

## Современные геологические процессы

УДК 550.34

DOI: 10.31431/1816-5524-2019-1-41-5-11

### ГЛУБОКОЕ (Н~500 км) ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ 13.10.2018 г. С $M_w = 6.7$ В КАМЧАТСКОЙ ЗОНЕ СУБДУКЦИИ С ЭПИЦЕНТРОМ В ОХОТСКОМ МОРЕ

13.10.2018 г. в 11:10 по Гринвичу (23:10 по местному времени) в районе Охотского моря на глубине ~500 км произошло сильное землетрясение с  $M_w = 6.7$ . По данным Камчатского филиала Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба Российской академии наук» (КФ ФИЦ ЕГС РАН) эпицентр землетрясения 13.10.2018 г. располагался в ~320 км к западу от г. Петропавловска-Камчатского и в ~160 км от ближайшего населенного пункта — пос. Октябрьского.

Сильные глубокие события — довольно редкое явление и вызывают повышенный интерес у исследователей, поскольку физика таких событий до сих пор остается дискуссионным вопросом.

Рассматриваемое землетрясение произошло в южной части очаговой зоны сильнейшего глубокого Охотоморского землетрясения 24.05.2013 г. с  $M_w = 8.3$  (рис. 1), и представляет интерес не только само по себе, но и как часть процесса активизации этой зоны, которая началась с сильного землетрясения 05.07.2008 г.,  $M_w = 7.7$ . Вероятно, глубокие землетрясения 2008 г., произошедшие в этой зоне, можно рассматривать как удаленные форшоки Охотоморского сильнейшего события 24.05.2013 г., а землетрясение 13.10.2018 г. — удаленным афтершоком. Вопрос о том, можно ли считать очаговые процессы Охотоморского землетрясения завершёнными, остается открытым.

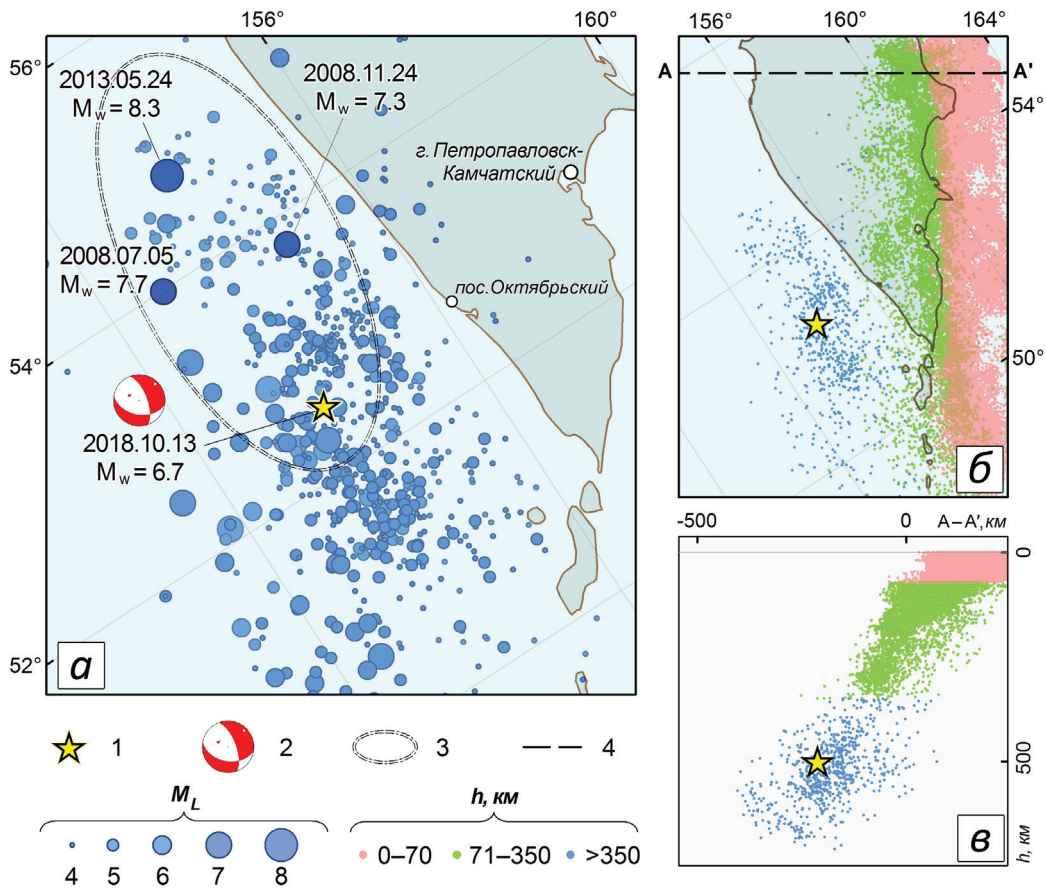
В данной работе представлены оригинальные данные, полученные в КФ ФИЦ ЕГС РАН по результатам комплексной обработки записей землетрясения, произошедшего 13.10.2018 г.

