



УДК 551.214

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

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

Активность вулканов Камчатки в 2011 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. [2]. В 2011 г. в состоянии извержения находились вулканы Шивелуч, Безымянный, Кизимен, Карымский, отмечалась также повышенная активность вулканов Горелый и Ключевской.

Введение

На Камчатке 30 действующих вулканов, в 2011 г. в состоянии повышенной активности различной интенсивности были шесть из них: Шивелуч, Безымянный, Кизимен, Карымский, Горелый, Ключевской¹. Характеристика сейсмичности вулканов основана на данных Камчатского филиала геофизической службы (КФ ГС) РАН². Спутниковый мониторинг вулканов выполняется учёными из Аляскинской вулканологической обсерватории (AVO) и KVERT: обрабатываются 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. [2].

Активность вулканов в 2011 г.

Вулкан Шивелуч весь год 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 (рис. 1а). Время от времени наблюдались пепловые эксплозии, при которых пепел достигал 7–12 км над уровнем моря (н. у. м.), и обрушения раскалённых лавин, пепел от которых поднимался до 5–6 км н. у. м.

Эксплозивная активность вулкана постепенно повышалась: в январе визуально наблюдалось два пепловых выброса до 8 км н. у. м. (2 и 26 января) и один был определён по сейсмическим данным (до 7 км н. у. м. 18 января), в феврале их было уже

четыре до 7,5 км н. у. м. (3, 22 и 24 февраля были отмечены визуально, 27 февраля до 8,5 км н. у. м. — по сейсмичности), пепловые шлейфы протягивались на более чем 200 км от вулкана (рис. 2а). С середины мая в эксплозивную воронку, образовавшуюся при сильном извержении 27–28 октября 2010 г., понемногу начал поступать новый лавовый материал³. Эксплозивная активность вулкана усилилась. 29–30 мая и 5 июня эксплозии выносили пепел до 8–9 км н. у. м. 30–31 мая протяжённое пепловое облако перемещалось на юго-запад от вулкана, около 04:00 UTC 31 мая оно прошло над аэропортом Елизово, городами Петропавловск-Камчатский и Елизово, посёлками и дачными участками, но мощность выпавшего пепла не превышала 1 мм. В июне-сентябре наблюдалось по нескольку пепловых выбросов, при которых пепел поднимался до 7–8 км н. у. м.

5–6 октября активность вулкана резко усилилась — после эксплозий до 7–8 км н. у. м. началось непрерывное поступление на поверхность лавового купола свежего магматического материала. Термальная аномалия в районе вулкана резко увеличилась в размере, температура её достигла 65°С (предел измерения AVHRR) (рис. 1а). В тёмное время суток невооружённым глазом из п. Ключи (45 км от вулкана) наблюдалось свечение лавового потока и раскалённые лавины (протяжённостью до 2 км), связанные с его движением. К середине ноября воронка, образовавшаяся при сильном извержении в октябре 2010 г., была заполнена, купол достиг своей прежней высоты, лавовый поток продолжал выжиматься на его склон (рис. 3).

Вулкан Безымянный. После эксплозивного извержения вулкана 31 мая 2010 г. продолжалось выжимание лавового потока на юго-юго-восточный склон купола вулкана — слабая термальная аномалия в районе вершины вулкана отмечалась почти постоянно [2]. Сейсмичность вулкана всё это время была относительно слабой. Некоторое повышение

