



УДК 551.214

О. А. Гирина

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН,
Петропавловск-Камчатский, 683 006*

Камчатской группе реагирования на вулканические извержения (KVERT) — 20 лет

Камчатская группа реагирования на вулканические извержения (KVERT — Kamchatkan Volcanic Eruption Response Team), созданная в 1993 г., на протяжении 20 лет ежедневно обеспечивает своевременное предупреждение авиакомпаний Тихоокеанского региона о вулканической опасности на авиатрассах, пролегающих в зоне Камчатки и Курил. Это позволило существенно снизить опасность вулканов для авиации в этом регионе.

Введение

Вулканический пепел чрезвычайно опасен для современной авиации [3, 5, 7, 10, 12, 14, 15, 18]. Пепловые шлейфы и облака, в зависимости от мощности извержения, силы и скорости ветра, могут перемещаться на тысячи километров от вулкана в течение многих дней, оставаясь опасными для самолётов, так как температура плавления мельчайших частиц пепла ниже рабочей температуры реактивных двигателей при крейсерском режиме тяги. Пепел состоит из мелких и тонких остроугольных обломков пород и вулканического стекла, благодаря высокой удельной поверхности его частицы способны удерживать электростатический заряд и абсорбировать капельки воды и коррозионных кислот. При попадании самолёта в облака вулканических пеплов может происходить абразивное истирание оконных стёкол и аэродинамических поверхностей; засорение вентиляционной и топливной систем, эрозия движущихся частей; плавление захваченных частиц пепла с последующей их аккумуляцией и затвердеванием в области двигателя (основная причина остановки двигателей!); засорение и перегрев электроники и т. д. [10, 12, 14, 15, 17]. По данным Международной организации гражданской авиации (ICAO — International Civil Aviation Organization), за 1935–2000 гг. произошло около 100 попаданий самолётов в пепловые тучи [10]. Пепел опасен и для аэродромов: при пеплопадах происходит загрязнение электротехнического, электронного наземного оборудования; отложение большого количества пепла может вызвать обрушение ангаров и других сооружений, опрокидывание на хвостовую часть находящихся на стоянке самолётов и т. д. [10, 14, 18].

На Камчатке расположено 30 действующих вулканов, ежегодно на полуострове происходят эксплозивные извержения от 4 до 8 из них.¹ Четыре вулкана находятся в состоянии почти непрерывных слабых или умеренных извержений, на фоне ко-

торых происходят пароксизмальные эксплозивные события: Ключевской активен в течение нескольких сотен лет; Молодой Шивелуч — с августа 1980 г., со времени начала роста лавового купола в эксплозивном кратере, образовавшемся при катастрофическом извержении 12 ноября 1964 г.; Безымянный — с 22 октября 1955 г., с момента пробуждения после тысячелетнего молчания; Карымский — с 1 января 1996 г., с начала новой фазы активности вулкана (см. таблицу). Кроме этого, время от времени происходят эксплозивные извержения других активных вулканов Камчатки, например, с 9 декабря 2010 г. продолжается извержение вулкана Кизимен, с 27 ноября 2012 г. — Трещинное Толбачинское извержение имени 50-летия ИВиС ДВО РАН; с 20 декабря 2008 г. по 26 августа 2009 г. извергался Корякский вулкан. В любое время могут активизироваться другие вулканы, например, наблюдались краткие эксплозивные события на вулканах Авачинский (2001, 5 октября), Мутновский (2007, 17 апреля) и др. (см. таблицу). В среднем, сильные эксплозивные извержения камчатских вулканов, при которых пеплы поднимаются на 8–15 км над уровнем моря (н. у. м.) и выше, происходят примерно один раз в полтора года [3]. Такие события представляют высокую опасность для местных авиалиний и тех международных авиалиний, которые проходят достаточно близко к полуострову. Каждый день по этим авиатрассам, одним из самых оживлённых в мире, перевозят более 30 000 пассажиров и грузы, стоимостью в миллионы долларов, из Азии в Северную Америку и Европу и обратно [14, 15].

Для обеспечения безопасности авиаполётов в северо-западной части Тихоокеанского региона при извержениях вулканов с выбросом вулканического пепла — для быстрого обнаружения повышенной активности вулканов и своевременного предупреждения авиакомпаний о начале извержений, в марте 1993 г., на базе Института вулканической геологии и геохимии (ИВГиГ) ДВО РАН в сотрудничестве с Камчатским филиалом Геофизической службы

¹<http://www.kscnet.ru/ivs/kvert>

Таблица. Потенциальная опасность для авиации извержений вулканов Камчатки и Северных Курил в 1993–2013 гг.

