

КАМЧАТКА И КОМАНДОРСКИЕ ОСТРОВА

Д.В. Чебров, А.Ю. Чеброва, И.Р. Абубакиров, Е.А. Матвеев, С.В. Митюшкина,

В.М. Павлов, В.А. Салтыков, П.В. Воропаев, С.Я. Дрознина

Камчатский филиал ФИЦ ЕГС РАН, г. Петропавловск-Камчатский, Россия, van@emsd.ru

Аннотация. Приведен обзор сейсмичности Камчатки и прилегающих территорий за 2014 г. Представительность каталога землетрясений Камчатки в целом может оцениваться с $K_{\min}=8.5$, а для охотоморских землетрясений, происходящих на глубине нескольких сот километров, $K_{\min}=8.7$. Публикуемый в настоящем ежегоднике каталог землетрясений 2014 г. с $K_s \geq 8.5$, зарегистрированных Камчатской региональной сетью, включает 1114 событий. Из них 86 событий с $K_s=8.5-13.9$ ощущались с интенсивностью I от 2 до 5 баллов по шкале MSK-64 на Камчатке и прилегающих территориях. Для событий 2014 г. предпринята попытка массового расчета тензора сейсмического момента (ТСМ) для всех землетрясений из зоны ответственности КФ ФИЦ ЕГС РАН с $K_s \geq 11.5$. В региональном каталоге присутствует 40 таких событий. Для 36 землетрясений удалось успешно рассчитать ТСМ и глубину h эквивалентного точечного источника. Расчеты проводились для модели ТСМ «двойной диполь без момента» с использованием нелинейного алгоритма. В 2014 г. в пределах Камчатской зоны ответственности наблюдалась типичная картина расположения эпицентров землетрясений. Уровень сейсмичности по шкале «СОУС'09» во всех выделенных зонах и в целом соответствовал фоновому. Количество зафиксированных событий с $K_s \geq 8.6$ и сильных землетрясений с $K_s \geq 11.6$ близко к среднегодовому значению. Аномальных и выдающихся событий не отмечено.

Ключевые слова: Камчатка, сейсмичность, каталог, землетрясение, механизм очага, макросейсмика, уровень сейсмичности.

DOI: 10.35540/1818-6254.2020.23.16

Для цитирования: Чебров Д.В., Чеброва А.Ю., Абубакиров И.Р., Матвеев Е.А., Митюшкина С.В., Павлов В.М., Салтыков В.А., Воропаев П.В., Дрознина С.Я. Камчатка и Командорские острова // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 23 (2014 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – С. 172–182. doi: 10.35540/1818-6254.2020.23.16

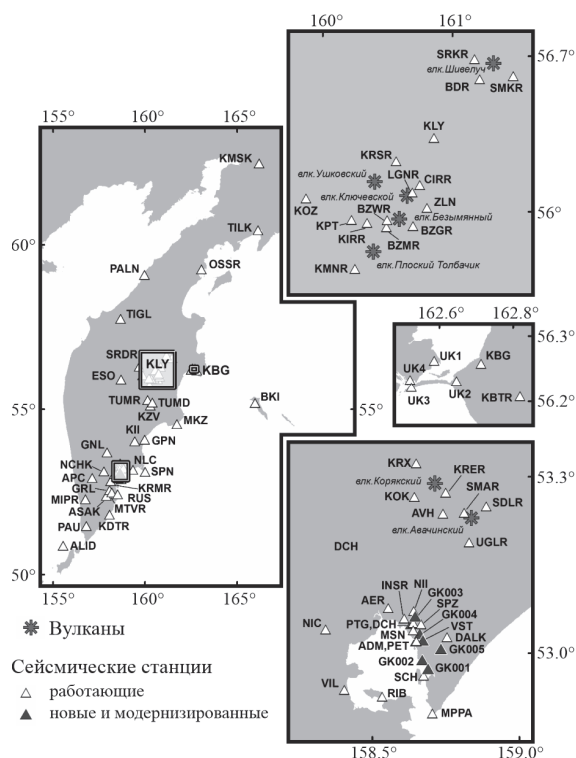


Рис. 1. Сеть сейсмических станций Камчатки в 2014 г. [1]

Сеть сейсмических станций. В 2014 г. продолжилась работа по модернизации сети сейсмических станций Камчатки. Сведения о сейсмических станциях Камчатки приведены в приложении к ежегоднику [1], их расположение представлено на рис. 1. Подробное описание изменений в сети изложены в [2].

Обработка сигналов сейсмических станций, расчет параметров гипоцентров и энергетических характеристик землетрясений производится при помощи программы DIMAS [3, 4] в режиме, близком к реальному времени.

Как показано в [5], оценка региональной представительности по графику Гутенберга-Рихтера для больших пространственных областей некорректна, поэтому реальная представительность каталога землетрясений Камчатки в 2014 г. может быть оценена путем сканирования сейсмоактивной области ячейками относительно небольшого размера и последующим объединением полученных результатов.

На рис. 2 представлена карта представительности каталога землетрясений 2014 г. в зоне ответственности КФ ФИЦ ЕГС РАН. Карта построена по результатам сканирования кругами радиусом 100 км с расчетом соответствующего

уровня представительности каталога по энергетическому классу K_{\min} или по локальной магнитуде ML_{\min}^1 со статистической значимостью $\alpha=0.3$. Используемый каталог ограничен снизу энергетическим классом $K=6.5$ (локальной магнитудой $ML=2.5$), что позволяет отделить вулканические землетрясения, происходящие в локальных областях и зарегистрированные специализированными сейсмометрическими сетями, обеспечивающими локальную представительность, существенно отличающуюся от региональной. Представительность каталога землетрясений Камчатки в целом по зоне ответственности КФ ФИЦ ЕГС РАН может оцениваться как $K_{\min}=8.5$ ($ML_{\min}=3.5$), для Камчатской сейсмоактивной области ($\varphi=50.5-56.5^\circ$ с.ш., $\lambda=156.5-167^\circ$ в.д.) – $K_{\min}=7.5$ ($ML_{\min}=3.0$), а для охотоморских землетрясений, происходящих на глубине нескольких сотен километров, – $K_{\min}=8.7$ ($ML_{\min}=3.6$).

