



УДК 551.214

О. А. Гирина, А. Г. Маневич, С. В. Ушаков, Д. В. Мельников,  
А. А. Нуждаев, О. А. Коновалова, Ю. В. Демянчук

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН,  
Петропавловск-Камчатский, 683 006;  
e-mail: girina@kscnet.ru*

## Активность вулканов Камчатки в 2010 г.

The KVERT (Kamchatkan Volcanic Eruption Response Team) has been conducting a regular monitoring of Kamchatkan volcanoes since 1993. Five volcanoes of Kamchatka (Sheveluch, Klyuchevskoy, Bezymianny, Karymsky and Kizimen) posed a threat to the aviation in 2010. Weak to moderate fumarolic activity has been observed on the other Kamchatkan volcanoes.

### Введение

На Камчатке 30 действующих вулканов, в 2010 г. в состоянии высокой активности были шесть из них: Шивелуч, Ключевской, Кизимен, Безымянный, Карымский, Горелый.<sup>1</sup> Характеристика сейсмичности вулканов основана на данных Камчатского филиала геофизической службы (КФ ГС) РАН.<sup>2</sup>

### Активность вулканов

**Вулкан Шивелуч** в 2010 г. находился в состоянии экстремально-эксплозивно-эффузивного извержения, продолжающегося с 1980 г. В районе купола вулкана почти постоянно регистрировались вулканическое дрожание, являющееся одной из главных характеристик высокой степени активности вулкана, и термальная аномалия, временами достигавшая размера 26 пикселей и температуры 67°С — максимальной для сенсора, установленного на спутнике NOAA (рис. 1а), то есть почти непрерывно происходило выжимание вязкого магматического вещества на поверхность земли, благодаря чему объём лавового купола увеличивался. Время от времени наблюдались сопутствующие этому процессу явления — пепловые эксплозии, при которых пепел поднимался до 7–12 км над уровнем моря (н. у. м.), и обрушения раскалённых лавин, пепел от которых поднимался до 5–6 км н. у. м. Пепловые шлейфы 4 января, 22 и 26 февраля, 1 и 5 июля перемещались на юго-юго-запад, вследствие этого в п. Ключи отмечались пеплопады. 18 апреля на вулкане произошёл пепловый выброс до 7 км н. у. м. С конца августа началось постепенное усиление сейсмической активности вулкана, и 27 октября в 14:00 UTC произошло мощное эксплозивное извержение — была разрушена значительная часть лавового купола, образовался мощный покров пирокластических отложений [2]. В связи с плохими метеоусловиями, постройка вулкана была недоступна для визуальных наблюдений, но в п. Ключи в разрывы облачности просматривалась мощная пепловая туча,

