



УДК 551.214

О. А. Гирина, А. Г. Маневич, А. А. Нуждаев, Ю. В. Демянчук

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

Активность действующих вулканов Камчатки в 2012 г.

Мониторинг активности вулканов Камчатки (видео-визуальный и спутниковый) проводится Камчатской группой реагирования на вулканические извержения (Kamchatkan Volcanic Eruption Response Team – KVERT) с 1993 г. В 2012 г. в состоянии извержения находились вулканы Шивелуч, Ключевской, Безымянный, Кизимен, Карымский, началось Трещинное Толбачинское извержение, отмечалась также повышенная активность вулкана Горелый.

Введение

На Камчатке 30 действующих вулканов, в 2012 г. в состоянии извержения и повышенной активности различной интенсивности были шесть из них: Шивелуч, Ключевской, Безымянный, Кизимен, Карымский, Горелый; кроме этого, началось трещинное Толбачинское извержение. Характеристика сейсмичности вулканов основана на данных Камчатского филиала геофизической службы (РФ ГС) РАН.¹ Спутниковый мониторинг вулканов выполнялся совместно учёными из KVERT и Аляскинской вулканологической обсерватории (АВО): обрабатывались данные со спутников NOAA (National Oceanographic and Atmospheric Administration) с датчиками высокого разрешения AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer), геостационарных спутников GOES (Geostationary Operational Environmental Satellite), TERRA и AQUA с датчиками MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer), MTSAT (Multi-functional Transport Satellite), ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) и др. [1–2].

Активность вулканов в 2012 г.

Вулкан Шивелуч весь год находился в состоянии экструзивно-эксплозивно-эффузивного извержения, рост лавового купола продолжается с 1980 г. В ночное время регулярно отмечалось свечение лавового купола, связанное с продолжением поступления на поверхность земли магматического вещества, иногда наблюдались сопутствующие этому процессу явления — эксплозивные события с подъёмом пепла до 9 км над уровнем моря (н. у. м.) и обрушения раскалённых лавин, пепел от которых обычно поднимался до 3–6 км н. у. м. На спутниковых снимках постоянно отмечалась термальная аномалия в районе лавового купола, в январе-мае размер аномалии достигал иногда 20 пикселей, температура — предела измерения сенсора AVHRR (рис. 1а).

Активность вулкана до 9 марта была относительно слабой — продолжали выжиматься вязкие лавовые потоки на юго-восточный склон лавового купола, иногда наблюдались умеренной силы пепловые выбросы и обрушения раскалённых лавин с фронтальных частей свежих лавовых потоков, например, 15, 22–23 и 26 января. На спутниковых снимках отмечались пепловые шлейфы, которые протягивались в различных направлениях от вулкана, например, 15 января — до 230 км от него на север.

С 9 марта сейсмичность вулкана повысилась и до 29 июля оставалась высокой, регулярно фиксировалось спазматическое вулканическое дрожание величиной до 0,9 мкм/с, пепловые выбросы, согласно визуальным данным, достигали 10 км н. у. м. Наиболее яркими эпизодами активизации эруптивной деятельности, определёнными по визуальным данным, были следующие: 12 мая в 05:00 UTC пепел поднимался до 8 км н. у. м. и распространялся на юго-юго восток от вулкана; 25 мая в 21:24 UTC происходили пепловые выбросы до 8–9 км н. у. м. с последующей сильной парогазовой активностью; 29 мая в 19:14 UTC пепловый шлейф протягивался на юго-запад на высоте около 6 км н. у. м.; 2 июня в 09:04 UTC мощный столб пепла достигал 9,5 км н. у. м. (рис. 2а).

С 30 июля по 20 октября сейсмичность вулкана постепенно снизилась, хотя на фоне слабой парогазовой активности изредка наблюдались единичные пепловые выбросы до 7,5 км н. у. м., пепловые шлейфы прослеживались на расстояния до 2000 км от вулкана (рис. 2б, 3). 21 октября сейсмичность вулкана вновь возросла и оставалась высокой до 5 ноября, в это время регистрировалось спазматическое вулканическое дрожание величиной до 0,3 мкм/с и слабые землетрясения в постройке вулкана. С 6 ноября и до конца года активность вулкана была невысокой — наблюдалась парогазовая его деятельность, эпизодически отмечались небольшие раскалённые лавины с подъёмом пепла до 4–5 км н. у. м.