Сейсмологические наблюдения в КФ ФИЦ ЕГС РАН проводятся с использованием записей сейсмических станций Дальнего Востока, включая станции глобальной сети GSN (Global Seismographic Network, IRIS), установленных на территории России, Японии, США и Южной Кореи. Все сеймостанции, используемые в КФ ФИЦ ЕГС РАН, оснащены каналами связи с передачей данных в реальном времени. Основ-

ные сведения об этих станциях, включающие комплектацию, географическое положение и характеристики регистрирующих каналов приведены в работе (Чебров и др., 2013).

Дежурная смена Регионального информационно-обрабатывающего центра (РИОЦ) «Петропавловск» КФ ФИЦ ЕГС РАН, обрабатывающая землетрясения в режиме реального времени по регламентам Службы предупреждения о цунами и Службы срочных донесений (Чебров и др., 2009), приступила к обработке события после срабатывания сигнализации при превышении сейсмическим сигналом заданного уровня на станции «Ходутка» (KDT). Результаты обработки РИОЦ рассылаются в центры цунами Росгидромета и МЧС, обработка сильных землетрясений с магнитудой  $M \geq 5$ , зарегистрированных на расстоянии менее 1000 км от РИОЦ «Петропавловск», не должна превышать 10 мин. Сигнал «Регистрируется сильное землетрясение!» был подан в Камчатский центр цунами Росгидромета в течение 1 мин. Предварительная оценка координат и магнитуды землетрясения была получена через 4 мин 6 с, окончательное решение было сформировано через 6 мин 6 с (широта 52.29° с. ш., долгота 154.26° в. д., глубина 526 км,  $MS(PET) = 6.0$ , с учетом станционной поправки). С помощью недавно созданного в КФ ФИЦ ЕГС РАН автоматизированного сервиса (Дроздин и др., 2017) в режиме близком к реальному времени была проведена предварительная оценка инструментальной сейсмической интенсивности по данным станций сильных движений. Тревога цунами не объявлялась, поскольку глубина события значительно превысила установленный порог (120 км), а магнитуда оказалась значительно ниже порога цунамигенности.

Окончательная обработка землетрясения была проведена в течении суток по данным 78 станций, находящихся на Дальнем Востоке России. При определении параметров были использованы 67 фаз Р-волн и 36 фаз S-волн. Землетрясение локализовано в точке с географическими



**Рис. 1.** Схема расположения землетрясения 13.10.2018 г. с  $M_w = 6.7$  относительно эпицентров глубоких землетрясений (с  $h \geq 350$  км) камчатской зоны субдукции (а); эпицентров землетрясений камчатской зоны субдукции (б) и гипоцентров землетрясений камчатской зоны субдукции в проекции на ось А-А' (в) с  $M_L \geq 3.5$ : 1 — эпицентр землетрясения 13.10.2018 г.; 2 — стереограмма механизма очага землетрясения 13.10.2018 г. в равноплощадной проекции нижней полусферы; 3 — эллипс аппроксимации зоны афтершоков сильнейшего глубокого землетрясения 24.05.2013 г., построенный по данным первого месяца после основного толчка и содержащий 90% афтершоков; 4 — линия вертикального разреза (А-А') вкrest фокальной зоны;  $M_L$  — локальная магнитуда землетрясения, размер кружка соответствует величине магнитуды;  $h$  — глубина землетрясения, разные цвета соответствуют указанным диапазонам глубин гипоцентра. Землетрясения 05.07.2008 г. с  $M_w = 7.7$  и 24.11.2008 г. с  $M_w = 7.3$  описаны в (Чеброва и др., 2014), 24.05.2013 г. с  $M_w = 8.3$  — в (Сильные ..., 2014; Чеброва и др., 2015).

**Fig. 1.** The location map for the 13, October 2018 earthquake,  $M_w = 6.7$  relative to the deep earthquakes epicenters ( $h \geq 350$  km) of the Kamchatka subduction zone (а); earthquake epicenters of the Kamchatka subduction zone (б) and earthquake hypocenters of the Kamchatka subduction zone projected on axis А-А' (в) with  $M_L \geq 3.5$ : 1 — earthquake epicenter on 13, October 2018; 2 — focal mechanism stereogram of the 13, October 2018 earthquake in the lower hemisphere equal-area projection; 3 — approximation ellipse of aftershocks zone after the strongest deep earthquake on 24, May 2013, constructed using the first month data after the main shock and containing 90% of aftershocks; 4 — vertical section line (А-А') across the focal zone.  $M_L$  — the local magnitude of the earthquake, the circle size corresponds to the magnitude value;  $h$  — the earthquake depth, different colors correspond to the specified ranges of the hypocenter depths. Earthquakes 05, June 2008,  $M_w = 7.7$  and 24, November 2008,  $M_w = 7.3$  are described in (Chebrova et al., 2014); 24, May 2013,  $M_w = 8.3$  — in (Strong ..., 2014; Chebrova etc., 2015).

