

УДК 551.214

АКТИВНОСТЬ ВУЛКАНОВ КАМЧАТКИ В 2009 Г.**Гирина О.А., Коновалова О.А., Маневич А.Г., Мельников Д.В., Нуждаев А.А.,
Ушаков С.В., Демянчук Ю.В.***Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН,
Петропавловск-Камчатский, 683006; e-mail: girina@kscnet.ru***Аннотация**

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 Koryaksky) posed a threat to the aviation in 2009. Weak to moderate fumarolic activity has been observed on the other Kamchatkan volcanoes.

Введение

В рамках проекта KVERT с 1993 г. проводится регулярный мониторинг вулканов Камчатки [1, 2]. В 2009 г. в состоянии высокой активности находилось пять вулканов Камчатки: Шивелуч, Ключевской, Корякский, Безымянный, Карымский. Продолжалось экструживно-эффузивно-эксплозивное извержение вулкана **Шивелуч**, наблюдались отдельные пепловые эксплозии до 8–10 км над уровнем моря (н.у.м.), а также раскаленные лавины, пепел от которых поднимался до 5–6 км н.у.м. Пепловые шлейфы протягивались до 300 км, преимущественно, в восточных и южных направлениях от вулкана. В январе закончилось эксплозивно-эффузивное извержение вулкана **Ключевской**: пепловые столбы поднимались до 6.8 км н.у.м., пепловые шлейфы протягивались более 230 км преимущественно на восток от вулкана. В сентябре началось очередное его эксплозивно-эффузивное извержение: происходила стромболианская активность вулкана и излияние двух лавовых потоков по восточному склону вулкана. Парогазовые с содержанием пепла столбы поднимались до 6.2 км н.у.м., шлейфы протягивались до 90 км от вулкана. В декабре произошло сильное эксплозивное извержение вулкана **Безымянный** с подъемом пепла до 10 км н.у.м. и протяженностью пепловых шлейфов более 370 км на запад от вулкана. В марте и августе наблюдалась повышенная активность вулкана **Корякский**, парогазовые с содержанием пепла столбы поднимались до 5.5 км н.у.м., пепловые шлейфы протягивались на расстояние более 680 км преимущественно на восток и север от вулкана. Продолжалось слабое эксплозивное извержение вулкана **Карымский** с подъемом пепловых облаков иногда до 4.2 км н.у.м. и распространением шлейфов в восточных направлениях от вулкана.

Вулкан Шивелуч

Вулкан Шивелуч в 2009 г. находился в состоянии экструживно-эксплозивно-эффузивного извержения, продолжающегося с 1980 г., 26–28 апреля и 10–11 сентября наблюдались активизации вулкана. Сейсмичность вулкана, по данным КФ ГС РАН, была выше фона. В районе лавового купола вулкана в течение года постоянно фиксировалась большая термальная аномалия, то есть почти непрерывно происходило выжимание вязкого магматического вещества на поверхность земли, благодаря чему объем лавового купола увеличивался (рис. 1а). Время от времени наблюдались сопутствующие этому процессу явления – пепловые эксплозии и обрушения раскаленных лавин.