¹<http://emsd.iks.ru/~ssl/monitoring/main.htm>

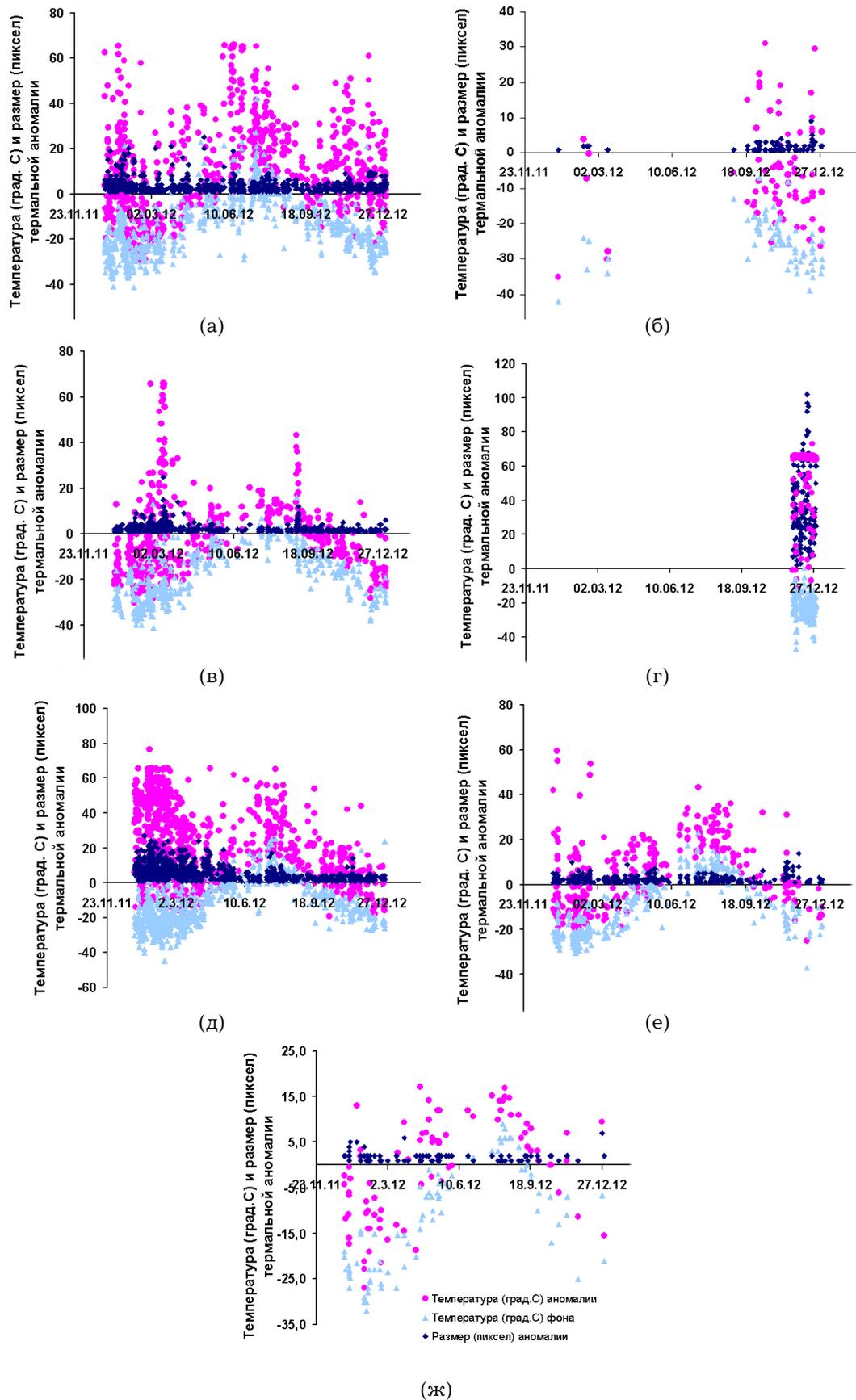
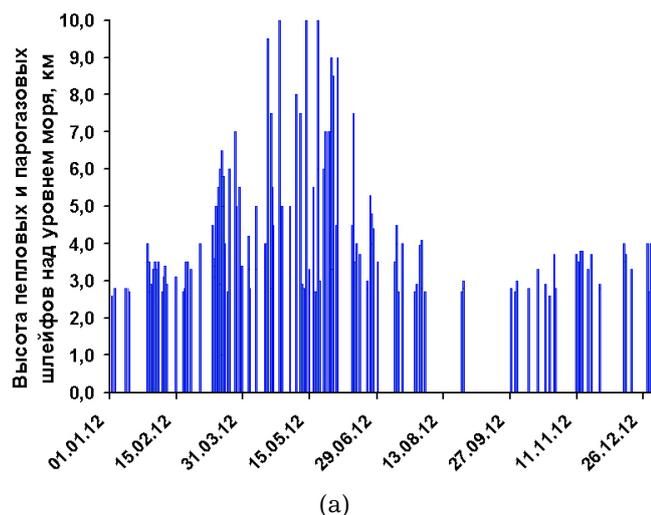


