2$ по региональным данным в сопоставлении с определениями других агентств

Агентство	t_0 , ч мин с	δt_0 , с	Гипоцентр						Магнитуда	Источник
			φ°, N	$\delta\varphi^\circ, км$	λ°, E	$\delta\lambda^\circ, км$	h , км	δh , км		
МФ ФИЦ ЕГС РАН	02 16 31.5	0.9	58.03	4.8	153.11	2.5	21	6	$K_p=12.2/10$	[6]
MOS	02 16 29.3	0.86	57.958	7.1	153.018	3.5	8	–	$MS=4.0/14$ $MPSP=5.1/104$	[9]
KAGSR	02 16 29.14	2.63	57.953	–	153.380	–	6.5	50.6	$ML=4.8$	[8]
ISC–ЕНВ	02 16 31.75	–	57.972	2.2	153.086	1.1	13.7	0.8	$M_s=4.1/68$, $m_b=5.0/454$	– " –
IDC	02 16 29.41	0.41	57.909	10.0	152.981	8.3	0	f	$M_s=3.9/48$, $m_b=4.6/30$	– " –
NEIC	02 16 31.33	1.22	57.956	13.1	152.881	10.6	10	f	$m_b=5.0/518$	– " –
ВЛ	02 16 29.10	0.00	58.220	–	153.020	–	5.0	–	$M_s=4.8/56$, $m_b=4.5/53$	– " –
GCMТ	02 16 32.3	0.40	58.050	–	152.980	–	19.5	1.7	$M_w=4.8/69$	– " –

Все решения хорошо согласуются между собой, кроме эпицентров ВЛ и KAGSR, которые смещены соответственно к северу на ~19 км и к востоку на ~15 км относительно прочих. Глубина гипоцентра по региональным данным $h=21$ км, что хорошо согласуется с данными GCMТ ($h=19.5$).

При сводной обработке землетрясения в Магаданском филиале использовались данные наблюдений десяти станций, которые располагались севернее эпицентра (рис. 5). В связи с односторонним расположением региональных станций эпицентр МФ ФИЦ ЕГС РАН, возможно, смещен к северу.

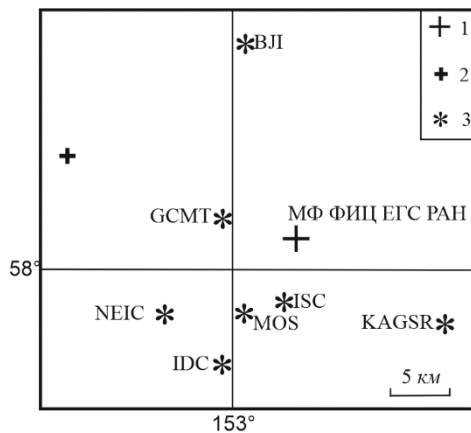


Рис. 4. Сопоставление положения эпицентра землетрясения 5 августа 2018 г. с $K_p=12.2$ по данным станций сети МФ ФИЦ ЕГС РАН и других агентств

1 – инструментальный эпицентр по [6]; 2 – афтершок; 3 – решения по данным других сейсмологических служб [8].

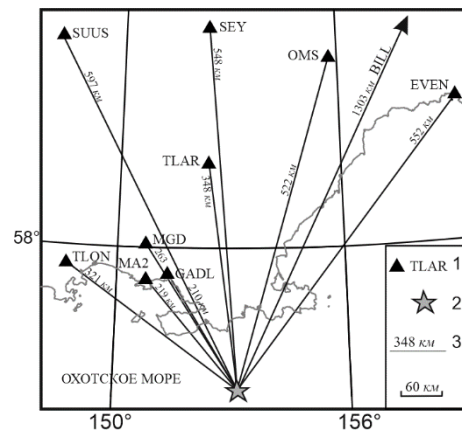


Рис. 5. Положение региональных станций, зарегистрировавших землетрясение с $K_p=12.2$ 5 августа 2018 г.

1 – сейсмическая станция и ее код; 2 – эпицентр землетрясения; 3 – эпицентральное расстояние.

Ближайшей к эпицентру была станция GADL ($\Delta=210$ км), максимальное эпицентральное расстояние составило 1303 км (станция BILL).

Для землетрясения 5 августа 2018 г. с $K_p=12.2$ есть решение механизма очага по данным GCMТ [13, 20]. Согласно механизму, землетрясение возникло в условиях преобладающих напряжений сжатия ($PL_T=55^\circ > PL_P=17^\circ$). Сжимающие напряжения ориентированы на запад ($AZM_P=266^\circ$),

направление растягивающих напряжений – юго-восток ($AZM_T=148^\circ$). Простираение по нодалной плоскости $NP1$ – северо-западное ($STK_1=319^\circ$), по $NP2$ – субмеридиональное ($STK_2=198^\circ$). Плоскость $NP2$ более крутопадающая, чем $NP1$ ($DP1=37^\circ$, $DP2=68^\circ$). Тип подвижки в очаге – взброс компонентами сдвига, левостороннего по $NP1$ и правостороннего по $NP2$.

Другое сильное ($K_p=11.1$) землетрясение (14) произошло в Охотском море 26 октября 2018 г. в 16^h15^m . Его эпицентр находится в 226 км юго-восточнее пос. Охотск. Макросейсмических данных не поступало.

Наблюдается скопление эпицентров ($N=17$) землетрясений с $K_p=6.4-9.5$ у южного берега полуострова Кони. Большинство из них зарегистрировано в августе и сентябре 2019 года. Шесть землетрясений, в том числе максимальное событие, локализованы в акватории Охотского моря, другие – на берегу.

Отметим зону сейсмической активности в Охотском море на приграничной с Камчаткой территории. В течение 2018–2019 гг. здесь локализовано 45 землетрясений с $K_p=8.0-12.5$. Почти все события ($N=35$) попали на территорию Камчатского региона, поэтому независимо от координат все они отнесены к территории Камчатки. Большинство землетрясений зарегистрированы с июля по октябрь 2018 г. и, в том числе максимальное, в декабре 2019 года. Область эпицентров в плане вытянута в северо-западном направлении на расстояние около 90 км, ширина зоны 40 км.

Очаги землетрясений района № 1 в 2018–2019 гг. расположены в пределах Северо-Охотского сейсмического пояса.

В районе **Колымы (№ 2)** зарегистрировано 427 землетрясений с $K_p=4.8-13.2$, или 76 % от общего числа событий в регионе. Суммарная сейсмическая энергия, выделенная землетрясениями района № 2, равна $\Sigma E=162.183 \cdot 10^{11}$ Дж, что составляет 60.8 % от суммарной энергии всех зарегистрированных в регионе событий. Эпицентры землетрясений района Колымы нанесены на схему тектонического районирования Магаданской области [21] (рис. 6).