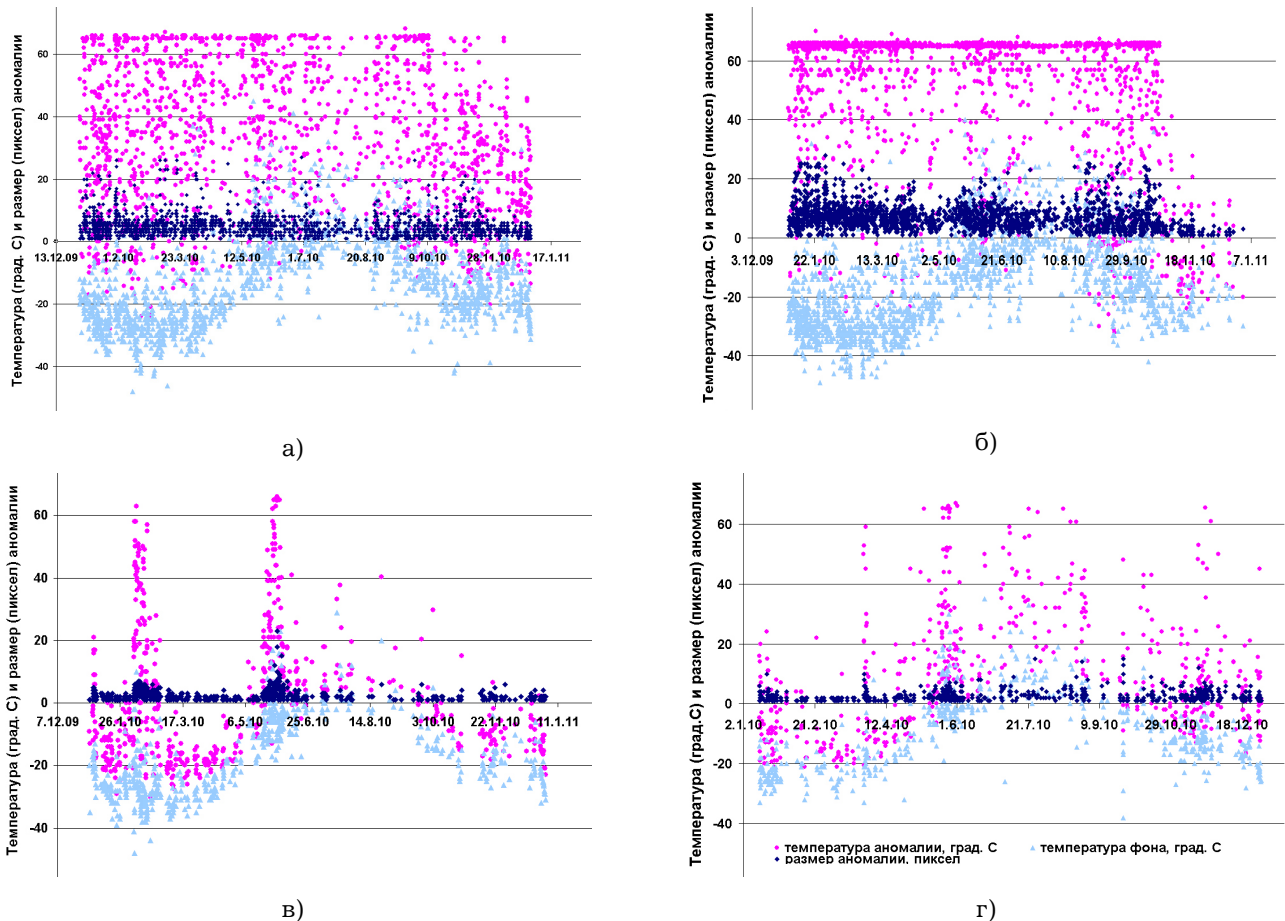
двигавшаяся на восток от вулкана. В 18:00 UTC 27 октября в п. Усть-Камчатск начался пеплопад. Трасса «Усть-Камчатск — Ключи» была закрыта в связи в плохой видимостью, которая местами снизилась до 10 м. В 21:00 UTC мощность пепла вместе со снегом в п. Усть-Камчатск составляла местами 5 см. К 03:00 UTC 28 октября пепловая туча сместилась в сторону океана, видимость в районе аэропорта п. Усть-Камчатск повысилась до 3 км. С 17:44 UTC 27 октября на спутниковых снимках AVHRR наблюдался пепловый шлейф, распространявшийся на восток от вулкана. 28–29 октября его длина достигла 2500 км. 28 октября на спутниковых снимках были обнаружены отложения пирокластических потоков на юго-восточном склоне вулкана, Д. Мельниковым их площадь оценена в ~20 км<sup>2</sup>. Извержение вулкана Шивелуч также было зарегистрировано мировой сетью обнаружения молний (WWLLN — World Wide Lightning Location Network), разрабатываемой университетом Вашингтона США.

**Вулкан Ключевской.** В январе-ноябре 2010 г. продолжалось эксплозивно-эффузивное извержение, начавшееся в конце августа 2009 г.: постоянно отмечалась стромболианская активность и высокая парогазовая деятельность вулкана с подъёмом парогазового столба, содержащего различное количество пепла, до 8 км н. у. м. [1]. Сейсмичность вулкана с января по ноябрь постоянно была выше уровня фона, регистрировалось непрерывное вулканическое дрожание, в конце августа и в октябре наблюдались резкие усиления деятельности вулкана. По спутниковым данным, в течение извержения в районе кратера регистрировалась большая яркая термальная аномалия, обусловленная непрерывной стромболианской активностью вулкана и излиянием лавовых потоков (рис. 1б).