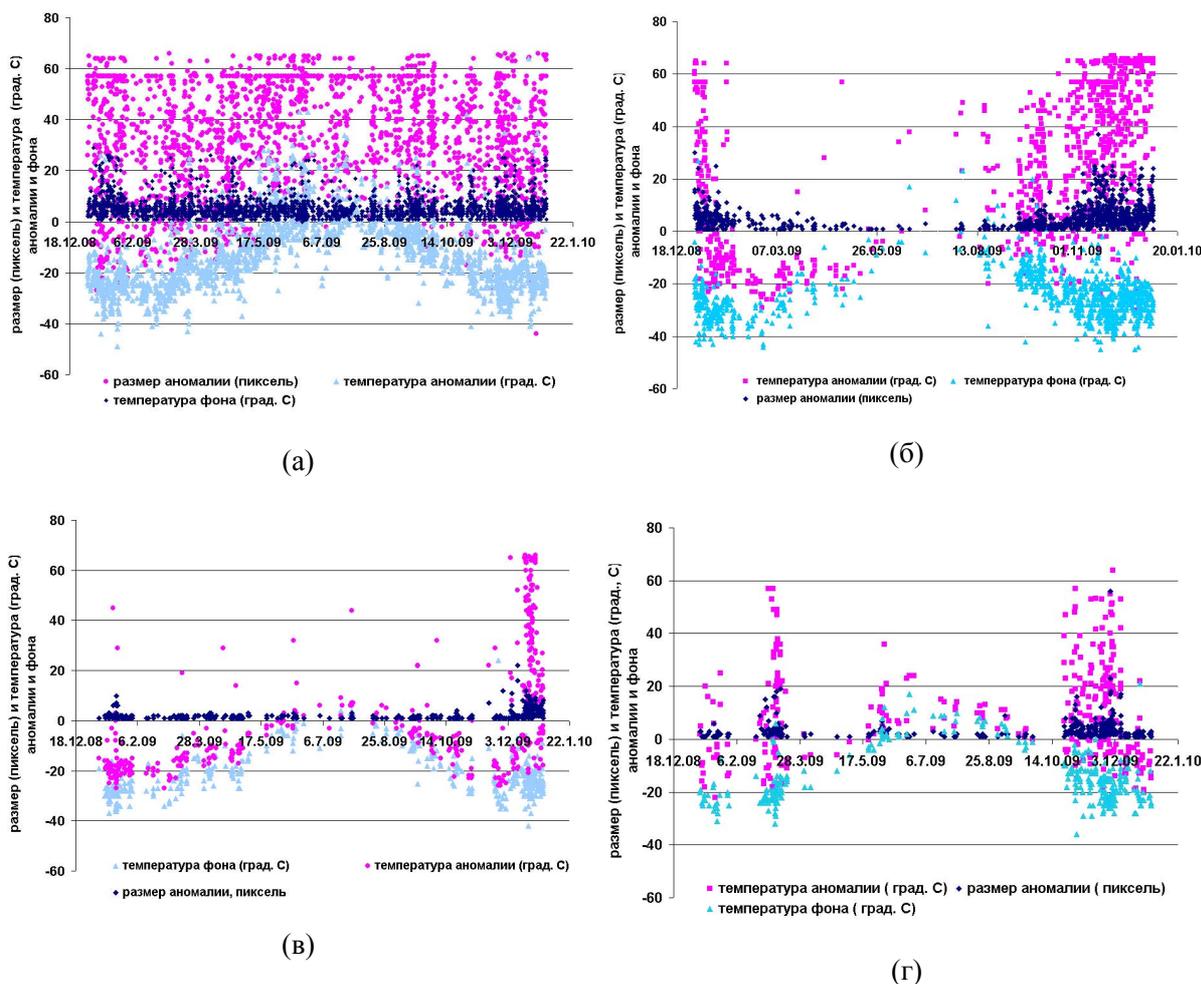


Рис. 1. Величина и температура термальных аномалий в районах вершин вулканов: Шивелуч (а), Ключевской (б), Безымянный (в), Карымский (г) в 2009 г. (по спутниковым данным KVERT).

Согласно интерпретации сейсмических данных сотрудниками КФ ГС РАН, сильные пепловые выбросы произошли 7 января (до 8.8 км н.у.м.) и 9 и 14 января (до 7.3 км н.у.м.). 7 января в 20 км на северо-восток от п. Ключи отмечались отложения небольшого количества пепла. В феврале и марте в основном наблюдалось обрушение раскаленных лавин с купола, пепел поднимался с поверхности лавин до 6.0 км н.у.м. По данным Метеорологического центра аэропорта (АМЦ) Елизово, 24–25 февраля пилоты наблюдали пепловые шлейфы, протягивавшиеся на высоте 5.0 км н.у.м. на северо-восток от вулкана. 24 марта пепловые выбросы достигали 8.0 км н.у.м., 31 марта – 6.0 км н.у.м. С февраля отмечался значительный рост количества вулканических землетрясений и величины вулканического дрожания, что указывало на подготовку сильного эксплозивного события. Наибольшее количество землетрясений было зарегистрировано 7 и 8 апреля (512 и 576, соответственно). Значительные пропуски в сейсмических данных в период с 13 марта по 6 апреля (<http://emsd.iks.ru/~ssl/monitoring/main.htm>), не позволяли говорить о характере событий, происходивших на вулкане в это время. Сильные эксплозивные эпизоды были зарегистрированы на небольшом спаде сейсмической активности вулкана 24 марта и 9 апреля – эруптивные

колонны поднимались, соответственно, до 8.0 и 7.5 км н.у.м.

