

УДК 551.21

## ДЕЙСТВУЮЩИЕ ВУЛКАНЫ КАМЧАТКИ И О-ВА ПАРАМУШИР СЕВЕРНЫХ КУРИЛ В 2007 г.

© 2009 г. О. А. Гирина, С. В. Ушаков, Н. А. Малик, А. Г. Маневич, Д. В. Мельников,  
А. А. Нуждаев, Ю. В. Демянчук, Л. В. Котенко

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, 683006

Поступила в редакцию 06.03.2008 г.

В 2007 г. произошло восемь сильных извержений четырех вулканов Камчатки (Безымянный, Ключевской, Шивелуч, Карымский) и вулкана Чикурачки о. Парамушир Северных Курил. Кроме этого, эксплозивное событие было зарегистрировано на вулкане Мутновский, в состоянии повышенной фумарольной активности находились вулканы Авачинский и Горелый на Камчатке и вулкан Эбеко на о-ве Парамушир Северных Курил. Благодаря тесному сотрудничеству коллег проекта Kamchatkan Volcanic Eruption Response Team (KVERT), метеорологического центра аэропорта Елизово, консультационных центров по вулканическим пеплам в гг. Токио, Анкоридж и Вашингтон (Tokyo VAAC, Anchorage VAAC and Washington VAAC) все необходимые меры для безопасности авиapolетов вблизи Камчатки были приняты.

### ВВЕДЕНИЕ

Комплексный мониторинг активных вулканов Камчатки и Северных Курил проводится в рамках проекта KVERT [2, 4, 5], в тесном сотрудничестве коллег Института вулканологии и сейсмологии (ИВиС) ДВО РАН, Камчатского филиала Геофизической службы (КФ ГС) РАН и Аляскинской вулканологической обсерватории (АВО) США. Мониторинг вулканов включает ежедневный анализ их сейсмической активности, выполняемый КФ ГС РАН; визуальных наблюдений, полученных как непосредственно вблизи вулканов при проведении полевых работ, так и с помощью видеокамер, обслуживаемых КФ ГС РАН, направленных на вулканы Ключевской, Шивелуч, Безымянный; спутниковой информации для выявления термальных аномалий, пепловых выбросов, пепловых и парогазовых шлейфов.

В 2007 г. произошло шесть сильных извержений четырех вулканов Камчатки (Безымянный, Ключевской, Шивелуч, Карымский) и два - вулкана Чикурачки Северных Курил. Кроме этого, на вулкане Мутновский было зарегистрировано единичное эксплозивное событие, вулканы Авачинский и Горелый на Камчатке и вулкан Эбеко на о. Парамушир Северных Курил находились в состоянии повышенной фумарольной активности. Время событий в работе указывается по Гринвичу (местное время = Гринвичское + 12 ч) – UTC (Universal Time Standard).

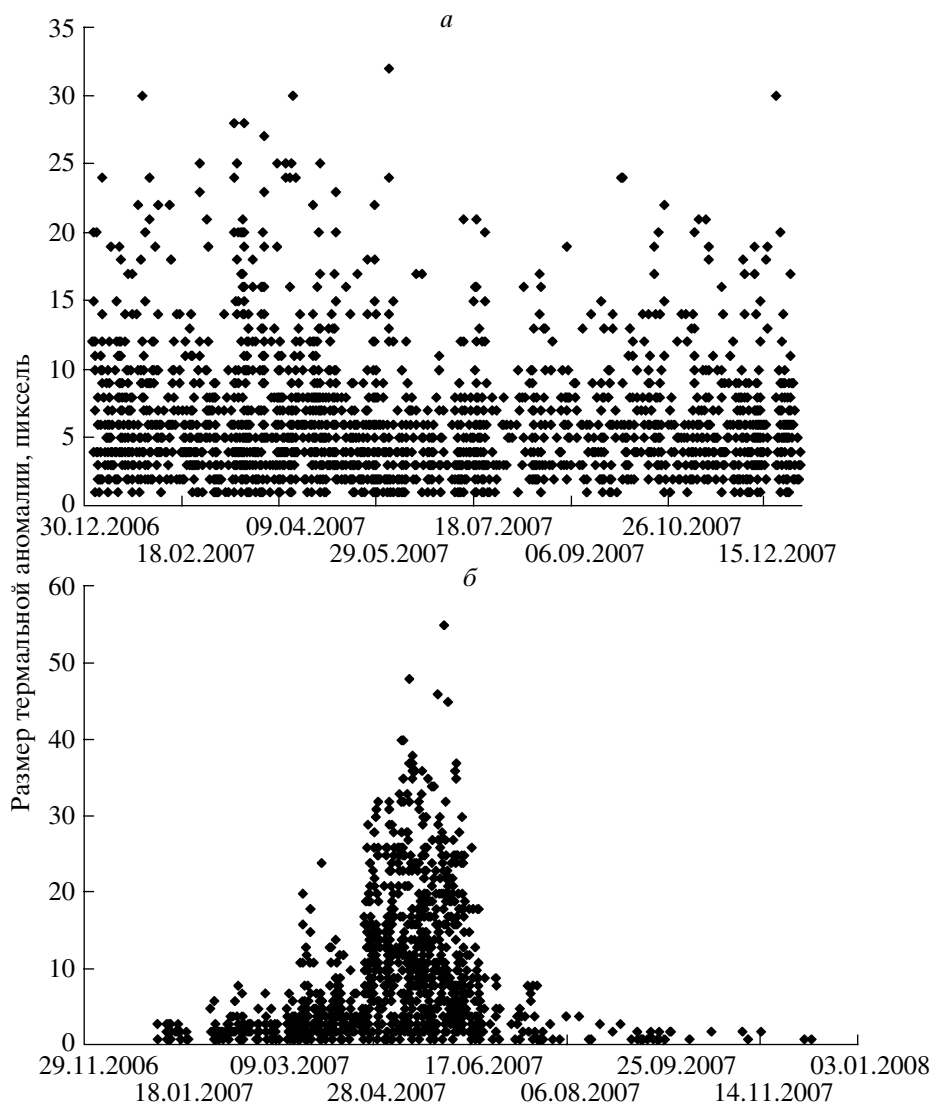
### КАМЧАТКА

**Вулкан Шивелуч** (56°39' с.ш., 161°21' в.д., 3283 м) – самый северный и один из наиболее активных вулканов Камчатки. Очередной цикл его eruptивной активности, начавшийся в 1980 г., про-

должается и в настоящее время. В 2005–2006 гг. в течение одного года и двух месяцев вулкан находился в состоянии относительного покоя до 4 декабря 2006 г. Сильным пепловым выбросом, произошедшим в этот день, экструзивно-эксплозивное извержение вулкана Молодой Шивелуч возобновилось с новой силой и продолжалось весь 2007 г.

В течение почти всего года для вулкана Шивелуч еженедельно KVERT публиковал следующий прогноз опасности вулкана для авиации: “Рост лавового купола продолжается – непрерывно происходит выжимание вязкой лавы. В любое время возможна сильная эксплозивная активность вулкана с подъемом пепла до 10 км над уровнем моря. В ближайших населенных пунктах возможны пеплопады. В районе вулкана существует опасность для полетов по международным и местным авиалиниям, связанная с возможными пепловыми и аэрозольными шлейфами”. Этот прогноз оправдывался – в районе купола постоянно фиксировалась большая термальная аномалия (рис. 1а), что указывало на почти непрерывное выжимание магматического вещества. Цветовой код опасности вулкана для авиации (ЦКОВА) был преимущественно *оранжевый*: <http://www.kscnet.ru/ivs/kvert/color.html>.

По сейсмологическим данным КФ ГС РАН [8], в январе–феврале еженедельно происходили пепловые выбросы до 5.5 км над уровнем моря (н. у. м.). По видео и визуальным данным, в январе–феврале парогазовый столб с небольшим количеством пепла поднимался до 6 км н. у. м., шлейфы распространялись до 160 км на восток, северо-восток, запад, северо-запад и юго-запад от вулкана. 4 января свежий раскаленный пирокластический материал наблюдался в пределах подножия лавового купола до 2–3 км от него. Согласно наземным наблюдени-



**Рис. 1.** Изменение размеров термальных аномалий на вулканах Шивелуч (*а*), Ключевской (*б*), Безымянный (*в*) и Карымский (*г*) в течение 2007 г. (по спутниковым данным KVERT ИВиС ДВО РАН, АВО и KVERT КФ ГС РАН).

ям, 24 января в 21:15 UTC в 20 км к западу от вулкана отмечался пеплопад, мощность пепла составила около 1 мм.

29 марта произошел один из самых сильных пепловых выбросов за 26-летнюю эруптивную историю вулкана Шивелуч. Пепловая колонна поднялась до 12 км н. у. м. (рис. 2*а*), шлейф протянулся на 200 км на северо-восток от вулкана. В центральном секторе подножия вулкана Молодой Шивелуч были образованы отложения небольшого пирокластического потока.

По сейсмологическим данным КФ ГС РАН [8], в апреле еженедельно происходили пепловые выбросы с подъемом пепла до 7.0 км н. у. м., 22 апреля, возможно, была эксплозия до 9.0 км н. у. м. В мае неоднократно регистрировались пепловые выбросы до 8.0 км н. у. м., 2 мая, возможно, – до

10.0 км н. у. м.; в июне – до 6.5 км н. у. м.; в июле неоднократно – до 6.5 км н. у. м., 23 июля, возможно, до 8.3 км н. у. м.; в августе – до 10 км н. у. м.; в сентябре – до 6.0 км н. у. м.; в октябре – до 7.0 км н. у. м. По видео и визуальным данным KVERT, пепловые облака поднимались в январе–октябре до 6.5 км н. у. м., парогазовые столбы – до 4.5 км н. у. м. Достаточно часто пепловые шлейфы являлись результатом раскаленных лавин, возникших при обрушении фронтальных частей выжившей свежей лавы (рис. 2*б*). Парогазовые, возможно с небольшим содержанием пепла, шлейфы протягивались на расстояния до 10 км в различных направлениях от вулкана. В темное время суток почти постоянно отмечалось свечение купола и обрушение раскаленных лавин. В ноябре активность купола немного усилилась, высота пепловых выбро-