Сила выбросов тefры при стромболианской активности вулкана время от времени менялась. Например, если в течение января высота выбросов вулканических бомб над кратером достигала 500 м, то в дальнейшем она варьировалась от 100 до 300 м. В январе-марте высота парогазового столба над вул-

<sup>1</sup><http://www.kscnet.ru/ivs/kvert/current/index.php>

<sup>2</sup><http://emsd.iks.ru/~ssl/monitoring/main.htm>



**Рис. 1.** Изменение температуры и размера термальных аномалий в районах вулканов: а) Шивелуч, б) Ключевской, в) Безымянный, г) Карымский в 2010 г.

каном достигала 7 км н. у. м. На спутниковых снимках постоянно отмечались парогазовые шлейфы, протягивавшиеся до 245 км в различных направлениях от вулкана.

22–25 февраля в парогазовых шлейфах впервые в 2010 г. появилось небольшое содержание пепла, в дальнейшем на спутниковых снимках отмечались преимущественно пепловые шлейфы. 22–25 февраля пепловые шлейфы протягивались до 90 км на северо-запад, юго-восток и северо-восток от вулкана. 8 марта–2 апреля парогазовые шлейфы перемещались до 85 км преимущественно на восток от вулкана.

Продолжалось излияние лавового потока по юго-восточному склону вулкана (по Апахончичскому жёлобу), начало которого было отмечено 13 ноября 2009 г. [1]. Кроме этого, вероятно, 2–3 января начал изливаться новый лавовый поток по северо-западному его склону (по Крестовскому жёлобу). По спутниковым данным, 15 января длина этого потока составила 1,2 км. На фронте лавового потока с 15 января до 8 февраля время от времени отмечались фреатические взрывы, связанные с внедрением потока в ледник. 15–22 января высота таких выбросов достигала 8 км н. у. м. 22 января в п. Ключи наблюдался слабый пеплопад. 7 февраля появился

второй лавовый поток на северо-западном склоне вулкана — южнее двигавшегося по Крестовскому жёлобу. 4 марта было замечено излияние ещё двух новых лавовых потоков по южному (Козыревскому жёлобу) и восточному склонам вулкана. Длина южного потока 9 марта составила 1,3 км (определена Д. Мельниковым по спутниковому снимку TERRA ASTER). 9 апреля Ю. Демянчуком, Я. Муравьевым и А. Овсянниковым была отмечена парящая трещина, протянувшаяся от кратера через большую часть южного склона вулкана. Позже по ней начал изливаться очередной лавовый поток.

В апреле высота парогазового столба, содержащего пепел, достигала 6,5 км н. у. м., а 25–27 апреля — 7,5 км н. у. м. 8 апреля пепловые шлейфы протягивались до 60 км на северо-восток от вулкана. Парогазовые шлейфы с небольшим содержанием пепла 16–27 апреля перемещались до 180 км в различных направлениях от вулкана. 2–3 мая пепловые шлейфы на высоте 5,5 км н. у. м. протягивались до 125 км на север и запад от вулкана. 14–19 мая пепловые шлейфы перемещались до 145 км преимущественно в восточном секторе вулкана; 24–31 мая — до 185 км в основном в северном его секторе. 23–26 мая пепловая колонна поднималась до 5,5 км н. у. м.

В июне-июле и до 20-х чисел августа наблюдалась умеренная и сильная парогазовая активность вулкана, в шлейфах отмечалась небольшая примесь пепла. 1 и 5 июня пепловые выбросы достигали 7,2 км н. у. м. 8 июня в п. Ключи прошёл пеплопад, а 11 июня — дождь с пеплом. С середины и до конца июня и до 7 июля высота пепловых выбросов временами достигала 5,6 км н. у. м.; 9–23 июля — 7 км н. у. м. В первой половине июня пепловые шлейфы протягивались до 194 км в восточных направлениях от вулкана, во второй половине июня, в июле и августе — до 120–200 км в различных направлениях от кратера, преимущественно в южных. В июне-июле лавовые потоки продолжали изливаться по юго-западному и юго-юго-восточному склонам вулкана. По данным Ю. Демянчука, 26 июня высота внутрикратерного шлакового конуса была 80 м от кромки кратера вулкана, т. е. высота Ключевского была 4830 м.