координатами  $\varphi = 52.53^\circ$  с.ш.,  $\lambda = 153.87^\circ$  в.д. на глубине  $h = 499$  км. Точность локации землетрясения составила 27 км в плане и 16 км по глубине. В оперативном режиме определены энергетические параметры землетрясения:

– локальная магнитуда  $M_L = 7.0$  (получена по формуле  $M_L = 0.5K_s - 0.75$  (Чубарова и др., 2010) путем пересчета из энергетического класса  $K_s = 15.4$  по S-волне, определяемого по номограмме С.А. Федотова (Федотов, 1972));

– магнитуда по кода-волнам  $M_c = 6.3$  (оценена по 17 станциям согласно методике, изложенной в работе (Гордеев и др., 1999));

– моментная магнитуда  $M_w = 6.7$  (получена в результате расчета тензора сейсмического момента по методике (Павлов, Абубакиров, 2012)).

Единственный афтершок с  $M_L = 4.2$  ( $K_s = 9.9$ ) зарегистрирован 14.10.2018 г. в 01:28 по Гринвичу.

Механизм очага (рис. 1) и значение скалярного сейсмического момента  $M_0$  рассчитаны по

волновым формам объемных и поверхностных волн на 18 широкополосных сейсмических станциях Камчатки, Сахалина и Курильских островов. Для этого использован нелинейный алгоритм расчета тензора сейсмического момента для модели источника типа «двойной диполь без момента» (Павлов, Абубакиров, 2012, 2017). Ось растяжения механизма ориентирована близгоризонтально (угол падения  $12^\circ$ ) в направлении северо-восток-юго-запад (азимут  $44^\circ$ ). Ось сжатия имеет азимут  $296^\circ$  и угол падения  $55^\circ$ . Одна из нодальных плоскостей — P1 имеет субмеридиональное (азимут простираения  $\varphi = 340^\circ$ ), вторая P2 — субширотное ( $\varphi = 100^\circ$ ) простираение. Плоскость P2 (угол падения  $\delta = 43^\circ$ ) залегает более полого относительно плоскости P1 ( $\delta = 65^\circ$ ). Движение по обеим плоскостям — сбросо-сдвиг: левосторонний по P1 (угол подвижки  $\lambda = -54^\circ$ ), и правосторонний по P2 ( $\lambda = -141^\circ$ ). Значения  $M_0$  и  $M_w$ , полученные по формуле  $M_w = (2/3) \cdot (\lg M_0 [\text{Н} \cdot \text{м}] - 9.1)$  (Kanamori, 1977), составили  $1.21 \cdot 10^{19}$  Н·м и 6.7, соответственно. Приведенные оценки механизма очага,  $M_0$  и  $M_w$  хорошо согласуются с данными каталога GCMT и с оценками USGS NEIC, которые представлены в (табл. 1).

Землетрясение 13.10.2018 г. ощущалось на п-ове Камчатка, Командорских Курильских о-вах с интенсивностью от 2 до 4 баллов по шкале MSK-64 (Медведев и др., 1967) (табл. 2). В г. Петропавловске-Камчатском сотрясения не превышали 2–3 балла. Наиболее сильные сотрясения были отмечены жителями полуострова не в ближайших от эпицентра пунктах, а на восточном побережье Камчатки (рис. 2). Для сильных камчатских глубоких землетрясений зоны субдукции, регистрируемых под Охот-

ским морем, характерны подобные аномалии макросейсмических проявлений: повышенные макросейсмические воздействия на восточном побережье и удаленный макросейсмический эффект. Эти картины распределения макросейсмического поля показаны в работах (Чеброва и др., 2014, 2015) для сильных глубоких охотоморских землетрясений 05.07.2008 г. с  $M_w = 7.7$ , 24.11.2008 г. с  $M_w = 7.3$  и 24.05.2013 г. с  $M_w = 8.3$ .