Вулкан	Количество извержений	Даты извержений
Шивелуч	8 сильных	1993–2013; пароксизмальные события: 1993, 22 апреля; 2001, 19 мая; 2004, 9 мая; 2005, 28 февраля; 2005, 22 сентября; 2007, 29 марта; 2010, 27 октября; 2013, 18 октября
Ключевской	12	1993, 15 марта – 1994, 2 октября; 1995, февраль–апрель; 1997, январь–сентябрь; 1998, февраль–сентябрь; 1999, май–декабрь; 2003, 22 марта – 2004, 3 марта; 2005, 10 января – 3 апреля; 2007, 15 февраля – 26 июля; 2008, 16 октября – 2009, 29 января; 2009, 18 сентября – 2010, 4 ноября; 2012, 1 сентября – 2013, 15 января; 2013, 15 августа – ноябрь
Безымянный	26	1993–2013; пароксизмальные события: 1993, 20–23 октября; 1995, 5 октября; 1997, 9 мая; 1997, 5 декабря; 1999, 25 февраля; 2000, 14 марта; 2000, 2 ноября; 2001, 6 августа; 2001, 15 декабря; 2002, 25 декабря; 2003, 26 июля; 2004, 13 января; 2004, 18 июня; 2005, 11 января; 2005, 30 ноября; 2006, 9 мая; 2006, 24 декабря; 2007, 12 мая; 2007, 14–15 октября; 2007, 6 ноября; 2008, 19 августа; 2009, 16–17 декабря; 2010, 1 июня; 2011, 13 апреля; 2012, 8 марта; 2012, 1 сентября
Толбачик	1	27 ноября 2012–2013
Кизимен	1	2010, 9 декабря – 2013
Карымский	2 сильных	1996–2013; сильные события: 1996, 2 января; 2006, 13–14 мая;
Жупановский	1	2013, 23–24 октября
Авачинский	1	2001, 5 октября
Корякский	1	2008, 20 декабря – 2009, 26 августа
Горелый	активизация	2010, июль – 2013
Мутновский	3	2000, 17 марта и 29 июня; 2007, 17 апреля
Алаид	1	2012, 6 октября – 12 декабря
Эбеко	3	1998; 2005, июль; 2009, 29 января–9 апреля
Чиккурачки	6	2002, 25 января–1 мая; 2003, 17 апреля–16 июня; 2005, 10 марта–7 апреля; 2007, 4 марта–7 апреля; 2007, 19 августа–20 октября; 2008, 29 июля–15 августа

(КФ ГС) РАН² и Аляскинской вулканологической обсерваторией (АВО) Геологической службы (ГС) США,³ а также благодаря коллективным усилиям ГС США, Геофизического института Университета Аляски в г. Фэрбенкс, США, была создана Камчатская группа реагирования на вулканические извержения (KVERT — Kamchatkan Volcanic Eruption Response Team) [1, 3, 6, 8, 13]. После объединения ИВГиГ ДВО РАН и Института вулканологии ДВО РАН в 2004 г. KVERT находится в составе Института вулканологии и сейсмологии (ИВиС) ДВО РАН,⁴ сохраняя все обязанности и ответственность по отношению к авиакомпаниям Тихоокеанского региона [1, 3, 15].

В настоящее время ИВиС ДВО РАН выполняет функции Вулканологической обсерватории Российской Федерации по обеспечению информацией о вулканической деятельности на Дальнем Востоке международного аэронавигационного обслуживания пользователей воздушного транспорта («Соглаше-

ние между Федеральным агентством воздушного транспорта, Российской Академией наук и Федеральной службой по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды по обеспечению информацией о вулканической деятельности на Дальнем Востоке международного аэронавигационного обслуживания пользователей воздушного пространства» от 6 декабря 2010 г.). KVERT, как часть ИВиС ДВО РАН, отвечает в России за обеспечение информацией о вулканической деятельности международных аэронавигационных служб и пользователей воздушного пространства [2].

Целью KVERT является уменьшение риска столкновения самолётов с пепловыми облаками в северной части Тихоокеанского региона с помощью своевременного обнаружения повышения активности вулканов, распознавания и отслеживания перемещения облаков вулканического пепла, и оперативного оповещения администраций авиакомпаний о появлении опасности, связанной с вулканическим пеплом.

²<http://www.emsd.ru>

³<http://www.avo.alaska.edu>

⁴<http://www.kscnet.ru/ivs/kvert>

Основные этапы развития деятельности группы KVERT

1993 г. В конце марта учёные из группы KVERT отправили в АВО ГС США первое сообщение об активности вулканов Камчатки. В дальнейшем, АВО на протяжении 12 лет выступала посредником между KVERT и авиакомпаниями Тихоокеанского региона, передавая им информацию об извержениях камчатских вулканов. Группа KVERT начала применять спутниковую информацию (снимки со спутников National Oceanic and Atmospheric Administration — NOAA-11 и -12 (США) и Метеор-21 (Россия)), для отслеживания перемещений пепловых шлейфов при извержениях вулканов Шивелуч (в апреле) и Безымянный (в октябре).