Активность вулкана резко повысилась 27 августа с 21:48 UTC — амплитуда вулканического дрожания достигла 42,3 мкм/с, происходили пепловые выбросы до 6 км н. у. м., пепловые шлейфы протягивались до 120 км на юго-восток от вулкана.

В августе-октябре лавовые потоки продолжали изливаться по юго-западному склону вулкана, 29–30 августа и 5 сентября в месте контакта их фронтальных частей со снежно-ледовыми массами наблюдались фреатические взрывы с подъёмом пепла до 8 км н. у. м. 6 октября отмечалась слабая фреатическая деятельность на западном склоне вулкана. В течение сентября пепел при выбросах поднимался до 6–7 км н. у. м., 2 и 5–7 октября — до 6,5 км н. у. м. Пепловые шлейфы протягивались 30 августа до 280 км на юго-восток от вулкана; 9–14 сентября до 575 км преимущественно в восточных направлениях; 19 сентября до 60 км на запад; 20–21 сентября — до 240 км и 22, 28 сентября до 185 км в восточных направлениях; 24–25 сентября — до 78 км на запад от вулкана. Пепловые выбросы 11 октября достигали 8 км н. у. м., пепловые шлейфы распространялись 5–6 и 10–12 октября — до 100 км в восточных направлениях от вулкана. В октябре стромболианская активность вулкана продолжалась, вулканические бомбы поднимались до 300 м над шлаковым конусом в кратере вулкана. Лавовые потоки продолжали изливаться по западному и юго-западному склонам Ключевского.

Величина непрерывного вулканического дрожания 9 октября повысилась до 17 мкм/с, 12 октября — до 33 мкм/с. 16–18 октября величина дрожания достигала 65 мкм/с, затем постепенно снизилась до 35 мкм/с. 20–22 октября высота пепловых выбросов составляла 7,5 км н. у. м., в другие дни — 6,5 км н. у. м. По спутниковым данным, 13–14 октября пепловые шлейфы распространялись до 90 км, а 15–22 октября — до 420 км в восточных направлениях от вулкана.

22 октября вновь началось усиление активности вулкана — величина дрожания увеличилась

до 47 мкм/с. 23 октября количество ежедневно регистрируемых сейсмических событий повысилось до 100. 24–25 октября величина дрожания составляла 37 мкм/с. По визуальным данным, 22–25 и 27 октября пепловые шлейфы поднимались до 8–9 км н. у. м. и распространялись на восток от вулкана. 26–27 октября пепловый шлейф протянулся на 2300 км, достиг Алеутских островов.

30 октября эксплозивная активность вулкана понизилась (величина вулканического дрожания составляла в этот день 3,8 мкм/с), но 4 ноября вновь наблюдались пепловые выбросы до 6 км н. у. м., в п. Ключи прошёл пеплопад, мощность пепла вместе со снегом была около 4 см. Пепловые шлейфы на спутниковых снимках протягивались до 480 км преимущественно на восток-юго-восток от вулкана.

Около 10:30 UTC 4 ноября сейсмическая активность вулкана резко упала (величина вулканического дрожания снизилась до 0,9 мкм/с) — непрерывная эксплозивная активность вулкана прекратилась, но извержение не закончилось. В течение ноября наблюдалась преимущественно сильная парогазовая деятельность вулкана, но 13 ноября был отмечен пепловый шлейф длиной 40 км, который протягивался на северо-восток от вулкана. 24 ноября наблюдались пепловые выбросы до 5 км н. у. м., 26 и 29 ноября — до 6,5 км н. у. м. 27 ноября в п. Козыревск и 28 ноября в п. Ключи выпал пепел Ключевского. 26–29 ноября пепловые шлейфы протягивались до 430 км преимущественно на северо-восток от вулкана. В декабре активность вулкана постепенно снизилась, с 8 декабря сейсмичность преимущественно не превышала уровень фона, хотя иногда регистрировались эпизоды вулканического дрожания. Наблюдалась сильная и умеренная парогазовая деятельность вулкана, иногда в шлейфах отмечался пепел. В районе кратера вулкана продолжала регистрироваться термальная аномалия, но её интенсивность стала снижаться — 11–12 декабря аномалия уже была слабовыраженной.