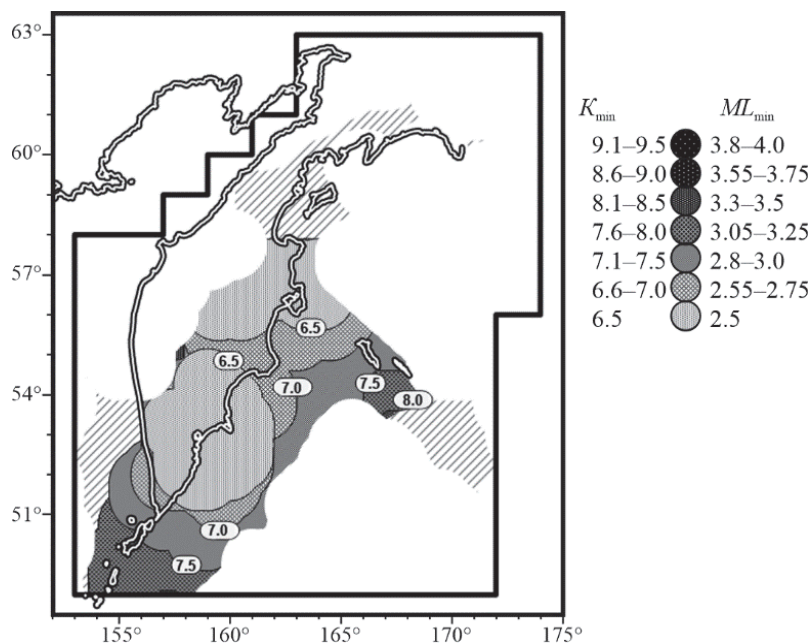


Рис. 2. Карта региональной представительности каталога землетрясений 2014 г. в зоне ответственности КФ ФИЦ ЕГС РАН

Незакрашенной области соответствует отсутствие землетрясений в 2014 г. Косая штриховка обозначает территории, где плотность землетрясений представительной магнитуды не достигла порогового для расчета уровня $N=25$ на единичный круг.

Характеристика исходных данных. Детальный анализ параметров сейсмического режима в 2014 г. представлен в работе [7]. Каталог землетрясений, публикуемый в настоящем ежегоднике [8], включает 1114 событий с $K_S \geq 8.5$, зарегистрированных Камчатской региональной сетью сейсмических станций. Из них 968 событий находятся внутри зоны ответственности сети КФ ФИЦ ЕГС РАН, а 146 – за ее пределами. Анализ сейсмичности в данной статье проводится по землетрясениям внутри зоны ответственности сети КФ ФИЦ ЕГС РАН.

Всего в 2014 г. внутри зоны ответственности сети КФ ФИЦ ЕГС РАН определены эпицентры 5626 землетрясений в энергетическом диапазоне $K_S=2.3-13.9$ ($ML=0.4-6.2$). Распределение землетрясений по энергетическим классам приведено в табл. 1.

Таблица 1. Распределение числа землетрясений по энергетическим классам K_S и суммарная сейсмическая энергия ΣE в 2014 г. внутри зоны ответственности КФ ФИЦ ЕГС РАН

K_S	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	N_Σ	$\Sigma E, Дж$
N	6	48	85	336	1371	1672	1225	591	188	72	21	10	1	5626	$2.6 \cdot 10^{14}$

Каталог землетрясений Камчатки и Командорских островов, включающий землетрясения с $K_S \geq 8.5$, доступен в интернете по адресу <http://sdis.emsd.ru/info/earthquakes>. Для получения

¹ Локальная магнитуда землетрясений ML получена путем пересчета по формуле $ML = \frac{K_S}{2} - 0.75$ [6].

информации о более слабых событиях необходимо зарегистрироваться и оформить запрос на расширенный доступ.

Анализ данных. На рис. 3 представлена карта эпицентров землетрясений с $K_S \geq 8.5$. Вертикальные разрезы поля гипоцентров показаны в областях (б) – продольный разрез $B-B'$ и (в) – поперечный разрез $A-A'$. В Камчатском регионе в 2014 г. зафиксировано 40 землетрясений с $K_S \geq 11.5$, они пронумерованы на карте (а) в соответствии с нумерацией в каталоге [8].

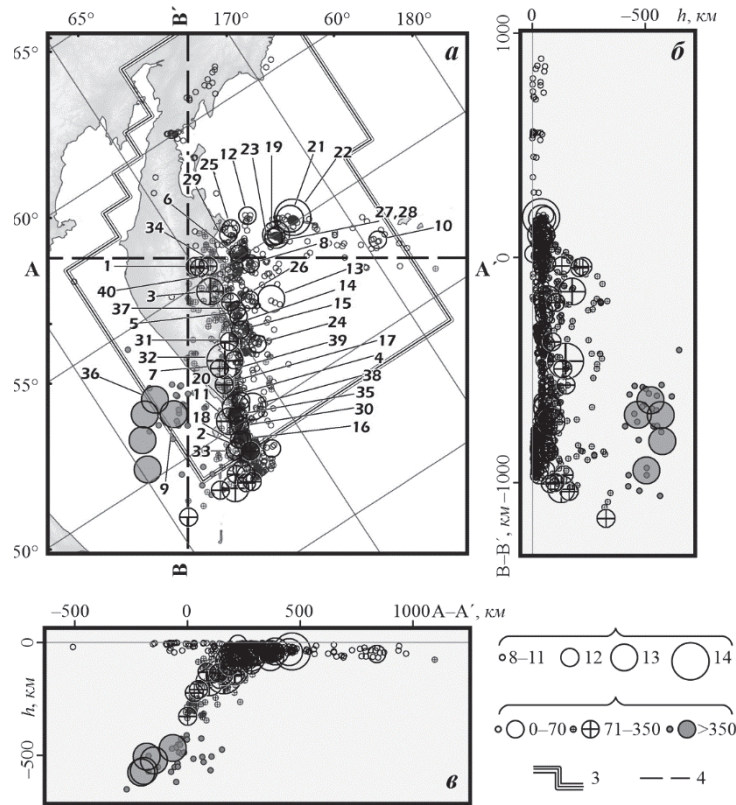


Рис. 3. Карта эпицентров землетрясений Камчатки с $K_S \geq 8.5$ за 2014 г. (а); проекции на вертикальные плоскости $A-A'$ (в) и $B-B'$ (б).

1 – энергетический класс K_S ; 2 – глубина гипоцентра h , км; 3 – граница Камчатского региона; 4 – линия вертикального разреза вкост ($A-A'$) и вдоль ($B-B'$) фокальной зоны; числа 1–40 соответствуют номерам землетрясений с $K_S \geq 11.5$ согласно каталогу [8].