Рис. 1. Изменение температуры и размера термальных аномалий в районах вулканов: Шивелуч (а); Ключевской (б); Безымянный (в); Толбачик (г); Кизимен (д); Карымский (е); Горелый (ж) в 2012 г. (обработка данных со спутников NOAA и METOP (AVHRR) выполнена учёными KVERT и ABO).



(a)

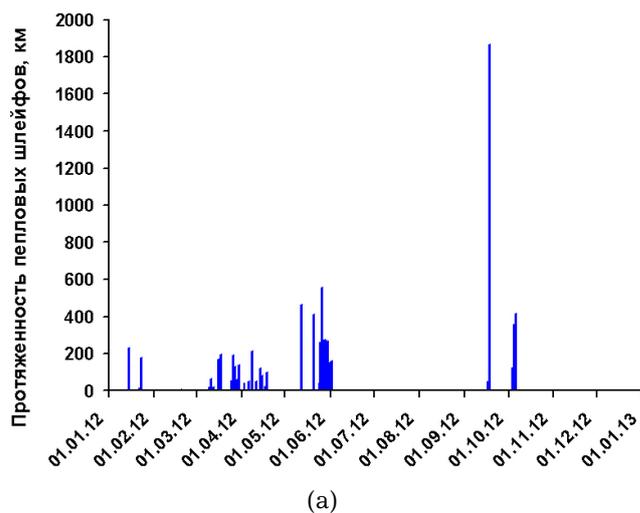


(б)

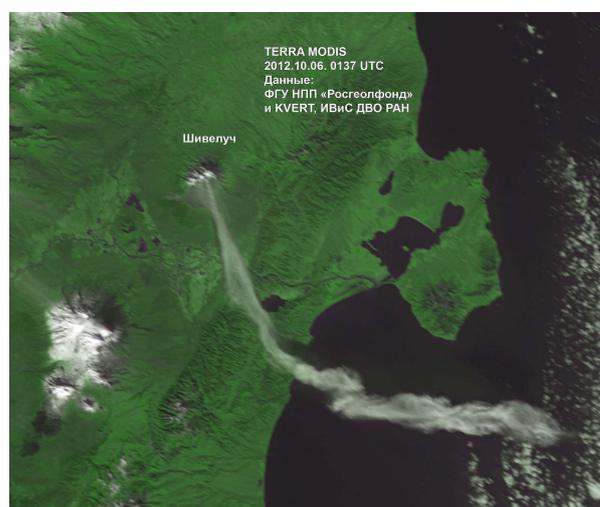
Рис. 2. Вулкан Шивелуч: высота пепловых и парогазовых шлейфов в 2012 г. по видео и визуальным данным группы KVERT (а); пепловый выброс до 7,5 км н. у. м. 6 октября 2012 г. в 00:52 UTC, по видеоданным (б).

В течение 2012 г. морфология лавового купола постоянно менялась вследствие поступления свежего магматического вещества, сильных эксплозий и обрушений раскалённых лавин. Высокие значения температуры и размера термальной аномалии в районе вулкана отражали непрерывный экструзивно-эффузивный процесс извержения — выжимание свежего магматического вещества на поверхность земли, наиболее активным он был сразу после серий сильных эксплозий (рис. 1а, 2а). В 2012 г. наблюдался рост юго-восточного, северного и северо-западного секторов лавового купола.