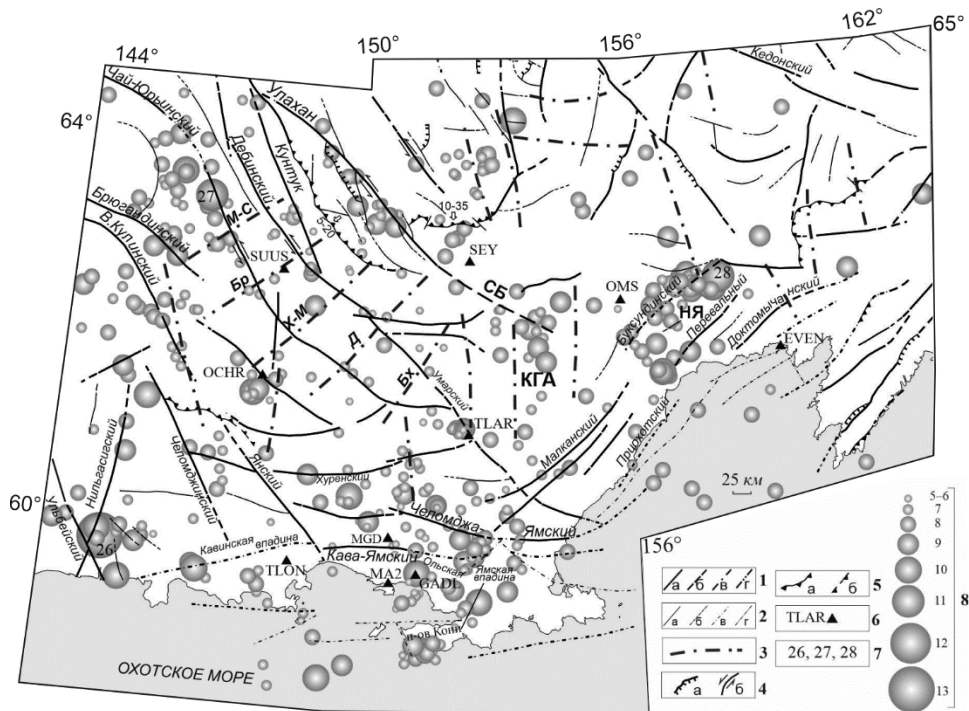


Рис. 6. Тектоническая схема района Колымы [21] и положение эпицентров землетрясений в 2018–2019 гг.

1 – крупнейшие разломы: установленные (а), предполагаемые (б), скрытые под молодыми образованиями (в) и в акватории моря (г); 2 – прочие тектонические нарушения: установленные (а), предполагаемые (б), скрытые под молодыми образованиями (в) и в акватории моря (г); 3 – скрытые разломы фундамента: М-С – Малък-Сиенский, Бр – Берелёхский, Х-М – Хейджано-Мылгинский, Д – Детринский, Бх – Бахапчинский; 4 – разломы: надвиги (а), сдвиги (б); 5 – краевые ограничения установленных (а) и предполагаемых (б) шарьяжей; 6 – сейсмическая станция; 7 – номера сильных ($K_p \geq 10.6$) землетрясений, указанных в графе 2 каталога [6]; 8 – энергетический класс землетрясений. Наименования структур: СБ – Сеймчано-Буюддинская впадина; НЯ – Наяханское вулканическое поле; КГА – Купкинская горстантиклиналь.

Большинство землетрясений приурочено к глубинным разломам северо-западного простирания – Улахану, Чай-Юрьинскому, к субширотным – Челомджа-Ямскому и Кава-Ямскому, а также северо-восточного направления – Буксундинскому и Перевальному. Наблюдается скопление эпицентров в северо-западной части района № 2, между Брюгандинским и Чай-Юрьинским разломами.

Самым сильным в районе № 2 является землетрясение с $K_p=13.2$ ($MPSP=5.1$, $MS=4.0$ [9]), произошедшее 31 июля 2019 г. в 08^h29^m в среднем течении р. Иня (26 на рис. 2, 6). В тектоническом отношении это сейсмическое событие находится в зоне пересечения глубинных разломов Ульбейского северо-западного простирания и Нильгасигского субмеридионального направления. Зарегистрировано два афтершока с $K_p=10.0$ и 7.6. Жители пос. Охотск, находящегося на расстоянии 106 км от эпицентра, ощущали 4-балльные проявления этого землетрясения, а в г. Магадане, на расстоянии 334 км, отмечались 2-балльные сотрясения.

Землетрясение 31 июля 2019 г. – самое сильное сейсмическое событие региона в 2018–2019 гг., оно записано станциями международных сейсмологических агентств (табл. 3, рис. 7).

Разброс координат по данным различных центров достигает 8 км по широте и 18 км по долготе. Все решения располагаются севернее регионального. При сводной обработке землетрясения в Магаданском филиале использовались данные наблюдений семи станций, все они располагались восточнее эпицентра (рис. 8).

Таблица 3. Основные параметры землетрясения 31 июля 2019 г. с $K_p=13.2$ по региональным данным в сопоставлении с определениями других агентств

Агентство	t_0 , ч мин с	δt_0 , с	Гипоцентр						Магнитуда	Источник
			φ° , N	$\delta\varphi^\circ$, км	λ° , E	$\delta\lambda^\circ$, км	h , км	δh , км		
МФ ФИЦ ЕГС РАН	08 29 20.9	1.9	59.82	7.1	144.88	8.7	3	8	$K_p=13.2/7$	[6]
MOS	08 29 21.90	0.89	59.877	8.8	144.82	4.8	17.0	–	$MS=4.0/12$ $MPSP=5.1/49$	[9]
ISC	08 29 23.32	0.59	59.843	5.39	144.77	4.08	13.6	3.67	$Ms=4.4/75$, $m_b=5.0/354$	[8]
IDC	08 29 21.31	0.34	59.885	10.5	144.748	6.8	0	f	$Ms=4.0/57$, $m_b=4.6/31$	– " –
NEIC	08 29 23.19	1.88	59.889	12.7	144.683	11.0	10	f	$m_b=5.0/527$	– " –
ВЛ	08 29 20.20	1.06	59.880	–	145.00	–	11	–	$Ms=5.1/60$, $m_b=4.9/65$	– " –

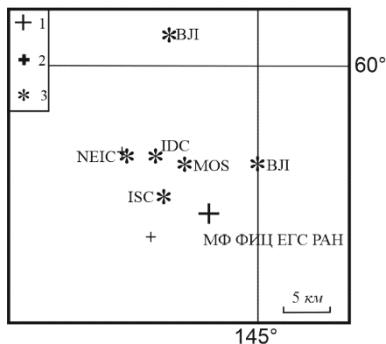


Рис. 7. Сопоставление положения эпицентра землетрясения 31 июля 2019 г. с $K_p=13.2$ по данным станций сети МФ ФИЦ ЕГС РАН и других агентств

1 – инструментальный эпицентр по [6]; 2 – афтершоки; 3 – решения по данным других сейсмологических служб [8].