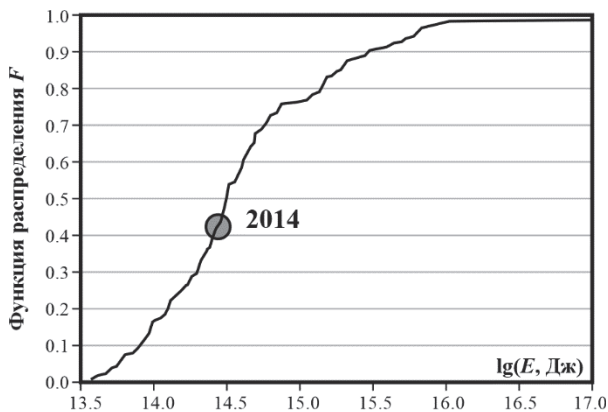


Рис. 4. Функция распределения F сейсмической энергии для региона Камчатки и Командорских островов.

Кружком отмечено значение функции распределения F в 2014 г.

Уровень сейсмичности в регионе Камчатки и Командорских островов оценивался исходя из величины функции распределения F выделившейся в 2014 г. сейсмической энергии. Методика расчета функции распределения F и градации шкалы уровня сейсмичности «СОУС'09» описаны в [9, 10]. В 2014 г. суммарная энергия всех зарегистрированных в зоне ответственности КФ ФИЦ ЕГС РАН землетрясений составила $\Sigma E = 2.62 \cdot 10^{14}$ Дж. Функция распределения F выделившейся за год сейсмической энергии построена по данным за 1962–2014 гг. (рис. 4). Для 2014 г. $F = 0.42 \pm 0.07$, что соответствует фоновому среднему уровню по шкале «СОУС'09».

На рис. 5 а представлено ежесуточное число N землетрясений с $K_S \geq 8.5$ для зоны ответственности Камчатского филиала. В 2014 г.

наблюдался равномерный поток землетрясений, в среднем в 2014 г. регистрировалось по 2–3 события с $K_S \geq 8.5$ в день. Зафиксировано несколько небольших роев землетрясений, наиболее заметным стал рой 3 июля восточнее о. Беринга с максимальными землетрясениями (21) и (22) из каталога [8].

Наиболее заметные скачки на графике выделившейся сейсмической энергии (рис. 5 б) вызваны землетрясениями с $K_S \geq 12.5$. Эти события отмечены на графике кружками и пронумерованы в соответствии с каталогом [8]. Два наибольших скачка на рис. 5 б связаны с тремя сильнейшими камчатскими событиями 2014 г.: 1) землетрясения (21) и (22) произошли 3 июля в поверхностном слое Командорского сегмента Алеутской дуги с $K_S=13.4$, $M_w=5.8^2$ и $K_S=13.5$, $M_w=5.7$ соответственно; 2) землетрясение (32) 2 октября в промежуточном слое Сейсмофокальной зоны Курил и Южной Камчатки ($K_S=13.9$, $M_w=5.7$) [8].

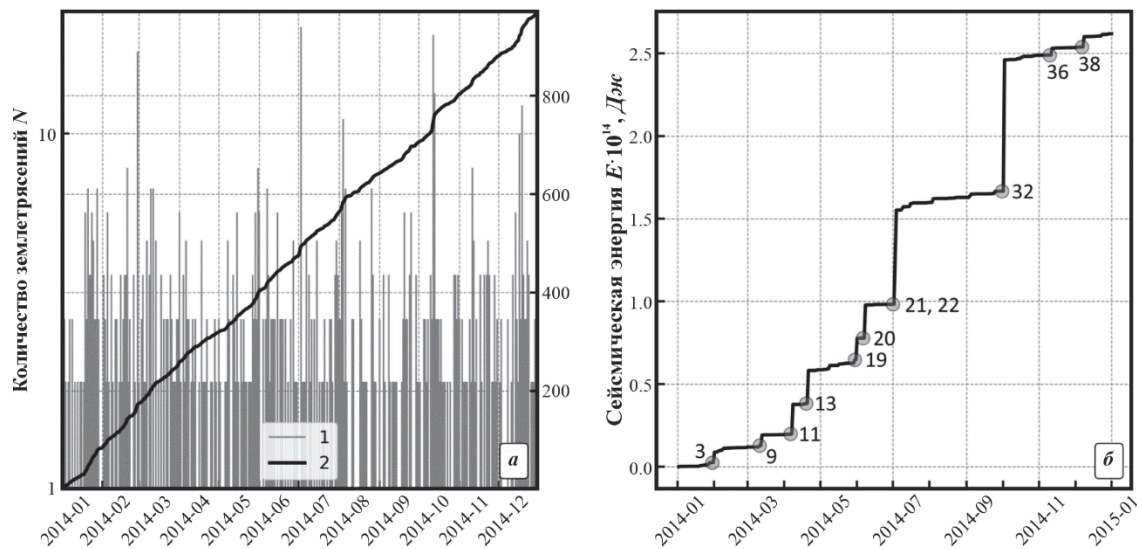


Рис. 5. Ежесуточное число N землетрясений с $K_S \geq 8.5$ (а); кумулятивный график выделившейся сейсмической энергии ΣE (б) в 2014 г. для зоны ответственности сети КФ ФИЦ ЕГС РАН

1 – гистограмма распределения; 2 – кумулятивный график; на рис. 5 б отмечены землетрясения с $K_S \geq 12.5$, их нумерация соответствует каталогу [8].

На территории Камчатского края, Северных Курил и Командорских островов в 2014 г. ощущалось 87 землетрясений с $K_S=8.2-13.9$ [12] и интенсивностью I от 2 до 5 баллов по шкале MSK-64 [13], из них 86 событий с $K_S=8.9-13.9$ включены в каталог [8], публикуемый в настоящем ежегоднике. Всего было собрано 775 сообщений о землетрясениях из 75 пунктов [14]. Ощущались землетрясения в 42 пунктах. Наибольшее число сообщений ($n=23$) получено из г. Северо-Курильск [12]. Максимальная интенсивность сотрясений в 2014 г. составила $I_{\max}=5$ баллов, и наблюдалась в г. Северо-Курильск ($\Delta=54$ км) во время землетрясения (11) 7 апреля в $09^{\text{h}}34^{\text{m}}$ с $K_S=13.2$, $h=83.9$ км и на маяке Круглый ($\Delta=41$ км) при землетрясении (39) 23 декабря в $22^{\text{h}}33^{\text{m}}$ с $K_S=12.0$, $h=55.3$ км.

Следует отметить макросейсмические проявления еще одного далекого сильного Алеутского землетрясения 23 июня в $20^{\text{h}}53^{\text{m}}$ с $K_S=17.2$, $M_w=7.9$, в 19 км к югу от о. Малый Ситкин (Аляска), не вошедшего в каталог [8]. Событие вызвало сотрясения с интенсивностью от 2 до 3 баллов в четырех пунктах Камчатского края и Северных Курил ($1364 \leq \Delta \leq 1575$ км). Самые сильные макросейсмические проявления этого землетрясения, с интенсивностью $I=5$ баллов по шкале MMI согласно данным USGS [<https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/usc000rki5/dyfi/responses>], зафиксированы на о. Адак ($\Delta=332$ км).