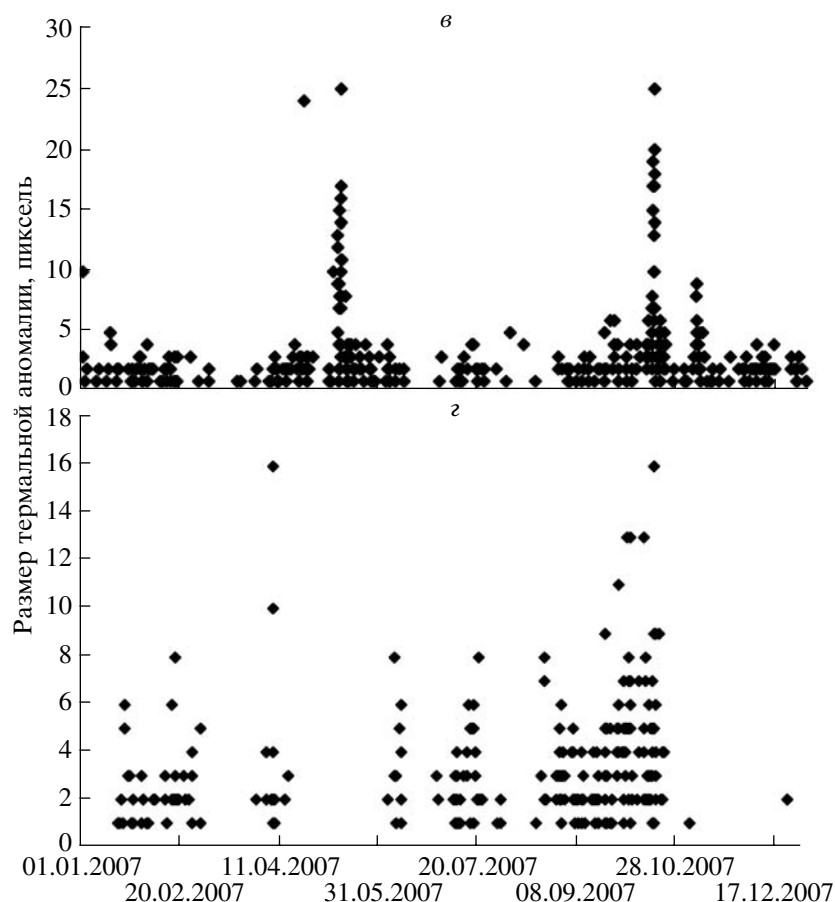


Рис. 1. Продолжение.

сов достигала 8.5 км н. у. м. По спутниковым данным, в январе–феврале наблюдались пепловые и парогазовые шлейфы, протягивавшиеся до 400 км в различных направлениях от вулкана (рис. 3а). В апреле–июле длина пепловых шлейфов не превышала 110 км, в августе–сентябре и ноябре пепловые и парогазовые шлейфы протягивались до 90–150 км, в октябре – до 250 км от вулкана. Направления распространения шлейфов были также различными (рис. 3а). По сейсмологическим данным [8], в начале и в конце декабря происходили пепловые выбросы до 6.0 км н. у. м. По визуальным данным, в это время наблюдалась умеренная парогазовая деятельность купола вулкана и пепловые выбросы до 6.0 км н. у. м. По спутниковым данным, пепловые и парогазовые шлейфы протягивались до 120 км в различных направлениях от вулкана.

**18 декабря в 00:30 UTC** во внеочередном сообщении “KVERT Information Release” было опубликовано предупреждение: “По сейсмическим данным, активность вулкана Шивелуч начала повышаться с 10 декабря. Количество поверхностных вулканических землетрясений возросло с 70 до 390 с 10 по 17 декабря. Опасность вулкана для авиации повысилась”.

**С 19:30 UTC 19 декабря по 23:50 UTC 20 декабря 2007 г.** ЦКОВА Шивелуча был **красным**, так как, по сейсмологическим данным, с **06:23 до 14:45 UTC 18 декабря** и с **08:00 до 11:00 UTC 19 декабря** были зарегистрированы два периода сильной эксплозивной активности вулкана с подъемом пепловых облаков, соответственно, до 6.5 и 8.7 км н. у. м. Высота пепловых выбросов, определенная сотрудниками КФ ГС РАН по сейсмологическим данным, примерно соответствовала величинам, оцененным сотрудниками проекта KVERT другими методами: по метеорологическим данным (по атмосферному температурному профилю), 18 декабря высота пепловых шлейфов была около 6.0 км н. у. м.; по модели PUFF (АВО, США), 19 декабря пепловый шлейф перемещался на высотах 6.0–8.0 км н. у. м. По спутниковым данным АВО США, Токио VAAC и KVERT, пепловые шлейфы протягивались на 130 км на запад 18 декабря и более 330 км сначала на северо-запад и потом на юго-запад от вулкана 19–20 декабря. По визуальным данным, 18 декабря на южном склоне вулкана наблюдались отложения пирокластического потока, расстояние от купола до фронта потока составляло примерно 5–6 км. 18 декабря примерно с 19:00 до 23:00 UTC в пос. Ключи происходил



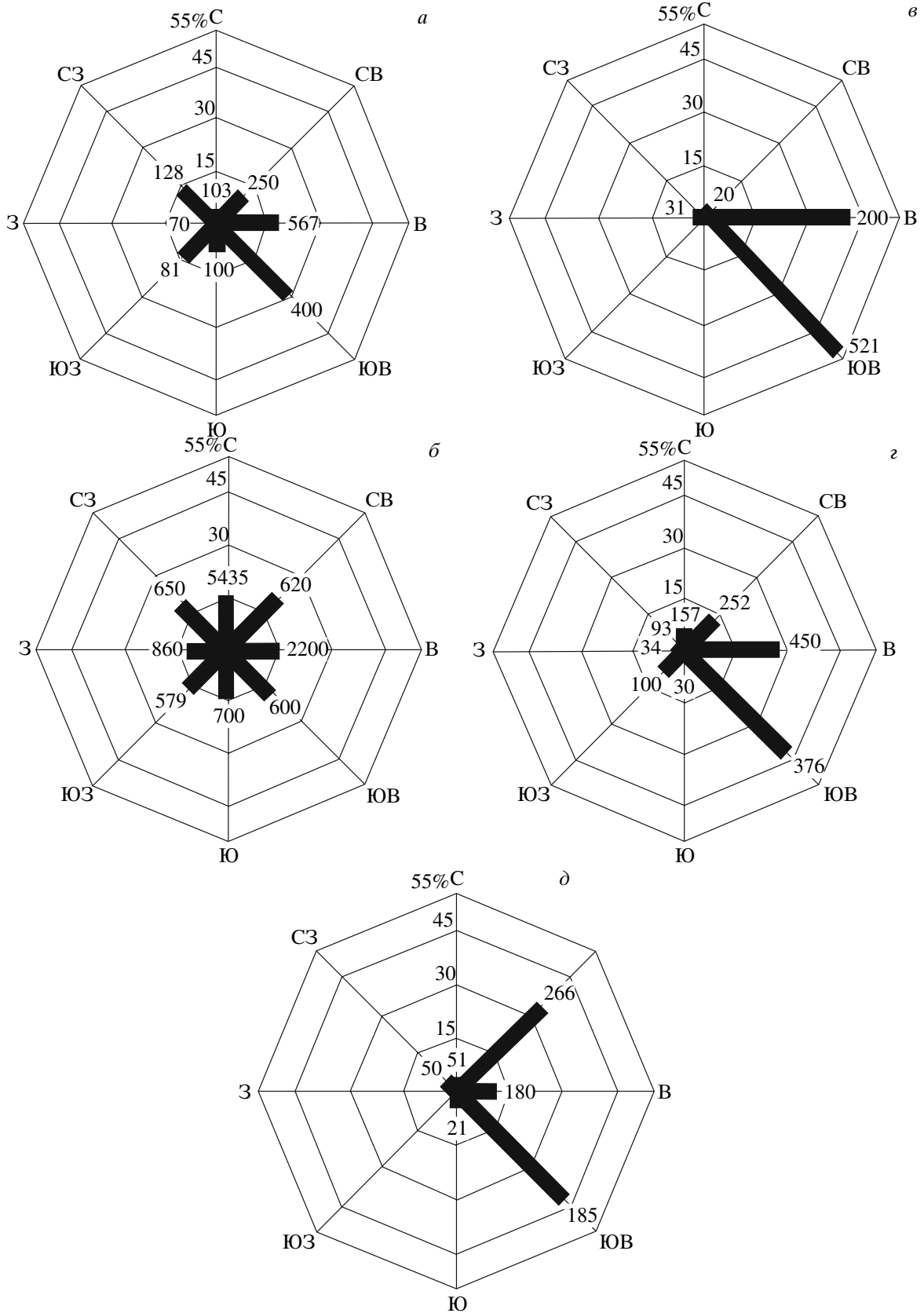
**Рис. 2.** Эксплозивное событие на вулкане Шивелуч 29 марта 2007 г. (а). Фото Ю.В. Демянчука. Раскаленная лавина на склоне лавового купола вулкана Шивелуч 10 июля 2007 г. (б). Фото Н.В. Горбач.

пеплопад. На территории Камчатской вулканологической станции им. Ф.Ю. Левинсона-Лессинга выпало около  $4.2 \text{ г/м}^2$  серого пепла. Визуальные наблюдения за вулканом были затруднены из-за низкой облачности. По сейсмологическим данным, 20 и 24 декабря произошло несколько небольших эксплозивных событий, сопровождавшихся подъемом пепла до 4.0 км н. у. м. Вероятно, это были небольшие раскаленные лавины, формирование которых связано с обрушением неустойчивых после сильных эксплозивных событий блоков лавы купола. По визуальным данным, 23–24 декабря наблюдались парогазовые шлейфы, перемещавшиеся на восток и северо-восток от вулкана. После улучшения погоды, на спутниковых снимках продолжительное время отмечались две термальные аномалии – в районе лавового купола вулкана и пирокластического потока. В связи со снижением активности вулкана

20 декабря ЦКОВА был изменен с *красного* на *оранжевый* и оставался таким до конца года.

С 1 января по 31 декабря 2007 г. вулкан был доступен для наблюдений 51% дней. Чаще он был открыт в феврале и апреле – 64 и 77%, реже – в марте и августе – 32 и 29% дней, соответственно. Наибольшая протяженность пепловых шлейфов была в направлениях на восток (567 км), юго-восток (400 км) и северо-восток (250 км) от вулкана; наиболее часто пепловые шлейфы перемещались на юго-восток и восток от вулкана (рис. 3а), следовательно, в восточном секторе района Шивелуча существовала реальная вулканическая опасность для перевозок по международным, и по всем направлениям от него – по местным авиалиниям.

В настоящее время (2007–2008 гг.) медленное выжимание магмы и, соответственно, рост купола



**Рис. 3.** Повторяемость направлений перемещений (%) и максимальная длина (км) пепловых шлейфов от вулканов Шивелуч (260 шлейфов) (а), Ключевской (867) (б), Безымянный (33) (в), Карымский (137) (г) и Чикирачки (45) (д) в 2007 г. Обработка спутниковых данных KVERT ИВиС ДВО РАН и АВО выполнена А.А. Нуждаевым.