25 апреля примерно в 06:43 UTC произошел сильный эксплозивный эпизод, при котором пепел поднялся до 7.5 км н.у.м., а через весь южный склон купола прошла широкая трещина, пепловый шлейф протянулся на юг-юго-запад от вулкана на 140 км. Спустя некоторое время, началось продолжительное умеренной силы эксплозивное извержение вулкана Шивелуч: в течение 25–28 апреля, также на относительном спаде сейсмической активности вулкана, наблюдалось непрерывное истечение пепла из образованной 25 апреля трещины на склоне купола (рис. 2). При выбросах пепел поднимался до 5–6 км н.у.м., но пепловые шлейфы протягивались более 500 км от вулкана. При сильных эксплозивных событиях происходило формирование небольших пирокластических потоков. С 09:40 UTC 28 апреля пепловых шлейфов от вулкана Шивелуч на спутниковых снимках не отмечалось.

Согласно сейсмическим данным КФ ГС РАН, сильное эксплозивное событие на вулкане произошло также 10 сентября с 14:19 до 14:50 и в 15:57 UTC (в течение 8 мин) – возможно, пепловые выбросы достигали 15.0 и 10.0 км н.у.м., соответственно. К сожалению, в это время вулкан был закрыт для визуальных и спутниковых наблюдений плотной облачностью, но 13 сентября у подножия лавового купола был обнаружен пирокластический поток протяженностью около 5 км. После этого события на поверхность купола непрерыв-



Рис. 2. Непрерывное истечение пепла из трещины на склоне купола вулкана Шивелуч 25–29 апреля 2009 г. Фото Ю. Демянчука.



Рис. 3. Раскаленные лавины с вершины растущего лавового купола вулкана Шивелуч 15 сентября 2009 г. Фото Ю. Демянчука (а); эксплозивный эпизод на вулкане Шивелуч 30 октября 2009 г. с подъемом пепла до 7–8 км н.у.м. Видеоданные Камчатской вулканологической станции им. Ф.Ю. Левинсона-Лессинга (б).

но поступало свежее магматическое вещество и в ночное время на его склонах наблюдались частые раскаленные лавины (рис. 3а).

С середины октября отмечался значительный рост количества вулканических землетрясений и величины вулканического дрожания, что указывало на подготовку нового сильного эксплозивного события. Наибольшее количество землетрясений было зарегистрировано 6 и 7 ноября (435 и 418, соответственно), однако сильных эксплозий в это время не было зарегистрировано. 30 октября в 07:30 UTC, согласно сейсмическим данным, произошел пепловый выброс на 17.0 км н.у.м. Визуально такое событие не было видно в связи с темным временем суток, но на спутниковых снимках наблюдался пепловый шлейф длиной до 255 км в направлении на восток-северо-восток от вулкана. Благодаря видеокамере, работающей в инфракрасном режиме (установленной на Камчатской вулканологической станции им. Ф.Ю. Левинсона-Лессинга), удалось увидеть процесс эксплозивного события – выброс пепла спровоцировал обрушение блоков с вершины лавового купола и образование, в связи с этим, большой раскаленной лавины (рис. 3б). Так как пепловая завеса достаточно быстро рассеялась, у подножия вулкана образовались отложения пирокластических потоков длиной всего 4 км, следовательно, высота подъема пеплового облака, по всей вероятности, не превысила 7–8 км н.у.м.

В ноябре-декабре активность вулкана несколько понизилась – не было сильных эксплозивных событий, пеплы от раскаленных лавин поднимались до 5–6 км н.у.м., но поступление магматического вещества на поверхность земли продолжалось – в районе купола вулкана постоянно фиксировалась большая термальная аномалия (рис. 1а). Перед непогодой и после нее над куполом вулкана поднималась парогазовая колонна до 4.5 км н.у.м. Пепловые шлейфы распространялись в течение 2009 г. преимущественно в восточном и южном секторах вулкана.