В г. Петропавловск-Камчатский сотрясения с интенсивностью I от 2 до 4 баллов ощущались в совокупности 13 раз от землетрясений разных классов в диапазоне $K_S=10.0-13.9$ [12]; с интенсивностью 2 балла ощущалось упомянутое выше далекое Алеутское землетрясение.

² Здесь и далее M_w из каталога [11], полученные в КФ ФИЦ ЕГС РАН.

Введение в эксплуатацию в 2010 г. сети широкополосных сейсмических станций на Дальнем Востоке России позволило начать отработку методики расчета тензора сейсмического момента (ТСМ) для землетрясений Камчатки и Командорских островов с использованием записей, полученных на близких и региональных расстояниях. Ранее было рассчитано около 150 ТСМ для отдельных событий 2010–2013 гг., преимущественно локализованных в районе Авачинского залива, наиболее полно обеспеченном материалами наблюдений [15]. Для событий 2014 г. предпринята попытка массового расчета ТСМ для всех землетрясений из зоны ответственности КФ ФИЦ ЕГС РАН с $K_S \geq 11.5$. В региональном каталоге [8] набралось 40 таких событий. Для 36 землетрясений удалось успешно рассчитать ТСМ и глубину h эквивалентного точечного источника. Расчеты проводились для модели ТСМ «двойной диполь без момента» с использованием нелинейного алгоритма, описанного в [16].

Результаты расчетов приведены в [11] и на рис. 6 и 7. Доля успешно обработанных событий составила 90 %. Диапазоны энергетических классов и моментных магнитуд для этих событий составили $K_S=11.5–13.9$ и $M_w=4.3–5.8$ соответственно. Значение длительности τ временной функции источника оценить не удалось ни для одного из обработанных землетрясений. Для всех событий наилучшее согласие между реальными и синтетическими волновыми формами достигается без использования временной функции источника. Иначе говоря, значение τ во всех случаях равно нулю. В то же время, ожидаемые значения длительности τ_e для диапазона $M_w=4.3–5.8$, вычисленные по корреляционной формуле $\tau_e=2.1 \cdot (M_0[H \cdot м] 10^{-17})^{1/3}$ [17], находятся в интервале $\tau_e=0.7–3.8$ с. Наблюдаемое расхождение в оценках τ и τ_e обусловлено тем обстоятельством, что при расчете ТСМ для слабых и умеренной силы землетрясений используются волновые формы с периодами T в несколько десятков секунд, для которых выполняется условие $T \gg \tau_e$, не позволяющее получить надежные оценки τ .

Для 4 землетрясений (2), (4), (27) и (35) с $K_S=11.6–12.0$ получить желаемый результат не удалось. Одно из этих землетрясений относится к Командорскому сегменту Алеутской дуги, остальные – к южному сегменту сейсмофокальной зоны Камчатки. Для обоих сегментов действующая в настоящее время на Камчатке сеть широкополосных сейсмических станций не обеспечивает приемлемого азимутального покрытия. Поэтому достаточно надежные оценки механизмов для этих сегментов удастся построить лишь в отдельных случаях, когда в дополнение к волновым формам камчатских станций имеются записи нескольких дальневосточных станций с хорошим отношением сигнал/шум.

Рассмотрим особенности сейсмического процесса региона в пространственных областях, определенных в соответствии с регионализацией сейсмоактивного объема Камчатки и прилегающих территорий [18, 19], учитывающей тектоно-географическое положение землетрясений. Оценки распределения количества землетрясений представлены в табл. 2 на двух энергетических срезах – $K_S \geq 8.6$ и $K_S \geq 11.6$. Они сравниваются с соответствующими средними значениями за весь период инструментальных наблюдений с 1962 г. по 2013 г. Для шести из десяти выделенных зон (для которых возможны статистические оценки) в табл. 2 приведены оценки уровня сейсмичности.

В сейсмофокальной зоне Курил и Южной Камчатки № 1 в 2014 г. по шкале «СОУС'09» отмечается фоновый средний уровень сейсмичности (табл. 2). По трем глубинным сейсмическим слоям события распределились следующим образом: поверхностные – $N=239$ (27 % всех событий), промежуточные – $N=85$ (9.6 %) и глубокие – $N=21$ (2.4 %). Зафиксировано 15 землетрясений с $K_S \geq 11.6$ (рис. 6). Самое сильное по энергетическому классу землетрясение сейсмофокальной зоны № 1 (32) зафиксировано в промежуточном слое 2 октября в $12^h 57^m$ с $h=148$ км с $K_S=13.9$, $M_w=5.7$ [8]. Землетрясение (32) произошло на юго-восточном побережье Камчатки, примерно в 100 км к югу от г. Петропавловск-Камчатский. Землетрясение ощущалось в 23 населенных пунктах Камчатки и Северных Курильских островов ($\Delta=11–320$ км) с интенсивностью до 4 баллов. Афтершоки не зафиксированы. Землетрясение (32) с $M_0=4.71 \cdot 10^{17}$ Н·м, $M_w=5.7$ [11], имеет тип механизма, при котором одна из возможных плоскостей субвертикальна, другая – субгоризонтальна. Всего в сейсмофокальной зоне Курил и Южной Камчатки № 1 произошло 35 ощутимых землетрясений с интенсивностью от двух до пяти баллов и $K_S=8.9–13.9$ [8, 12]. Максимальная интенсивность сотрясений $I=5$ баллов зафиксирована при землетрясении (11) 7 апреля в $09^h 34^m$ с $h=84$ км с $K_S=13.2$, $M_w=5.2$ в ближайшем пункте Северо-Курильск ($\Delta=54$ км, о. Парамушир). Землетрясение ощущалось всеми людьми, находившимися внутри помещений. За несколько минут до жесткой тряски был слышен сильный нарастающий гул. Затем начались

слабые колебания, через несколько секунд сильные. Спящие проснулись, испугались. Некоторые люди встали в безопасное место. Раскачивались висячие предметы. Дребезжала посуда и стекла окон. Скрипела, дрожала тяжелая мебель, дверцы мебели, двери. Раскачивались ЖК мониторы на столах, ЖК телевизоры. На сейсмостанции покачивался ПУСС. Колебалась жидкость в открытом сосуде. Все респонденты отмечали сотрясение здания в целом. Это землетрясение вызвало сотрясения от 2 до 5 баллов в 9 населенных пунктах ($\Delta=54-338$ км). В Петропавловске-Камчатском ($\Delta=338$ км) интенсивность сотрясений составила 2–3 балла. Также $I=5$ баллов была зафиксирована во время землетрясения (39) 23 декабря в 22^h32^m с $h=55$ км, $K_S=12$, $M_w=4.5$ на маяке Круглый ($\Delta=42$ км). Механизмы очагов землетрясений (11) и (39) соответствуют типичному для камчатской зоны субдукции взбросу с субгоризонтальной осью сжатия в юго-восточном направлении (рис. 6).