Вулкан Ключевской. В 2012 г. произошло кратковременное эксплозивное извержение вулкана. По визуальным данным, в течение года постоянно отмечалась фумарольная активность вулкана разной интенсивности, иногда парогазовый шлейф поднимался до 6 км н. у. м., хотя преимущественно —



(a)



(б)

Рис. 3. Вулкан Шивелуч: протяжённость пепловых шлейфов в 2012 г. (по спутниковым данным KVERT и ABO) (а); пепловый шлейф 6 октября 2012 г. в 01:37 UTC на спутниковом снимке TERRA MODIS (б).

до 5 км н. у. м. С 1 января по 23 июля продолжался отток магмы из центрального кратера вулкана — на вершине вулкана с ноября-декабря 2010 г. продолжала формироваться глубокая воронка (рис. 4а), в связи с этим, сейсмичность вулкана была повышенной — регистрировались многочисленные поверхностные землетрясения, связанные с обрушением лавин внутри кратера вулкана. С 23 июля по 13 октября вулкан был относительно спокоен.

С 1 сентября в районе кратера вулкана начала отмечаться термальная аномалия (рис. 1б). С 14 октября сейсмичность вулкана начала резко усиливаться и оставалась высокой до 31 декабря. С 14 октября в тёмное время суток визуально начало наблюдаться свечение над кратером вулкана, что свидетельствовало о начале эксплозивного извержения стромболианского типа, которое продолжилось до 31 декабря (рис. 4б). Выбросы вулканических бомб при фон-



(a)



(б)

Рис. 4. Вулкан Ключевской: состояние кратера на 15 мая 2012 г., фото Е. Кравчуновской (а); стромболианская активность 4 декабря 2012 г., видеоданные ИВиС ДВО РАН, KVERT & Weathernews Inc. (б).

танировании жидкой лавы в кратере Ключевского достигали 100–200 м.

Вулкан Безымянный. После эксплозивного извержения вулкана 13 апреля 2011 г. продолжалось выжимание вязкого лавового потока на склон лавового купола — почти все время на спутниковых снимках в районе вулкана отмечалась слабая термальная аномалия (рис. 1в). Размер и температура аномалии в районе лавового купола постепенно начали расти с 12 января 2012 г., с 20 февраля в ночное время стали регистрироваться положительные значения температуры аномалии. Вместе с тем, с 12 февраля начала повышаться сейсмичность вулкана: 12–29 февраля ежедневно отмечалось от 5 до 16 серий низкочастотных сейсмических событий; 15, 22 и 29 февраля фиксировались короткие эпизоды вулканического дрожания.

В связи с усилением активности вулкана, 23 февраля в 23:10 UTC был опубликован прогноз, что сильное эксплозивное извержение вулкана может произойти в течение двух следующих недель [3]. 1–3 марта количество серий низкочастотных землетрясений возросло до 29–34, со 2 марта ежедневно начали регистрироваться эпизоды вулканического дрожания продолжительностью до нескольких часов. Кроме этого, 2 марта в 09:35 UTC впервые была отмечена очень высокая температура аномалии (+53,4° C). 1 марта в 23:45 UTC был опубликован уточняющий прогноз, в котором указывалось, что сильное эксплозивное извержение вулкана произойдет в течение следующей недели [3]. В связи с дальнейшим усилением сейсмической активности вулкана, а также ростом температуры и размера термальной аномалии, 2 марта в 20:55 UTC в про-

гнозе было указано, что эксплозивное извержение возможно в любое время [3].

С 4 по 6 марта количество серий низкочастотных землетрясений увеличилось до 55 и 7 марта достигло 149. Вулканическое дрожание продолжало регистрироваться ежедневно, 7 марта его продолжительность составила 13,5 ч. На спутниковых снимках в районе Безымянного с 2 марта отмечалась крупная яркая термальная аномалия. Сильное эксплозивное извержение вулкана могло произойти в любую минуту.

8 марта в 02:02 UTC был опубликован новый прогноз, в котором было указано, что сильное эксплозивное извержение вулкана произойдет в течение следующих 24 ч [3]. Согласно сейсмическим данным, мощная эксплозивная фаза извержения происходила с 21:27 до 22:10 UTC 8 марта, таким образом, прогноз оправдался, время упреждения составило 19 ч [3].