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

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

³<http://www.kscnet.ru/ivs/kvert/current.php>

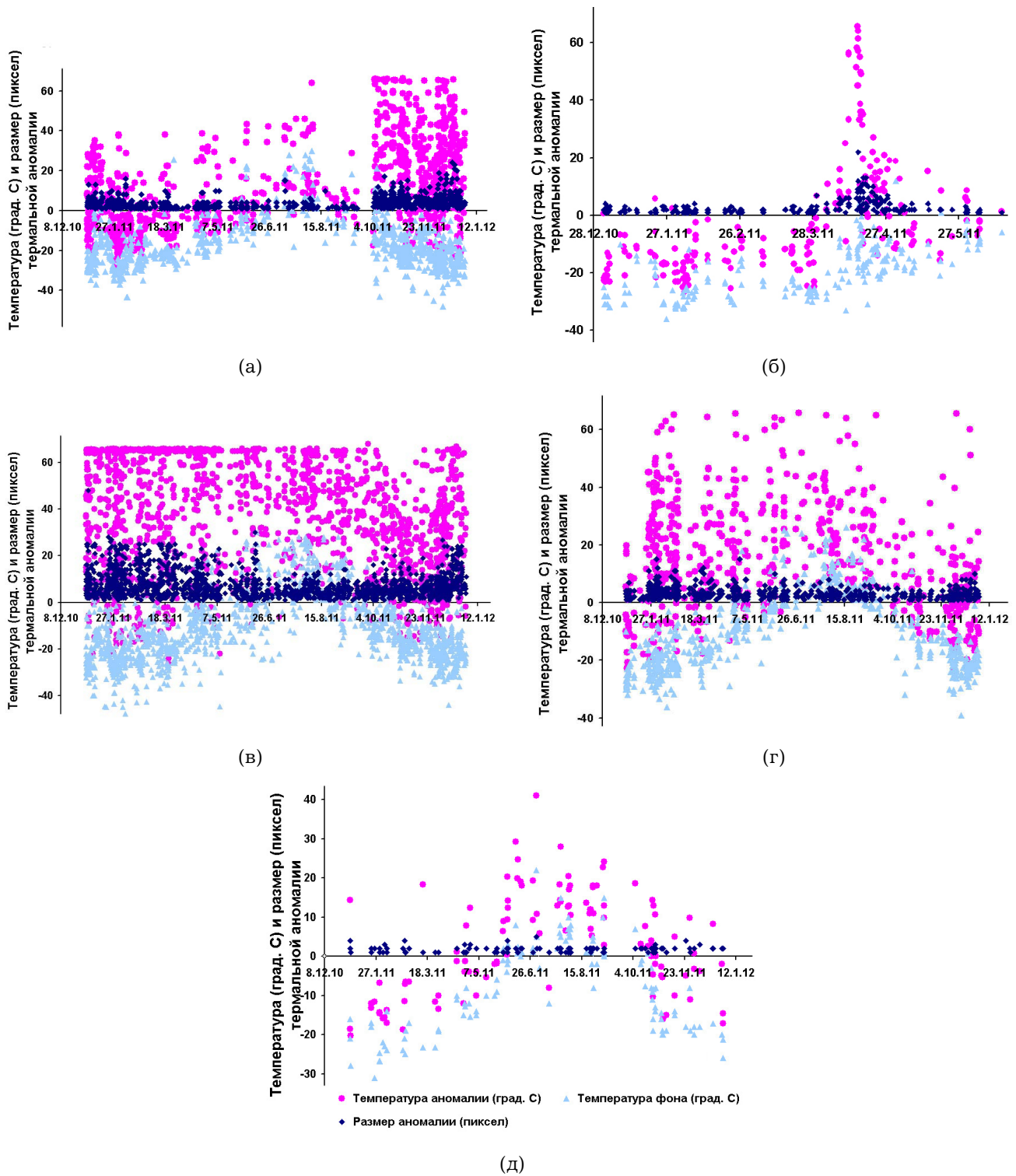


Рис. 1. Изменение размера и температуры термальных аномалий в районах вулканов: Шивелуч (а); Безымянный (б); Кизимен (в); Карымский (г); Горелый (д) в 2011 г. (обработка данных со спутников NOAA (AVHRR) выполнена учёными АВО и KVERT)

сейсмической активности вулкана начало отмечаться с 29 марта — количество ежедневно регистрируемых слабых поверхностных землетрясений возросло с двух до шести; с 5 по 10 апреля их количество менялось от 8 до 13. Примерно с этого же времени стали увеличиваться размер и температура термаль-