Таблица 2. Распределение числа землетрясений с $K_S \geq 8.6$ и $K_S \geq 11.6$ в 2014 г. в сопоставлении с их средними оценками за период 1962–2013 гг., а также оценка уровня сейсмичности для различных сейсмоактивных областей внутри границ региона Камчатки и Командорских островов

№	Зона	Слой	Средние значения за 1962–2013 гг.				Значения за 2014 г.				F (lgE)	Уровень сейсмичности
			N ($K_S \geq 8.6$)	N/N_{Σ} , %	N ($K_S \geq 11.6$)	ΣE , 10^{14} Дж	N ($K_S \geq 8.6$)	N/N_{Σ} , %	N ($K_S \geq 11.6$)	ΣE , 10^{14} Дж		
1	Сейсмофокальная зона Курил и Южной Камчатки	I	186	19.9	9	1.98	239	27.1	10	0.38	0.72 ± 0.06	Фоновый средний
		II	50	5.4	2	0.68	85	9.6	3	0.98		
		III	9	0.9	<1	19.93	21	2.4	2	0.10		
2	Северная часть Камчатской сейсмофокальной зоны	I	369	39.5	15	2.05	271	30.7	4	0.06	0.09 ± 0.04	Фоновый пониженный
		II а	85	9.1	2	2.41	73	8.3	3	0.10		
		III а	<1	<0.1	<1	0.02	—	—	—	—		
3	Командорский сегмент Алеутской дуги	I	115	12.2	5	1.04	117	13.3	9	0.79	0.77 ± 0.06	Фоновый средний
		II	1	0.1	<1	<0.01	—	—	—	—		
4	Тихий океан	I	53	5.7	1	0.11	35	4.0	1	0.20	0.89 ± 0.04	Фоновый повышенный
		II	<1	<0.1	<1	<0.01	4	0.5	—	<0.01		
5	Северные Курилы	I	2	0.2	—	<0.01	—	—	—	—	—	—
6	Континентальные области Камчатки	I	40	4.3	<1	0.10	—	0.6	—	<0.01	0.07 ± 0.03	Фоновый пониженный
7	Корякский сейсмический пояс	I	21	2.3	<1	1.63	31	3.5	—	<0.01	0.62 ± 0.07	Фоновый средний
8	Берингово море	I	<1	<0.1	—	<0.01	—	—	—	—	—	—
9	Залив Шелихова	I	1	0.1	<1	<0.01	1	0.1	—	<0.01	—	—
10	Охотия	I	<1	<0.1	<1	<0.01	1	0.1	—	<0.01	—	—
Всего			936	100	37	30.0	883	100.0	32	2.62	0.42 ± 0.07	Фоновый средний

Примечание. Цифрами I, II и III обозначены поверхностный ($0 \leq h \leq 70$ км), промежуточный ($70 < h \leq 350$ км) и глубокий ($h > 350$ км) слои соответственно; зона № 2 имеет границы зон промежуточного ($70 < h \leq 380$ км) и глубокого ($h > 380$ км) слоев, отличные от других; они обозначаются как II а и III а соответственно.

В северной части Камчатской сейсмофокальной зоны № 2 произошло 344 землетрясения с $K_S \geq 8.6$ (38.2 % всех событий), из них 30 % поверхностных ($N=271$), 8.3 % промежуточных ($N=73$). Зарегистрировано 7 сильных событий с $K_S \geq 11.6$ (рис. 6). Количество землетрясений в зоне № 2 ниже среднегодового значения, уровень сейсмичности по шкале «СОУС'09» – фоновый пониженный (табл. 2). Всего в зоне зафиксировано 27 ощутимых землетрясений с энергетическими классами $K_S=9.6-12.8$ и интенсивностью сотрясений $I=2-4$ балла [8, 12].

Наиболее сильное землетрясение (3) зоны № 2 произошло 31 января в 16^h39^m к северу от кальдеры Узон на глубине 177 км с $K_S=12.8$, $M_w=5.4$. Оно вызвало характерные для событий промежуточного слоя макросейсмические проявления на далеких расстояниях. Сотрясения отмечены в трех пунктах восточного побережья: ГМС Кроноки ($I=4$ балла, $\Delta=76$ км, центральная часть побережья), Усть-Камчатск ($I=3$ балла, $\Delta=245$ км, северная часть побережья) и Паужетка ($I=2$ балла, $\Delta=405$ км, юг Камчатки). Механизм – сброс со сдвиговой компонентой.

В целом ярких сейсмических событий в зоне № 2 не наблюдалось.

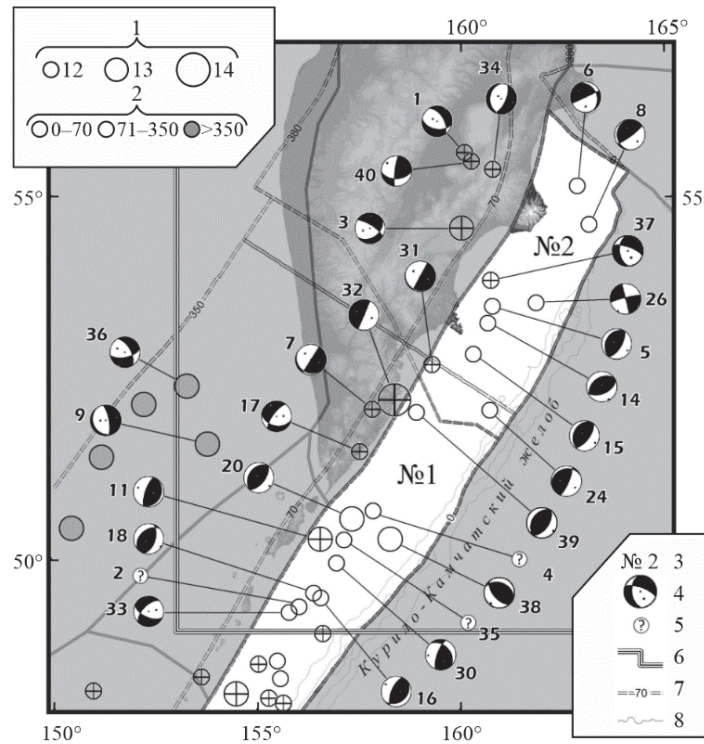


Рис. 6. Карта эпицентров и диаграммы механизмов очагов землетрясений ($K_S \geq 11.5$) Курило-Камчатской зоны субдукции (зоны № 1 и № 2) за 2014 г.