В 21:36 UTC 8 марта началось обрушение пирокластических масс на восточный склон вулкана, в 21:41 UTC пепловая колонна достигла 8 км н. у. м., пепловый шлейф распространялся на северо-восток от вулкана и 9 марта в п. Усть-Камчатск прошёл слабый пеплопад [3]. Площадь отложенной пепла на суше, протянувшихся полосой от вулкана до восточного побережья Камчатского полуострова, составила около 1700 км² [3]. У подножия купола в Долине Восточной были отмечены образования пирокластических потоков длиной 4 км. На южном склоне купола вулкана наблюдался свежий лавовый поток длиной около 400 м, выжимание его продолжалось, в связи с этим в районе вулкана на спутниковых снимках регистрировалась крупная термальная аномалия.

После извержения 8 марта вулкан был относительно спокоен. С 22 августа начали фиксироваться серии поверхностных землетрясений, связанных, преимущественно, с обрушением лавин с фронтальных частей лавовых потоков или частей вершинных экструзий. Если 22, 27 и 29 августа их было по одной, то 31 августа — четыре. 28 августа в районе вулкана было зарегистрировано 17 сейсмических событий, 31 августа — 71. Хотя с 26 по 31 августа вулкан был закрыт облачностью, вероятность того, что готовится новое эксплозивное извержение, была высокой.

Основываясь на опыте наблюдений за вулканом Безымянный в течение многих лет, в 08:13 UTC 1 сентября Авиационный цветовой код вулкана был изменен с Жёлтого на Оранжевый, было указано на возрастание активности вулкана и возможности сильных пепловых эксплозий до 15 км н. у. м. в течение следующих трёх недель [4].

Согласно сейсмическим данным, извержение началось в 19:16 UTC 1 сентября с выбросов пепла до 4 км н. у. м., но уже в 19:30 UTC пепловая колонна поднялась до 10–12 км н. у. м. и мощный пепловый шлейф начал перемещаться на северо-восток от вул-

кана. Прогноз извержения вулкана оправдался, время упреждения составило 11 ч [4].

Активная фаза извержения продолжалась, согласно сейсмическим данным, до 19:45 UTC 1 сентября, в течение 2 ч регистрировалось вулканическое дрожание величиной до 0,88 мкм/с.

Резкое изменение размера термальной аномалии (до 10 пикселей) и повышение её температуры до 43° С, согласно спутниковым данным, произошло в момент эксплозивного извержения вулкана (рис. 1в). В течение первых четырёх дней после извержения, когда на склон купола выжимались первые порции нового лавового потока, температура термальной аномалии в районе вулкана достигала 36° С, затем она стала постепенно снижаться. В течение извержения и до 3 сентября в атмосфере по траектории перемещения пеплового шлейфа наблюдалось повышенное содержание SO₂ (по данным со спутника Aura/OMI). Последний раз облако, насыщенное SO₂ отмечалось над Канадой — на расстоянии около 4500 км от вулкана Безымянный.

Начиная со второй половины сентября и до конца 2012 г. сейсмичность Безымянного была низкой, наблюдалась слабая или умеренная парогазовая активность вулкана, почти все время в районе лавового купола отмечалась слабая термальная аномалия.

Вулкан Толбачик. С 1 июля по 25 ноября 2012 г. вулкан находился в состоянии относительного покоя — отмечалась обычная слабая сейсмичность этого района, по визуальным и спутниковым данным, вулкан был спокоен. 26 ноября в районе вулкана сейсмологи КФ ГС РАН зарегистрировали мощный рой вулканических землетрясений величиной 1,0–2,25 на глубине -1 –+5 км. 27 ноября началось Трещинное Толбачинское извержение им. 50-летия ИВиС ДВО РАН, которое продолжается и сегодня.

Предвестников извержения не было обнаружено ни по сейсмическим, ни по спутниковым данным. Термальная аномалия в районе прорыва лавы начала фиксироваться с момента начала извержения, размер аномалии в середине декабря 2012 г. достигал более 100 пикселей (рис. 1г). Информация об извержении на Толбачинском долу изложена в этом сборнике материалов в статье [5].