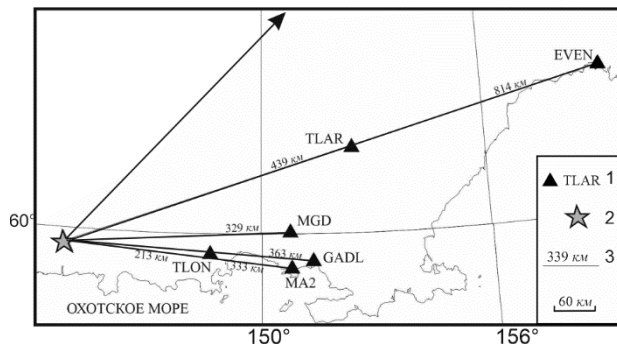


Рис. 8. Положение региональных станций, зарегистрировавших землетрясение 31 июля 2019 г. с $K_p=13.2$

1 – сейсмическая станция и ее код; 2 – эпицентр землетрясения; 3 – эпицентральное расстояние.

Ближайшей к эпицентру была станция TLON ($\Delta=213$ км); максимальное эпицентральное расстояние составило 1391 км (станция BILL).

На расстоянии ~ 6–19 км северо-западнее пос. Талая наблюдался рой землетрясений с $K_p=3.0$ –9.2. Всего в период с 29 мая по 24 июня 2019 г. зарегистрировано 216 событий, из них локализовано 33 с $K_p=5.4$ –9.2. Эти землетрясения располагаются компактной группой, вытянутой в субширотном направлении. Длина зоны около 13 км, ширина – 5 км. Девять событий ощущались жителями пос. Талая с интенсивностью $I=3$ –5 баллов. Самое сильное событие этого роя с $K_p=9.2$ произошло 31 мая в 20^h28^m на глубине ~2 км и вызвало 5-балльные сотрясения в поселке

($\Delta=7$ км). Все респонденты слышали подземный гул, похожий на взрыв, почувствовали вибрацию, как от тяжелого грузовика, затем медленное колебание. Многие отмечали ощущение удара, как от падения тяжелого предмета внутри помещения, скрипели полы и стены, проснулись дети, беспокоились животные. Многие испугались. Самые слабые из ощутимых землетрясений с $K_p=8.1$ чувствовались отдельными людьми, находившимися в состоянии покоя, на расстояниях 9–15 км с интенсивностью $I=3$ балла. Был слышен гул, похожий на приближающийся шум. Отмечались вибрация и медленные колебания. В поселке функционирует бальнеогрязевый курорт «Талая», среди отдыхающих возникла паника, некоторые из них покинули санаторий из-за подземных толчков.

В тектоническом отношении рой землетрясений в районе пос. Талая находится в пределах Хетинской депрессии, сложенной вулканитами Охотско-Чукотского вулканогенного пояса (ОЧВП) (рис. 9). Линейная область эпицентров землетрясений, возможно, представляет собой зону активного разлома, которая проходит в непосредственной близости от поселка Талая.

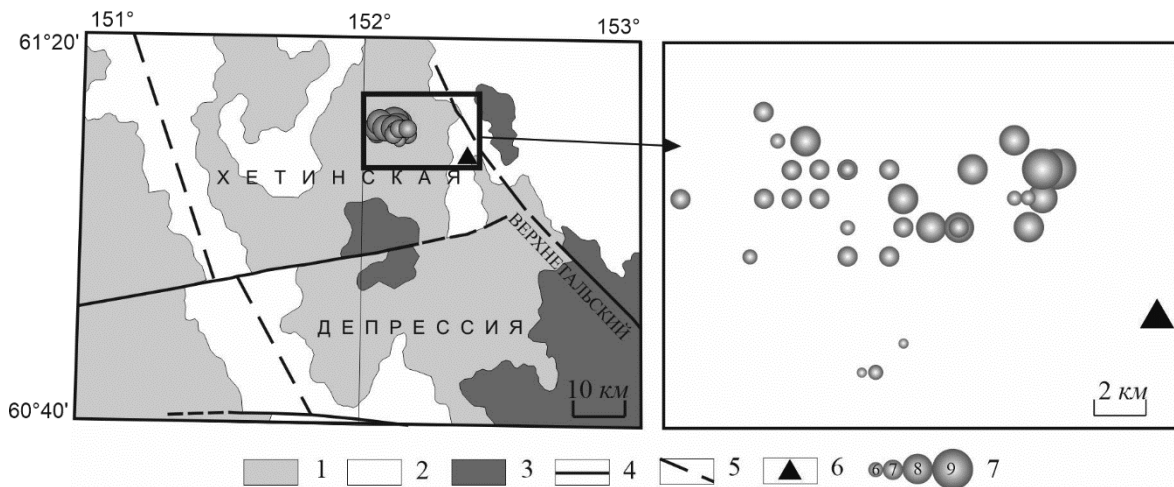


Рис. 9. Тектоническая схема эпицентральной зоны роя землетрясений в районе пос. Талая

1 – нижне- и верхнемеловые вулканиты ОЧВП; 2 – терригенный комплекс чехла срединных массивов; 3 – позднеюрские гранитоиды; крупнейшие разломы: 4 – установленные, 5 – предполагаемые; 6 – сейсмостанция «Талая»; 7 – энергетический класс землетрясения.

На берегу Охотского моря, вблизи с. Гадля, 28 октября 2019 г. в 14^h41^m произошло землетрясение с $K_p=10.3$. Оно ощущалось в с. Гадля ($\Delta=3$ км), Ола ($\Delta=11$ км) с интенсивностью 4 балла, в г. Магадан ($\Delta=34$ км) – 3 балла. Из других населенных пунктов сведений не поступало. Афтершоков не зарегистрировано.

В с. Гадля и пос. Ола дребезжали окна, двери, посуда. Раскачивались люстры, дрожали полы, тяжелая мебель (диваны, шкафы) вибрировала. Многие слышали подземный гул, как от тяжелой техники. Многие жители испугались, некоторые вышли на улицу. В Магадане многие, находясь в помещениях, в состоянии покоя ощутили толчки и вибрацию, чуть сильнее на верхних этажах зданий (3–7 этажи). Эпицентр землетрясения находится в пределах Ольской неотектонической впадины.

Активным в 2018–2019 гг. был район Наяханского вулканического поля, между Буксундинским и Перевальным глубинными разломами (рис. 6). Отметим здесь рой землетрясений с $K_p=6.6–10.7$ ($N=39$), возникший в 2019 г. восточнее Омсукчана (станция OMS) (рис. 6). Область эпицентров вытянута в широтном направлении, ее длина около 64 км, ширина – 24 км. Большинство землетрясений роя ($N=33$) зарегистрировано в июле и августе. Максимальное событие (28) с $K_p=10.7$ произошло 5 ноября 2019 г. в 01^h13^m. Оно ограничивает положение роя с востока, что характерно для афтершоковых зон и роевых последовательностей Северо-Востока, где главное событие практически всегда является ограничивающим положение афтершоков с одной из сторон эллипсоида, за пределами которой эпицентры отсутствуют [22]. В тектоническом отношении очаги землетрясений приурочены к северному окончанию Буксундинского глубинного разлома северо-восточного простирания, который характеризуется левосторонним сдвигом [21].