1 – энергетический класс K_S ; 2 – глубина гипоцентра h , км; 3 – номер зоны из табл. 1; 4 – стереограмма механизма очага землетрясения; 5 – механизм для землетрясения не определен; 6 – граница камчатского региона; 7 – граница зоны (обозначениями =0=, =70=, =350 (380)= показаны границы слоев с $h=0$, $h=70$, $h=350$ или 380 км, соответственно, в зонах № 1 и № 2); 8 – изобаты 6000 и 7000 м; число возле стереограммы соответствует номеру землетрясения в каталоге [7].

В Командорском сегменте Алеутской дуги (зона № 3) произошло 117 землетрясений с $K_S \geq 8.6$, из них 9 сильных (рис. 7) имеют $K_S=11.6-13.5$, все они реализовались в поверхностном слое. Уровень сейсмичности в зоне № 3 в 2014 г. был оценен как фоновый средний. Максимальные события (21) и (22) произошли 3 июля в 02^h56^m ($h=43$ км с $K_S=13.4$, $M_w=5.8$) и в 12^h05^m ($h=40$ км с $K_S=13.5$, $M_w=5.7$), ощущались в пос. Никольское с $I=3$ и $I=4-5$ баллов соответственно. Механизмы очагов землетрясений (21) и (22) – сдвиги с незначительными компонентами сброса и взброса соответственно. Землетрясения произошли в составе роя из 20 событий с $K_S=8.5-13.5$.

Всего в зоне № 3 зафиксировано 11 ощутимых землетрясений с $K_S=10-13.5$ и интенсивностью сотрясений I от 2 до 4–5 баллов [11].

В Тихом океане (зона № 4) в 2014 г., согласно табл. 2, отмечается фоновый повышенный уровень сейсмичности по шкале «СОУС'09». Всего произошло 39 землетрясения с $K_S \geq 8.6$ [8], в том числе одно сильное землетрясение (13) с $K_S=13.3$, $M_w=5.2$. Оно произошло 20 апреля в 13^h50^m на глубине $h=65$ км и ощущалось на территории Камчатки с интенсивностью до 4 баллов. Механизм очага, полученный для события (13) – сдвиг с небольшой взбросовой компонентой.

В континентальных областях Камчатки (зона № 6) отмечается фоновый пониженный уровень сейсмичности – зафиксировано пять землетрясения с $K_S=8.6-9.4$ [8].

В Корьякском сейсмическом поясе (зона № 7) отмечается фоновый средний уровень сейсмичности по шкале «СОУС'09» (табл. 2). Всего произошло 31 мелкофокусное землетрясение с $K_S \geq 8.6$, сильных событий не зафиксировано (табл. 2). В зоне № 7 в 2014 г. зафиксировано

9 ощутимых землетрясений с интенсивностью от двух до четырех баллов и $K_S=9.4-11.0$. Самые сильные сотрясения с $I=4$ балла наблюдались при землетрясении 13 октября в 13^h26^m с $K_S=11$ в пос. Тиличики ($\Delta=55$ км).

В зонах Северные Курилы (№ 5), Берингово море (№ 8), залив Шелихова (№ 9) и Охотия (№ 10) ежегодно наблюдается низкая сейсмическая активность. Так, камчатской региональной сетью станций в 2014 г. в зонах № 5 и № 8 не зарегистрировано землетрясений с $K_S \geq 8.6$, в зоне № 9 локализовано одно событие с $K_S=8.9$, в зоне № 10 – одно с $K_S=9.5$ [8].

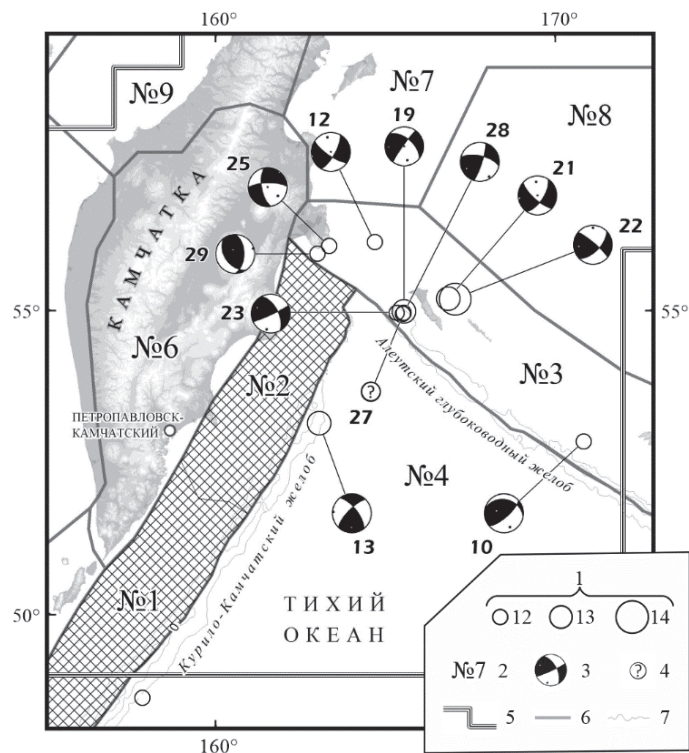


Рис. 7. Карта эпицентров и диаграммы механизмов очагов сильных землетрясений ($K_S \geq 11.6$) зон № 3–10 за 2014 г.

1 – энергетический класс K_S ; 2 – номер зоны из табл. 1; 3 – стереограмма механизма очага землетрясения; 4 – механизм для землетрясения не определен; 5 – граница камчатского региона; 6 – границы зон из табл. 1; 7 – изобаты 6000 и 7000 м; число возле стереограммы соответствует номеру землетрясения в каталоге [8].

Заключение. В 2014 г. в пределах Камчатской зоны ответственности наблюдалась типичная картина расположения эпицентров землетрясений. Уровень сейсмичности по шкале «СОУС’09» во всех выделенных зонах и в целом по региону соответствовал фоновому. Количество зафиксированных событий с $K_S \geq 8.6$ и сильных землетрясений с $K_S \geq 11.6$ близко к среднегодовому значению. Аномальных и выдающихся событий не отмечено.