продолжается. Время от времени наблюдаются: парогазовая эмиссия с различным содержанием пепла, обрушение отдельных глыб с вершины купола; лавины на его склонах, при которых пепловые облака поднимаются до 4–6 км н. у. м. При появлении магмы на поверхности земли происходят отдельные сильные пепловые эксплозии на высоту до 10–12 км н. у. м. Чем больше увеличивается масса лавового купола, тем мощнее становятся эксплозивные фазы извержения вулкана, тем большую опасность представляет вулкан для авиаперевозок.

**Вулкан Ключевской** (56°03' с.ш., 160°39' в.д., 4750 м) – самый высокий действующий вулкан Евразии и один из наиболее продуктивных вулканов мира. С 18 декабря 2006 г. в районе вершинного кратера начала отмечаться слабая термальная аномалия, стало ясно, что готовится новое извержение вулкана, поэтому ЦКОВА с этого времени был *желтый*. В январе и до середины февраля наблюдалась преимущественно фумарольная активность вулкана с подъемом парогазового столба до 50–500 м над кратером. С 5 января 2007 г. в районе кратера вулкана начала постоянно регистрироваться термальная аномалия размером до 1–8 пикселей (рис. 1б).

15 февраля впервые визуально наблюдалась стромболианская активность вулкана, то есть можно говорить, что с этого дня началось эксплозивное извержение вулкана стромболианско-вулканского типа. В этот день, в связи с реальной пепловой угрозой, ЦКОВА был изменен на *оранжевый* и оставался, преимущественно, таким до 27 июля.

По данным КФ ГС РАН, с 1 января по 14 февраля 2007 г. ежедневно отмечалось в среднем по 2–12 вулканических землетрясений с  $M_L > 1.2$  с глубины 30 км: <http://emsd.iks.ru/~ssl/monitoring/main.htm> (здесь и далее сейсмологическая информация приводится по базе данных “Северная группа вулканов” (<http://data.emsd.iks.ru/klyquake/index.htm>) – количество вулканических землетрясений; и сейсмостанции “Цирк”, находящейся в 9.5 км от вулкана, – серии низкочастотных событий и вулканическое дрожание). С 15 по 28 февраля их количество начало повышаться до 3–60 землетрясений в сутки в связи с началом и развитием терминального извержения вулкана. С 1 января по 14 марта также увеличилось количество регистрируемых поверхностных вулканических землетрясений до 200–600 событий в сутки (рис. 4а). Кроме отдельных вулканических землетрясений, с 1 января по 7 марта на вулкане регистрировались серии низкочастотных событий в среднем до 10–100 в сутки, с 8 по 14 марта количество которых возросло до 50–250 (рис. 4б). Вулканическое дрожание на вулкане начало регистрироваться с 19 января (рис. 4в). Сначала его характер был прерывистым, но с 10 марта по 22 августа и с 3 по 29 октября – непрерывным.

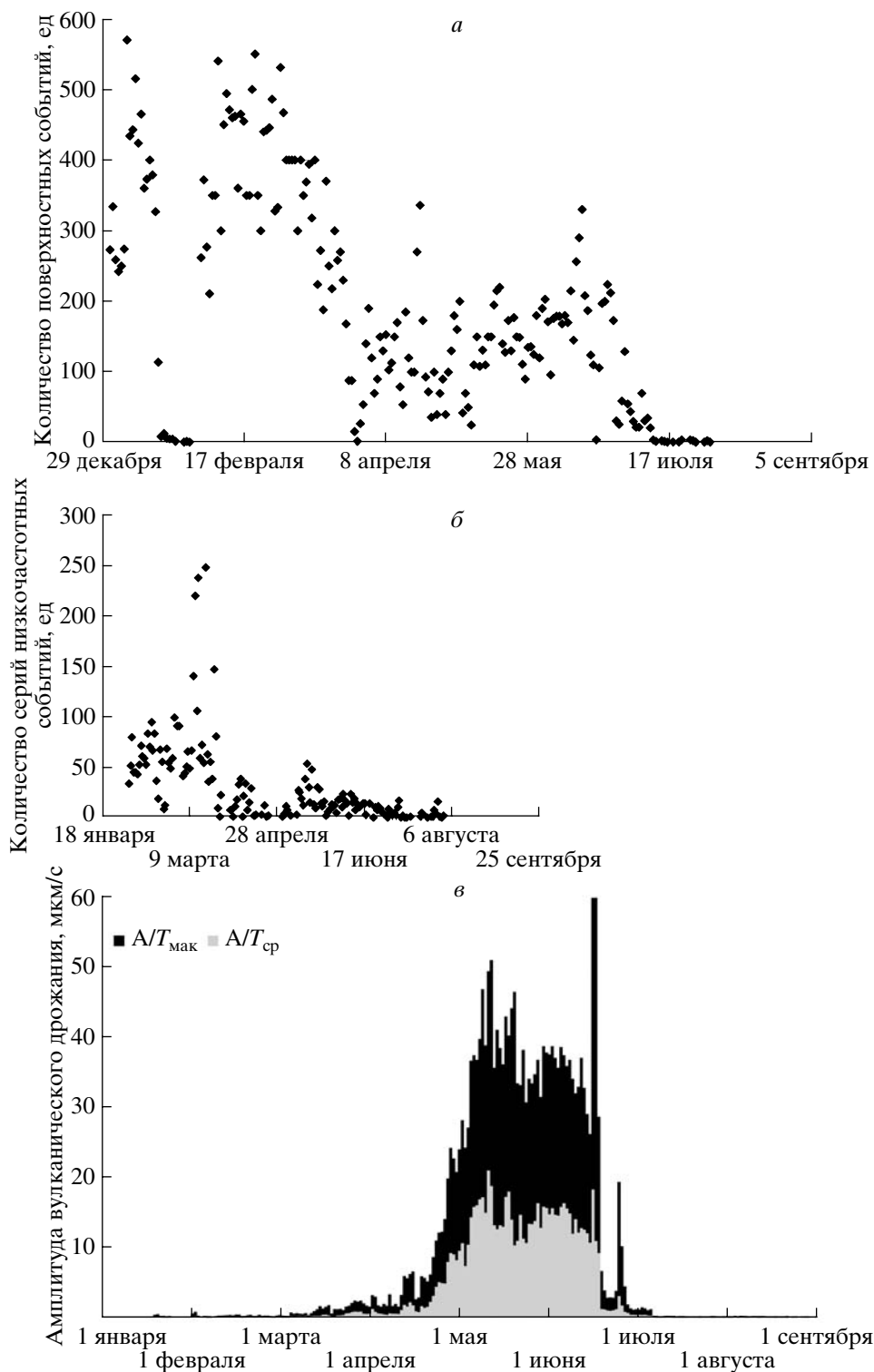
С 15 февраля по 23 апреля на вулкане наблюдалась стромболианская деятельность с выбросом

вулканических бомб до 300–500 м над кромкой кратера (до 5.2 км н. у. м.). В марте иногда частота выбросов из кратера составляла: один в 1–10 мин. 28 марта началась эффузивная деятельность вулкана – излияние лавового потока по Крестовскому желобу на запад – северо-западном склоне. В связи с этим, в конце марта размер термальной аномалии увеличился до 17 пикселей. По спутниковым данным, в марте наблюдались парогазовые шлейфы с небольшим содержанием пепла, протягивавшиеся на 20–45 км на северо-восток и северо-запад от вулкана (рис. 3б). 24–25 февраля в пос. Ключи во время снегопада отмечался также и пеплопад.

К концу марта количество поверхностных землетрясений постепенно уменьшилось до 100–300 событий в сутки; землетрясений, регистрируемых с глубины 30 км к 12 апреля – до 1–3 событий в сутки, с 13 апреля такие землетрясения больше не отмечались.

9 апреля, помимо первого, восточнее Крестовского желоба появился второй лавовый поток. 15 и 17–18 апреля наблюдалось усиление активности вулкана. В эти дни парогазовые столбы, с небольшим содержанием пепла, поднимались, соответственно, на 6.3 и 7.2 км н. у. м. 24 апреля лавовые потоки спустились примерно до 3.5 км н. у. м., грязевые потоки от фронта лавовых – примерно до 2.0 км н. у. м. С 24–25 апреля на контакте лавовых потоков с толщами льда часто происходили фреатические взрывы, пепел поднимался до 8.5 км н. у. м. (рис. 5а). По спутниковым данным, в апреле пепловые шлейфы протягивались до 220 км на северо-восток и северо-запад от вулкана (рис. 3б). 3–4 мая в пос. Ключи наблюдался пеплопад. В мае при сильных взрывах на вулкане в этом поселке слышались звуки, похожие на громовые раскаты. 9 мая по руслу р. Киргурич (в 13 км на восток от пос. Ключи) прошел грязевой поток шириной 100 м. 11–12 мая пепловая туча поднялась до 9–10 км н. у. м., в поселке отмечался пеплопад. 16–18 мая в Ключах также были пеплопады. В районе старого аэропорта пос. Ключи прошел грязевой поток, двигавшийся от фронта лавового потока, находившегося на северо-северо-восточном склоне вулкана. Грязевым потоком была перекрыта протока Кривая, но 17 мая воды в ней уже не было. По данным Ю.В. Демянчука, к 23 мая высота шлакового конуса над кромкой кратера вулкана составила примерно 70 м, диаметр основания – 570 м, диаметр кратера – 170 м.

С 30 мая по 21 июня эксплозивная активность вулкана несколько снизилась – высота пепловых столбов не превышала 7.0 км н. у. м. 31 мая было обнаружено излияние нового лавового потока на восточный склон вулкана, в эти же сутки наблюдалось фронтанирование лавы в кратере вулкана из двух жерл (рис. 5б). На фронте лавового потока на высоте около 3.9 км н. у. м. наблюдались мощные фреатические взрывы. По спутниковым данным



**Рис. 4.** Изменение количества поверхностных вулканических землетрясений (*a*) и серий низкочастотных событий (*b*); максимальной и средней амплитуды вулканического дрожания (*v*) при извержении вулкана Ключевской в 2007 г. по данным КФ ГС РАН: <http://emsd.iks.ru/~ssl/monitoring/main.htm>.

коллег из АВО, США, параметры лавового потока на юго-восточном склоне вулкана 6 июня были следующими: длина ~2 км, ширина 100 м. В связи с по-

явлением третьего лавового потока, величина термальной аномалии 2 июня достигла 55 пикселей, которые складывались из размеров термальных



**Рис. 5.** Эксплозивно-эффузивное извержение вулкана Ключевской по состоянию на 27 мая (а), 31 мая (б), 29 июня (в) 2007 г. Фото Ю.В. Демянчука.

аномалий вершинного кратера и трех лавовых потоков (рис. 1б, 6а). 2 июня на северной кромке кратера вулкана рядом со шлаковым конусом произошел мощный взрыв.

