

### III. Результаты детального сейсмического мониторинга

#### Непрерывные наблюдения

#### Вулканы Камчатки

С.Л. Сеников, И.Н. Нуждина, Д.В. Чебров

КФ ФИЦ ЕГС РАН, г. Петропавловск-Камчатский

В 2018 г. радиотелеметрическая сеть сейсмических станций Камчатского филиала (КФ) ФИЦ ЕГС РАН [1, 2] сохранилась без изменений по сравнению с 2017 г. [3]. Сеть позволяла проводить сейсмический мониторинг вулканов Камчатки в режиме, близком к реальному времени, с разной степенью детальности. Наиболее детальные наблюдения проводились для Северной (вулканы Шивелуч, Ключевской, Безымянный, Крестовский, Ушковский и Плоский Толбачик, рис. III.1), Авачинской (вулканы Авачинский и Корякский, рис. III.2) и Мутновско-Гореловской (вулканы Мутновский и Горелый, рис. III.3) групп вулканов, а также вулканов Жупановский (рис. III.4) и Кизимен (рис. III.5). В табл. III.1 приведены сведения о вулканах, для которых проводился сейсмический мониторинг.

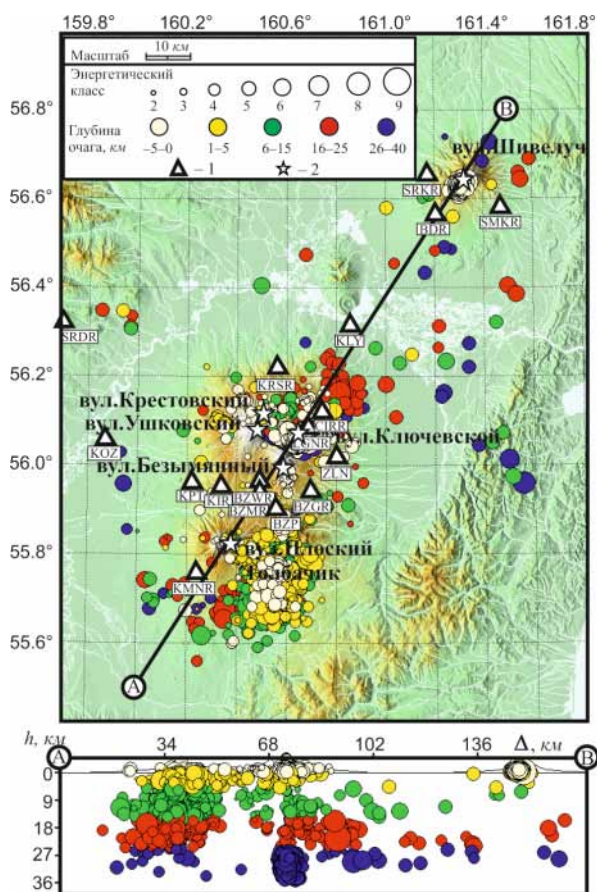


Рис. III.1. Карта эпицентров землетрясений в районе Северной группы вулканов в 2018 г. и проекция очагов на вертикальный разрез А-В: 1 – сейсмическая станция; 2 – активный вулкан

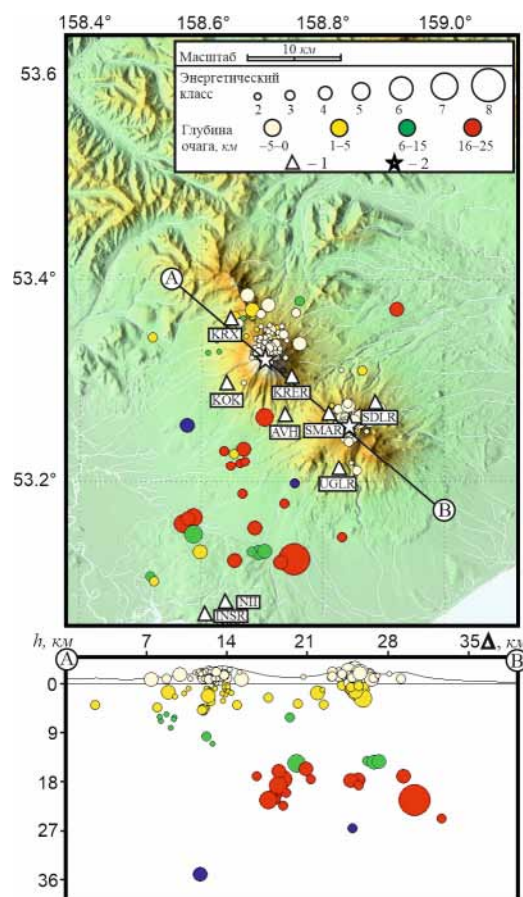


Рис. III.2. Карта эпицентров землетрясений в районе Авачинской группы вулканов в 2018 г. и проекция очагов на вертикальный разрез А-В: 1 – сейсмическая станция; 2 – активный вулкан