Вулкан Ключевской

В течение 1–27 января 2009 г. продолжалось эффузивно-эксплозивное извержение вулкана, начавшееся в октябре 2008 г.: постоянно отмечалась стромболианская активность и высокая парогазовая деятельность с подъемом парогазового столба, содержащего некоторое количество пепла, до 5.6 км н.у.м., продолжалось излияние из кратера вулкана лавового потока по Крестовскому желобу. На спутниковых снимках в районе кратера вулкана постоянно отмечалась термальная аномалия (рис. 1б). 12 января парогазовый с пеплом столб достигал 6.8 км н.у.м. 26–27 января, на фоне снижения эруптивной активности вулкана, произошло эксплозивное событие, в результате которого пепловый шлейф поднялся до 5.3 км н.у.м. и протянулся около 80 км на восток-северо-восток от вулкана, в п. Ключи отмечался небольшой пеплопад. С 1 по 26 января (по данным спутникового мониторинга) пепловые шлейфы протягивались до 40–230 км преимущественно на северо-запад, восток и северо-восток от вулкана. По данным КФ ГС РАН, сейсмичность вулкана в



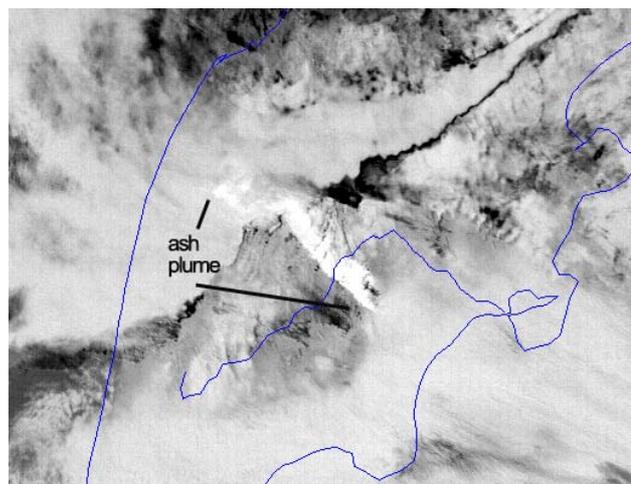
Рис. 4. Стромболианская активность и начало излияния лавового потока по юго-восточному склону вулкана Ключевской 7 декабря 2009 г. Фото Ю. Демянчука.

это время была выше фона, величина непрерывного вулканического дрожания достигала 14–15 мкс/с.

К концу января эксплозивно-эффузивное извержение из вершинного кратера вулкана, начавшееся в октябре 2008 г., закончилось. В период с 1 февраля до 31 июля вулкан находился в состоянии относительного покоя – наблюдалась его слабая фумарольная деятельность с подъемом парогазового столба до 50–300 м над кратером. Иногда, в связи с изменением метеоусловий, фумарольная активность вулкана резко повышалась, и тогда происходил вынос из кратера небольшого количества пепла. Кроме этого, иногда мощными порывами ветра пепел подхватывался со склонов вулкана и переносился к его подножию, например, 9 апреля, после сильной парогазовой активности вулкана, отмечавшейся не только визуально, но и на спутниковых снимках, вулканологами на сейсмостанции «Подкова» на склоне вулкана Ключевской был обнаружен на снегу очень слабый налет пепла. Мощная парогазовая деятельность вулкана отмечалась 11 мая, парогазовый столб поднимался до 6.8 км н.у.м. 31 января, 9–10 апреля и 11 мая на спутниковых снимках отмечались парогазовые шлейфы протяженностью до 200 км. В первых числах августа начала регистрироваться сейсмическая подготовка вулкана к новому извержению.

16 сентября началось эксплозивно-эффузивное извержение вулкана.