Вулкан Кизимен. Извержение, начавшееся 9 декабря 2010 г., продолжается, но характер активности вулкана меняется. В 2012 г. наблюдались явления, связанные с эффузивной (середина января 2011 г. — сентябрь 2012 г.) и экструзивно-эффузивной (сентябрь — декабрь 2012 г.) стадиями извержения вулкана. Почти постоянно на спутниковых снимках отмечалась термальная аномалия в районе вулкана, её размер и температура постепенно уменьшались (рис. 1д). В течение всего года отмечались обрушения раскалённых лавин с вершины вулкана и тела лавового потока, при которых пепел поднимался до 5–6 км н. у. м., изредка наблюдались также умеренные эксплозии, пепел при которых поднимался до 6–7 км н. у. м.



Рис. 5. Состояние вулкана Кизимен 15 октября 2012 г., фото Д. Мельникова.

Сейсмичность вулкана была умеренной, но в течение января — ноября наблюдалось постепенное снижение величины вулканического дрожания и количества вулканических землетрясений в постройке вулкана, в первой половине ноября и в конце декабря 2012 г. отмечались всплески повышения его сейсмической активности. Эффузивная деятельность Кизимена (выжимание лавового потока на восточный и южный склоны вулкана) продолжалась примерно до середины сентября, она сопровождалась мощной фумарольной активностью вулкана. Парогазовые шлейфы порой поднимались до 5 км н. у. м., протягивались на десятки километров от вулкана. Согласно видеоданным, в тёмное время суток отмечалось свечение свежей лавы, поступающей на поверхности земли, а также раскалённые лавины, которые обрушивались с бортов лавового потока. Обрушения раскалённых лавин вызывали формирование небольших пепловых шлейфов — все склоны вулкана были присыпаны небольшим количеством пепла.

В середине сентября характер активности вулкана изменился — в вершинной части вулкана продолжало выжиматься свежее магматическое вещество, но вязкость его увеличилась — вместо лавового потока формировались жесткие экструзии, обрушения блоков которых вызывали образование раскалённых лавин — южные и западные склоны вулкана непрерывно засыпались пирокластикой, формируя

агломератовую мантию вулкана с характерными конусами выноса материала (рис. 5). Извержение вулкана Кизимен продолжается.

Вулкан Карымский. Сейсмичность вулкана в 2012 г. была повышенной, до 11 марта количество слабых поверхностных сейсмических событий, интерпретируемых, главным образом, как пепловые и парогазовые выбросы из кратера вулкана до 4,5 км н. у. м., составляло до 350 в сутки (рис. 6). Затем активность вулкана понизилась, возможно, происходили единичные пепловые выбросы до 3,5 км н. у. м. С 12 августа и до конца года количество сейсмических событий варьировалось от нескольких десятков до 250 в сутки; по сейсмическим данным, эксплозии, возможно, выносили пепел до 6,5 км н. у. м.

На размещенных в Интернете фотографиях, датированных июлем 2012 г., на северо-восточном склоне отмечаются свежие вулканогенные отложения, вероятно, лавового потока, судя по неровным границам этих образований. По устному сообщению сотрудника ИВиС ДВО РАН С. Б. Самойленко, 25 августа наблюдался пепловый выброс до 4,5 км н. у. м.

На спутниковых снимках регулярно фиксировалась термальная аномалия размером до 14 пикселей (рис. 1е), также отмечались небольшие пепловые и парогазовые шлейфы, распространявшиеся от вулкана в различных направлениях. В целом, активность вулкана к концу года постепенно снижалась.

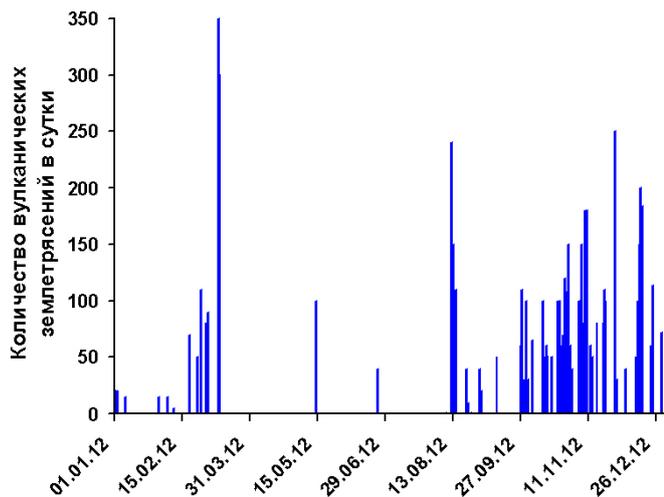


Рис. 6. Сейсмичность вулкана Карымский в 2012 г. по данным КФ ГС РАН.