Оценки параметров сильных движений грунта получены по записям сети цифровых сейсмических станций Дальнего Востока (табл. 3) с помощью программного пакета, кратко описанного в (Гусева и др., 1989). Скорости движения грунта получены путем интегрирования записей ускорений. Инструментальная интенсивность  $I_a$  рассчитана по формуле  $I_a = 2.5 \cdot \lg(a_{\text{пик}}) + 1.89$  (ГОСТ Р 57546–2017), где  $a_{\text{пик}}$  — пиковое ускорение ( $\text{см}/\text{с}^2$ ) на горизонтальных каналах. Наиболее высокие значения ускорений грунта и соответствующей инструментальной интенсивности  $I_a$  наблюдались не в ближайших от эпицентра пунктах, а на восточном побережье Камчатки (рис. 1б). Так, например, на станциях Апача (APC,  $r = 547$  км) и Карымшина (KRM,  $r = 577$  км), расположенных на сопоставимых расстояниях от эпицентра (рис. 1б), но удаленных от восточного побережья Камчатки, амплитуды ускорения грунта составили менее  $1 \text{ см}/\text{с}^2$ , инструментальная интенсивность на этих станциях составила  $I_a(\text{APC}) = 0.9$  и  $I_a(\text{KRM}) = 1.5$ .

Землетрясение 13.10.2018 г. также проявлялось в изменениях уровня воды в скважине ЮЗ-5<sup>1</sup> (широта  $53.17^\circ$  с.ш., долгота  $158.41^\circ$  в.д.,

<sup>1</sup> Информация о сети пунктов гидрогеодинамических наблюдений представлена на странице <http://www.emsd.ru/lgi/hydrodynamical>

**Таблица 1.** Параметры очага глубокого землетрясения 13.10.2018 г.  $M_w = 6.7$  по данным различных сейсмологических агентств.

**Table 1.** Source parameters of the deep earthquake on October 13, 2018,  $M_w = 6.7$  based on data from various seismological agencies.

Агентство	Время, ч:мин:с	$\varphi^\circ$ , с.ш.	$\lambda^\circ$ , в.д.	h, км	$M_0 \times 10^{19}$ , Н·м	$M_w$	Нодальные плоскости (stk,dip,slip)	Стереодиаграмма
КФ ФИЦ ЕГС РАН	11:10:20	52.53	153.87	490	1.21	6.7	(340,65,-54) (100,43,-141)	
USGS NEIC <sup>1</sup>	11:10:22	52.86	153.24	481	1.3	6.7	(351,73,-50) (100,43,-155)	
GCMT <sup>2</sup>	11:10:27	52.70	153.41	477	1.38	6.7	(99,43,-157) (352,74,-49)	

Примечание. 1 — Национальный центр информации о землетрясениях Геологической службы США <https://earthquake.usgs.gov/>, 2 — Global Centroid Moment Tensor <https://www.globalcmt.org>.

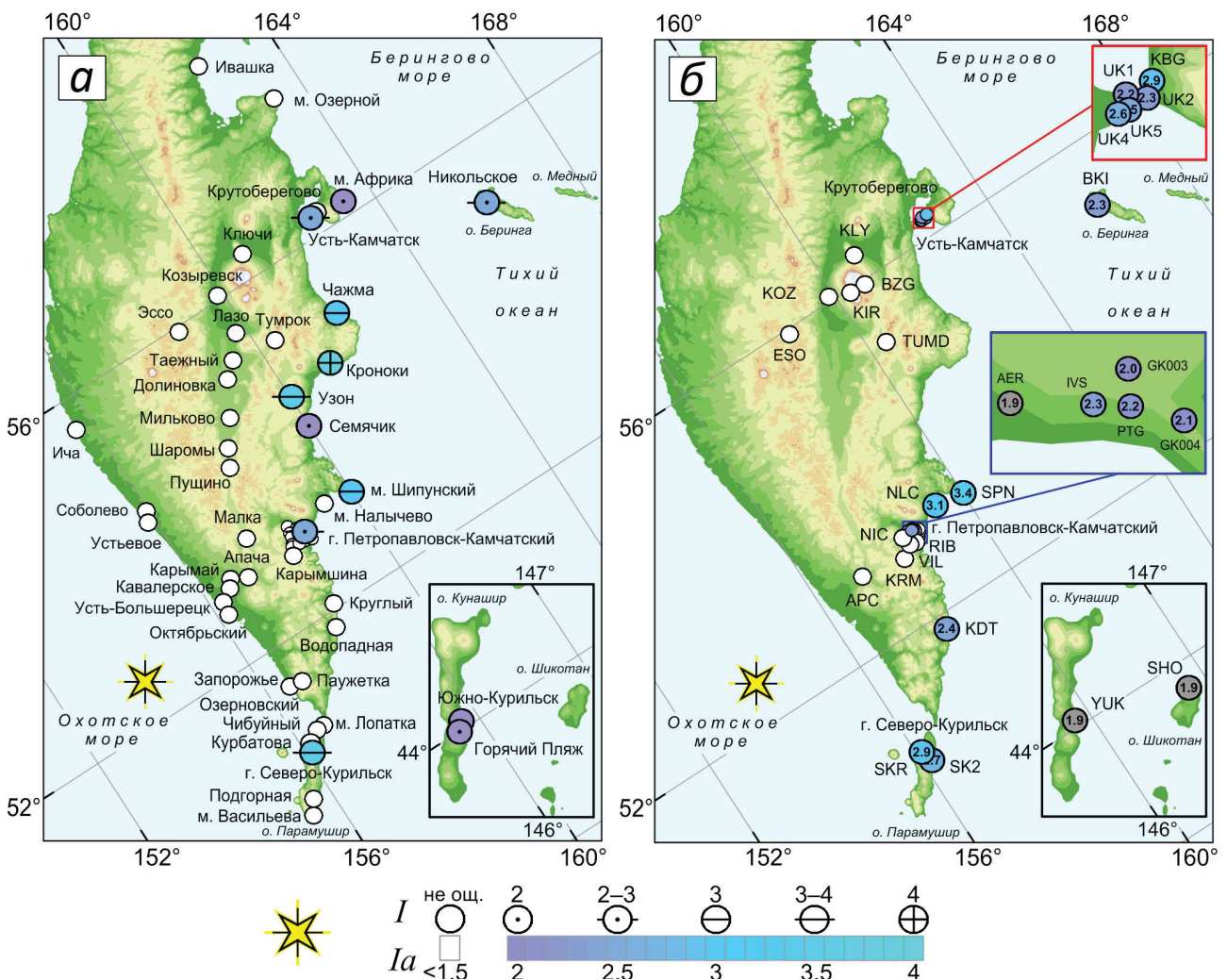
Note. 1 — The National Earthquake Information Center, U.S. Geological Survey <https://earthquake.usgs.gov/>, 2 — Global Centroid Moment Tensor <https://www.globalcmt.org>.