**Вулкан Безымянный.** Анализ спутниковых данных позволил О. Гириной предположить, что сильное эксплозивное событие, вероятно, произошло в интервале от 23:42 UTC 05 февраля до 01:58 UTC 06 февраля, так как, начиная с 6 февраля интенсивность и размер термальной аномалии в районе вулкана резко увеличились (рис. 1в). К сожалению, пепловые шлейфы не были обнаружены на спутниковых снимках, т. к. с 5 на 6 февраля плотные облака закрывали вулкан, но 13 февраля наблюдалась мощная фумарольная активность вулкана, которая часто отмечается в конце эксплозивных извержений; а также на снимке TERRA ASTER от 10.03.10. ясно были видны отложения пепла на склонах вулкана. Высокая температура аномалии (до 60° C), связанная с выжиманием новой порции лавы, держалась до середины февраля, затем постепенно снизилась до отрицательных значений. Высокая сейсмическая активность вулкана Ключевской, извержение ко-



**Рис. 2.** Формирование пирокластических потоков на склоне вулкана Кизимен 09 декабря 2010 г. Фото Д.Пейджа (Don Page), Канада.

торого продолжалось с августа 2009 г. до ноября 2010 г., не позволила предсказать извержение Безымянного по сейсмологическим данным.

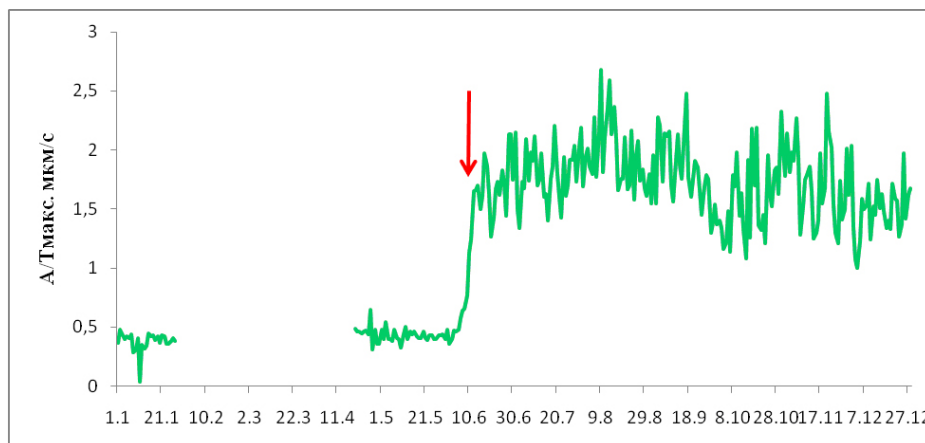
19 мая на спутниковых снимках было отмечено повышение температуры аномалии в районе лавового купола с 18 до 49° С (рис. 1в). 21 мая О. Гириной был опубликован прогноз извержения вулкана Безымянный (по спутниковым данным) на период с 21 мая по 10 июня.

По сейсмическим данным, с 12:34 до 12:50 UTC 31 мая была зарегистрирована главная фаза *сильного эксплозивного извержения вулкана* (величина вулканического дрожания достигала 18,9 мкм/с), позже высокая эксплозивная активность вулкана была отмечена также в 17:00 UTC этого дня. Пепловые выбросы при первых событиях не превышали 10 км н. у. м., пепловые шлейфы протянулись более 250 км на запад от вулкана, в п. Козыревск прошёл пеплопад. При дальнейшей эксплозивной деятельности вулкана пепел поднимался выше 10 км н. у. м. и шлейфы перемещались на северо-северо-восток на 160 км. Отдельное облако размером ~200x50 км в течение 01–04 июня дрейфовало более 700 км из района северной части Камчатского полуострова на юго-запад и юг до акватории Северных Курильских островов. По визуальным данным С. Ушакова, на склоне вулкана были образованы отложения пирокластического потока длиной около 5,5 км. Лавовый поток из кратера вулкана, который начал изливаться на юго-юго-восточный склон лавового купола в 2006 г., ещё более продвинулся, длина

его превысила 1 км. В июне-декабре наблюдалась умеренная фумарольная активность вулкана.