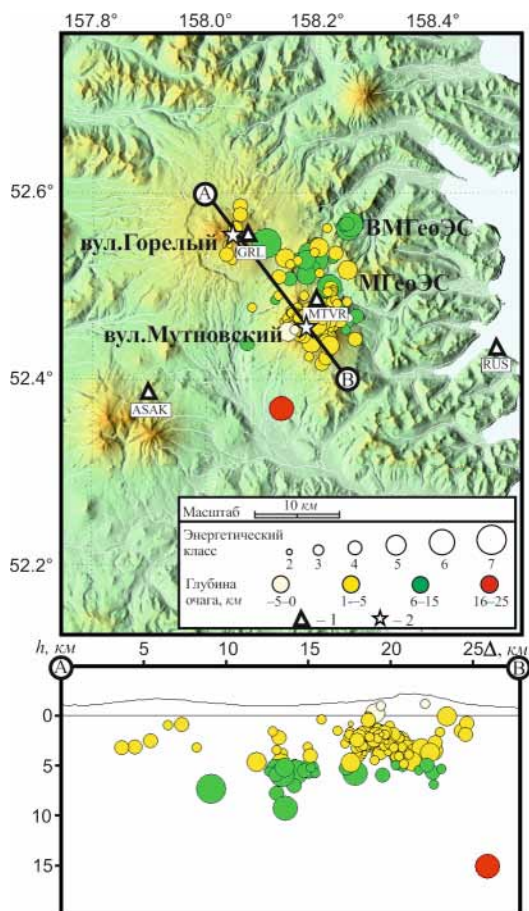


Рис. III.3. Карта эпицентров землетрясений в районе Мутновско-Гореловской группы вулканов в 2018 г. и проекция очагов на вертикальный разрез А-В:

1 – сейсмическая станция; 2 – активный вулкан

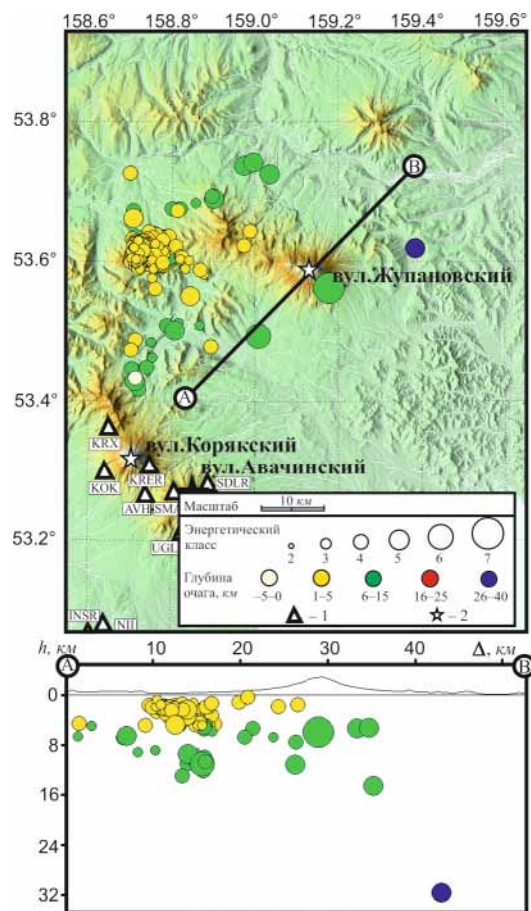


Рис. III.4. Карта эпицентров землетрясений в районе вулкана Жупановский в 2018 г. и проекция очагов на вертикальный разрез А-В:

1 – сейсмическая станция; 2 – активный вулкан

Таблица III.1. Сведения о вулканах Камчатки, для которых проводился сейсмический мониторинг