С 16 мая по 2 июня и с 19 июня по 4 июля наблюдалась очень сильная эксплозивная деятельность вулкана с подъемом пепла до 10–12 км н. у. м., пепловые шлейфы протягивались более 5400 км преимущественно в восточных направлениях от вулкана, поэтому в этот период ЦКОВА был *красный* (рис. 5в). Амплитуда вулканического дрожания в 22:00 UTC 19 июня достигла 83 мкм/с, пепловая колонна поднималась до 12 км н. у. м. 17–18 июня в пос. Ключи и 19–21 июня в пос. Козыревск шли дожди с пеплом. Также в Ключах были слышны звуки от взрывов на вулкане. 20 июня, по данным метеорологического центра аэропорта (АМЦ) Елизово, пепловые облака регистрировались пилотами на высоте 7.5 км н. у. м. 20 июня пепловый шлейф прошел над городами Елизово и Петропавловск-Камчатский (рис. 6б). Хотя пеплопады в городах не наблюдались, пепловая опасность для авиаперевозок была реальной. По спутниковым данным, в июне пепловые шлейфы перемещались на высотах до 9.5 км н. у. м. на расстояния 400–900 км в различных направлениях от вулкана. 29 июня пепловый шлейф на высоте более 9.0 км протянулся на восток на 300 км, в дальнейшем, распространившись на 2200 км, достиг Алеутских островов. Наибольшая протяженность пепловых шлейфов от вулкана за время извержения была отмечена 28 июня 2007 г. – 5435 км на север (рис. 3б).

В 2007 г. с помощью системы Ozone Monitoring Instrument (OMI), установленной на борту искусственного спутника Земли AURA (NASA EOS, USA), проводился мониторинг атмосферного содержания SO<sub>2</sub> в пепловых и аэрозольных шлейфах во время извержения вулкана Ключевской (<http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/Aura/>). На момент начала активизации вулкана (февраль-март 2007 г.) концентрации SO<sub>2</sub> в его окрестностях были малы для их обнаружения с помощью OMI SO<sub>2</sub>. В этот период, по визуальным данным, отмечалась умеренная стромболианская активность вулкана и мощная парогазовая деятельность. Только к 20-м числам апреля, когда уже происходили излияния лавы и пепловые выбросы, над Камчаткой начало фиксироваться повышенное содержание SO<sub>2</sub>. Например, 22 июня пеплово-аэрозольный шлейф распространился над Центральной Камчаткой на площади 146825 км<sup>2</sup>, содержание SO<sub>2</sub> в нем составляло около 6000 т. Всего, по данным Саймона Карна (Simon Carn, OMI-team, NASA's Aura satellite, USA), за активную фазу извержения вулкана Ключевской в атмосферу поступило более 120 кт диоксида серы.

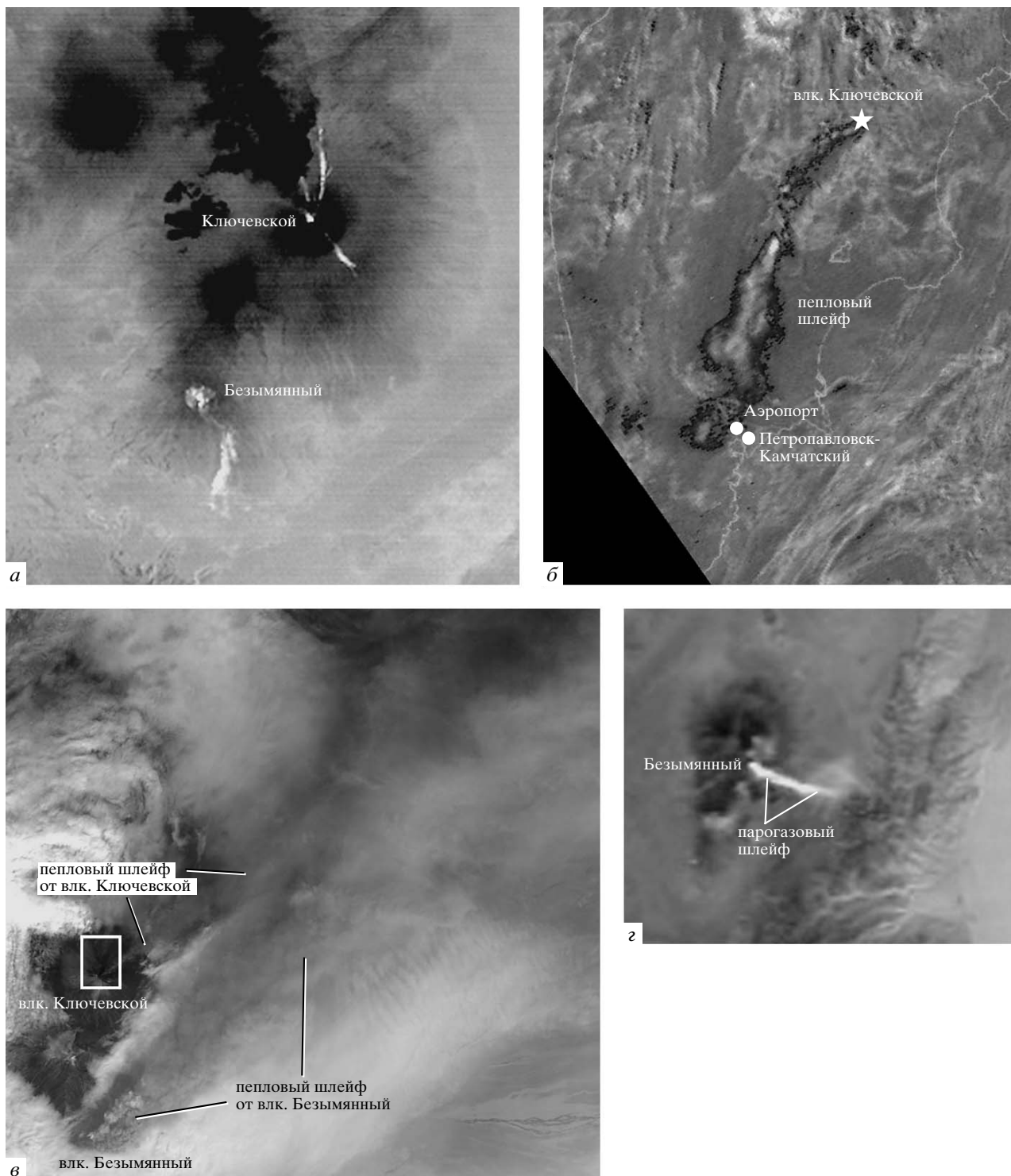
Всего за период извержения вулкана Ключевской было зафиксировано 867 пепловых шлейфов. Наибольшая их длина по разным направлениям от

вулкана варьировала от 580 до 5435 км, но повторяемость направлений их распространения была примерно одинаковой (рис. 3б), хотя все же большая часть пепловых шлейфов протягивалась на северо-восток, юго-восток и северо-запад от вулкана. То есть во время извержения вулкана Ключевской в 2007 г. по всем направлениям от него существовала реальная угроза для международных и местных авиаперевозок.

В дальнейшем происходило постепенное ослабление деятельности вулкана. В первой половине июля отмечались пепловые выбросы до 5–7 км н. у. м. 15–17 июля были зарегистрированы последние парогазовые, с небольшим содержанием пепла, шлейфы. По данным КФ ГС РАН, 10 июля величина вулканического дрожания упала до уровня фона, к 1 августа количество серий низкочастотных событий уменьшилось до 1–20 и со 2 августа они больше не регистрировались. С 28 июня до середины июля количество поверхностных землетрясений резко уменьшилось до 20–130, а затем до 1–4 событий в сутки. С 1 августа на вулкане регистрировались только слабые поверхностные землетрясения в постройке вулкана. В связи с постепенным снижением активности вулкана его ЦКОВА 20 июля был изменен с *оранжевого* на *желтый* и 17 августа - на *зеленый*. Таким образом, терминальное извержение вулкана Ключевской в 2007 г. продолжалось около 5 месяцев.

С начала октября до середины декабря на вулкане Ключевской вновь регистрировались слабые поверхностные землетрясения. По данным КФ ГС РАН, всего было локализовано около 75 событий в радиусе 7 км от кратера вулкана и диапазоне глубин от поверхности кратера до 35 км ниже уровня моря. Также в этот период вновь регистрировалось слабое вулканическое дрожание, но амплитуда его была значительно меньше. Максимальная амплитуда дрожания (83.9 мкм/с) наблюдалась во время наиболее сильных эксплозивных событий извержения вулкана Ключевской, когда пепловые колонны поднимались до 12 км н.у.м. В сентябре–декабре амплитуда вулканического дрожания не превышала 0.14 мкм/с, что было связано, вероятно, с некоторым оседанием магматической колонны в постройке вулкана и шлакового конуса на его вершине. До конца года эпизодически наблюдалась слабая фумарольная деятельность вулкана, парогазовые столбы поднимались на высоту до 50–500 м над кратером. Доступным для визуальных наблюдений по метеоусловиям вулкан был в среднем 56% дней года: больше всего он был открыт в ноябре (77% дней месяца), меньше – в августе (19% дней).

**Вулкан Безымянный** (55°58' с.ш., 160°36' в.д., 2882 м) – один из активнейших вулканов Камчатки, расположен в центральной части Ключевской группы вулканов. Цветовой код опасности вулкана для авиации в 2007 г., в основном, оставался *желтым*, за



**Рис. 6.** Термальные аномалии в районе вулканов Ключевской и Безымянный на спутниковом снимке ASTER в 11:02 UTC 7 июля 2007 г. (а); пепловый шлейф от вулкана Ключевской в районах г. Петропавловск-Камчатский и аэропорта в 04:30 UTC 20 июня 2007 г. на снимке NOAA-12, AVHRR (4m5), предоставленном сотрудниками АВО, США (б); момент одновременных извержений вулканов Ключевской и Безымянный на спутниковом снимке ASTER VNIR в 00 : 38 UTC 12 мая 2007 г., предоставленном М. Рамзеем (M. Ramsey), США (в); яркий парогазовый шлейф от вулкана Безымянный в 23:59 UTC 9 ноября 2007 г. на снимке TERRA MODIS, предоставленном сотрудниками “Росгеолфонд” МПР РФ (г).

исключением периодов, когда происходили сильные эксплозивные извержения вулкана: с 10 мая по 17 мая (ЦКОВА был *оранжевым*) и с 14 по 16 октября (*красным*). С 16 по 20 октября, в связи с некоторым ослаблением активности вулкана, и с 10 по 22 ноября, в связи с существованием опасности очередного эксплозивного извержения вулкана, ЦКОВА был *оранжевым*.