**Таблица 2.** Макросейсмические проявления землетрясения 13.10.2018 г.,  $M_w = 6.7$ .

**Table 2.** Macroseismic effect of the October 13, 2018 earthquake,  $M_w = 6.7$ .

Балл	Название пункта наблюдения (эпицентральное расстояние, км)
4	Кроноки (533)
3–4	г. Северо-Курильск (259), Узон (462)
3	мыс Шипунский (418), Чажма (597)
2–3	Пионерский (321), г. Петропавловск-Камчатский (326), Усть-Камчатск (696), Никольское (848)
2	Семячик (442), мыс Африка (736), Южно-Курильск (1113), Горячий Пляж (1119)



**Рис. 2.** Карта макросейсмического проявления (а) и распределения инструментальной интенсивности (б) землетрясения 13.10.2018 г. на территории Камчатского края, Северных и Южных Курил:  $I$  — макросейсмическая интенсивность;  $I_a$  — инструментальная интенсивность, рассчитанная из значений максимальных амплитуд пикового ускорения на горизонтальных каналах акселерометров.

**Fig. 2.** Map of seismic intensity (a) and instrumental intensity (b) distribution from the 13, October 2018 earthquake in the territory of Kamchatka, the Northern and Southern Kurile Islands:  $I$  — macroseismic intensity;  $I_a$  — intensity, calculated from the peak ground acceleration on the horizontal channels of the accelerometers.

ГЛУБОКОЕ (H~500 КМ) ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ

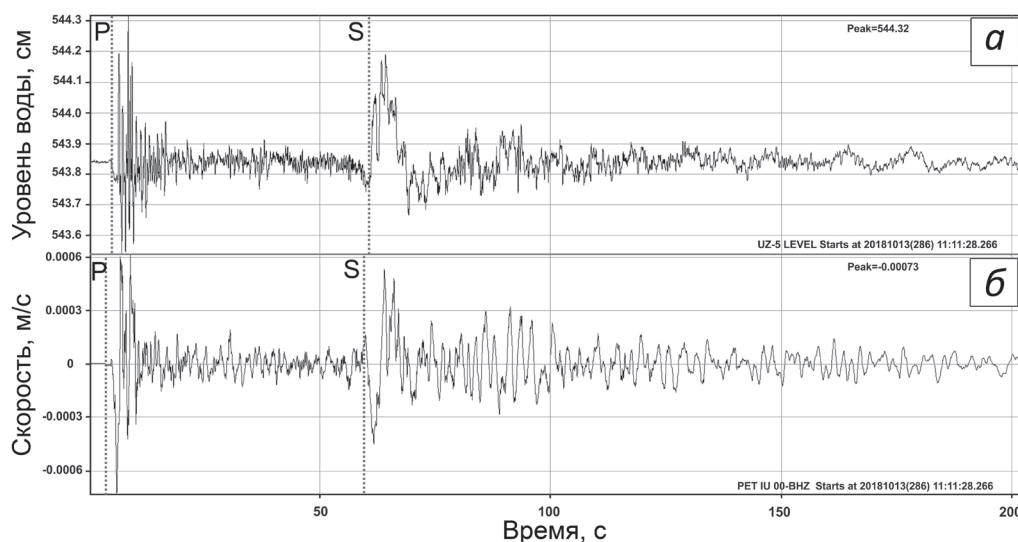
**Таблица 3.** Пиковые значения ускорения и скорости грунта для станций, записавших землетрясение 13.10.2018 г. ( $M_w = 6.7$ ) с амплитудой по ускорению  $a_{\text{пик}} \geq 1 \text{ см/с}^2$ .