Название вулкана	Координаты вершины		Абсолютная высота вершины, м	Диаметр кратера, м	Теоретический уровень надежной регистрации, $K_{\min}$	Уровень надежной регистрации $K_{\text{пред}}$ и угол наклона $\gamma$ в 2018 г. ZMAP
	φ, °N	λ, °E				
Авачинская группа вулканов						
Авачинский	53.25	158.83	2741	350	3.0	3.1/0.8±0.05
Коряжский	53.32	158.72	3456		3.0	1.7/0.76±0.03
Мутновско-Гореловская группа вулканов						
Горелый	52.55	158.03	1829		4.5	мало данных
Мутновский	52.45	158.20	2323		4.5	3.2/0.56±0.07
Северная группа вулканов						
Шивелуч	56.63	161.32	2600		3.5	5.2/1.01±0.07
Ключевской	56.07	160.63	4750	700	3.0	для поверхностных – 4.0/0.89±0.06; для глубоких – 4.0/0.75±0.09
Безымянный	55.97	160.58	2869		3.0	мало данных
Крестовский	56.12	160.50	4108		4.0	3.6/0.73±0.05
Ушковский	56.07	160.47	3943			



Название вулкана	Координаты вершины		Абсолютная высота вершины, м	Диаметр кратера, м	Теоретический уровень надежной регистрации, $K_{\min}$	Уровень надежной регистрации $K_{\text{пред}}$ и угол наклона $\gamma$ в 2018 г.
	$\varphi$ , °N	$\lambda$ , °E				ZMAP
Плоский Толбачик	55.82	160.37	3085	400	4.0	3.7/0.54±0.03
Остальные вулканы						
Кизимен	55.13	160.33	2375		4.5	мало данных
Жупановский	53.58	159.16	2923		4.9	мало данных
Карымский	54.05	159.43	1536	250	6.5	мало данных

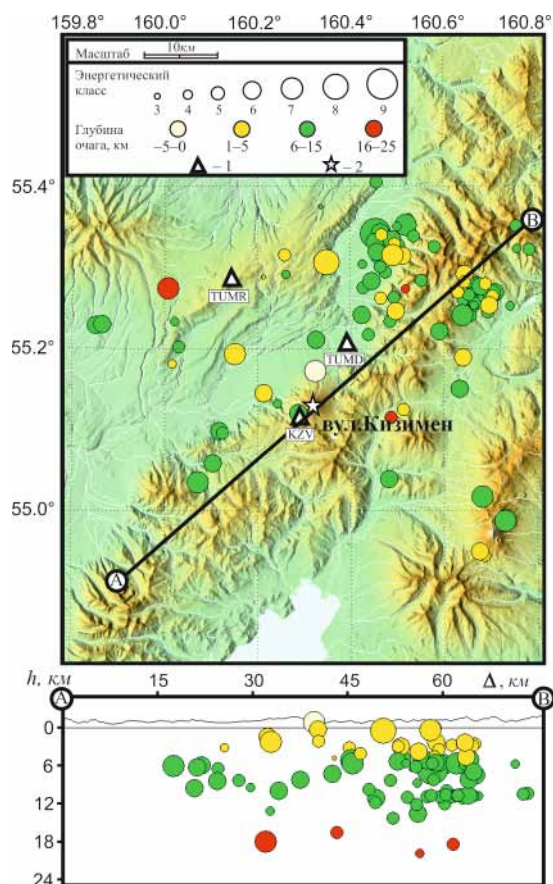


Рис. III.5. Карта эпицентров землетрясений в районе вулкана Кизимен в 2018 г. и проекция очагов на вертикальный разрез А–В:

1 – сейсмическая станция; 2 – активный вулкан

Метод основан на оценке представительного класса по максимальному количеству землетрясений в выборке и может применяться в случаях, когда количество событий  $N \geq 50$ . Вблизи вулкана Карымский установлена только одна станция, что дает возможность фиксировать слабые локальные события этого вулкана, но не позволяет определять их пространственное положение. Для таких событий производился только подсчет их количества. Для более сильных землетрясений (обычно с  $K_s \geq 6.0$  [7]), зарегистрированных удаленными от вулкана станциями, определялись кинематические и динамические параметры и помещались в сетевую базу данных.

Для каждого вулкана ежедневно выставлялся цветовой код опасности по сейсмическим, видео и спутниковым наблюдениям и помещался в Интернет по адресу: <http://www.emsd.ru/~ssl/monitoring/main.htm>. «Красный» код присваивался при очень

Теоретический уровень надежной регистрации  $K_{\min}$  (табл. III.1) рассчитывался с помощью программы «Kam\_tst» (автор – сотрудник КФ ФИЦ ЕГС РАН Д.В. Дроздин). Расчет параметров вулканических событий в 2018 г. (координаты эпицентра, глубина, энергия) проводился сотрудниками лаборатории исследований сейсмической и вулканической активности (ИСВА) по программе «DIMAS» [4]. Для локализации сейсмических событий Северной и Авачинской групп вулканов использовались локальные годографы [5], для вулканов Мутновский, Горелый, Жупановский, Кизимен, Карымский и Камбальный – одномерная скоростная модель Камчатского региона с возможностью поиска решений положений гипоцентров землетрясений выше уровня моря. Каталог для всех групп вулканов формировался в сетевой базе данных (<http://www.emsd.ru/ts/>) в режиме, близком к реальному времени, и доступен по адресу <http://www.emsd.ru/sdis/main.php> в Интернете.