По данным КФ ГС РАН, в январе в районе вулкана продолжали регистрироваться редкие вулканические землетрясения и серии низкочастотных событий, связанные с постепенным “успокоением” вулкана Безымянный после его эксплозивного извержения 24 декабря 2006 г. (здесь и далее сейсмологическая информация приводится по сейсмостанции “Зеленая” (13.5 км от вулкана): <http://emsd.iks.ru/~ssl/monitoring/main.htm>). В течение месяца их было зафиксировано: 5 с глубин – 1.5–5.9 км от уровня моря (последнее 21 января), 8 поверхностных (последнее 31 января), 12 серий событий (последняя 27 января). Иногда наблюдалась термальная аномалия в районе купола вулкана, связанная с вероятным выжиманием вязкого лавового потока на его склон после декабрьского пароксизма. В январе–апреле в сообщениях KVERT указывалось: “Активность вулкана понизилась, но рост лавового купола продолжается. Вблизи вулкана существует опасность для полетов местной авиации, связанная с возможными небольшими пепловыми и аэрозольными шлейфами”. В феврале–марте и до середины апреля сейсмичность вулкана была преимущественно ниже уровня регистрации событий, лишь по двое суток в феврале и марте она была на уровне фона. С 14 апреля в связи с сильным эксплозивным извержением вулкана Ключевской в сообщениях KVERT указывалось: “Корректный сейсмический мониторинг вулкана невозможен в связи с высокой сейсмичностью вулкана Ключевской”. Впрочем, сотрудники КФ ГС РАН отметили 21 и 24 апреля в районе вулкана по одному поверхностному вулканическому землетрясению с магнитудой 2.2 и 1.9, соответственно; и 10 мая также одно поверхностное землетрясение с магнитудой 2.5. С 1 января по 10 мая вулкан находился в состоянии слабой или умеренной фумарольной деятельности.

5 и 8 мая, по данным охотников из пос. Ключи, в р. Сухая Хапица в районе вулкана Безымянный наблюдались грязевые потоки. В связи с сообщением сотрудников KVERT ИВиС ДВО РАН о резком росте температуры и размера термальной аномалии 9–10 мая (рис. 1в), 10 мая в 22:55 UTC было опубликовано сообщение KVERT (KVERT Information Release 16-07), в котором ЦКОВА вулкана был изменен на *оранжевый* и было указано, что “пепловые эксплозии высотой до 10 км н. у. м. могут случиться на вулкане в любое время”.

Сильное извержение вулкана Ключевской, происходившее в это время, не позволило сотрудникам

КФ ГС РАН проследить рост сейсмической активности вулкана Безымянный, и, соответственно, предсказать это извержение. Последовательность событий извержения вулкана Безымянный была восстановлена О.А. Гириной (KVERT ИВиС ДВО РАН) по косвенным данным и опубликована 13 мая 2007 г. в KVERT Information Release 17–07. Изучение спутникового снимка ASTER (АВО), полученного позднее, подтвердило правильность проведенной интерпретации событий извержения вулкана.

Главные события извержения вулканического типа произошли 11 мая в интервале 14:30–15:00 UTC (по данным с сейсмостанции в пос. Козыревск, КФ ГС РАН). В июне 2007 г. продолжительность извержения вулкана была уточнена сотрудниками КФ ГС РАН по станции “Зеленая”. По устному сообщению С.Л. Сенюкова, эксплозивное извержение вулкана произошло 11 мая приблизительно с 14:45 до 15:10 UTC, когда было зарегистрировано сейсмическое событие с максимальной величиной  $A/T = 15.4$  мкм/с.

На спутниковых снимках хорошо видно, что извержение пеплов продолжалось на вулкане Безымянный и после наиболее активной по сейсмичности фазы: в 00:38 UTC 12 мая от вулкана Безымянный на северо-восток протягивался мощный пепловый шлейф, а от вулкана Ключевской на восток–северо-восток – тонкий пепловый шлейф (рис. 6в). На расстоянии около 20–30 км от вулканов шлейфы пересекались и дальше представляли собой единую мощную тучу, в которой пеплы двух вулканов хорошо перемешивались. Вследствие сильной циклонической деятельности в районе Северной группы вулканов, 11–12 мая на спутниковых снимках отмечались различные направления перемещения пепловых шлейфов и облаков. По визуальным данным из пос. Козыревск, в 22:30 UTC 11 мая на вулкане Безымянный наблюдалась одна из раскаленных лавин, обычных для эксплозивных извержений вулкана. Пепел при этом поднимался до 4 км н. у. м.

Пеплопад в пос. Ключи отмечался примерно с 16:00 до ~22:00 UTC 11 мая, там отложился пепел мощностью ~ 0.3–0.4 см, состоявший преимущественно из тонких частиц серого цвета, по составу соответствующих продуктам вулкана Безымянный, и примеси крупных (размером до 0.5–1.0 мм) частиц темного цвета, по составу соответствующих продуктам вулкана Ключевской, извержение которого продолжалось. Протяженность пеплового шлейфа от вулкана Безымянный была более 100 км (рис. 3в). Яркая большая (11 пикселей), вытянутая с С-З на Ю-В, термальная аномалия на снимке NOAA-18, в 14:29 UTC 12 мая, указывала на свежие горячие отложения пирокластического потока. На снимке ASTER за 7 июля 2007 г. пирокластический поток очень хорошо отрисовывался по термальной аномалии (рис. 6а). Мощные грязевые потоки в р. Сухая Хапица вновь наблюдались 17 мая: поток шириной до 200 м шел по руслу реки поверх снега. Вероятно,

грязевые потоки начали формироваться с 5 мая или немного раньше в связи с активизацией вулкана Безымянный – началом экструзивного процесса и обрушением, вследствие этого, раскаленных лавин. Мощные грязевые потоки, которые не иссякали и спустя неделю после извержения вулкана, были связаны, вероятно, с формированием раскаленного пирокластического потока на склоне вулкана и позже с его отложениями. В связи со снижением активности вулкана, 17 мая его ЦКОВА был изменен на *желтый* и оставался таким до 14 октября.

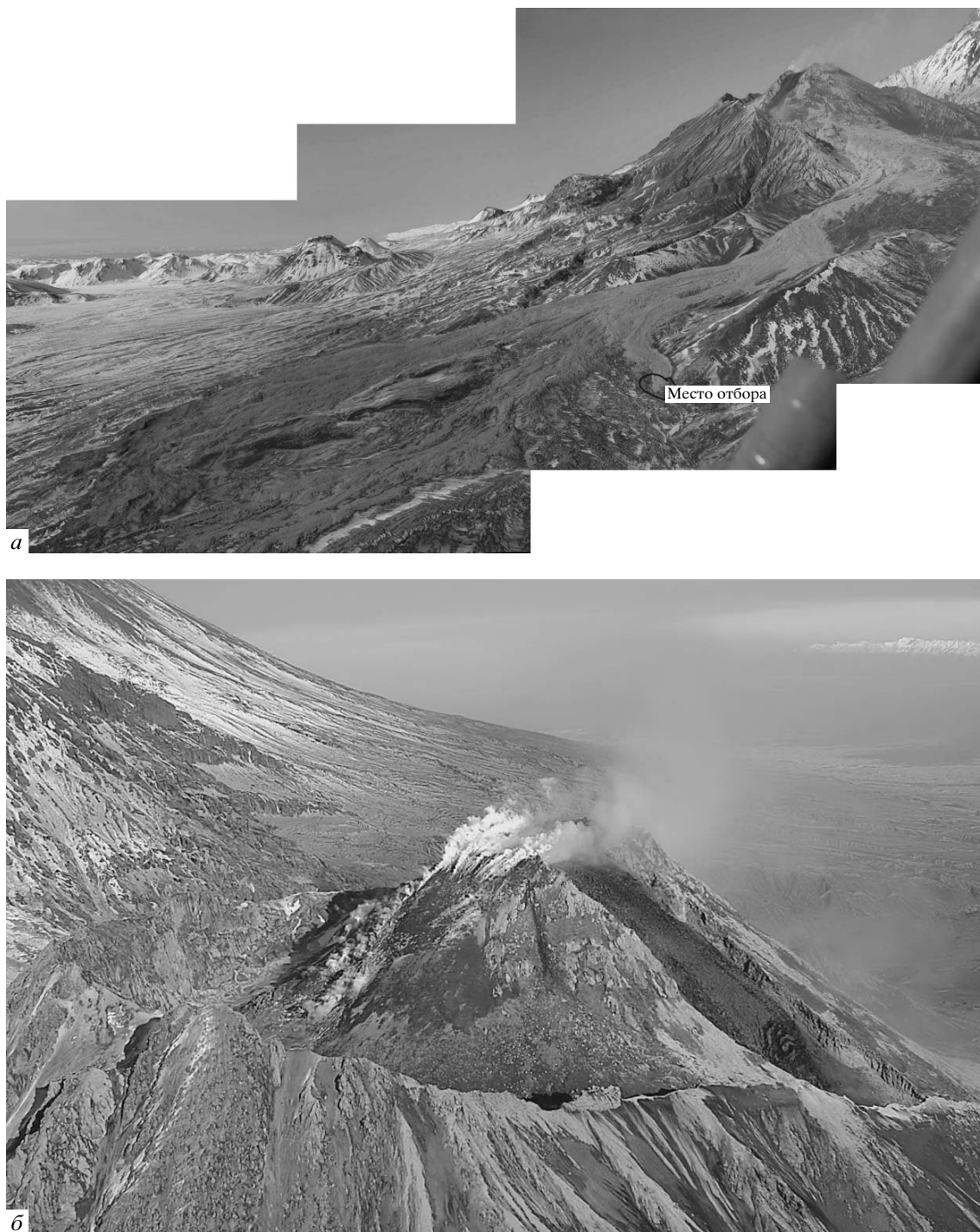
После окончания извержения вулкана Ключевской сейсмичность вулкана Безымянный регистрировалась сейсмическими станциями КФ ГС РАН почти без помех. Вплоть до конца сентября в районе вулкана Безымянный почти ежедневно фиксировались поверхностные вулканические землетрясения (например, по 6 таких событий – 17 и 22 июля и 8–19 июля) и с глубин от 1.9 до 3.6 км от уровня моря. В августе количество землетрясений уменьшилось, примерно таким же оставалось и в сентябре. Например, если в июле поверхностных событий насчитывалось около 50, в августе и сентябре – примерно по 24. Однако 24 и 25 сентября были отмечены 4 и 6, соответственно, серий поверхностных событий, явившихся, возможно, результатом обрушения раскаленных лавин или же пепловых выбросов. На спутниковом снимке от 25 сентября отмечался пепловый шлейф длиной 35 км, протягивавшийся на восток от вулкана. Кроме этого, возросла величина и интенсивность термальной аномалии над лавовым куполом (рис. 1в). Основываясь на этих данных, хотя ЦКОВА оставался *желтым*, 28 сентября в сообщении KVERT указывалось: “Активность вулкана возросла. В течение следующих нескольких недель возможно эксплозивное извержение вулкана с подъемом пепловой тучи до 10 км над уровнем моря. В районе вулкана остается опасность для полетов по международным и местным авиалиниям, связанная с возможными пепловыми и аэрозольными шлейфами”. На следующей неделе, 1 и 3–4 октября, при относительно невысокой сейсмической и фумарольной активности вулкана, интенсивность термальной аномалии в районе купола вновь повысилась, и 6, 8 и 11 октября аномалия была очень яркой. По одной серии низкочастотных событий вновь было отмечено 3 и 10 октября. 5 и 12 октября в сообщениях KVERT сохранялось предупреждение: “Активность вулкана продолжает расти. В течение следующих нескольких недель возможно эксплозивное извержение вулкана с подъемом пепловой тучи до 10 км над уровнем моря. В районе вулкана остается опасность для полетов по международным и местным авиалиниям, связанная с возможными пепловыми и аэрозольными шлейфами”.