**Table 3.** Peak ground accelerations and velocities for seismic stations that recorded the earthquake on October 13, 2018 ( $M_w = 6.7$ ) with peak ground acceleration  $a_{\text{пик}} \geq 1 \text{ см/с}^2$ .

	Название сейсмостанции	Код*	$\Delta$ , км	$r$ , км	$a_{\text{пик}}, \text{ см/с}^2$			$v_{\text{пик}}, \text{ см/с}$			$I_a$
					Компонента			Компонента			
					E	N	Z	E	N	Z	
1	Северо-Курильск	SKR	258	562	2.05	-2.42	0.69	-0.117	-0.095	-0.042	2.9
2	Плато	SK2	264	564	2.12	1.82	1.09	-0.179	0.205	0.091	2.7
3	Ходутка	KDT	298	581	1.62	-1.31	-0.74	0.069	0.086	-0.038	2.4
4	Аэрологическая станция	AER	321	593	-0.82	1.01	0.50	-0.268	-0.242	0.068	1.9
5	Институт вулканологии и сейсмологии	IVS	324	595	-1.44	-0.78	-0.49	-0.246	-0.138	0.076	2.3
6	Горького	PTG	325	596	-1.30	0.76	-0.40	-0.186	0.114	0.034	2.2
7	Мишенная	MSN	326	596	5.07	-3.58	-1.28	-0.957	-0.641	0.097	3.7
8	Школа №40	GK003	327	596	1.12	-0.97	-0.55	0.219	0.150	-0.050	2.0
9	Больница	GK004	327	597	1.24	-1.13	-0.64	0.092	-0.074	-0.034	2.1
10	Налычево	NLC	375	624	-1.39	-2.92	-0.83	-0.111	0.176	-0.046	3.1
11	Шипунский	SPN	418	651	-3.55	-3.98	2.48	0.248	0.238	-0.119	3.4
12	Автодор	UK4	694	855	1.67	-1.85	0.61	-0.142	-0.116	-0.062	2.6
13	Усть-Камчатск Дельта	UK5	696	857	-1.71	1.82	-0.52	0.160	-0.139	-0.065	2.5
14	Администрация-УК	UK1	700	859	1.28	1.14	-0.53	0.195	-0.116	0.062	2.2
15	Водозабор	UK2	701	860	-1.35	1.44	0.52	-0.095	-0.135	-0.081	2.3
16	Крутоберегово	KBG	706	865	2.06	2.43	0.76	-0.196	-0.211	-0.077	2.9
17	Беринг	BKI	846	983	1.00	1.44	0.66	0.075	0.101	-0.047	2.3
18	Шикотан	SHO	1094	1202	1.02	-0.97	-0.57	-0.058	0.061	-0.031	1.9
19	Южно-Курильск	YUK	1114	1220	-1.05	0.94	-0.83	-0.124	0.191	0.060	1.9

Примечание. \* — региональный код станции (расположение станций показано на рис. 2б);  $\Delta$  — эпицентральное расстояние;  $r$  — гипоцентральное расстояние;  $a_{\text{пик}}$  — максимальная амплитуда пикового ускорения на каналах HN;  $v_{\text{пик}}$  — максимальная амплитуда пиковой скорости на восстановленных записях.

Note. \* — regional station code (stations location is shown in the fig. 2б);  $\Delta$  — epicentral distance;  $r$  — hypocentral distance;  $a_{\text{пик}}$  — peak ground acceleration on HN channels;  $v_{\text{пик}}$  — peak ground velocity on recovered records.



**Рис. 3.** Вариации уровня вод в скважине ЮЗ-5 по данным регистрации с частотой 40 Гц (а) в сопоставлении с сейсмической записью на ВНЗ канале сейсмостанции Петропавловск (ПЕТ, широта 53.02° с. ш., долгота 158.65° в. д., высота 100 м), расположенной на расстоянии 28 км от скважины (б).

**Fig. 3.** High-frequency (40 Hz record) water level variations in the YuZ-5 well (a) in comparison with the seismic record on the BHZ channel of Petropavlovsk seismic station (PET, 53.02° N, 158.65° E, h = 100 m), located at a distance of 28 km from well (b).