Большинство землетрясений района Колымы (№ 2) приурочено к глубинным разломам северо-западного, субширотного и северо-восточного простирания в пределах юго-восточной части сейсмического пояса Черского [14].

В районе **Западной Чукотки (№ 3)** зарегистрировано четыре землетрясения с $K_p=8.8–11.1$. Событие (29) с $K_p=10.6$, произошедшее 15 ноября 2019 г. в 01^h48^m, ощущалось в с. Чуванское ($\Delta=20$ км) с интенсивностью $I=5$ баллов. Землетрясение приповерхностное, его глубина 0 км выбрана и зафиксирована программой обработки НУР2DT [5]. Село Чуванское находится на правом берегу притока реки Анадырь, застроено деревянными одноэтажными домами, население – около 200 человек. Все жители, находившиеся внутри помещений, почувствовали сильные толчки, общее содрогание строений, многие в испуге выбежали на улицу.

На **Восточной Чукотке (№ 4)** локализовано 67 землетрясений с $K_p=7.3–11.9$ (рис. 2). Выделившаяся сейсмическая энергия, равная $\Sigma E=24.409 \cdot 10^{11}$ Дж, составляет 9.2 % от суммарной двухгодичной энергии региона (табл. 1).

Самое сильное землетрясение (24) с $K_p=11.9$ ($MPSP=4.6$) на Восточной Чукотке произошло 4 апреля 2019 г. в 02^h33^m в центральной части Чукотского п-ова, вдали от населенных пунктов. Это максимальное событие роя из семи толчков с $K_p=8.5–11.9$, произошедших в апреле 2019 года. Они образуют зону изометричной в плане формы размером 32x28 км. Максимальный толчок ограничивает зону с запада (рис. 2, 10).

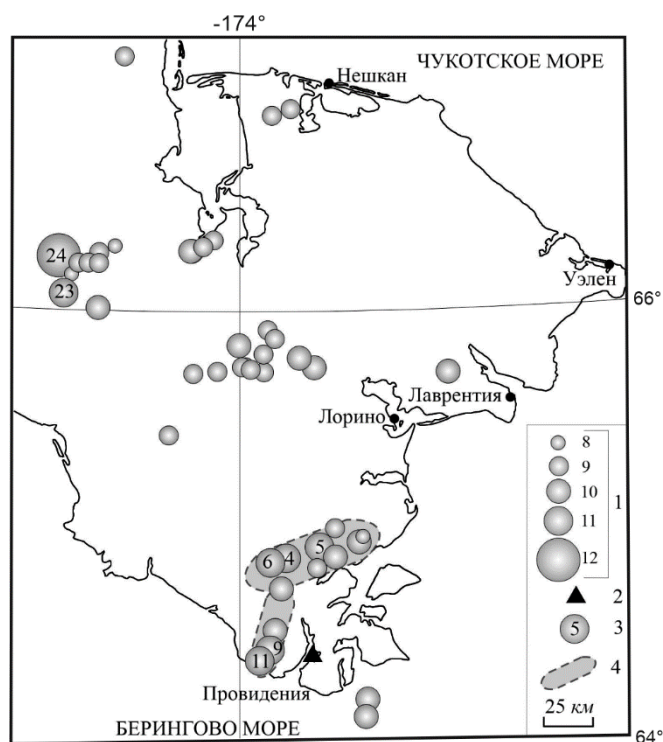


Рис. 10. Карта эпицентров землетрясений Чукотского полуострова, зарегистрированных в 2018–2019 гг.

1 – энергетический класс землетрясения; 2 – сейсмостанция PVDR; 3 – номер сильного ($K_p \geq 10.6$) землетрясения, указанного в графе 2 каталога [6]; 4 – зона активного разлома.

7 июня 2018 г. в 19^h18^m в 50 км к северу от пос. Provideniya произошло довольно сильное землетрясение (4) с $K_p=11.4$ ($MPSP=3.8$). После него возник рой слабых толчков. За период с 7 июня 2018 г. по декабрь 2019 г. станция «Provideniya» (PVDR) зарегистрировала более 1830 толчков с $K_p=3.0–11.1$, из которых по данным сети станций PVDR, ANDR и BILL локализовано лишь 15 землетрясений с $K_p \geq 8.5$. Большинство землетрясений произошли на расстоянии $\Delta=5–64$ км от пос. Provideniya (рис. 10). Наиболее активна была зона севернее поселка, где эпицентры землетрясений образуют область, вытянутую в субширотном направлении. Ее протяженность около ~ 50 км. Также активизировалась зона западнее поселка субмеридионального простирания длиной ~ 30 км. Эти линейные области эпицентров землетрясений, возможно,

представляют собой зоны активных разломов, которые проходят в непосредственной близости от поселка (рис. 10). Жители пос. Провидения землетрясения не ощущали.

Отметим сейсмическую активность у южного фланга ТБСП, вдоль побережья Берингова моря, где локализовано 15 землетрясений с $K_p=9.5-11.5$. Эпицентры двух из них (12 и 13) находятся в Беринговом море (рис. 2). Область эпицентров протягивается на северо-восток на расстояние около 170 км. Самое сильное событие (21) с $K_p=11.5$ ($MPSP=4.7$ по [6]) произошло 10 декабря 2018 г. в 20^h28^m, оно записано станциями международных сейсмологических агентств (табл. 4, рис. 11).

Таблица 4. Основные параметры землетрясения 10 декабря 2018 г. с $K_p=11.5$ по региональным данным в сопоставлении с определениями других агентств

Агентство	t_0 , ч мин с	δt_0 , с	Гипоцентр						Магнитуда	Источник
			φ°, N	$\delta\varphi^\circ$, км	λ°, E	$\delta\lambda^\circ$, км	h , км	δh , км		
МФ ФИЦ ЕГС РАН	20 28 26.2	1.1	63.11	7.4	177.28	3.4	11	8	$K_p=11.5/8$ $MPSP=4.7/3$	[6]
MOS	20 28 23.6	1.43	62.817	10.5	177.487	7.2	10	–	$MS=4.3/6$ $MPSP=4.8/33$	[9]
ISC–ЕНВ	20 28 26.62	–	62.707	5.6	177.318	2.2	19.7	f	$M_S=4.2/88$, $m_b=4.7/158$	[8]
IDC	20 28 23.2	0.49	62.800	14.3	177.1947	10.6	0	f	$M_S=4.1/74$, $m_b=4.3/34$	– " –
NEIC	20 28 24.95	1.72	62.6971	20.3	177.3072	10.9	10	f	$m_b=4.7/259$	– " –
ВЛ	20 28 22.30	–	62.86	–	177.25	–	6.0	–	$M_S=4.6/51$, $m_b=4.9/34$	– " –
GCMT	20 28 27.0	0.30	62.79	–	177.19	–	19.7	f	$M_W=4.8/101$	– " –

Решение МФ ФИЦ ЕГС РАН смещено к северу относительно других, например от ВЛ на ~27 км. Разброс в положении эпицентров прочих международных агентств не превышает 17 км. Глубина очага по региональным данным, $h=11$ км, определена программой HYP2DT.