ной аномалии (рис. 1б). 14–15 марта на спутниковых снимках были зарегистрированы пепловые шлейфы длиной до 70 км, распространявшиеся на северо-запад и север от вулкана. С 29 марта температура аномалии ещё более повысилась — фиксировались только положительные её значения; размер анома-

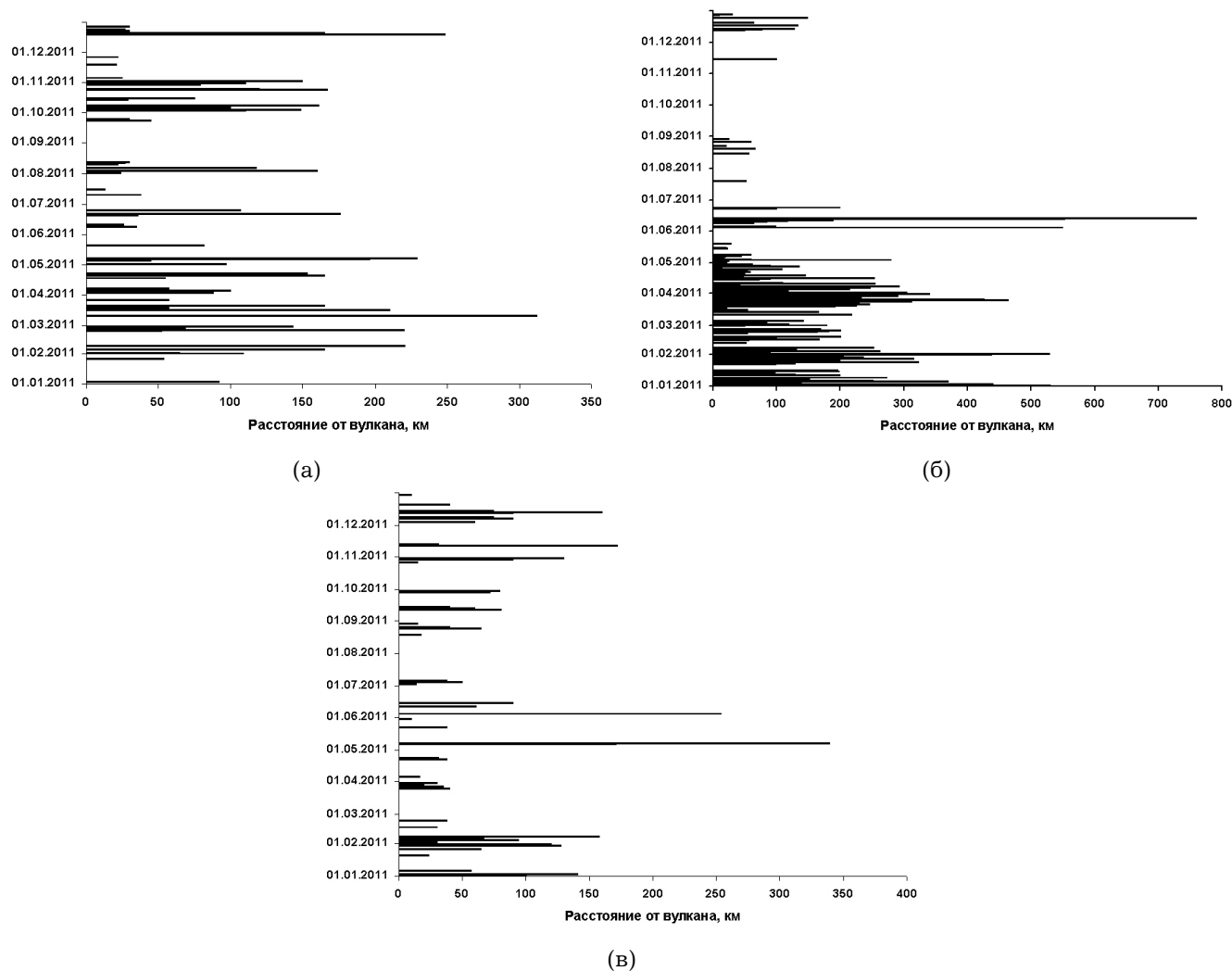


Рис. 2. Протяжённость пепловых шлейфов от вулканов: Шивелуч (а); Кизимен (б); Карымский (в) в 2011 г. (обработка данных со спутников NOAA (AVHRR), MTSAT, TERRA и AQUA (MODIS) выполнена учёными АВО и KVERT).