14 октября в 16:48 и 18:05 UTC сотрудники KVERT получили сообщения из Токио VAAC о пепловых шлейфах, протягивавшихся от вулкана Безы-

мянный. 14 октября в 22:15 UTC ЦКОВА был изменен на *красный*, указывалось, что “Активность вулкана в настоящее время опасна для авиapolетов по местным и международным трассам. Возможно, это начало подготовки более сильного извержения вулкана Безымянный”.

Действительно, извержение было необычным по продолжительности. По сейсмологическим данным КФ ГС РАН, эксплозивное извержение началось 14 октября приблизительно в 14:27 UTC и продолжалось с перерывами до 14:00 UTC 15 октября. Максимальная скорость смещения S-волн (A/T), зарегистрированных в период извержения, достигала значения 1.6 мкм/с. 14 и 15 октября было зарегистрировано, соответственно, 8 и 18 серий низкочастотных событий, 117 и 209 поверхностных землетрясений. Вулканическое дрожание продолжалось около получаса 14 октября и 10 ч 15 октября. По визуальным данным, 14–15 октября пепловый столб поднимался до 9–10 км н. у. м., шлейф распространялся на юго-восток от вулкана. По спутниковым данным, 14–15 октября над куполом вулкана отмечалась яркая термальная аномалия размером до 25 пикселей (рис. 1в). 14–16 октября пепловые шлейфы протягивались, преимущественно, на восток и юго-восток от вулкана на высоте 10 км н. у. м. 14 октября и на высоте 7–8 км н. у. м. 15–16 октября. Отдельные пепловые облака отмечались на расстоянии более 1000 км от вулкана Безымянный. 16 октября в 03:15 UTC ЦКОВА был изменен с *красного* на *оранжевый*, но указывалось: “Хотя на спутниковых снимках вблизи вулкана пепловые шлейфы не отмечаются в течение нескольких последних часов, такие шлейфы до сих пор наблюдаются над акваторией Кроноцкого залива. Эти шлейфы, а также аэрозольные шлейфы, которые могут существовать в районе только что извергнувшегося вулкана, могут быть опасны для полетов по местным авиалиниям”.

Хотя вулканическое дрожание перестало регистрироваться с 14:00 UTC 15 октября, 16 октября было зарегистрировано 46 поверхностных землетрясений. 17 и 18 октября их насчитывалось 16 и 19, соответственно. По спутниковым данным Токио VAAC, ABO и KVERT, 16–18 октября пепловые облака не наблюдались в районе вулкана, но достаточно много пепла было над Тихим океаном в районе Камчатки. Полоса пирокластических отложений от вулкана до берега океана была отмечена на спутниковых снимках NOAA и TERRA MODIS 18 октября. Яркая термальная аномалия в районе вулкана наблюдалась 16–18 октября (рис. 1в), вероятно, она была связана с излиянием вязкого лавового потока на склон купола и отложениями пирокластического потока на склоне вулкана. 20 октября ЦКОВА был изменен на *желтый*, так как сейсмическая активность вулкана постепенно понизилась, пепловых шлейфов в окрестностях вулкана не наблюдалось.



**Рис. 7.** Отложения пирокластического потока на юго-юго-восточном склоне вулкана Безымянный 21 октября 2007 г. (а) и свежий лавовый поток в желобе на южном склоне купола вулкана (б). Фото Ю.В. Демянчука.

По данным вулканологов, облетавших вулкан на вертолете 21 октября, на юго-восточном склоне вулкана находились отложения пирокластического потока протяженностью около 5,5 км (рис. 7а). На юго-юго-восточном склоне купола вулкана был обнаружен глубокий желоб протяженностью от вершины до соммы вулкана, наполовину заполненный лаво-

вым потоком длиной около 400 м (рис. 7б). Так как со времени извержения прошло 5–6 дней, скорость излияния потока оценивается примерно в 70 м/сут.

В ноябре сейсмическая активность вулкана была в основном на уровне фона – время от времени происходили слабые вулканические землетрясения в

постройке вулкана, которые отражали, вероятно, выжимание вязкого лавового потока на склон купола и обрушение небольших раскаленных лавин с его фронта. По визуальным данным, вулкан проявлял слабую фумарольную деятельность. По спутниковым данным, в районе купола регистрировалась слабая термальная аномалия (рис. 1в).

По данным КФ ГС РАН, 5 ноября с 08:43 до 10:10 UTC было зарегистрировано 7 поверхностных вулканических землетрясений, 8 низкочастотных серий с величиной  $A/T = 10.9$  мкм/с, вулканическое дрожание с амплитудой 0.36 мкм/с. Вероятно, на вулкане произошла серия эксплозивных событий или обрушений фронтальных частей лавового потока. Позже, в 15:45 UTC и в 18:07 UTC этого же дня были отмечены небольшие раскаленные лавины. Об извержении 5 ноября в 22:00 UTC было выпущено отдельное сообщение KVERT без изменения ЦКОВА. Высота пепловых выбросов была неизвестна, так как вулкан был закрыт облачностью 1–6 ноября. KVERT не располагал спутниковыми данными на период события на вулкане. По спутниковым данным АВО (NOAA-16), яркая термальная аномалия наблюдалась над куполом вулкана в 17:52 UTC 5 ноября. После облета вулкана учеными на вертолете 9 ноября, выяснилось, что 5 ноября произошло обрушение фронтальных частей старых лавовых потоков вулкана Безымянный, сформированных в 1989–2001 гг. Вероятно, продолжительное эксплозивное извержение 14–16 октября и углубление желоба под фронтальными частями вышеуказанных потоков привело к повышению их неустойчивости и, в конечном итоге, их обрушению. Такие процессы – обрушение частей лавовых потоков андезитовых вулканов, так же как и фронтальных частей эруптивных колонн, сопровождаются явлениями автоэксплозивности, в результате формируются отложения пирокластических потоков. В данном случае длина потока составила около 4 км. При таких событиях пепловые облака поднимаются, как правило, на высоту не более 5–6 км н. у. м.

По спутниковым данным, очень яркий парогазовый шлейф длиной 35 км, протягивавшийся от вулкана на восток, наблюдался на снимках TERRA MODIS в 23:59 UTC 9 ноября (данные России) (рис. 6з). Опыт исследования вулкана Безымянный говорил о вероятности его сильного эксплозивного извержения, возможно, в ближайшие 24 ч. Возможно, события 5 ноября привели к еще большей неустойчивости лавовых потоков купола, поэтому обрушение их частей было возможно в ближайшем будущем. Яркий парогазовый шлейф длиной до 100 км, протянувшийся на восток от вулкана, наблюдался на спутниковых снимках в течение пяти дней – 9–13 ноября. Похожие шлейфы регистрировались в 1986 г. примерно за двое суток, а в 2002 г. – за 18 ч перед сильными эксплозивными извержениями тех лет. Эксплозивного извержения вулкана на этот раз не произошло, или оно осталось незамеченным. Следу-

ет отметить, что, по данным КФ ГС РАН, 12 ноября в районе вулкана было зарегистрировано 9 поверхностных землетрясений ( $A/T = 2.5$  мкм/с) и 1 серия низкочастотных событий ( $A/T = 1.26$  мкм/с); 13 и 14 ноября – по одной серии событий ( $A/T = 2.26$  и 1.96 мкм/с, соответственно) и по одному слабому землетрясению; 15 ноября – 2 поверхностных землетрясения ( $A/T = 1.05$  мкм/с), 16 ноября – 2 серии событий ( $A/T = 2.17$  мкм/с) и 1 слабое землетрясение.

23 ноября ЦКОВА был изменен с *оранжевого* на *желтый* так как не было видимых причин для того, чтобы оставлять дольше этот цветовой код для вулкана. В течение 14–23 ноября не наблюдались ни яркие шлейфы от вулкана, ни яркая термальная аномалия. До конца года сейсмичность вулкана была в основном на уровне фона, но почти ежедневно регистрировались слабые вулканические землетрясения. Всегда, если вулкан был открыт, наблюдалась слабая или умеренной силы фумарольная деятельность вулкана, на спутниковых снимках фиксировалась термальная аномалия в районе вулкана размером до 5 пикселей (рис. 1в).

В целом, по спутниковым данным, при эксплозивных извержениях вулкана Безымянный в 2007 г. пепловые шлейфы распространялись от него преимущественно на юго-восток и восток (рис. 3в). Высота подъема пепловых облаков достигала 9–10 км н. у. м., длина шлейфов – 521 км, то есть во время извержений вулкана Безымянный в 2007 г. в его восточном–юго-восточном секторе существовала реальная угроза для международных и местных авиаперевозок.

В течение года вулкан был доступен для визуальных наблюдений 38 % дней: чаще он был открыт в апреле (60% дней), реже – в мае (13%). В периоды между эксплозивными извержениями вулкана отмечалась, преимущественно, слабая фумарольная активность купола, лишь в отдельные дни парогазовый столб поднимался до 4.2 км н. у. м. Парогазовые шлейфы протягивались от вулкана преимущественно на восток юго-восток и запад.

**Вулкан Карымский** (54°03' с.ш., 159°27' в.д., 1486 м) с 1996 г. находится в состоянии эксплозивного извержения. Ввиду удаленности вулкана от населенных пунктов его состояние оценивалось, главным образом, по данным телеметрической сейсмической станции “Карымская”, обслуживаемой КФ ГС РАН. В январе–ноябре 2007 г., так же как и раньше, наблюдался вулканический тип активности вулкана с выбросом пепла до 4.5 км н. у. м. (21 апреля), по визуальным данным сотрудников ИВиС ДВО РАН, и до 7.4 км н. у. м. (8 сентября), по сейсмологическим данным сотрудников КФ ГС РАН. Пепловые шлейфы протягивались более чем на 450 км преимущественно на юго-восток и восток от вулкана (рис. 3з). С 1 января по 5 декабря ЦКОВА был *оранжевый*, 6–31 декабря – *желтый*, вследствие понижения активности вулкана.