глубина 800 м, уровень воды находится на глубине 1–1.5 м). Впервые на Камчатке были зарегистрированы фазы Р и S сейсмических волн (рис. 3), полученные по данным высокочастотной регистрации с частотой 40 Гц. Технические средства регистрации давления/уровня воды в скважине ЮЗ-5, позволившие получить этот результат, предоставлены Геологической службой Государства Израиль в рамках совместного эксперимента по измерению колебаний уровня подземных вод с высоким разрешением.

Данная работа продолжила серию оперативных публикаций КФ ФИЦ ЕГС РАН по сильным ( $M_w \geq 6.5$ ) камчатским землетрясениям последних лет (Чебров и др., 2016, 2017).

#### Список литературы [References]

- Гордеев Е.И., Левина В.И., Чебров В.Н. и др.* Землетрясения Камчатки и Командорских островов // Землетрясения Северной Евразии в 1993 году. М.: ГС РАН, 1999. С. 102–114 [*Gordeev E.I., Levina V.I., Chebrov V.N. et al.* Earthquakes of Kamchatka and Komandor Islands // Earthquakes of the Northern Eurasia. M.: GS RAS, 1999. P. 102–114 (in Russian)].
- ГОСТ Р 57546–2017. Землетрясения. Шкала сейсмической интенсивности. М.: Стандартинформ, 2017 [GOST R 57546–2017. Earthquakes. Seismic intensity scale. M.: Standartinform, 2017 (in Russian)].
- Гусева Е.М., Гусев А.А., Оскорбин Л.С.* Пакет программ для цифровой обработки сейсмических записей и его опробование на материале некоторых записей сильных движений // Вулканология и сейсмология. 1989. № 1. С. 35–49 [*Guseva E.M., Gusev A.A., Oskorbin L.S.* A program package for digital processing of seismic records and its application to some sample records of strong ground motion // Journal of Volcanology and Seismology. 1991. V. 11. № 5. P. 648–670].
- Дрознин Д.В., Чебров Д.В., Дрознина С.Я. и др.* Автоматизированная оценка интенсивности сейсмических сотрясений по инструментальным данным в режиме квазиреального времени и ее использование в рамках службы срочных сейсмических донесений на Камчатке // Сейсмические приборы. 2017. № 3. С. 5–19. <https://doi.org/10.21455/si2017.3-1> [*Droznin D.V., Chebrov D.V., Droznina S.Ya. et al.* Automated Estimation of Seismic Shaking Intensity from Instrumental Data in Quasi-Real-time Mode and Its Use in the Operation of the of Seismic Early Warning Service in the Kamchatka Region // Seismic Instruments. 2018. V. 54. Is. 3. P. 239–246. <https://doi.org/10.3103/S0747923918030088>].
- Медведев С.В., Шпонхойер В., Карник В.* Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. М.: МГК АН СССР, 1965. 11 с. [*Medvedev S.V., Sponheuer W., Kárník V.* Seismic Intensity Scale MSK-64. Interdepartmental Geophysical Commission of the USSR Acad. Sci., Moscow, 1965. 11 p. (in Russian)].
- 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: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. С. 138–142. [*Pavlov V.M., Abubakirov I.R.* Calculation of seismic moment tensor for weak Kamchatka earthquakes: first results // Problems of complex geophysical monitoring of Far East of Russia. Proceedings of VI science conference. Petropavlovsk-Kamchatsky. September, 1–7. 2017. Obninsk: GS RAS, 2017. P. 138–142 (In Russian)].
- 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. Вып. 20. С. 149–158 [*Pavlov V.M., Abubakirov I.R.* Algorithm for Calculation of Seismic Moment Tensor of Strong Earthquakes Using Regional Broadband Seismograms of Body Waves // Vestnik KRAUNTS. Nauki o Zemle. 2012. № 2(20). P. 149–158 (in Russian)].
- Сильные камчатские землетрясения 2013 года / Под ред. В.Н. Чеброва. Петропавловск-Камчатский: Холд. Комп. «Новая книга», 2014. 252 с. [Kamchatka Strong Earthquakes in 2013 / Ed. V.N. Chebrov. — Petropavlovsk-Kamchatsky: Hold. Comp. «Novaya Kniga», 2014. 252 p. (In Russian)].
- Федотов С.А.* Энергетическая классификация Курило-Камчатских землетрясений и проблема магнитуд. М.: Наука, 1972. 117 с. [*Fedotov S.A.* Energy Classification of Kuril-Kamchatka Earthquakes and magnitude problem. M.: Nauka, 1972. 117 p. (In Russian)].
- Чебров В.Н., Гусев А.А., Гусяков В.К. и др.* Концепция развития системы сейсмологических наблюдений для целей предупреждения о цунами на Дальнем Востоке России // Сейсмические приборы. 2009. Т. 45. № 4. С. 41–57 [*Chebrov V.N., Gusev A.A., Gusiakov V.K. et al.* A concept of development of a system for seismological observations with the purpose of tsunami warning in the Far East of Russia // Seismic Instruments. 2009. V. 45. № 4. P. 41–57 (in Russian)].
- Чебров В.Н., Дрознин Д.В., Кугаенко Ю.А. и др.* Система детальных сейсмологических наблюдений на Камчатке в 2011 г. // Вулканология и сейсмология. 2013. № 1. С. 18–40 [*Chebrov, V.N., Droznin D.V., Kugaenko Yu.A. et al.* The system of detailed seismological observations in Kamchatka in 2011 // Journal of Volcanology and Seismology. 2013. V. 7. № 1. P. 16–36].
- Чебров В.Н., Кугаенко Ю.А., Абубакиров И.Р. и др.* Жупановское землетрясение 30.01.2016 г. с  $K_s = 15.7$ ,  $M_w = 7.2$ ,  $I = 6$  (Камчатка) // Вестник