Представительный класс и угол наклона графика повторяемости землетрясений определялись с помощью автоматической процедуры программы ZMAP [6].

высокой сейсмической активности и регистрации пепловых выбросов высотой 8 км над уровнем моря (н.у.м.) и выше, «оранжевый» – при регистрации большого количества локальных землетрясений, пепловых выбросов на высоту до 8 км н.у.м. и (или) при фиксировании на вулкане лавовых потоков. «Желтый» код выставлялся, когда сейсмичность немного превышала фоновую, наблюдались слабые пепловые выбросы, высота которых не превышала 1 км над кратером вулкана, а также при наличии термальных аномалий по спутниковым данным. Когда на вулкане сейсмическая и вулканическая активность не превышала фоновый уровень, выставлялся «зеленый» код.

В 2018 г. в каталог Северной группы вулканов включено (рис. III.1, [8]) 8445 землетрясений, в очагах которых было высвобождено энергии  $\Sigma E \sim 3.45 \cdot 10^9$  Дж, в каталог Авачинской группы (рис. III.2, [8]) – 280 ( $\Sigma E \sim 4.13 \cdot 10^7$  Дж), Мутновско-Гореловской группы (рис. III.3, [8]) – 180 ( $\Sigma E \sim 9.55 \cdot 10^6$  Дж). Каталоги землетрясений для районов вулканов Жупановский (рис. III.4, [8]) и Кизимен (рис. III.5, [8]) содержат 258 ( $\Sigma E \sim 6.37 \cdot 10^7$  Дж) и 98 ( $\Sigma E \sim 6.35 \cdot 10^8$  Дж) событий соответственно.

В печатные варианты каталогов землетрясений вулканических районов Камчатки помещены параметры: Северная группа вулканов – 25 землетрясений с  $M \geq 1.5$  ( $K_s \geq 6.8$ ) [9]; Авачинская группа вулканов – восемь землетрясений с  $M \geq 0$  ( $K_s \geq 4.6$ ) [10]; Мутновско-Гореловская группа вулканов – 23 землетрясения с  $M \geq 0$  ( $K_s \geq 4.6$ ) [11]; вулкан Жупановский – 12 землетрясений с  $M \geq 0$  ( $K_s \geq 4.6$ ) [12]; вулкан Кизимен – 27 землетрясений с  $M \geq 0.8$  ( $K_s \geq 5.8$ ) [13].

В исследуемый период высокая сейсмическая и вулканическая активность наблюдалась на вулканах Ключевской, Шивелуч, Плоский Толбачик и Карымский.

**Вулкан Шивелуч** – самый северный действующий вулкан Камчатки, расположен в 45 км от пос. Ключи. Ближайшие радиотелеметрические станции (SRKR, SMKR и BDR) (рис. III.1) расположены на расстоянии 8.5÷10 км от активного купола вулкана [1, 2]. В 2018 г. экструзивно-эксплозивное извержение вулкана Шивелуч, связанное с ростом нового купола, чередовалось с периодами покоя. Высокая сейсмическая и вулканическая активность наблюдалась в январе и декабре. Извержение сопровождалось вулканическим дрожанием, мощными газо-пепловыми выбросами с максимальной высотой 12 км над уровнем моря (30 декабря, рис. III.6), сходом пирокластических потоков и горячих лавин.



Рис. III.6. Газо-пепловый выброс на вулкане Шивелуч 30 декабря 2018 г. в 00<sup>h</sup>45<sup>m</sup>.  
Фото Ю.В. Демянчука

В течение всего года по спутниковым данным наблюдалась термальная аномалия на растущем куполе, свидетельствующая о присутствии на поверхности горячего магматического материала. Самый высокий «красный» код опасности на вулкане в 2018 г. выставлялся девять раз, «оранжевый» – 36 раз, «желтый» – 49.