При сводной обработке землетрясения в Магаданском филиале использовались данные наблюдений восьми станций (рис. 12). Ближайшая к эпицентру станция ANDR находилась в 182 км севернее эпицентра. Отметим, что на канале времени в ANDR произошел сбой, поэтому была принята поправка для вступлений волн P -, Pg - и Sg -, равная $t=-20.2^s$, «рекомендованная» программой HYP2DT.

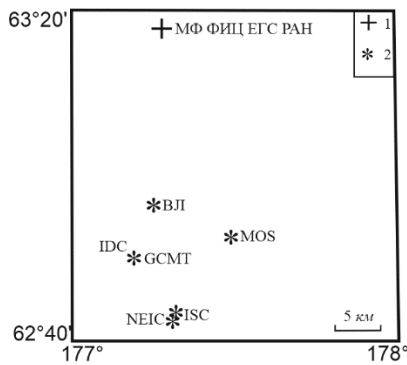


Рис. 11. Сопоставление положения эпицентра землетрясения 10 декабря 2018 г. с $K_p=11.5$ по данным станций сети МФ ФИЦ ЕГС РАН и других агентств

1 – инструментальный эпицентр по [6]; 2 – решения по данным других сейсмологических служб [8].

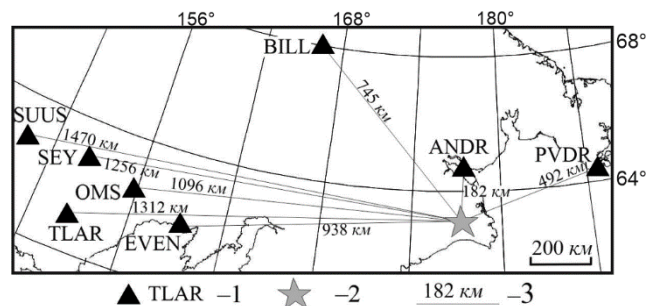


Рис. 12. Положение региональных станций, зарегистрировавших землетрясение с $K_p=11.5$ 10 декабря 2018 г.

1 – сейсмическая станция и ее код; 2 – эпицентр землетрясения; 3 – эпицентральное расстояние.

Для землетрясения 10 декабря 2018 г. в 20^h28^m есть решение механизма очага по данным GCMT (рис. 2) [13, 20]. Согласно механизму, землетрясение возникло в условиях, близких по величине ($PL_T=11^\circ, PL_P=5^\circ$) напряжений растяжения, ориентированных на юго-запад ($AZM_T=202^\circ$), и сжатия, направленных на юго-восток ($AZM_P=111^\circ$). Простираение по нодальной плоскости

NP1 – юго-западное ($STK_1=246^\circ$), по *NP2* – северо-западное ($STK_2=337^\circ$). Тип подвижки в очаге – сдвиг, правосторонний по *NP1* и левосторонний по *NP2*. Обе нодальные плоскости имеют крутое падение ($DP1=78^\circ$, $DP2=86^\circ$), сдвиги осложнены компонентами взброса. Сравнивая указанные простирания плоскостей с направлением вытянутости зоны землетрясений (северо-восточным), можно отдать предпочтение плоскости *NP1*.

Одно землетрясение из этой зоны, произошедшее 24 ноября 2019 г. в $15^{\text{h}}07^{\text{m}}$ с $K_p=10.1$, ощущалось в с. Мейныпильгино ($\Delta=10$ км) с интенсивностью $I=5$ баллов. Землетрясение близповерхностное, глубина очага 0 км выбрана и зафиксирована программой обработки НУР2DT. В с. Мейныпильгино проживают около 300 человек, оно находится на берегу Берингова моря на широкой приморской косе между большими озерами, застроено одно- и двухэтажными деревянными домами. Землетрясение ощутили почти все жители Мейныпильгино, оно случилось в 3 часа ночи по местному времени, спавшие люди проснулись от сильного толчка и содрогания жилища, в страхе выбежали на улицу, долгое время боялись заходить внутрь помещения.

Большинство землетрясений Восточной Чукотки находятся в пределах ТБСП.

В Чукотском море (№ 5) зарегистрированы три землетрясения с $K_p=9.3, 10.2$ и 11.3 .

В Беринговом море (№ 6) зарегистрировано 18 землетрясений, из которых восемь с $K_p=8.9–12.7$ локализованы сетью МФ ФИЦ ЕГС РАН [6], параметры десяти других с $m_{b\text{NEIC}}=2.9–4.1$ заимствованы из бюллетеня ISC [7]. Суммарная сейсмическая энергия в их очагах, равная $\Sigma E=58.825^{11}$ Дж, составляет 22 % от всей выделившейся энергии землетрясений, зарегистрированных на Северо-Востоке. Основное количество энергии ($E=5.01 \cdot 10^{12}$ Дж), 85 %, высвободилось 16 января 2018 г. в $04^{\text{h}}41^{\text{m}}$ в очаге землетрясения (1) с $K_p=12.7$ ($MPSP=4.7$ по [6]). Его эпицентр расположен у западного побережья о-ва Святого Лаврентия. Основные параметры землетрясения по материалам международных агентств приведены в табл. 5. Координаты эпицентра по данным разных сетей показаны на рис. 13. Все решения хорошо согласуются между собой и с положением афтершоков. Разброс координат по данным различных центров достигает ~ 20 км по широте и ~ 15 км по долготе. Регистрация землетрясения 16 января с $K_p=12.7$ и определение гипоцентра в Магаданском филиале выполнены по данным девяти станций. Диапазон эпицентральных расстояний $\Delta=521–1980$ км (рис. 14).