**Вулкан Кизимен.** Повышение сейсмичности в районе вулкана началось с апреля 2009 г. При облёте вулкана на вертолёте 21 ноября, вулканологи обнаружили в его привершинной части 5 новых фумарол. Юго-западный склон вулкана был присыпан вулканической пылью, которая образовалась при формировании каналов этих фумарол.

Эксплозивное извержение вулкана началось в начале декабря — после 81 года молчания (последнее извержение было в 1928–1929 гг. [4]). С 00:03 UTC 9 декабря начали регистрироваться отдельные относительно сильные сейсмические события, с 02:00 UTC — вулканическое дрожание. Пять сильных сейсмических событий произошло с 04:15 до 06:00 UTC, с 16:20 до 16:40 UTC — ещё одно. По визуальным данным Д. Пейджа (Don Page), 9 декабря пролетавшего над районом вулкана на самолёте из Сеула в Ванкувер, в 04:15 UTC по юго-восточному склону вулкана один за другим двигались небольшие пирокластические потоки, пеплы от которых поднимались до 3–4 км н. у. м. (рис. 2). В месте контакта высокотемпературной (800–900° С) пирокластики со снежниками происходили фреатические взрывы. Горячая пирокластическая масса растопила снег, и грязевые потоки устремились в р. Левая Щапина, вода в ней стала грязной, уровень воды поднялся. По спутниковым данным, с 01:10 UTC 10 декабря в районе кратера вулкана отмечалась яркая термальная аномалия размером от 7 до 24 пикселей с температурой 64–65° С.



**Рис. 3.** Изменение величины вулканического дрожания вулкана Горелый в 2010 г. по данным КФ ГС РАН (стрелкой указано время резкого роста активности вулкана 10 июня 2010 г.).

12 декабря в 19:49–19:57 UTC произошли мощные эксплозии, при которых пепел поднялся до 10 км н. у. м. (по данным Токио VAAC), пепловый шлейф протянулся на 300 км на северо-запад от вулкана, пеплопады прошли в пп. Козыревск (с 21:00 до 21:30 UTC) и Тигиль (с 23:30 до 24:00 UTC). Мощность слоя пепла со снегом составляла около 0,5 см. По данным наблюдателей с турбазы «Тумрок» (10 км от вулкана), во время взрывов ощущались землетрясения со стороны вулкана. По данным наблюдателей кордона «Игуин» Кроноцкого заповедника, после событий в 19:57 UTC 12 декабря уровень воды в р. Левая Щапина поднялся до 60 см. Вода была грязной, несла бревна, был взломан лёд толщиной 20–30 см. Более мощные пирокластические потоки растопили снег, грязевые потоки заполнили ручьи и вынесли большое количество обломков с пирокластических потоков в р. Левая Щапина. В дальнейшем пепловые выбросы не превышали 5–6 км н. у. м., пепловые шлейфы протягивались на сотни километров в различных направлениях от вулкана, пеплопады прошли во всех населённых пунктах, расположенных на западе, северо-западе и юге от вулкана.

Новое повышение сейсмической активности вулкана было отмечено с 08:00 UTC 31 декабря. В 17:56 UTC этого дня пепловая колонна поднялась до 8 км н. у. м., пепловые шлейфы перемещались на юго-запад от вулкана. Примерно в 23:30–24:00 UTC 31 декабря пепловый шлейф достиг гг. Петропавловск-Камчатский и Елизово. Верхний край пепловой тучи светло-коричневого цвета слабой плотности находился на высоте примерно 4,0–4,5 км н. у. м., мощность слоя пепла в гг. Петропавловск-Камчатский и Елизово не превышала 1 мм. Такое количество пепла представляет опасность для взлетающих и заходящих на посадку самолётов, но 31 декабря – 01 января полётов из аэропорта Елизово не было. Извержение вулкана продолжилось в 2011 г.