В течение года в радиусе 12 км от вулкана было локализовано 1123 землетрясения с классом  $2.7 \leq K_S \leq 8.6$  в диапазоне глубин  $-2.7 \leq h^1 \leq 26.1$  км [8, 9], высвобождено сейсмической энергии  $\Sigma E \sim 8.64 \cdot 10^8$  Дж. Представительный класс и угол наклона графика повторяемости землетрясений приведены в табл. III.1. Землетрясение с максимальным классом ( $K_S=8.6$ ) произошло 27 декабря в 04<sup>h</sup>07<sup>m</sup> в постройке вулкана ( $h=-0.2$  км) [8, 9]. Большие значения наклона графика повторяемости  $\gamma=1.01 \pm 0.07$  (табл. III.1) землетрясений связаны с магматическими процессами.

**Вулкан Ключевской** – самый высокий действующий вулкан Курило-Камчатской дуги, расположен в 32 км к юго-западу от пос. Ключи. Ближайшая станция LGNR установлена в 4 км от кратера [1, 2]. В 2018 г. на Ключевском вулкане 13 раз наблюдалось вершинное эксплозивное извержение. Извержение сопровождалось пепловыми выбросами с максимальной высотой 10 км над уровнем моря и свечением над кратером (14 мая). В 2018 г. для вулкана Ключевской выставлялся повышенный код опасности: один раз – «красный», 12 – «оранжевый», 49 – «желтый». В исследуемый период на Ключевском вулкане наблюдалась высокая сейсмическая активность. В радиусе 7 км от вулкана и диапазоне глубин от кратера до 40 км ниже уровня моря было локализовано 4939 землетрясений с  $\Sigma E \sim 3.59 \cdot 10^8$  Дж (рис. III.1, [8, 9]). Все землетрясения, как и в предыдущие годы, условно разделены по глубине на три слоя: поверхностные, локализованные в диапазоне глубин от  $-5$  до  $+5$  км, промежуточные – от  $+5$  до  $+20$  км и глубокие – от  $+20$  до  $+35$  км. Практически вся сейсмичность в 2018 г. была сосредоточена в верхнем (1791 событие) и нижнем (3126 событий) слоях. В промежуточном слое было локализовано всего 22 землетрясения.

На вулкане **Безымянный** в 2018 г. наблюдалась слабая сейсмическая и вулканическая активность. В течение года в радиусе 6 км от вулкана было локализовано всего 40 землетрясений с классом  $1.7 \leq K_S \leq 4.7$  в диапазоне глубин  $-1.8 \leq h \leq 10.8$  км [8], высвобождено сейсмической энергии  $\Sigma E \sim 0.11 \cdot 10^6$  Дж. Для корректного определения представительного класса и угла наклона графика повторяемости землетрясений с помощью автоматической процедуры программы ZMAP такого количества событий недостаточно.

В 2018 г. на вулкане Безымянный в основном наблюдалась фоновая сейсмическая и вулканическая активность, и только 33 раза выставлялся «желтый» код опасности, в т.ч. два – из-за повышенной сейсмичности, в остальных случаях – из-за наличия термальной аномалии и свечения над куполом. Землетрясение с максимальным классом  $K_S=4.7$  произошло 16 октября в 06<sup>h</sup>03<sup>m</sup> в постройке вулкана [8].

**Вулкан Плоский Толбачик.** Ближайшая телеметрическая станция KMNR [1, 2] расположена в 10 км от кратера вулкана. В 2018 г. в окружности радиусом 20 км, включающей вышеназванный вулкан, Толбачинский дол и потухшие вулканы Большая Удина и Малая Удина, было локализовано 1683 землетрясения с  $1.7 \leq K_S \leq 8.8$  в диапазоне глубин от кратера до 31 км ниже уровня моря [8, 9]. Землетрясение с максимальным классом  $K_S=8.8$  произошло 18 августа в 18<sup>h</sup>41<sup>m</sup> на глубине 2.9 км в районе Толбачинского дола. Выделенная сейсмическая энергия локализованных землетрясений составила  $\Sigma E \sim 1.45 \cdot 10^9$  Дж,  $K_{\text{пред}}=3.7$ , угол наклона совпадает со значением региональных тектонических землетрясений  $\gamma=0.54 \pm 0.03$  (табл. III.1).

<sup>1</sup> Для вулканических землетрясений глубина  $h$  (км) определяется от уровня моря: со знаком «+» – ниже уровня моря, со знаком «-» – выше уровня моря.

В течение года на вулкане Плоский Толбачик в основном наблюдалась фоновая сейсмическая и вулканическая активность. «Желтый» код опасности выставлялся 80 раз, когда в районе вулкана регистрировалась повышенная сейсмичность. В основном она наблюдалась в районе реки Толуд и потухших вулканов Большая Удина и Малая Удина, которые расположены, соответственно, примерно в 12 и 16 км на юго-запад от кратера вулкана Плоский Толбачик.