По сейсмологическим данным, характер деятельности вулкана в 2007 г. был нестабильным, с общей тенденцией увеличения активности с середины июля до 26 октября. В отдельные дни в марте, мае, ноябре и декабре сейсмостанция не работала. Отмечались сейсмические события, обычно сопровождавшие пепловые выбросы на высоту от 0.5 до 2.0 км над кратером [6]. Несколько раз отмечались затишья в активности вулкана продолжительностью до нескольких дней, после которых обычно следовали мощные пепловые выбросы до 7.4 км н. у. м. По данным АМЦ Елизово, 21 января в 23:25 UTC и 5 февраля в 22:50 UTC наблюдалась мощная фумарольная деятельность вулкана, парогазовый шлейф на уровне кратера перемещался на восток от вулкана. По визуальным данным сотрудников ИВиС ДВО РАН и KVERT из района вулкана, с 17 по 27 апреля фиксировалась преимущественно фумарольная активность вулкана, с подъемом парогазового столба до 2.5 км н. у. м. 21 апреля на вулкане произошел мощный пепловый выброс до 4.5 км н. у. м. По сообщению АМЦ Елизово, 21 сентября в 04:55 UTC пепловые выбросы достигли 3.0 км н. у. м., шлейф протягивался на северо-восток от вулкана. По наблюдению сотрудника ИВиС ДВО РАН А.А. Овсянникова, 19–24 октября происходили сильные взрывы с подъемом пепла до 5.0 км н. у. м. На спутниковых снимках в районе вулкана в 2007 г. почти непрерывно отмечалась термальная аномалия (рис. 1з). Регистрация аномалии размером 16 пикселей 8 апреля и 19 октября связана с активизацией эруптивной деятельности вулкана в эти дни. Пепловые шлейфы протягивались на расстоянии более 450 км в основном на юго-восток и восток от вулкана (рис. 3з). В течение 2007 г. в восточном-юго-восточном секторе вулкана Карымский существовала реальная пепловая опасность для авиатранспорта по местным авиалиниям.

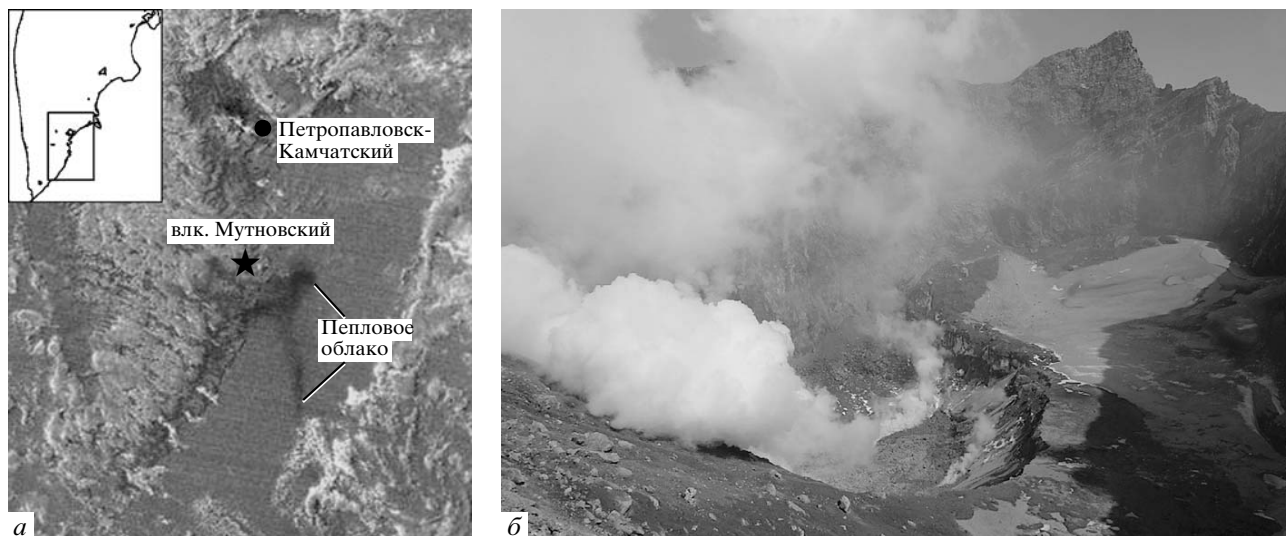
В начале декабря 2007 г. активность вулкана понизилась и была такой до конца года, сильных пепловых выбросов не происходило, но сейсмичность вулкана оставалась немного выше уровня фона. Хотя ЦКОВА вулкана 6 декабря был изменен на *желтый*, в прогнозах KVERT опасности вулкана для авиации указывалось: “Согласно спутниковым данным, пепловые шлейфы в районе вулкана не наблюдались в течение двух последних месяцев, однако возобновление эксплозивной активности вулкана возможно. Опасность пепловых выбросов высотой до 6 км над уровнем моря остается. Сохраняется пепловая опасность для полетов по местным авиалиниям”.

**Вулкан Авачинский** (53°15' с.ш., 158°51' в.д., 2751 м) в 2007 г. находился в состоянии фумарольной активности. По данным КФ ГС РАН, сейсмичность вулкана не превышала уровень фона, иногда происходили слабые поверхностные вулканические землетрясения с магнитудой до 2.1. По спутниковым данным, 4 декабря в районе кратера вулкана отмечалась слабая термальная аномалия.

Фумарольная активность вулкана была умеренной. В январе-апреле изредка высота парогазовых столбов достигала 500–700 м над кратером, в другое время она не превышала 100–300 м. Температура режимной фумаролы на западной кромке кратера в течение года не превышала 200°C. Доступным для визуальных наблюдений по метеоусловиям в 2007 г. вулкан был 62% времени: чаще он был открыт в сентябре (90% дней месяца), реже – в мае (22%).

В районе вулканов Мутновский и Горелый расположена только одна сейсмическая станция, обслуживаемая сотрудниками КФ ГС РАН, поэтому точное отнесение источника сейсмических сигналов к одному из вулканов затруднено. Сейсмичность этого района была на уровне фона с 1 января по 20 июля, а с 21 июля по 31 декабря 2007 г. – немного выше уровня фона. Регистрировалось непрерывное спазматическое вулканическое дрожание с амплитудой до 0.2–1.6 мкм/с с 6 апреля по 19 мая и с 22 июня по 31 декабря, и до 0.2 мкм/с – в другие дни года. В течение года вулканы Мутновский и Горелый были доступными по метеоусловиям для визуальных наблюдений 35% дней: чаще они были открыты в январе (70% дней месяца), реже – в марте (10%).

**Вулкан Мутновский** (52°27' с.ш., 158°12' в.д., 2323 м). На спутниковом снимке TERRA MODIS (31m32) ДВ ФГУ НПП “Росгеолфонд” МПР РФ и KVERT за 17 апреля 2007 г., 00:43 UTC, в районе вулкана сотрудниками KVERT ИВиС ДВО РАН было обнаружено аэрозольно-пепловое облако (рис. 8а). Позже облако меньшего размера они отметили на более раннем снимке – NOAA-17 AVHRR: 23:40 UTC 16 апреля 2007 г. [1]. В результате анализа различных данных (спутниковых, сейсмических, визуальных), сотрудники KVERT ИВиС ДВО РАН высказали предположение, что 16 апреля 2007 г. на вулкане произошло событие с выбросом большого количества аэрозольного и, в меньшей мере, пеплового материала. Информация об этом была передана в Камчатский Филиал Российского Экспертного Совета (КФ РЭС) 28 апреля 2007 г. Вероятно, 16 апреля 2007 г. на вулкане произошел фреатический взрыв. Большое пепловое облако наблюдалось в течение 6 часов после обнаружения, пока полностью не рассеялось. По сообщению М.Е. Зеленского (ИЭМ РАН, Москва) 19 мая 2007 г., побывавшего на вулкане незадолго до этого, пепел, в виде тонкого налета, отложился в радиусе не менее 5 км от центра взрыва. По данным КФ ГС РАН, очень слабое вулканическое дрожание начало отмечаться за 15 дней до эксплозии (со 2 апреля), максимальной величина дрожания (~0.7 мкм/с) была за 2 дня до события; в дальнейшем дрожание постепенно снизилось. При полевых исследованиях вулкана 25 мая М.Е. Зеленский и Д.В. Мельников обнаружили в его Активном кратере новую взрывную воронку диаметром 150–200 и глубиной около 30 м (рис. 8б) [1]. Все вышеуказанные данные говорят о том, что действитель-



**Рис. 8.** Аэрозольно-пепловый шлейф в районе вулкана Мутновский в 00:43 UTC 17 апреля 2007 г. на снимке TERRA MODIS (31m32) (“Росгеолфонд” МПР РФ), на врезке показан район наблюдений (а); новая взрывная воронка в Активном кратере вулкана Мутновский (б). Фото М.Е. Зеленского 25 мая 2007 г.

но 16 апреля 2007 г. произошла активизация вулкана Мутновский. Пепловое облако представляло реальную опасность для местных авиаперевозок.

По визуальным данным, в течение 2007 г. высота парогазового столба не превышала 700 м над кромкой Активного кратера вулкана. По спутниковым данным, в апреле–мае и июле–ноябре в районе вулкана иногда отмечалась слабая термальная аномалия размером до 4 пикселей.

**Вулкан Горелый** (52°33′ с.ш., 158°02′ в.д., 1829 м) в 2007 г. находился в состоянии слабой активности. Полевые исследования вулкана показали, что площадь зеркала озера в активном кратере вулкана с каждым годом немного увеличивается. 28 ноября и 28 декабря над кромкой кратера наблюдались парогазовые столбы высотой, соответственно, 400 и 300 м: <http://www.kscnet.ru/ivs/kvert/current/grl/index.html>. В другие дни года вулкан был спокоен или закрыт облаками. По спутниковым данным, в районе активного кратера вулкана в апреле и июле–ноябре неоднократно фиксировалась слабая термальная аномалия размером 1–2 пикселя.

#### ОСТРОВ ПАРАМУШИР СЕВЕРНЫХ КУРИЛ

**Вулкан Чикурачки** (50°19′ с.ш., 155°28′ в.д., 1816 м) – наиболее активный вулкан Северных Курил. С сентября 2002 г. в рамках проекта KVERT непрерывно осуществляется его спутниковый мониторинг [3]. Систематические визуальные наблюдения за вулканом Чикурачки не проводятся, так как для г. Северо-Курильск, расстояние до которого от вулкана 60 км, он закрыт хребтом Вернадского. Сотрудники KVERT нерегулярно получают визуальные данные о состоянии вулкана от жителей о. Па-

рамушир, рыбаков, а также пилотов самолетов и вертолетов, пролетающих в районе вулкана. Сейсмический мониторинг вулкана отсутствует.