лии порой достигал 6–7 пикселей. Было ясно, что происходит подготовка вулкана к эксплозивному извержению, поэтому 11 апреля 2011 г. в 04:00 UTC был опубликован KVERT Information Release 19-11, в котором Авиационный цветовой код вулкана был изменен с Жёлтого на Оранжевый и было указано, что пепловые выбросы до 10 км н. у. м. могут произойти в любое время. 11 и 12 апреля было зарегистрировано, соответственно, 22 и 72 слабых поверхностных землетрясения, температура аномалии 11 апреля выросла до $+33,0 - +56,5^{\circ}\text{C}$.

13 апреля в 20:20 UTC (по сейсмическим данным) началось сильное эксплозивное извержение вулкана, продолжавшееся около 20 мин. Так как район вулкана во время извержения был закрыт плотными облаками на высоте 8 км н. у. м., предполагается, что пепловая туча поднялась не выше этих облаков. Системой «The World Wide Lightning Location Network» 13 апреля около 20:34 UTC были зарегистрированы многочисленные вспышки молний в районе вулкана Безымянный, что указывало на формирование эруп-

тивного облака. Полоса отложений пепла шириной около 35 км протянулась на северо-северо-запад от вулкана. По данным КФ ГС РАН, в п. Красный Яр, на расстоянии 45 км от вулкана, пеплопад начался в 22:15 UTC, мощность слоя выпавшего пепла составила около 3–5 мм.

После окончания извержения на юго-юго-восточный склон купола вулкана началось выжимание свежих порций лавового потока — 19 апреля отмечались раскалённые лавины со склона купола, термальная аномалия в районе вулкана регистрировалась на спутниковых снимках почти постоянно (рис. 16). 15 апреля сотрудники Камчатской вулканологической станции им. Ф. Ю. Левинсона-Лессинга обследовали продукты извержения. Был отмечен необычный характер пирокластических отложений — площадное распространение, малая мощность — около 40–60 см в средней части Долины Восточной, и высокая газонасыщенность — вулканологи проваливались в отложениях на 15–20 см. Такие особенности присущи образованиям пирокластических волн,



Рис. 3. Состояние лавового купола вулкана Шивелуч 15 сентября (а) и 14 ноября (б) 2011 г. Фото Ю. В. Демянчука.

и гранулометрических анализ пород подтвердил это. Характеристика пирокластических отложений: протяжённость составила 6,5 км от вулкана, площадь — 5,8 км²; объём — 0,01 км³ [1] (рис. 4). При облёте вулкана 6 сентября 2011 г. было установлено, что фронт свежего лавового потока продвинулся по юго-юго-восточному склону купола примерно на 500 м от его вершины, то есть средняя скорость движения лавового потока составила 3 м/сутки.

Вулкан Кизимен. Извержение вулкана, начавшееся 9 декабря 2010 г., продолжалось весь описываемый год [4]. В январе — марте и июне 2011 г. эксплозивная активность вулкана была наиболее интенсивной. Эксплозии выносили пепел до 10 км н. у. м., пепловые шлейфы протягивались до 850 км от вулкана (рис. 2б). В результате интенсивной эксплозивной активности вулкана 31 декабря — 1 января широкий пепловый шлейф распространился от вулкана на весь юг Камчатки вплоть до мыса Лопатка: пепловая туча прошла на высоте около 4,5 км н. у. м. через аэропорт Елизово, гг. Петропавловск-Камчатский и Елизово, другие населённые пункты и дачные участки. Мощность отложений пепла в различных районах г. Петропавловск-Камчатский составила 1–2 мм. 5 января пепловые шлейфы перемещались на восток-северо-восток от вулкана более 500 км — пеплопад прошёл на Командорах, позднее пепловое облако было отмечено на расстоянии 840 км к северо-востоку от вулкана. В дальнейшем пепловые шлейфы длиной > 300–500 км, распространявшиеся

в различных направлениях от вулкана, регистрировались на спутниковых снимках почти ежедневно вплоть до середины июня 2011 г. В августе и декабре отмечались пепловые шлейфы, связанные с обрушениями раскалённых лавин с бортовых и фронтальных частей лавового потока (см. рис. 2б).