На вулканах *Крестовский* и *Ушковский* в 2018 г. наблюдалась фоновая сейсмичность. Всего в радиусе 10.1 км от вулканов и диапазоне глубин  $-1.5 \leq h \leq 29$  км было локализовано 68 землетрясений с  $2.5 \leq K_s \leq 5.5$  ( $\Sigma E \sim 1.06 \cdot 10^6$  Дж) [8, 9]. Максимальный класс  $K_s=5.5$  зарегистрирован 18 марта в 17<sup>h</sup>10<sup>m</sup> на глубине  $h=6.2$  км под постройкой вулкана Крестовский.

*Вулканы Корякский* и *Авачинский* расположены в 25–30 км от городов Петропавловска-Камчатского и Елизово и поэтому представляют наибольшую потенциальную угрозу для населения. В 2018 г. вулканы были спокойны, их сейсмичность не превышала нормальный фоновый уровень.

В радиусе 8 км от Авачинского вулкана и диапазоне глубин от кратера до 25 км (рис. III.2) было локализовано 104 землетрясения ( $\Sigma E \sim 7.76 \cdot 10^5$  Дж), для которых  $K_{пред}=3.1$ ,  $\gamma=0.8 \pm 0.05$  (табл. III.1). Максимальный класс  $K_s=5.6$  зарегистрирован 6 июня в 17<sup>h</sup>25<sup>m</sup> под постройкой вулкана ( $h=1.1$  км) [8, 10].

В радиусе 9 км от Корякского вулкана были определены кинематические и динамические характеристики для 148 землетрясений ( $1.6 \leq K_s \leq 4.6$ ,  $-2.8 \leq h \leq 21.4$  км,  $\Sigma E \sim 1.19 \cdot 10^5$  Дж,  $K_{пред}=1.7$ ,  $\gamma=0.76 \pm 0.03$ ). Землетрясение с  $K_s=4.6$  произошло 5 декабря в 20<sup>h</sup>15<sup>m</sup> под постройкой вулкана ( $h=21.4$  км) [8, 10].

*Вулканы Горелый* и *Мутновский* расположены в 70 км к югу от Петропавловска-Камчатского. В районе Мутновско-Гореловской группы вулканов находятся Мутновская и Верхне-Мутновская геотермальные электростанции (МгеоЭС и ВМгеоЭС соответственно на рис. III.3). Ближайшая к вулкану Мутновский сейсмическая станция МТВР [1, 2] расположена в 3 км от активного кратера. В 2018 г. в каталог Мутновско-Гореловской группы включено 180 землетрясений, выделившаяся суммарная энергия которых составила  $\Sigma E \sim 9.55 \cdot 10^6$  Дж. Практически вся сейсмичность была сосредоточена в районе вулкана Мутновский, в радиусе 8 км от его вершины было локализовано 147 землетрясений ( $1.7 \leq K_s \leq 5.5$ ,  $-1.1 \leq h \leq 6.9$  км) [8, 11]. Землетрясение с максимальным классом ( $K_s=5.5$ ) произошло на глубине  $h=5.8$  км под постройкой Мутновского вулкана 16 января в 04<sup>h</sup>14<sup>m</sup>. С апреля 2018 г. станцией МТВР начали регистрироваться слабые локальные поверхностные события и слабое спазматическое вулканическое дрожание, источником которых был вулкан Мутновский.

Ближайшая к вулкану Горелый станция GRL [1, 2] расположена в 4 км от кратера. В период с 11 марта по 10 мая включительно станция не работала, в остальное время ею регистрировались спазматическое вулканическое дрожание и слабые локальные поверхностные сейсмические события от вулкана. В радиусе 7 км от вершины вулкана Горелый в 2018 г. было локализовано всего восемь землетрясений [8, 11]. Землетрясение с максимальным классом ( $K_s=6.7$ ) произошло 3 января в 10<sup>h</sup>23<sup>m</sup> на глубине  $h=7.4$  км под постройкой вулкана Горелый.

В 2018 г. из-за повышенной сейсмичности «желтый» код выставлялся на вулкане Горелый 181 раз, на вулкане Мутновский – 188. Вулканическая активность Мутновско-Гореловской группы вулканов проявлялась только в виде фумарольной деятельности.