Вулкан Горелый. В течение года продолжала работать фумарола, появившаяся в Активном кратере вулкана в 2010 г. [7]. В районе вулкана в течение 2012 г. было зарегистрировано 25 вулканических землетрясений с магнитудой до 2,5 на глубине от 0 до 11 км н. у. м., а также непрерывно фиксировалось вулканическое дрожание величиной 0,5–1,6 мкм/с. В хорошую погоду практически постоянно наблюдалась парогазовая эмиссия над вулканом, шлейф поднимался иногда до 3,5–4,0 км н. у. м. По спутниковым данным, в районе активного кратера вулкана регулярно отмечалась термальная аномалия размером от 1 до 7 пикселей (рис. 1ж). Наблюдения 9 августа показали отсутствие озера в Активном кратере вулкана, его дно покрывали отложения алевропелита (рис. 7).

Вулканы Авачинский и Корякский в 2012 г. были относительно спокойны. Сейсмичность вулканов была низкой, изредка в постройке вулкана Авачинский фиксировались землетрясения с магнитудой 0,5–1,9. Фумарольная активность вулканов была умеренной — высота парогазовых струй не превышала 300 м над кратером Авачинского и 200 м в районе фумаролы на северо-западном склоне Корякского.

Заключение

В 2012 г. наиболее высокой была эруптивная активность вулканов Шивелуч, Безымянный и Кизимен, началось Трещинное Толбачинское извержение им. 50-летия ИВиС ДВО РАН на Толбачинском долу, отмечалась умеренная эксплозивная активность вулканов Ключевской и Карымский. Кроме этого, регулярно отмечалась умеренная и сильная фумарольная активность вулканов Горелый, Авачинский, Корякский.

Работа выполнена при поддержке Целевой комплексной программы «Спутниковый мониторинг Дальнего Востока для проведения фундаментальных научных исследований Дальневосточного



Рис. 7. Кратер вулкана Горелый 9 августа 2012 г., фото О. Гириной.

отделения РАН» и РФФИ (проект 11-07-12 026-офм-2011).

Список литературы

1. Гирина О. А. О предвестнике извержений вулканов Камчатки, основанном на данных спутникового мониторинга // Вулканология и сейсмология, 2012, № 3, С. 14–22.
2. Гирина О. А., Гордеев Е. И. Проект KVERT — снижение вулканической опасности для авиации при эксплозивных извержениях вулканов Камчатки и Северных Курил // Вестник ДВО РАН. 2007. № 2. С. 100–109.
3. Гирина О. А., Демянчук Ю. В. Извержение вулкана Безымянный в 2012 г. по данным KVERT // Вулканизм и связанные с ним процессы. Материалы традиционной региональной научной конференции, посвящённой Дню вулканолога (к 50-летию ИВиС ДВО РАН), 29–30 марта 2012 г., Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН. С. 32–35.
4. Гирина О. А., Демянчук Ю. В., Давыдова В. О., Плечов П. Ю. Извержение вулкана Безымянный 01 сентября 2012 г., его прогноз и продукты // Вулканизм и связанные с ним процессы. Материалы докладов традиционной региональной научной конференции, посвящённой Дню вулканолога, 28–29 марта 2013 г. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2013. В этом сборнике.
5. Гирина О. А., Мельников Д. В., Маневич А. Г., Нуждаев А. А. Спутниковый мониторинг Трещинного

Толбачинского извержения им. 50-летия ИВиС ДВО РАН в 2012–2013 гг. // Вулканизм и связанные с ним процессы. Материалы докладов традиционной региональной научной конференции, посвящённой Дню вулканолога, 28–29 марта 2013 г. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2013. В этом сборнике.

6. Кирьянов В. Ю., Нил К. Э., Гордеев Е. И. и др. (2003) Камчатская группа реагирования на вулканические извержения (KVERT). USGS Fact Sheet. 151–02.
7. Овсянников А. А., Чирков С. А. Состояние вулкана Горелый в июне 2010 г. // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2010. № 1 (15). С. 10.