В конце августа – начале сентября отмечались отдельные пепловые выбросы из вершинного кратера вулкана, с 16 сентября начала постоянно наблюдаться стромболианская деятельность – фонтанирование раскаленных обломков лавы на высоту до 70–100 м над кратером. С 8 октября активность вулкана начала плавно нарастать – парогазовый с содержанием пепла столб поднимался уже до 5.8 км н.у.м. С 11 октября высота выбросов раскаленных бомб увеличилась до 200–500 м над кратером (рис. 4). 13 ноября на юго-восточном склоне вулкана было зафиксировано начало излияния лавового потока по Апахончичскому желобу. К концу ноября и в декабре выбросы раскаленного материала из кратера происходили на высоту до 100–300 м над кратером. В декабре парогазовые с небольшим содержанием пепла шлейфы поднимались до 5.2–6.2 км н.у.м., 9 и 18 декабря они протягивались до 90 км преимущественно в северо-западном направлении от вулкана.



(а)



(б)

Рис. 5. Пепловый шлейф от вулкана Безымянный длиной 240 км и шириной ~ 25 км на спутниковом снимке NOAA 19 (4m5) в 01:23 UTC 17 декабря 2009 г. (а); после пеплопада в п. Козыревск 17 декабря 2009 г. Фото В.В. Яшука (б).

На спутниковых снимках слабая термальная аномалия в районе кратера вулкана начала отмечаться с 1 июня. С 16 сентября до 31 декабря аномалия регистрировалась постоянно, ее размер плавно увеличился с 4 до 25 пикселей (рис. 1б). С началом излияния лавового потока 13 ноября и до конца года сенсоры, установленные на спутниках, регистрировали предельные значения температуры аномалии. Извержение вулкана продолжилось в 2010 г.

Вулкан Безымянный

В январе регистрация сейсмических сигналов из района вулкана Безымянный была затруднена в связи с извержением вулкана Ключевской. В феврале-октябре в районе вулкана сейсмичность не превышала уровень фона. С 1 по 16 января наблюдалась умеренная фумарольная активность вулкана, шлейфы протягивались в различных направлениях от вулкана, но преимущественно на восток и юго-восток. В связи с продолжающейся слабой активностью вулкана (медленное выжимание вязкой лавы и постепенный рост объема лавового купола), если облачность не была слишком плотной, на спутниковых снимках в районе лавового купола почти непрерывно фиксировалась слабая термальная аномалия (рис. 1в). По визуальным данным, до извержения в декабре наблюдалась слабая или умеренная фумарольная активность вулкана с подъемом парогазового столба до 3.2 км н.у.м., шлейфы протягивались в различных направлениях от вулкана, но преимущественно на восток.

С 28 октября по 8 декабря, в связи с эксплозивным извержением вулкана Ключевской, его высокая сейсмичность не позволяла сотрудникам КФ ГС РАН выделять сейсмические сигналы вулкана Безымянный. С 8 декабря количество вулканических землетрясений начало расти, они стали регистрироваться даже на фоне активности вулкана Ключевской. С 6 декабря начала понемногу увеличиваться температура аномалии, но до 16 декабря ее значения были отрицательными (рис. 1в).

Эксплозивное извержение вулкана происходило, согласно сейсмическим данным, с 21:45 UTC 16 декабря до 04:00 UTC 17 декабря 2009 г. При мощном взрыве пепловое облако поднялось, вероятно, до 10 км н.у.м. Была разрушена, по-видимому, часть лавового потока на южном склоне купола и пирокластика была выброшена в южном направлении от вулкана. В дальнейшем, на протяжении 6 часов происходило формирование пирокластических потоков и связанных с ними пирокластических волн, отложения которых были отмечены в Долине потоков и на южных склонах вулкана. Длина основной массы отложенных пирокластических потоков была примерно 5 км, пирокластических волн – около 15 км.

В связи с плохой погодой в районе вулкана визуально извержение не наблюдалось. Сильные ветры перемещали пепловые шлейфы на запад и северо-запад от вулкана. По спутниковым данным, 16–17 декабря пепловые шлейфы шириной более 25 км в районе п. Козыревск и отдельные пепловые облака размером 75×42 км отмечались на расстояниях > 370 км от вулкана (рис. 5а). В п. Козыревск с 22:20 по 23:30 UTC 16 декабря прошел сильный пеплопад, мощность отложений пепла составила 2–3 мм (рис. 5б). В течение следующих нескольких часов в п. Козыревск ощущалось слабое присутствие пепла в атмосфере, то есть слабый пеплопад продолжался. В районе п. Козыревск по трассе Петропавловск-Камчатский – Усть-Камчатск отложения пепла наблюдались на протяжении 35 км. В других населенных пунктах Камчатки пеплопадов не было отмечено. На спутниковых снимках 17 декабря (после извержения) в области кратера и на юго-восточном склоне вулкана, где формируются отложения пирокластических потоков, наблюдалась большая тер-