*Вулкан Жупановский* расположен в ~70 км к север–северо-востоку от Петропавловска-Камчатского. Вулкан относится к юго-восточному вулканическому поясу Камчатки. В 2018 г. сейсмический мониторинг проводился по удаленным станциям [1, 2], ближайшие из которых (SDLR, KRER, KRX) расположены в районе Авачинской группы

вулканов в 38–40 км от Жупановского вулкана (рис. III.4). Всего в исследуемый период в районе Жупановского вулкана ( $\varphi=53.40\text{--}53.90^\circ\text{N}$ ,  $\lambda=158.70\text{--}159.65^\circ\text{E}$ ) было локализовано 258 землетрясений ( $\Sigma E \sim 5.5 \cdot 10^6 \text{ Дж}$ ) с  $K_s \leq 6.5$  в диапазоне глубин  $-0.6 \leq h \leq 31.8 \text{ км}$ . Из них только восемь землетрясений – в радиусе 20 км от вершины вулкана ( $3.0 \leq K_s \leq 6.5$ ,  $1.5 \leq h \leq 31.8 \text{ км}$ ,  $\Sigma E \sim 3.74 \cdot 10^8 \text{ Дж}$ ). Землетрясение с максимальным классом ( $K_s=6.5$ ) произошло 3 апреля в 14<sup>h</sup>44<sup>m</sup> на глубине 6.0 км под постройкой вулкана [8, 11].

В 2018 г. из-за повышенной сейсмической активности вулкану 6 раз присваивался «желтый» код опасности, в остальное время наблюдалась фоновая сейсмичность. Вулканическая активность проявлялась только в виде фумарольной деятельности.

**Вулкан Карымский** в 2018 г. продолжал извергаться. Ближайшая станция КИ расположена на юго-восточном склоне в 1.5 км от кратера [1, 2]. Другие радиотелеметрические станции расположены на расстоянии свыше 100 км и могут обеспечить надежное определение параметров землетрясений по трем станциям с занесением в каталог только с  $K_s \geq 6.0$ . В исследуемый период в радиусе 10 км от вулкана землетрясений не было зарегистрировано. Поэтому все основные выводы о деятельности вулкана сделаны по данным одной станции – КИ.

На рис. III.7 показано количество зарегистрированных поверхностных землетрясений ( $2 < K_s < 6$ ), большинство из которых – взрывы в кратере. Гистограмма наглядно показывает периоды усиления и спада активности вулкана. Во время активизации регистрировались события, сопровождавшие газо-пепловые выбросы высотой до 4200 м над кратером (22 сентября). В 2018 г. для вулкана Карымский повышенный код опасности выставлялся 112 раз: 74 – «оранжевый», 138 – «желтый».

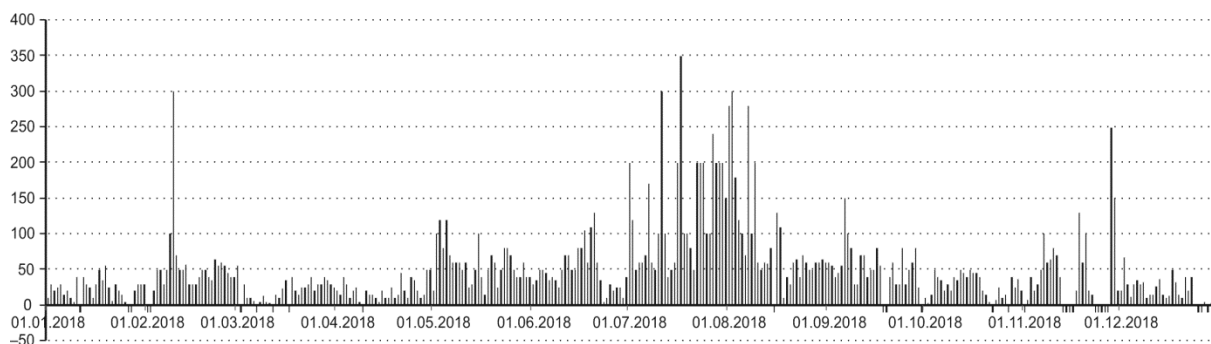


Рис. III.7. Сейсмичность вулкана Карымский в 2018 г. по данным сейсмостанции КИ.