Крупная (до 20–25 пикселей) термальная аномалия в районе вулкана отмечалась на спутниковых снимках непрерывно с 10 декабря 2010 г. по 31 декабря 2011 г. (рис. 1в). Аномалия была связана сначала с отложениями пирокластических потоков, непрерывно низвергавшихся на восточный склон с декабря 2010 г. до середины июня 2011 г., затем с выжимающимся лавовым потоком. Анализ фотоматериалов с облёта вулкана позволил нам определить, что 25 января 2011 г. на юго-восточном склоне вулкана уже имелся небольшой вязкий лавовый поток, возможно, его выжимание началось в начале-середине января 2011 г.⁴ Излияние лавового потока продолжается до настоящего времени — апрель 2012 г.

Вулкан Карымский. В течение года сейсмичность вулкана была повышенной, отмечалась умеренная эруптивная активность. Если в январе — начале мая количество локальных поверхностных сейсмических событий в районе вулкана в сутки составляло 100–400, то с середины мая до начала августа оно возросло до 700 в сутки, затем постепенно снизилось, и в ноябре-декабре не превышало 50 событий в сутки. По сейсмическим данным, вероятно, происходили пепловые эксплозии выше 4,0 км н. у. м. в конце января, во второй половине марта, во второй половине мая, во второй половине июня, в августе и сентябре. 21 мая, вероятно, произошёл пепловый выброс до 6,5 км н. у. м., 10 мая и 17 сентября — до 6,0 км н. у. м.

По сообщению пилотов самолёта ЯК-40, 2 февраля в 01:45 UTC столб пепла поднимался до 6,0 км н. у. м., 6 мая пепловый шлейф на высоте до 3,0 км н. у. м. распространялся на юго-восток от вулкана.

На спутниковых снимках почти всё время в районе вулкана отмечалась термальная аномалия размером от 2 до 15 пикселей (рис. 1г). Также были зафиксированы пепловые шлейфы длиной до 150 км от вулкана в феврале, до 250–340 км в мае и 160–170 км в ноябре-декабре (рис. 2в).

Вулкан Горелый. В течение года продолжала работать новая fumarola, появившаяся в Активном кратере вулкана в 2010 г., в районе вулкана непрерывно фиксировалось вулканическое дрожание [3]. Время от времени визуально над кратером наблюдалась мощная парогазовая эмиссия, ночью над ним отмечалось свечение, так как температура исходящего из fumaroly газа превышала 800° С [5]. На спутниковых снимках в районе вулкана отмечалась термальная аномалия (рис. 1д). Интенсивность аномалии была почти постоянной в течение года, что

⁴<http://www.kscnet.ru/ivs/kvert/current.php>.