Л и т е р а т у р а

1. Чебров Д.В., Матвеевко Е.А., Шевченко Ю.В., Ящук В.В., Музуров Е.Л. Сейсмические станции сети Камчатки и Командорских островов в 2014 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 23 (2014 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – Приложение на CD-ROM.
2. Чебров В.Н., Дрознина С.Я., Сеньюков С.Л. Камчатка и Командорские острова // Землетрясения России в 2014 году. – Обнинск: ГС РАН, 2016. – С. 60–66.
3. Чебров В.Н., Левина В.И., Ландер А.В., Чеброва А.Ю., Сеньюков С.Л., Дрознин Д.В., Дрознина С.Я. Региональный каталог землетрясений Камчатки и Командорских островов 1962–2010 гг.: технология и методика создания // Землетрясения Северной Евразии, 2010 год. – Обнинск: ГС РАН, 2016. – С. 396–406.
4. Дрознин Д.В., Дрознина С.Я. Интерактивная программа обработки сейсмических сигналов DIMAS // Сейсмические приборы. – 2010. – 46. – № 3. – С. 22–34.

5. Салтыков В.А., Волович О.Г. О проблеме оценки пространственно-временных особенностей представительности каталога землетрясений Камчатки // Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России. Труды Шестой научно-технической конференции / Отв. ред. Д.В. Чебров. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – URL: <http://emsd.ru/conf2017lib/pdf/seism/saltikov.pdf>
6. Чубарова О.С., Гусев А.А., Чебров В.Н. Свойства колебаний грунта при Олюторском землетрясении 20.04.2006 г. и его афтершоках по данным цифровой регистрации // Вулканология и сейсмология. – 2010. – № 2. – С. 57–70.
7. Салтыков В.А., Кравченко Н.М. Количественный анализ сейсмичности Камчатки // Землетрясения России в 2014 году. – Обнинск: ГС РАН, 2016. – С. 74–80.
8. Сеньюков С.Л., Чеброва А.Ю., Дрознина С.Я. (отв. сост.), Карпенко Е.А., Леднева Н.А., Назарова З.А., Митюшкина С.В., Напылова Н.А., Раевская А.А., Должикова А.Н., Матвеев Е.А., Ромашева Е.И. Каталог землетрясений Камчатки и Командорских островов за 2014 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 23 (2014 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – Приложение на CD-ROM.
9. Салтыков В.А. Статистическая оценка уровня сейсмичности: методика и результаты применения на примере Камчатки // Вулканология и сейсмология. – 2011. – № 2. – С. 53–59.
10. Чебров В.Н., Чеброва А.Ю., Матвеев Е.А., Ландер А.В., Митюшкина С.В., Иванова Е.И., Гусева Е.М., Салтыков В.А., Кугаенко Ю.А., Воропаев П.В. Камчатка и Командорские острова // Землетрясения Северной Евразии, 2009 год. – Обнинск: ГС РАН, 2015. – С. 180–195.
11. Абубакиров И.Р., Павлов В.М. Каталог механизмов очагов землетрясений Камчатки и Командорских островов за 2014 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 23 (2014 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – Приложение на CD-ROM.
12. Митюшкина С.В. (отв. сост.), Раевская А.А. Макросейсмический эффект ощутимых землетрясений в населенных пунктах Камчатки и Командорских островов в 2014 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 23 (2014 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – Приложение на CD-ROM.
13. Медведев С.В., Шпонхойер В., Карник В. Международная шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.
14. Митюшкина С.В., Раевская А.А., Пойгина С.Г., Бахтиярова Г.М. Сведения о пунктах, для которых имеется информация о макросейсмических проявлениях ощутимых землетрясений Камчатки за 2014 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 23 (2014 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – Приложение на CD-ROM.
15. Павлов В.М., Абубакиров И.Р. Расчет тензора сейсмического момента слабых камчатских землетрясений: первые результаты // Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России. Труды Шестой научно-технической конференции. Петропавловск-Камчатский, 1–7 октября 2017 г. Обнинск: ГС РАН, 2017. – С. 138–147.
16. Павлов В.М., Абубакиров И.Р. Алгоритм расчета тензора сейсмического момента сильных землетрясений по региональным широкополосным сейсмограммам объемных волн // Вестник КРАУНЦ. – Науки о Земле. – 2012. – № 2 (20). – С. 149–158.
17. Ekström G., Nettleton M., Dziewonski A.M. The global CMT project 2004–2010: Centroid-moment tensors for 13,017 earthquakes // Phys. Earth Planet. Int., 2012. – V. 200–201. – Pp. 1–9. doi:10.1016/j.pepi.2012.04.002
18. Чебров В.Н., Дрознина С.Я., Сеньюков С.Л., Ландер А.В. Камчатка и Командорские острова // Землетрясения России в 2013 году. – Обнинск: ГС РАН, 2015. – С. 58–65.
19. Левина В.И., Ландер А.В., Митюшкина С.В., Чеброва А.Ю. Сейсмичность Камчатского региона 1962–2011 гг. // Вулканология и сейсмология. – 2013. – № 1. – С. 41–64.

KAMCHATKA AND COMMANDER ISLANDS

D.V. Chebrov, A.Yu. Chebrova, I.R. Abubakirov, E.A. Matveenko, S.V. Mityushkina,

V.M. Pavlov, V.A. Saltikov, P.V. Voropaev, S.Y. Droznina

*Kamchatka branch of Geophysical Survey of the Russian Academy of Sciences,
Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia, van@emsd.ru*

Abstract. The seismicity review of Kamchatka and surrounding territories for 2014 is given. In Kamchatka earthquake catalogue minimum local magnitude of completeness is $M_{L\min}=3.5$, and for earthquakes under

the Okhotsk sea with $h \geq 350$ km $ML_{\min} = 3.6$. The Kamchatka earthquake catalogue for 2014 with $ML \geq 3.5$, published in the Appendix to this annual, includes 1114 events. 86 earthquakes of the catalogue with $ML = 3.35 - 6.2$ were felt in Kamchatka and surrounding areas with seismic intensity I ranged from 2 to 5 according the MSK-64 scale. For all events with $ML \geq 5.0$ occurred in the area of responsibility of the KB GS RAS in 2014, an attempt to calculate the seismic moment tensor (SMT) was made. There are 40 such events in the regional catalogue. For 36 earthquakes, the SMT and depth h of the equivalent point source were calculated successfully. The calculations were performed for the SMT double-couple model using a nonlinear algorithm. In 2014, a typical location of the earthquake epicenters was observed in the Kamchatka zone. In 2014, the seismicity level in all selected zones and in the region as a whole corresponded to the background one according to the "SESL'09" scale. The number of recorded events with $ML \geq 3.6$ and strong earthquakes with $ML \geq 5.1$ is close to the average annual value. Anomalous and outstanding events were not recorded.