Значение меньше «0» означает отсутствие данных

**Вулкан Кизимен** по отношению к другим вулканам Камчатки занимает обособленное положение на западном склоне южной части хребта Тумрок. Это единственный действующий вулкан, расположенный на сочленении грабена Центральной Камчатской депрессии с горстом Восточного хребта. Ближайшая радиотелеметрическая станция KZV расположена на юго-западном склоне вулкана в 2.5 км от вершины (рис. III.5) [1, 2]. Начиная с октября 2017 г. и весь 2018 г. станция не работала, поэтому локализовать слабую сейсмичность ( $K_s \leq 4.0$ ) не было возможности. В 2018 г. в районе вулкана Кизимен ( $\varphi=54.90\text{--}55.54^\circ\text{N}$ ,  $\lambda=159.82\text{--}160.80^\circ\text{E}$ ) было локализовано 98 землетрясений с суммарной энергией  $\Sigma E \sim 6.35 \cdot 10^8 \text{ Дж}$ , из них всего 12 событий произошли в радиусе 20 км от вершины вулкана ( $4.1 \leq K_s \leq 7.2$ ,  $-0.9 \leq h \leq 16.6 \text{ км}$ ) [8, 13]. Суммарная энергия землетрясений составила  $\Sigma E \sim 0.3 \cdot 10^8 \text{ Дж}$ . Землетрясение с максимальным классом  $K_s=8.7$  ( $h=6.6 \text{ км}$ ) произошло вне зоны вулкана 30 июня в 09<sup>h</sup>17<sup>m</sup>.

В 2018 г. на вулкане Кизимен наблюдалась вулканическая активность только в виде фумарольной деятельности и сейсмичность не превышала фоновую.

## Литература

1. Чебров В.Н., Дрознин Д.В., Кугаенко Ю.А., Левина В.И., Сеньюков С.Л., Сергеев В.А., Шевченко Ю.В., Ящук В.В. Система детальных сейсмологических наблюдений на Камчатке в 2011 году // Вулканология и сейсмология. – 2013. – № 1. – С. 18–40.
2. Чебров Д.В., Дрознина С.Я., Сеньюков С.Л., Шевченко Ю.В., Митюшкина С.В. Результаты сейсмического мониторинга различных регионов России. Камчатка и Командорские острова // Землетрясения России в 2018 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – С. 71–80.
3. Чебров Д.В., Дрознина С.Я., Сеньюков С.Л., Шевченко Ю.В., Митюшкина С.В. Результаты сейсмического мониторинга различных регионов России. Камчатка и Командорские острова // Землетрясения России в 2017 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – С. 67–76.
4. Дрознин Д.В., Дрознина С.Я. Интерактивная программа обработки сейсмических сигналов DIMAS // Сейсмические приборы. – М.: ИФЗ РАН, 2010. – Т. 46, № 3. – С. 22–34.
5. Сеньюков С.Л. Мониторинг активности вулканов Камчатки дистанционными средствами наблюдений в 2000–2004 гг. // Вулканология и сейсмология. – 2006. – № 3. – С. 68–78.
6. Weimer S. A software package to analyze seismicity: ZMAP // Seism. Res. Lett. – 2001. – Vol. 72. – P. 373–382.
7. Федотов С.А. Энергетическая классификация Курило-Камчатских землетрясений и проблема магнитуд. – М.: Наука, 1972. – 117 с.
8. Part\_IV-2018. 12\_Volcano-regions-of-Kamchatka\_2018.xls // Землетрясения России в 2018 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – Приложение на CD-ROM.
9. Нуждина И.Н. (отв. сост.); Напылова Н.А., Напылова О.А., Толокнова С.Л., Соболевская О.В., Кожевникова Т.Ю. Каталоги землетрясений по различным регионам России. Вулканические районы Камчатки. Северная группа вулканов // Землетрясения России в 2018 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – С. 174.
10. Нуждина И.Н. (отв. сост.); Кожевникова Т.Ю., Назарова З.А., Толокнова С.Л., Соболевская О.В. Каталоги землетрясений по различным регионам России. Вулканические районы Камчатки. Авачинская группа вулканов // Землетрясения России в 2018 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – С. 175.
11. Нуждина И.Н. (отв. сост.); Кожевникова Т.Ю., Толокнова С.Л., Назарова З.А., Соболевская О.В. Каталоги землетрясений по различным регионам России. Вулканические районы Камчатки. Мутновско-Гореловская группа вулканов // Землетрясения России в 2018 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – С. 175.
12. Нуждина И.Н. (отв. сост.); Назарова З.А., Толокнова С.Л., Кожевникова Т.Ю., Соболевская О.В. Каталоги землетрясений по различным регионам России. Вулканические районы Камчатки. Вулкан Жупановский // Землетрясения России в 2018 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – С. 176.
13. Нуждина И.Н. (отв. сост.); Кожевникова Т.Ю., Назарова З.А., Соболевская О.В., Толокнова С.Л. Каталоги землетрясений по различным регионам России. Вулканические районы Камчатки. Вулкан Кизимен // Землетрясения России в 2018 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – С. 177.