В 2007 г. произошло два кратковременных эксплозивных извержения вулкана.

*Первое эксплозивное извержение* умеренной силы началось 4 марта и продолжалось до середины апреля, эруптивная колонна поднималась до 3.3 км н. у. м., пепловые шлейфы протягивались более 200 км в основном в восточных направлениях от вулкана (рис. 3д). Весь период извержения ЦКОВА был *оранжевым*. Первые слабые пепловые выбросы из кратера вулкана Чикурачки были отмечены жителями пос. Подгорный 4 марта. По данным гидрографов из района мыса Васильева, пепловая колонна, поднимавшаяся до 3.3 км н. у. м., наблюдалась над вулканом весь следующий день. По спутниковым данным, в районе вулкана 5 и 25 марта отмечались отложения пепла, 5 и 7–8 марта пепловые шлейфы протягивались до 100 км на север и северо-восток от вулкана; 11–12 марта – до 160 км на восток; 3–5 и 8 апреля – до 260 км на северо-восток [3]. В начале апреля в пос. Подгорный дважды выпадал пепел, также небольшой пеплопад отмечался в окрестностях г. Северо-Курильск 4 апреля. 6 апреля высота пеплового столба достигала 2.8 км н. у. м., шлейф протягивался на юг от вулкана. В дальнейшем эксплозивная активность вулкана не отмечалась, поэтому 27 апреля ЦКОВА был изменен на *желтый* и 11 мая – *зеленый*.

*Второе эксплозивное извержение* вулкана происходило примерно с 19 августа до конца октября, эруптивная колонна поднималась до 4.8 км н. у. м., пепловые шлейфы протягивались более 250 км в основном на северо-восток и юго-восток от вулкана

(рис. 3д). Весь период извержения ЦКОВА был *оранжевым*. Первое сообщение об извержении вулкана поступило от сотрудницы KVERT ИВиС ДВО РАН Н.А. Малик 19 августа - на спутниковых снимках TERRA MODIS и NOAA ею были отмечены пепловые шлейфы длиной 70 и 120 км, соответственно, протянувшиеся от вулкана на юго-восток [3]. В этот же день сильный пеплопад прошел в пос. Подгорный. По сообщению пилотов вертолета, 20 августа высота пепловой колонны была около 4,8 км н. у. м., шлейф протягивался на 100 км на юго-восток от вулкана. 21 августа пепловая колонна поднималась до 3,0 км н. у. м., отмечался шлейф длиной более 200 км, распространявшийся на северо-северо-восток от вулкана, прошел пеплопад на о. Атласова. 22 августа в г. Северо-Курильск и на о. Атласова наблюдались пеплопады, мощность отложений пепла у подножия вулкана Алаид была 1–2 мм. 23–26 августа наблюдалась непрерывная умеренная эксплозивная деятельность вулкана. По спутниковым данным, 19–21 и 24 августа пепловые шлейфы протягивались на 120 км, 26 августа – 50 км, а 28–31 августа – 100–180 км на восток от вулкана. По сообщению пилотов вертолета из района вулкана, 1 сентября наблюдался пепловый выброс до 3,0 км н. у. м., пепловый шлейф распространялся на 50 км на восток от вулкана. По данным наблюдателей из района вершины вулкана Эбеко, 3 сентября отмечались непрерывные пепловые выбросы до 3,2 км н. у. м., шлейф протягивался на юго-восток от вулкана. По сообщению охотника, 4 сентября устье р. Шимоюр (в 4 км к северо-востоку от вершины вулкана) было засыпано тонким пеплом. 8 сентября пепловый шлейф распространялся на восток–юго-восток от вулкана [3]. Из района вершины вулкана Эбеко 11 сентября над кратером вулкана Чикурачки наблюдался парогазовый столб с небольшой примесью пепла высотой около 300 м. 19–21 сентября пепловые шлейфы на уровне кратера протягивались на 110 км на юго-восток от вулкана. С 22 сентября до 20 октября вулкан часто был закрыт плотной облачностью, но с 7 октября на спутниковых снимках в восточном секторе вулкана почти ежедневно отмечались пепловые шлейфы длиной до 180 км. После 20 октября на протяжении месяца пепловые шлейфы на спутниковых снимках не наблюдались, в связи с этим, 15 ноября ЦКОВА был изменен на *желтый* и 22 ноября на *зеленый*.

В течение 2007 г. пепловые шлейфы вулкана Чикурачки распространялись преимущественно на северо-восток и юго-восток от вулкана (рис. 3д), то есть в восточном секторе о. Парамушир существовала реальная вулканическая опасность для перевозок по местным авиалиниям.

**Вулкан Эбеко** (50°41' с.ш., 156°01' в.д., 1156 м), расположенный в 7 км от г. Северо-Курильск, находится в состоянии постоянной слабой активности. В течение 2007 г. около 3/4 времени вулкан был закрыт для наблюдателей облаками. В другие дни от-

мечалась фумарольная деятельность с подъемом парогазового столба до 750 м над кратером. Периодически, при западном и северо-западном ветрах, а иногда и при штиле, в г. Северо-Курильск ощущался запах вулканических газов (около 20% дней года). Особенно часто это наблюдалось в зимние и осенние месяцы, что связано с преобладанием в эти сезоны северо-западных ветров. Во время обследований вулкана 19 апреля, 4 и 14 июля, 10 августа и 3 и 11 сентября, наиболее интенсивная фумарольная деятельность вулкана отмечалась, как и раньше, на Июльском фумарольном поле, образовавшемся в 2005 г. на внешнем северо-восточном склоне Северного конуса вулкана, а также в Активной воронке.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В 2007 г. наиболее высокой была активность вулканов Северной группы Камчатки. Необычным было эксплозивно-эффузивное извержение вулкана Ключевской: наблюдалось одновременное излияние трех лавовых потоков по разным склонам вулкана; пепловые тучи при сильных эксплозиях поднимались до 12 км н. у. м.; пепловые шлейфы протягивались на 5400 км и более во всех направлениях от вулкана; извержение продолжалось около 5 мес. На вулкане Безымянный произошло три эксплозивных извержения типа Мерапи [7]: два из них были связаны с поступлением ювенильного вещества, и одно – с обрушением фронтальных частей лавовых потоков, сформированных при извержениях вулкана в 1989–2001 гг.; эруптивные колонны поднимались до 10 км н. у. м., пепловые шлейфы распространялись на юго-восток и восток от вулкана. На вулкане Шивелуч в течение года продолжалось эксплозивно-экструзивное извержение – почти непрерывное выжимание ювенильного вещества сопровождалось редкими мощными эксплозивными событиями, при которых пепел поднимался до 12 км н. у. м., пепловые шлейфы протягивались, преимущественно, на юго-восток и восток от вулкана. На вулкане Карымский почти весь год продолжалось умеренное эксплозивное извержение с выбросом пеплов до 5 км н. у. м. и распространением пепловых шлейфов в основном на юго-восток и восток от вулкана. Проведение спутникового мониторинга вулканов Камчатки и Северных Курил позволило сотрудникам KVERT зафиксировать и наблюдать единичное эксплозивное событие (вероятный фреатический взрыв) на вулкане Мутновский и два эксплозивных извержения вулкана Чикурачки (о. Парамушир). Благодаря тесному сотрудничеству коллег проекта KVERT, метеорологического центра аэропорта Елизово, консультационных центров по вулканическим пеплам в городах Токио, Анкоридж и Вашингтон (Токуо VAAC, Anchorage VAAC and Washington VAAC) в течение 2007 г. принимались все необходимые меры для безопасности авиapolетов вблизи Камчат-

ки; фатальных происшествий, связанных с взрывной активностью вулканов, не произошло.

Работа выполнена в рамках программы KVERT “Вулканический пепел и безопасность для авиации”.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гавриленко Г.М., Мельников Д.В., Зеленский М.Е. и др.* Многолетний гидрогеохимический мониторинг вулкана Мутновский (Камчатка) и фреатическое извержение вулкана в апреле 2007 г. // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2007. № 1 (9). С. 127–132.
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., Малик Н.А., Котенко Л.В.* Активность вулкана Чикурачки (о. Парамушир, Северные Курилы) в 2002–2007 гг. по данным KVERT // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2008. № 1 (11). С. 67–73.
4. *Гирина О.А., Сениюков С.Л., Нил К.А.* Камчатская группа реагирования на вулканические извержения (KVERT) в 2002–2004 гг. // Матер. 4-го международного совещания по процессам в зонах субдукции Японской, Курило-Камчатской и Алеутской островных дуг, август 2004. Петропавловск-Камчатский, 2004. С. 31–32.
5. *Кирьянов В.Ю., Нил К.Э., Гордеев Е.И. и др.* Камчатская группа реагирования на вулканические извержения (KVERT) // USGS. 2003. Fact Sheet С. 151–02.
6. *Кожевникова Т.Ю.* Электронная база эталонов сейсмических сигналов и сопутствующих им вулканических событий для вулкана Карымский // Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России. Тез. докладов. Петропавловск-Камчатский: ГС РАН, 2007. С. 101.
7. *Макдональд Г.* Вулканы. М.: Мир, 1975. 432 с.
8. *Сениюков С.Л., Дроздина С.Я., Дроздин Д.В.* Опыт выделения пепловых выбросов и оценка их высоты по сейсмическим данным на примере вулкана Шивелуч (Камчатка) // Комплексные сейсмологические и геофизические исследования Камчатки. Петропавловск-Камчатский: КФ ГС РАН, 2004. С. 292–300.

### The Active Volcanoes of Kamchatka and Paramushir I., North Kurils in 2007

**O.A. Girina, S.V. Ushakov, N.A. Malik, A.G. Manevich, D.V. Melnikov, A.A. Nuzhdaev, Yu.V. Demyanchuk, L.V. Kotenko**

*Institute of Volcanology and Seismology, Far East Division, Russian Academy of Sciences, Petropavlovsk-Kamchatskii, 683006, Russia*

The year 2007 saw eight large eruptions on four Kamchatka volcanoes (Bezymiannyi, Klyuchevskoi, Shiveluch, and Karymskii) and on Chikurachki Volcano, Paramushir I., North Kurils. In addition, an explosive event occurred on Mutnovskii Volcano; increased fumarole activity was recorded on Avacha and Gorelyi volcanoes in Kamchatka and on Ebeko Volcano (Paramushir I., North Kurils). Thanks to close cooperation with colleagues involved in the Kamchatkan Volcanic Eruption Response Team (KVERT) projekt, the Elizovo Airport Meteorological Center, volcanic ash advisory centers in Tokyo, Anchorage, and Washington (Tokyo VAAC, Anchorage VAAC, and Washington VAAC), all necessary precautions have been taken for flight safety near Kamchatka.