Таблица 5. Основные параметры землетрясения 16 января 2018 г. с $K_p=12.7$ по региональным данным в сопоставлении с определениями других агентств

Агентство	t_0 , ч мин с	δt_0 , с	Гипоцентр						Магнитуда	Источник
			φ° , N	$\delta\varphi^\circ$, км	λ° , E	$\delta\lambda^\circ$, км	h , км	δh , км		
МФ ФИЦ ЕГС РАН	04 41 03.0	0.9	63.18	13.9	-172.50	7.4	10	f	$K_p=12.7/2$, $MPSP=4.7/7$	[6]
MOS	04 41 02.00	1.67	63.068	10.7	-172.225	6.8	12.0	–	$M_S=4.2/5$, $MPSP=4.7/35$	[9]
IDC	04 41 01.63	0.51	63.2555	15.6	-172.5129	8.8	0	f	$M_S=4.3/33$, $m_b=4.2/59$	[8]
AEIC	04 41 01.72	1.73	63.1438	7.96	-172.2512	4.3	25.3	4.6	$ML=4.9$	– " –
GCMT	04 41 01.80	0.20	63.16	–	-172.55	–	22.6	1.3	$M_W=5.0/111$	– " –
NEIC	04 41 02.89	1.54	63.1343	8.22	-172.2967	5.7	12.5	4.3	$m_b=4.5/61$	
ISC-ENB	04 41 03.4	–	63.117	4.8	-172.253	2.6	13.8	2.7		
ISC	04 41 03.56	0.59	63.1535	6.10	-172.2931	4.2	14.2	3.4	$M_S=4.3/71$, $m_b=4.6/106$	

Механизм очага этого землетрясения определен GCMT [13, 20] (рис. 2). Согласно механизму, землетрясение возникло в условиях близких по величине ($PL_T=2^\circ$, $PL_P=7^\circ$) напряжений растяжения и сжатия, ориентированных на юг ($AZM_T=180^\circ$) и восток ($AZM_P=271^\circ$) соответственно. Обе нодальные плоскости имеют крутое падение ($DP1=84^\circ$, $DP2=87^\circ$). Простирание по нодальной плоскости *NP1* – северо-западное ($STK_1=315^\circ$), по *NP2* – северо-восточное ($STK_2=46^\circ$). Тип подвижки в очаге – сдвиг, левосторонний по *NP1* и правосторонний по *NP2*. Сравнивая указанные простирания плоскостей с положением зоны афтершоков (северо-восточным), можно отдать предпочтение плоскости *NP2*.

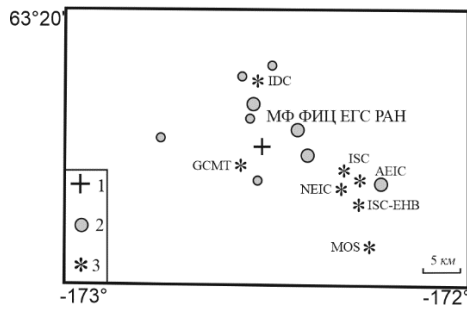


Рис. 13. Сопоставление положения эпицентра землетрясения 16 января 2018 г. с $K_p=12.7$ по данным станций МФ ФИЦ ЕГС РАН и других агентств

1 – инструментальный эпицентр по [6];
2 – эпицентры афтершоков; 3 – решения по данным других сейсмологических служб [8, 9].

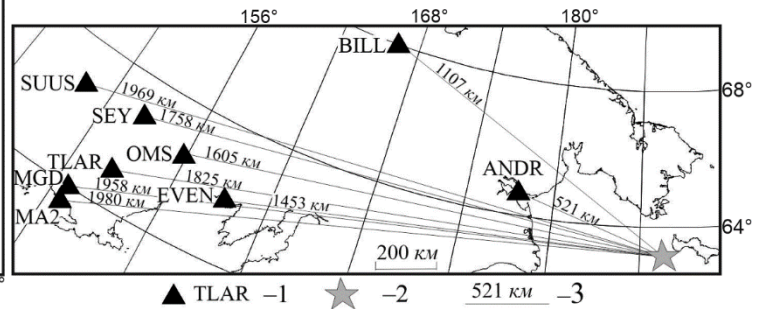


Рис. 14. Положение региональных станций МФ ФИЦ ЕГС РАН, зарегистрировавших землетрясение 16 января 2018 г. с $K_p=12.7$

1 – сейсмическая станция и ее код; 2 – эпицентр землетрясения;
3 – эпицентральное расстояние.

Землетрясение 16 января 2018 г. сопровождалось афтершоками с $mb=3.5-4.1$, их параметры определены по данным бюллетеней ISC [8] и содержатся в дополнительном каталоге [7]. Все они записаны двумя станциями BILL и ANDR сети МФ ФИЦ ЕГС РАН (оборудование PVDR вышло из строя). Этих данных оказалось недостаточно для определения координат афтершоков, но по ним определен их энергетический класс: $K_p=9.8-11.5$. Почти все афтершоки зарегистрированы в январе 2018 г., кроме них – один в марте и один в январе 2019 г. (спустя год). Энергетическая ступень между главным событием и максимальным афтершоком, который возник спустя 01^h09^m , составляет $\Delta K_a=1.2$, а разница магнитуд – $\Delta M_a=0.5$ (магнитуда mb). Такое низкое значение разницы магнитуд и энергетических классов характеризует роевые последовательности. Для афтершоковых зон Северо-Востока разница магнитуд между главным событием и сильнейшим афтершоком составляет в среднем 1.7 [22]. Очевидно, землетрясений в этой зоне было больше, действующей сетью станций зарегистрированы только сильнейшие из них с $K_p \geq 9.8$ ($mb \geq 3.5$).

За всю историю наблюдений в районе о-ва Св. Лаврентия локализовано только два землетрясения: 20 сентября 1983 г. с $K_p=10.6$ и 28 сентября 2009 г. с $K_p=10.4$ [23, 24].

Очаги трех землетрясений (2, 3, 19) находятся в Беринговом море, но вне границ региона, на расстоянии 58–96 км южнее.

Заключение. Уровень сейсмичности Северо-Востока России в 2018–2019 гг., согласно шкале «СОУС'09» [17], оценен как «фоновый средний». Наблюдается повышение сейсмической активности на Чукотском п-ове, в Беринговом и Охотском морях. Большим количеством ощутимых землетрясений отличился 2019 год. Улучшились регистрационные возможности сети станций в районах Чукотки. Пространственно все землетрясения Северо-Востока России традиционно сосредоточены в крупных сейсмогенных поясах: Черского, Северо-Охотском и Транс-Берингийском.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России (в рамках государственного задания № 075-01271-23) и с использованием данных, полученных на уникальной научной установке «Сейсмоинфразвуковой комплекс мониторинга арктической криолитозоны и комплекс непрерывного сейсмического мониторинга Российской Федерации, сопредельных территорий и мира» (<https://ckp-rf.ru/usu/507436/>, <http://www.gsras.ru/unu/>).

Л и т е р а т у р а

1. Алёшина Е.И., Курткин С.В. Сейсмические станции Северо-Востока России в 2018–2019 гг. (код сети NEGSR) // Землетрясения Северной Евразии. – 2023. – Вып. 26 (2018–2019 гг.). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.gsras.ru/zse/app-26.html>
2. Раутиан Т.Г. Об определении энергии землетрясений на расстоянии до 3000 км // Экспериментальная сейсмика. (Труды ИФЗ АН СССР; № 32 (199)). – М.: Наука, 1964. – С. 88–93.