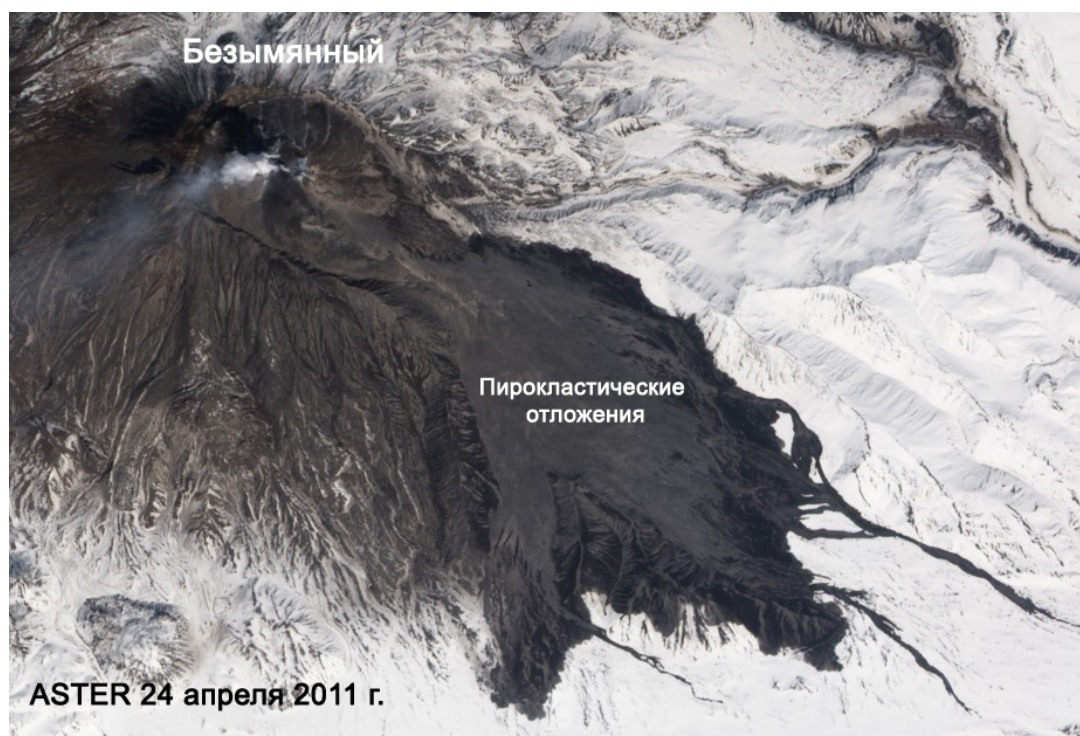


Рис. 4. Пирокластические отложения извержения вулкана Безымянный 13 апреля 2011 г. Спутниковый снимок ASTER (NASA/GSFC/METI/Japan Space Systems, and U.S./Japan ASTER Science Team).

может свидетельствовать о некоторой стабильности потока тепла, выносимого вулканом.

Наблюдения 24 апреля показали отсутствие озера в Активном кратере вулкана. На его дне, засыпанном снегом, наблюдались лишь две удлинённые термальные площадки⁵. По наблюдениям 26 июля, на дне Активного кратера небольшое озеро вновь было, на его поверхности отмечалось большое количество снежно-ледяных глыб. Вероятно, озеро появилось в результате таяния снега и льда в кратере и на склонах вулкана. 9 августа озеро было полностью свободным ото льда, площадь его зеркала составляла примерно 1/4 часть от зеркала озера 2008 г.

Вулкан Ключевской после окончания очередного эксплозивно-эффузивного извержения, продолжавшегося с конца августа 2009 г. по декабрь 2010 г., находился в состоянии фумарольной активности. Сейсмичность вулкана в течение года изменялась от слабой до умеренной, время от времени в районе вулкана фиксировалось вулканическое дрожание. Проявления различной сейсмической активности вулкана были связаны, вероятно, с оттоком магмы и формированием глубокого кратера на вершине вулкана после продолжительного извержения 2009–2010 гг. Крупный шлаковый конус, образовавшийся на вершине вулкана в результате извержения, заполнил весь его кратер. По мере оттока магмы кратер шлакового конуса, который стал кратером собственно вулкана Ключевской, расширялся

и углублялся, на его склонах обнажились шлако-лавовые останцы. При значительных подвижках шлако-лавовой массы, заполняющей магмовод, происходили крупные обрушения пирокластики с внутренних склонов кратера, и над вершиной вулкана появлялись пепловые облака, как, например, 29 мая или 21 июля. По фотографиям альпинистов, поднимавшихся на вершину вулкана в июне и августе 2011 г., видно, что чаша кратера к августу ещё более углубилась (рис. 5). В центральной части кратера, с некоторым смещением к югу, наблюдался колодец, в который время от времени ссыпался пирокластический материал с его бортов. По данным альпиниста А. Горчакова, выполнившим 6 августа 2011 г. измерения с помощью GPS, кратер представлял собой овал с диаметрами 300 и 200 м; абсолютная высота вулкана составляла 4845 м н. у. м., то есть высота шлакового конуса была 95 м от кромки старого кратера.