мальная аномалия (рис. 1в). Температура аномалии в районе кратера вулкана 17–26 декабря была 53–66°C, что говорит о выжимании новой лавы на склон купола. В дальнейшем температура немного снизилась, но фиксировалась непрерывно до 31 декабря 2009 г., это указывает на то, что процесс поступления магмы на поверхность продолжался. После извержения вулкана 17–28 декабря наблюдалась мощная фумарольная активность вулкана, парогазовый шлейф поднимался до 4.5 км н.у.м. и протягивался на 60 км на запад и северо-запад от вулкана.

Вулкан Карымский

Эксплозивное извержение вулкана, начавшееся в 1996 г., продолжается. В 2009 г., по сейсмическим данным КФ ГС РАН, отмечались выбросы пепла до 4.2 км н.у.м. (3 февраля). По спутниковым данным KVERT, в районе кратера вулкана весь год фиксировалась термальная аномалия (рис. 1 г), а также небольшие пепловые и парогазовые шлейфы,

В 2009 г. значительный период времени по техническим причинам сейсмо-станция не работала. Характер активности вулкана был нерегулярным и нестабильным. Иногда регистрировалось прерывистое спазматическое вулканическое



Рис. 6. Лава в кратере вулкана Карымский 8 декабря 2009 г. Фото В.В. Яшука.

дрожание, вероятно, сопровождавшее газодувы – быстрое (десятки метров в секунду) истечение из жерла вулкана продуктов дегазации магмы. Усиления активности вулкана наблюдались с 10 по 15 января и с 21 февраля по 12 марта, вероятно, это было связано с проработкой канала для последующего подъема лавы к поверхности земли.

По визуальным данным сотрудников ИВиС ДВО РАН и KVERT, 30 января и 14 апреля наблюдалась умеренная парогазовая деятельность вулкана – парогазовый столб поднимался до 3 км н.у.м.; 14 августа, 22 сентября, 7 и 11 октября пепловые выбросы достигали 3.5 км н.у.м. В другие дни активность вулкана была умеренной. В декабре, при облете вулкана сотрудниками КФ ГС РАН, в его кратере была обнаружена вязкая лава, лавовый поток спускался по его южному склону (рис. 6). Увеличение размера и яркости термальной аномалии в течение ноября-декабря, вероятно, связано с заполнением лавой кратера вулкана и излиянием лавового потока. По данным АМЦ Елизово, пилоты самолетов наблюдали пепловые выбросы до 4.0 км н.у.м. 24 февраля в 23:55 UTC, 3 марта в 04:27 UTC и 12 марта в 23:20 UTC, шлейфы распространялись на восток от вулкана.

Корякский вулкан

Корякский вулкан с января по сентябрь 2009 г. находился в состоянии повышенной активности, начавшейся в ноябре 2008 г. (22–28 декабря на спутниковых снимках регистрировались пепловые шлейфы, распространявшиеся преимущественно в восточных направлениях от вулкана). Активность вулкана описана более подробно в работе [3], здесь мы повторим лишь некоторые важные детали.

Сейсмичность Корякского (по данным КФ ГС РАН) в январе-феврале и с 1 июня по 10 августа преимущественно была на уровне фона, в марте-мае и 11–31 августа – выше фона. В конце апреля – начале мая (в течение трех дней) сейсмичность вулкана была наиболее высокой.

С 1 по 5 января вулкан был закрыт плотной облачностью, 6–7 января наблюдалась его умеренная фумарольная деятельность, пепла в шлейфах не было. С 11 января по 20 июля в районе вершины вулкана на спутниковых снимках изредка отмечалась слабая термальная аномалия. 10–14 января наблюдалась мощная фумарольная деятельность вулкана с подъемом двух парогазовых столбов до 4.5 км н.у.м.; 15–22 января – от умеренной до слабой, но аэрозольные шлейфы протягивались в западных и восточных направлениях на десятки километров.