Keywords: Kamchatka, seismicity, catalogue, earthquake, focal mechanism, macroseismic, seismicity level.

DOI: 10.35540/1818-6254.2020.23.16

For citation: Chebrov, D.V., Chebrov, A.Yu., Abubakirov, I.R., Matveenko, E.A., Mityushkina, S.V., Pavlov, V.M., Saltikov, V.A., Voropaev, P.V., Droznina S.Y. (2020). [Kamchatka and Commander Islands]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 23(2014), 172–182. doi: 10.35540/1818-6254.2020.23.16

References

1. Chebrov, D.V., Matveenko, E.A., Shevchenko, Yu.V., Yaschuk, V.V., & Muzurov, E.L. (2020). [Seismic stations of Kamchatka network in 2014]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 23(2014), Appendix on CD. (In Russ.).
2. Chebrov, V.N., Droznina, S.Ya., & Senyukov, S.L. (2016). [Kamchatka and Komandor Islands]. *Zemletriaseniia Rossii, 2014 god* [Earthquakes in Russia, 2014] (pp. 60-66). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
3. Chebrov, V.N., Levina, V.I., Lander, A.V., Chebrova, A.Yu., Senyukov, S.L., Droznin, D.V., & Droznina, S.Ya. (2016). [Regional earthquake catalogue of Kamchatka and Komandor Islands in 1962–2010: technology and method of formation]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii, 2010 god* [Earthquakes in Northern Eurasia, 2010] (pp. 396–406). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
4. Droznin, D.V., & Droznina, S.Ya. (2011). Interactive DIMAS software for seismic signal processing. *Seismic Instruments*. 47(3), 215–224. doi: 10.3103/S0747923911030054
5. Saltykov, V.A., & Volovich, O.G. (2017). [On the problem of estimating the space-time features of the representativeness of the Kamchatka earthquake catalog]. *Trudy Shestoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii "Problemy kompleksnogo geofizicheskogo monitoringa Dal'nego Vostoka Rossii"* [Proceedings of the Sixth Scientific and Technical Conference "Problems of complex geophysical monitoring of Far East of Russia"]. Retrieved from <http://emsd.ru/conf2017lib/pdf/seism/saltykov.pdf> (In Russ.).
6. Chubarova, O.S., Gusev, A.A., & Chebrov, V.N. (2010). The ground motion excited by the Olyutorskii earthquake of April 20, 2006 and by its aftershocks based on digital recordings. *Journal of Volcanology and Seismology*, 4(2), 126–138. doi: 10.1134/S0742046310020065.
7. Saltykov, V.A., & Kravchenko, N.M. (2015). [Quantitative analysis of Kamchatka seismicity]. *Zemletriaseniia Rossii, 2013 god* [Earthquakes in Russia, 2013] (pp. 73–79). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
8. Senyukov, S.L., Chebrova A.Yu., Droznina, S.Ya., Karpenko, E.A., Ledneva, N.A., Nazarova, Z.A., Mityushkina, S.V., Napilova, N.A., Raevskaya, A.A., Doljikova, A.N., Matveenko, E.A., Romasheva E.I. (2020). [Earthquake catalogue of Kamchatka and Komandor Islands in 2014]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 23(2014), Appendix on CD. (In Russ.).
9. 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.
10. Chebrov, D.V., Chebrova, A.Yu., Matveenko, E.A., Lander, A.V., Mityushkina, S.V., Ivanova, E.I., Guseva, E.M., Saltykov, V.A., Kugaenko, Yu.A., & Voropaev, P.V. (2015). [Kamchatka and Komandor Islands]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii, 2009 god* [Earthquakes in Northern Eurasia, 2010] (pp. 180–195). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
11. Abubakirov, I.R., & Pavlov, V.M. (2020). [Catalogue of Earthquake Focal Mechanisms for Kamchatka and the Commander Islands in 2014]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 23(2014), Appendix on CD. (In Russ.).
12. Mityushkina, S.V., & Raevskaya, A.A. (2019) [Macroseismic effects of felt earthquakes in Kamchatka settlements in 2014]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 23(2014), Appendix on CD. (In Russ.).

13. Medvedev, S.V. Shponhoyer, V., & Karnik, V. (1965). *Mezhdunarodnaia shkala seysmicheskoy intensivnosti MSK-64* [MSK-64 seismic intensity scale]. Moscow, Russia: MGK Academy of Sciences USSR Publ., 11 p. (In Russ.).
14. Mityushkina, S.V., Raevskaya, A.A., & Poygina, S.G., Bakhtiarova G.M. (2020). [Information about the points for which there is information about the macroseismic manifestations of felt Kamchatka earthquakes in 2014]. *Earthquakes in Northern Eurasia*, 23(2014), Appendix on CD. (In Russ.).
15. Pavlov, V.M., & Abubakirov, I.R. (2017). [Calculation of the seismic moment tensor of small Kamchatka earthquakes: first results]. *Trudy Shestoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii "Problemy kompleksnogo geofizicheskogo monitoringa Dal'nego Vostoka Rossii"* [Proceedings of the Sixth Scientific and Technical Conference "Problems of complex geophysical monitoring of Far East of Russia"]. Retrieved from <http://emsd.ru/conf2017lib/pdf/seism/saltikov.pdf>. (In Russ.).
16. Pavlov, V.M., & Abubakirov, I.R. (2012). [Algorithm for Calculation of Seismic Moment Tensor of Strong Earthquakes Using Regional Broadband Seismograms of Body Waves]. *Vestnik KRAUNTS. Nauki o Zemle* [Bulletin of KRAESC. Earth sciences], 20(2), 149–158. (In Russ.).
17. Ekström, G., & Nettles, M. Dziewo nski, AM (2012). The global CMT project 2004–2010: Centroid-moment tensors for 13,017 earthquakes. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 200–201.
18. Chebrov, V.N., Droznina, S.Ya., Senyukov, S.L., & Lander, A.V. (2015). [Kamchatka and Komandor Islands]. *Zemletryaseniia Rossii, 2013 god* [Earthquakes in Russia, 2013] (pp. 58–65). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
19. Levina, V.I., Lander, A.V., Mityushkina, S.V., & Chebrova, A.Yu. (2013). The seismicity of the Kamchatka region: 1962–2011. *Journal of Volcanology and Seismology*, 7(2), 37–57. doi: 10.1134/S0742046313010053.