- КРАУНЦ. 2016. № 1. Вып. 29. С. 5–16 [*Chebrov V.N., Kugaenko Yu.A., Abubakirov I.R. et al.* The January 30<sup>th</sup>, 2016 earthquake with  $K_s = 15.7$ ,  $M_w = 7.2$ ,  $I = 6$  in the Zhupanovsky region (Kamchatka) // *Vestnik KRAUNTs. Nauki o Zemle*. 2016. № 1(29). P. 5–16 (in Russian)].
- Чебров Д.В., Кугаенко Ю.А., Ландер А.В. и др.* Южно-озерновское землетрясение 29.03.2017 г. с  $M_w = 6.6$ ,  $K_s = 15.0$ ,  $I = 6$  (Камчатка) // *Вестник КРАУНЦ*. 2017. № 3. Вып. 35. С. 7–21. [*Chebrov D.V., Kugaenko Yu.A., Lander A.V. et al.* The March 29<sup>th</sup>, 2017 earthquake with  $K_s = 15.0$ ,  $M_w = 6.6$ ,  $I = 6$  in Ozernoy gulf (Kamchatka) // *Vestnik KRAUNTs. Nauki o Zemle*. 2017. № 3(35). P. 7–21 (in Russian)].
- Чеброва А.Ю., Митюшкина С.В., Иванова Е.И. и др.* Охотоморское-I землетрясение 5 июля 2008 г. с  $M_w = 7.7$ ,  $I = 5$  и Охотоморское-II землетрясение 24 ноября 2008 г. с  $M_w = 7.3$ ,  $I_0 = 5$  (Охотское море) // *Землетрясения Северной Евразии, 2008 год*. Обнинск: ГС РАН, 2014. С. 359–377 [*Chebrova A.Yu., Mityushkina S.V., Ivanova E.I. et al.* Okhotsk-I Earthquake 5.07.2008 and Okhotsk-II Earthquake 24.11.2008 // *Earthquakes of the Northern Eurasia, 2008*. – Obninsk: GS RAS, 2014. P. 359–377. (in Russian)].
- Чеброва А.Ю., Чебров В.Н., Гусев А.А. и др.* Воздействие Охотоморского землетрясения 24 мая 2013 г. ( $M_w = 8.3$ ) на территории Камчатки и Мира // *Вулканология и сейсмология*. 2015. № 4. С. 3–22. DOI: 10.7868/S0203030615040033 [*Chebrova A.Yu., Chebrov V.N., Gusev A.A. et al.* The Impacts of the MW 8.3 Sea of Okhotsk Earthquake of May 24, 2013 in Kamchatka and Worldwide // *Journal of Volcanology and Seismology*. 2015. V. 9. Is. 4. P. 223–241].
- Чубарова О.С., Гусев А.А., Чебров В.Н.* Свойства колебаний грунта при Олюторском землетрясении 20.04.2006 г. и его его афтершоках по данным цифровой регистрации // *Вулканология и сейсмология*. 2010. № 2. С. 57–70. [*Chubarova O.S., Gusev A.A., Chebrov V.N.* 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*. 2010, V. 4. Is. 2. P. 126–138].
- Kanamori H.* The energy release in great earthquakes // *Journal of Geophysical Research*. 1977. V. 82. № 20. P. 2981–2987.

*Д.В. Чебров, А.Ю. Чеброва,  
И.Р. Абубакиров, С.Я. Дрознина,  
С.В. Митюшкина, Г.Н. Копылова,  
Д.А. Ототюк, В.М. Павлов,  
С.Л. Сенюков;  
Камчатский филиал ФИЦ «Еди-  
ная геофизическая служба РАН»*