В 2009 г. было зарегистрировано два периода интенсивного выноса пепла из устья верхней фумаролы: 3 марта – 18 апреля и 16–27 августа. 23 и 25 февраля, на фоне мощной парогазовой деятельности вулкана, регистрировались единичные пепловые шлейфы, распространявшиеся до 200 км на север и восток-северо-восток от вулкана, соответственно. С 3 по 14 марта количество пепла в шлейфах резко возросло. С 3 марта по 18 апреля пепловые шлейфы протяженностью до 680 км, распространявшиеся в различных направлениях от вулкана, фиксировались на спутниковых снимках ежедневно. Мощность пепла, выпавшего 4 марта на перевале между вулканами Корякский и Авачинский, составляла 0.1–0.2 см; на северном склоне Корякского на высоте около 1 км н.у.м. – 4 см; на вершине вулкана Корякский 7 марта – 5 см. В населенных пунктах, попадавших в зону пеплопадов, мощность отложений пеплов не превышала 0.1–0.2 см. Наиболее сильная деятельность вулкана наблюдалась 9 апреля – высота парогазового с примесью пепла столба достигала 5.5 км н.у.м.; 10 и 22 мая парогазовый шлейф поднимался до 4.5 км н.у.м. Хотя по спутниковым данным с 18 апреля пепловых шлейфов в районе вулкана Корякский не наблюдалось, невооруженным взглядом присутствие в парогазовых столбах небольшого количества пепла отмечалось до 22 апреля. В ночь с 24 на 25 апреля нижняя фумарола прекратила свое существование.

С 23 апреля до 11 августа вулкан находился в состоянии умеренной фумарольной активности. 12 августа по визуальным и спутниковым данным начали фиксироваться отдельные пепловые шлейфы, высота парогазового столба, содержащего пепел, достигала 5.0 км н.у.м. С 16 по 27 августа пепловые шлейфы отмечались регулярно, их протяженность составляла от 20 до 385 км. 17–18 августа на дачных участках, расположенных на склонах Корякского, был отмечен небольшой пеплопад, мощность пепла составила менее 0.1 см. С 28 августа по 31 декабря пепловые шлейфы больше не наблюдались, активизация вулкана закончилась.

Заключение

В 2009 г. наиболее высокой была активность вулканов Северной группы Камчатки: в январе закончилось одно, а в сентябре началось следующее эксплозивно-эффузивное извержение вулкана Ключевской; в течение года продолжалось экструзивно-эксплозивно-эффузивное извержение вулкана Шивелуч, на фоне которого произошло два сильных эксплозивных события в апреле и сентябре; в декабре извергся вулкан Безымянный. С 1 января до 28 августа происходила активизация вулкана Корякский, начавшаяся в ноябре 2008 г. Весь год продолжалось умеренное эксплозивное извержение вулкана Карымский. Благодаря тесному сотрудничеству коллег проекта KVERT, АМЦ Елизово, консультационных цен-

тров по вулканическим пеплам в гг. Токио, Анкоридж и Вашингтон (Токуо VAAC, Anchorage VAAC and Washington VAAC) все необходимые меры для безопасности авиаполетов вблизи Камчатки были приняты; фатальных происшествий, связанных с взрывной активностью вулканов, не произошло.

Работа выполнена в рамках программы KVERT «Вулканический пепел и безопасность для авиации».

Список литературы

1. *Гирина О.А.* 15 лет деятельности Камчатской группы реагирования на вулканические извержения // Материалы конференции, посвященной Дню вулканолога, 27–29 марта 2008 г. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2008. С. 52–59.
2. *Гирина О.А., Гордеев Е.И.* Проект KVERT – снижение вулканической опасности Для авиации при взрывных извержениях вулканов Камчатки и Северных Курил // Вестник ДВО РАН. 2007. № 2. С. 100–109.
3. *Гирина О.А., Маневич А.Г., Мельников Д.В., Нурдаев А.А., Ушаков С.В., Коновалова О.А.* Активность вулкана Корякский с октября 2008 г. по октябрь 2009 г. по данным KVERT // Материалы конференции, посвященной Дню вулканолога, 30–31 марта 2009 г. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2010. С. 15–23.