3. Артамонов В.В., Мишина Л.В. Регистрационные возможности сети сейсмических станций Северо-Востока СССР // Сейсмические процессы на Северо-Востоке СССР. – Магадан, 1984. – С. 99–115.
4. Дроздин Д.В., Дроздина С.Я. Интерактивная программа обработки сейсмических сигналов DIMAS // Сейсмические приборы. – 2010. – Т. 46, № 3. – С. 22–34.
5. Maskey K.G. Seismological Studies in Northeast Russia. Dissertation for the degree of Ph.D. / Michigan State University. Department of Geological Sciences, 1999. – 346 p.
6. Алёшина Е.И. (отв. сост.), Габдрахманова Ю.В., Чернецова А.Г., Бугаёва А.П. Каталог землетрясений Северо-Востока России за 2018–2019 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2023. – Вып. 26 (2018–2019 гг.). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.gsras.ru/zse/app-26.html>
7. Алёшина Е.И., Лукаш Н.А. Дополнение к каталогу землетрясений Северо-Востока России за 2018–2019 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2023. – Вып. 26 (2018–2019 гг.). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.gsras.ru/zse/app-26.html>
8. International Seismological Centre. (2023). On-line Bulletin. <https://doi.org/10.31905/D808B830>
9. Сейсмологический бюллетень (сеть телесеизмических станций), 2018–2019. (2023) // ФИЦ ЕГС РАН [сайт]. – URL: http://www.gsras.ru/ftp/Teleseismic_bulletin/2018
10. Алёшина Е.И. Макросейсмический эффект ощутимых землетрясений в населенных пунктах Северо-Востока России в 2018–2019 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2023. – Вып. 26 (2018–2019 гг.). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.gsras.ru/zse/app-26.html>
11. Медведев С.В., Шпонхойер В., Карник В. Международная шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.
12. Алёшина Е.И. (отв. сост.), Лукаш Н.А. Сведения о пунктах, для которых имеется информация о макросейсмических проявлениях ощутимых землетрясений Северо-Востока России в 2018–2019 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2023. – Вып. 26 (2018–2019 гг.). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.gsras.ru/zse/app-26.html>
13. Global Centroid Moment Tensor (GCMT). Catalog Search. (2023). [Site]. – URL: <https://www.glob-alcmt.org/>
14. Козьмин Б.М. Сейсмические пояса Якутии и механизм очагов землетрясений. – М.: Наука, 1984. – 125 с.
15. Алёшина Е.И., [Седов Б.М.](#) Развитие структуры и геодинамики северной границы Охотоморской плиты // Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России. – Петропавловск-Камчатский: КФ ГС РАН, 2009. – С. 11–13.
16. Maskey K.G., Fujita K., [Sedov B.M.](#), Gounbina L.V., Leyshuk N., Kurtkin S. A seismic aftershock deployment and analysis of seismicity of the Neshkan region, Chukotka, Russia (Michigan State University, Department of Geological Sciences, USA) // NERSP Report. – 2003. – N 10. – 85 p.
17. Салтыков В.А. Формализованная оценка уровня сейсмичности на примере Камчатки и Байкальского региона // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы Четвертой Международной сейсмологической школы. – Обнинск: ГС РАН, 2009. – С. 178–182.
18. Алёшина Е.И., Курткин С.В. Северо-Восток России и Чукотка // Землетрясения России в 2018 г. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – С. 66–70.
19. Алёшина Е.И., Курткин С.В. Северо-Восток России и Чукотка // Землетрясения России в 2019 г. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2021. – С. 67–72.
20. Алёшина Е.И., Лукаш Н.А. – Каталог механизмов очагов землетрясений Северо-Востока России за 2018–2019 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2023. – Вып. 26 (2018–2019 гг.). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.gsras.ru/zse/app-26.html>
21. Кузнецов В.М. Схема тектонического районирования Охотско-Колымского водораздела. Масштаб 1:1 000 000. – ФГУП «Магадангеология», 2001.
22. Алёшина Е.И., [Седов Б.М.](#), Гунбина Л.В. Характеристика роев и афтершоков Северо-Востока России // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы Девятой Международной сейсмологической школы. – Обнинск: ГС РАН, 2014. – С. 31–35.
23. Владимирова Л.В., Лазарева А.П., Измайлов Л.И. Землетрясения Северо-Востока // Землетрясения в СССР в 1983 году. – М.: Наука, 1986. – С. 117–122.
24. Алёшина Е.И., Гунбина Л.В., Карпенко Л.И., [Седов Б.М.](#) Северо-Восток России // Землетрясения Северной Евразии, 2009 год. – Обнинск: ГС РАН, 2015. – С. 195–202.

SEISMICITY of the NORTH-EAST of RUSSIA in 2018–2019

E.I. Alyeshina, S.V. Kurtkin, L.I. Karpenko

Magadan branch of Geophysical Survey of the Russian Academy of Sciences, Russia, Magadan,
evgeniya@memsd.ru

Abstract. The results of seismic monitoring of the Magadan region, Chukotka Autonomous Area and the shelf of adjacent Okhotsk, Chukchi, Bering and East Siberian seas are considered. There were 14 seismic stations working in the region. The catalog includes information about 644 earthquakes with energy classes $K_R=4.8-13.2$. As usual, most of them (77 %) are localized in the Kolyma region (area № 2). The additional catalog contains information about 12 earthquakes in the Chukchi. The total seismic energy released within the region's borders was $\Sigma E=2.67 \cdot 10^{13} J$. The classification of Russian North-East earthquakes was performed using energy classes K_R of T.G. Rautian's scale. According to the earthquake energy representativeness map, the regional network of stations records without omissions the earthquakes with $K_{\min}=7$ on the territory of Magadan region, with $K_{\min}=8$ in the Okhotsk sea and with $K_{\min}=10$ in the Chukchi. The strongest earthquake of 2018–2019 with $K_R=13.2$ ($MPSP=5.1$, $MS=4.0$) occurred on July 5, 2019 in the Kolyma area. 14 earthquakes with intensity $I=2-5$ of the Russian Seismic Intensity Scale (SIS-2017) were felt in North East settlements. Epicenters of Magadan region earthquakes were plotted on the tectonic zoning scheme. Most earthquakes are confined to the largest deep faults in the northwestern and sublatitudinal directions. All hypocenters are located within the earth's crust. The seismicity level of the North-East of Russia in 2018–2019 according to the "SOUS'09" scale was assessed as "background average one" for the observation period from 1968 to 2019. Spatially, all earthquakes in the North-East of Russia are traditionally concentrated in large seismogenic belts: Chersky, North-Okhotsk and Trans-Beringian.

Keywords: Kolyma, Chukchi, Okhotsk sea, energy classes, tectonics, deep fault, epicentral zone.