**Вулкан Карымский.** Эксплозивное извержение вулкана, начавшееся в 1996 г., продолжается. В течение

2010 г. сейсмичность вулкана преимущественно была выше уровня фона, регулярно происходили пепловые выбросы, максимальная высота которых, оценённая по сейсмическим данным, составляла 8 км н. у. м. 28 апреля и 7 км н. у. м. — 29 июня. В период с 30 июня по 13 июля отмечалась активизация вулкана — ежедневно регистрировалось от 100 до 500 сейсмических событий. По спутниковым данным, в районе кратера вулкана на протяжении года непрерывно регистрировалась термальная аномалия размером до 15 пикселей и температурой до 65° С (рис. 1г). Наиболее сильные эксплозивные события были зарегистрированы 28 марта и 11 июня; протяжённость пепловых шлейфов в эти дни составила, соответственно, 245 км и 196 км от вулкана. Со второй половины октября и до конца года сейсмичность вулкана начала снижаться, на спутниковых снимках лишь иногда наблюдались пепловые шлейфы длиной не более 25 км.

**Вулкан Горелый.** Постепенное увеличение его активности отмечается с 2007 г. С июня 2010 г. наблюдается значительное усиление парогазовой активности вулкана. 10 июня величина непрерывного вулканического дрожания резко повысилась до 1,2–2,6 мкм/с, и оставалась на высоком уровне до конца года (рис. 3). Согласно визуальным наблюдениям 15–22 июня, в стенке активного кратера была обнаружена новая fumarola — из воронки диаметром 20 м происходила мощная эмиссия высокотемпературного газа (870° С) [3]. На протяжении всего года над кратером вулкана почти постоянно наблюдались мощные парогазовые шлейфы, достигавшие порой 3,5 км н. у. м. В ночное время над кратером можно было видеть яркое свечение красного цвета. Согласно спутниковым данным, в районе активного кратера фиксировалась термальная аномалия размером от 1 до 6 пикселей, а так же регистрировались парогазовые шлейфы, которые протягивались до 150 км в различных направлениях от вулкана. В этих шлейфах отмечались (по данным спутника OMI/AURA) повышенные концентрации диоксида

серы. В связи с вулканической активностью произошло снижение уровня воды в озере, находящемся в активном кратере. С середины ноября парогазовая активность вулкана начала снижаться, однако уровень сейсмического дрожания оставался до конца года на высоком уровне.

Другие вулканы Камчатки находились в состоянии слабой или умеренной фумарольной активности.

### **Заключение**

В 2010 г. наиболее высокой была активность вулканов Северной группы Камчатки: с января по ноябрь продолжалось эксплозивно-эффузивное извержение вулкана Ключевской; в течение года продолжалось экструзивно-эксплозивно-эффузивное извержение вулкана Шивелуч, на фоне которого произошло пароксизмальное эксплозивное извержение 27 октября; в феврале и мае сильно извергался вулкан Безымянный. Кроме этого, в декабре нача-

лось эксплозивное извержение вулкана Кизимен, молчавшего с 1929 г.; весь год продолжалось слабое эксплозивное извержение вулкана Карымский; активно готовится к эксплозивному извержению вулкан Горелый.

### **Список литературы**

1. Гирина О. А., Коновалова О. А., Маневич А. Г. и др. Активность вулканов Камчатки в 2009 г. // Материалы конференции, посвящённой Дню вулканолога «Современный вулканизм и связанные с ним процессы», 29–30 марта 2010 г. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2011. С. 41–49.
2. Овсянников А. А., Маневич А. Г. Извержение вулкана Шивелуч в октябре 2010 г. // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. № 2. 2010. С.
3. Овсянников А. А., Чирков С. А. Состояние вулкана Горелый в июне 2010 г. Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2010. № 1 (15). С. 10.
4. Пийп Б. И. Вулкан Кизимен // Бюл. вулканол. ст. на Камчатке. 1946. № 13. С. 22–32.