По визуальным наблюдениям, фумарольная деятельность вулкана различной интенсивности происходила почти непрерывно, парогазовая колонна поднималась порой до 1 км над кратером (5,8 км н. у. м.). В течение года в районе кратера вулкана время от времени наблюдалась слабая термальная аномалия, парогазовые шлейфы максимальной протяжённостью 115 км (на северо-восток от вулкана) отмечались 28–29 января, 5–7 февраля, 24 и 27 июня, 10 июля и 5 декабря.

Авачинский вулкан на протяжении года находился в состоянии умеренной фумарольной активности, наибольшая её интенсивность (парогазовый столб

⁵<http://www.ksnet.ru/ivs/kvert/current.php>



Рис. 5. Кратер Ключевского вулкана 6 августа 2011 г. Фото А. Горчакова и В. Маркова.

до 4,2 км н. у. м.) наблюдалась в марте⁶. Некоторое повышение сейсмичности вулкана, возможно, связанное с сезонными изменениями потока фумарольных газов, отмечалось во второй половине января, и в период с конца апреля до начала мая. В отдельные дни количество слабых сейсмических событий в районе вулкана достигало 15 на глубине около 2 км. По спутниковым данным в районе вершины вулкана иногда регистрировалась небольшая термальная аномалия, вероятно, связанная с некоторым повышением температуры фумарольных газов.

Корякский вулкан был относительно спокоен. Отмечалась преимущественно низкая сейсмичность вулкана, лишь однажды (10 августа) было зафиксировано 10 событий с магнитудой 0,5–2,0. Время от времени, наблюдалась слабая фумарольная деятельность вулкана, высота парогазовых струй редко достигала 4,0 км н. у. м.

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

Заключение

В 2011 г. наиболее высокой была активность вулканов Шивелуч, Кизимен и Безымянный. В течение года продолжалось экструзивно-эксплозивно-эффузивное извержение вулкана Шивелуч, сопровождавшееся порой выбросами пепла до 8–10 км н. у. м.; в январе-июне наблюдалась эксплозивная фаза извержения вулкана Кизимен, пепел при выбросах поднимался до 10 км н. у. м.; в апреле сильно извергался вулкан Безымянный — эксплозии выносили пепел до 8 км н. у. м.; продолжалось умеренное эксплозивное извержение вулкана Карымский с редкими выбросами пепла до 6–7 км н. у. м. Кроме этого,

постоянно отмечалась умеренная и сильная фумарольная активность вулканов Ключевской, Горелый, Авачинский, Корякский.

Список литературы

1. Боровков С. О. О пирокластических потоках вулкана Безымянный // Материалы IX регион. молодежн. научн. конф. «Исследования в области наук о Земле». Петропавловск-Камчатский: КамГУ им. В. Беринга, 2011. С. 87–94.
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., Маневич А. Г., Ушаков С. В. и др. Активность вулканов Камчатки в 2010 г. // Материалы региональной конференции, посвященной Дню вулканолога «Вулканизм и связанные с ним процессы», 30 марта — 1 апреля 2011 г. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2011. С. 19–24.
4. Гирина О. А., Нуждаев А. А., Маневич А. Г., Ушаков С. В. Извержение вулкана Кизимен в 2010–2012 гг. по данным мониторинга группы KVERT // Традиционная региональная научная конференция, посвященная Дню вулканолога (к 50-летию ИВиС ДВО РАН) «Вулканизм и связанные с ним процессы». Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН. 29–30 марта 2012 г. С. 10 (http://www.kscnet.ru/ivs/conferences/documents/tezis_2012.pdf).
5. Овсянников А. А., Чирков С. А. Состояние вулкана Горелый в июне 2010 г. // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2010. № 1 (15). С. 10.

⁶http://www.kscnet.ru/ivs/kvert/current_eng.php?name=Avachinsky