For citation: Alyeshina, E.I., Kurtkin, S.V., & Karpenko, L.I. (2023). [Seismicity of the North-East of Russia in 2018–2019]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 26(2018–2019), 185–199. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.15> EDN: MZUCYS

References

1. Alyeshina, E.I., & Kurtkin, S.V. (2023). [Seismic stations North-East of Russia in 2018–2019 (network code NEGRS)]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 26(2018–2019). Electronic supplement. Retrieved from <http://www.gsras.ru/zse/app-26.html> (In Russ.).
2. Rautian, T.G. (1964). [On determining the energy of earthquakes at a distance of 3000 km]. In *Ekspierimental'naiia seismika. Trudy IFZ AN SSSR № 32(199)* [Experimental seismic] (pp. 88–93). Moscow, Russia: Nauka Publ. (In Russ.).
3. Artamonov, V.V., & Mishina, L.V. (1984). [Registration capabilities of the network of seismic stations of the North-East of the USSR]. In *Seismicheskie processy na Severo-Vostoke SSSR* [Seismic processes in the North-East of the USSR] (pp. 99–115). Magadan, Russia. (In Russ.).
4. Droznin, D.V., & Droznina, S.Ya. (2011). Interactive DIMAS software for seismic signal processing. *Seismic Instruments*, 47(3), 215–224. DOI: <https://doi.org/10.3103/S0747923911030054>
5. Mackey, K.G. (1999). Seismological Studies in Northeast Russia. Dissertation for the degree of Ph.D. *Michigan State University. Department of Geological Sciences*, 346 p.
6. Alyeshina, E.I., Chernetsova, A.G., Gabdrahmanova, J.V., & Bugaeva, A.P. (2023). [The catalog of earthquakes of the North-East of Russia in 2018–2019]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 26(2018–2019). Electronic supplement. Retrieved from <http://www.gsras.ru/zse/app-26.html> (In Russ.).
7. Alyeshina, E.I., & Lukash, N.A. (2023). [Addition to the catalogue of earthquakes in the North-East of Russia for 2018–2019]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 26(2018–2019). Electronic supplement. Retrieved from <http://www.gsras.ru/zse/app-26.html> (In Russ.).
8. International Seismological Centre. (2023). On-line Bulletin. Retrieved from <https://doi.org/10.31905/D808B830>
9. GOST R 57546-2017. (2017). [Earthquakes. Seismic Intensity Scale]. Moscow, Russia: Standardin form Publ., 27 p.
10. Alyeshina, E.I. (2023). [Macroseismic effect of significant earthquakes in settlements of the North-East of Russia in 2018–2019]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 26(2018–2019). Electronic supplement. Retrieved from <http://www.gsras.ru/zse/app-26.html> (In Russ.).
11. *Mezhdunarodnaya shkala seismicheskoy intensivnosti MSK-64* [MSK-64 International seismic intensity scale]. Moscow, Russia: MGK Academy of Sciences USSR Publ., 11 p. (In Russ.).
12. Alyeshina, E.I., & Lukash, N.A. (2023). [Information on points for which there is information on macroseismic manifestations of felt earthquakes of the North-East of Russia in 2018–2019]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 26(2018–2019). Electronic supplement. Retrieved from <http://www.gsras.ru/zse/app-26.html> (In Russ.).

13. Global Centroid Moment Tensor (GCMT). Catalog Search. (2023). Retrieved from <https://www.glob-alcmt.org/>
14. Kozmin, B.M. (1984). *Seismicheskie poyasa Yakutii i mehanizm ochagov zemletryaseniy* [Seismic zones of Yakutia and the mechanism of earthquake foci]. Moscow, Russia: Nauka Publ., 125 p. (In Russ.).
15. Alyeshina, E.I., & Sedov, B.M. (2009). [Development of the structure and geodynamics of the Northern border of the Okhotsk plate]. In *Materialy sed'moi nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya "Problemy kompleksnogo geofizicheskogo monitoringa Dal'nego Vostoka Rossii"* [Proceedings of the seventh scientific-practical conference "Problems of complex geophysical monitoring of the Russian Far East"] (pp. 11–13). Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia: KF GS RAS Publ. (In Russ.).
16. Mackey, K.G., Fujita, K., Sedov, B.M., Gounbina, L.V., Leyshuk, N., & Kurtkin, S. (2003). A seismic aftershock deployment and analysis of seismicity of the Neshkan region, Chukotka, Russia. Michigan State University, Department of Geological Sciences, USA. *NERSP Report*, 10, 85.
17. Saltykov, V.A. (2009). [Formalized estimation of seismicity level by the example of Kamchatka and Baikal region]. In *Materialy IV Mezhdunarodnoi seismologicheskoi shkoly "Sovremennye metody obrabotki i interpretatsii seismologicheskikh dannykh"* [Proceedings of the IV International Seismological Workshop "Modern Methods of Processing and Interpretation of Seismological Data"] (pp. 178–182). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
18. Alyeshina, E.I., & Kurtkin, S.V. (2020). [Northeast of Russia and Chukotka]. In *Zemletriaseniia Rossii v 2018 godu* [Earthquakes in Russia, 2018] (pp. 66–70). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
19. Alyeshina, E.I., & Kurtkin, S.V. (2021). [Northeast of Russia and Chukotka]. In *Zemletriaseniia Rossii v 2019 godu* [Earthquakes in Russia, 2019] (pp. 67–72). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
20. Alyeshina, E.I., & Lukash, N.A. (2023). [Catalog of mechanisms of earthquake foci in the North-East of Russia for 2018–2019]. Electronic supplement. Retrieved from <http://www.gsras.ru/zse/app-26.html> (In Russ.).
21. Kuznetsov, V.M. (2001). *Skhema tektonicheskogo raionirovaniia Okhotsko-Kolymsskogo vodorazdela. Masshtab 1:1 000 000* [Scheme of tectonic zoning of the Okhotsk-Kolyma watershed. Scale 1:1 000 000]. FSUE «Magadangeologiya» Publ. (In Russ.).
22. Alyeshina, E.I., Sedov, B.M., & Gunbina, L.V. (2014). [Characteristic of earthquake swarms and aftershocks in Northeast Russia]. In *Materialy IX Mezhdunarodnoi seismologicheskoi shkoly "Sovremennye metody obrabotki i interpretatsii seismologicheskikh dannykh"* [Proceedings of the IX International Seismological Workshop "Modern Methods of Processing and Interpretation of Seismological Data"] (pp. 31–35). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
23. Vladimirova, L.V., Lazareva, A.P., & Izmailov, L.I. (1986). [Earthquakes in North-East]. In *Zemletriaseniia v SSSR v 1983 godu* [Earthquakes in the USSR in 1983] (pp. 117–122). Moscow, Russia: Nauka Publ. (In Russ.).
24. Alyeshina, E.I., Kurtkin, S.V., Karpenko, L.I., & Sedov, B.M. (2019). [North-East of Russia]. In *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii v 2009 godu* [Earthquakes in Northern Eurasia, 2009] (pp. 196–203). Moscow, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).