1994 г. Группа KVERT была официально зарегистрирована в Международной организации гражданской авиации (ИКАО) в качестве представителя России по оповещению авиационных и метеорологических служб мира о вулканической опасности для авиации (письмо ИКАО №29848 от 12 октября 1994 г.) [1, 3, 8]. Для оценки степени опасности извержений вулканов Камчатки для авиации, группа KVERT начала использовать цветовые коды, разработанные АВО США в 1989 г. С 2009 г. группа KVERT использует Авиационные цветовые коды, рекомендуемые ИКАО.⁵

1995 г. Проблемы с финансированием деятельности группы KVERT. Временное прекращение работы по программе «Вулканический пепел и безопасность для авиации». Благодаря усилиям АВО и ГС США финансирование группы KVERT возобновилось. В рамках соглашения с Центром подготовки астронавтов в г. Хьюстон, США, группа KVERT получила фотографии всех действующих вулканов Камчатки, отснятых астронавтами США с борта «Спейс Шаттл» [1].

1996 г. Издание группой KVERT совместно с АВО для пилотов самолётов на английском языке схемы расположения активных вулканов Камчатки, с указанием их координат, абсолютных высот и датами последних извержений.

1997 г. Группой KVERT был начат прием спутниковых снимков NOAA на территорию Камчатки по факсимильной связи из АВО.

1998 г. С этого года до 2013 г. из АВО в группу KVERT два раза в сутки поступали информационные бюллетени о камчатских вулканах, Авиационный цветовой код которых «не Зелёный», основанные на результатах обработки всех возможных спутниковых данных [10, 16]. Для пилотов самолётов и вертолётов Камчатки группой KVERT была создана инструкция для обнаружения вулканической деятельности и передачи данных в Метеоцентр аэропорта г. Елизово и KVERT. О. А. Гириной был составлен Каталог активных вулканов Камчатки, включавший даты извержений вулканов (с 1667 г.)

⁵http://www.kscnet.ru/ivs/kvert/color_eng.php

и оценку их опасности для авиации. В Интернете был создан web-сайт с информацией о деятельности группы KVERT. С 10 июня 1998 г. до настоящего времени группа KVERT еженедельно выпускает бюллетень «Заключение о вулканической опасности для Камчатки и Северных Курил» и передаёт его в Камчатский филиал Российского экспертного совета по прогнозу землетрясений, оценке сейсмической опасности и риска (КФ РЭС).

1999 г. АВО предоставила KVERT доступ к спутниковым снимкам NOAA (AVHRR). С этого года до настоящего времени сотрудники группы KVERT самостоятельно проводят спутниковый мониторинг вулканов Камчатки и Северных Курил [2, 3].

Для мониторинга действующих вулканов используются данные спутников NOAA с датчиками высокого разрешения AVHRR, геостационарных спутников GOES, GMS, TERRA и AQUA с датчиками MODIS, ASTER и другие [1–3, 10, 14, 16]. Спутниковые снимки позволяют обнаруживать в районах вулканов термальные аномалии, указывающие на повышение вулканической активности, и пепловые облака и шлейфы, представляющие реальную угрозу для авиации [17]. В настоящее время данные со спутников NOAA размещены в Интернете на сайте www.saa.noaa.gov (Satellite Active Archive) и доступны любым пользователям, KVERT также работает и с этими данными.

С 2002 г. учёные из KVERT обрабатывают и анализируют различные спутниковые данные (MTSAT, NOAA (AVHRR), TERRA и AQUA (MODIS), OMI, ASTER и др.) близко к реальному времени для выявления пепловых шлейфов и термальных аномалий на активных вулканах Камчатки.

2000 г. В соответствии с рекомендациями KVERT, в КФ ГС РАН была создана ежедневно обновляемая страница в Интернете с данными сейсмического и визуального мониторинга вулканов Камчатки⁶ [8]. Сообщения на английском языке, содержащие эти данные, размещались в Интернете и рассылались заинтересованным пользователям по электронной почте сотрудниками группы KVERT (в 2000–2003 гг. и 2012–2013 гг.)⁷ и КФ ГС (в 2004–2012 гг.).

В рамках программы KVERT и при непосредственном участии АВО, в 2000–2003 гг. была обеспечена материальная база для установки КФ ГС РАН первых цифровых видеокамер для постоянного наблюдения за вулканами Ключевской (установлена в 2000 г.), Шивелуч (2002 г.) и Безымянный (2003 г.) [1, 3, 8]. В настоящее время наблюдения за вулканами проводятся с помощью 12-ти видеокамер ИВиС ДВО РАН и КФ ГС РАН.⁸

2002 г. Публикация на английском языке Информационного листа о деятельности KVERT⁹ [13].

⁶<http://www.emsd.ru/ssl/monitoring/main.htm>

⁷<http://www.kscnet.ru/ivs/kvert/van/index.php?type=2>

⁸http://www.kscnet.ru/ivs/kvert/index_eng.php

⁹<http://www.avo.alaska.edu/pdfs/usgsfs064-02.pdf>

2003 г. В феврале группе KVERT за работу над программой «Обеспечение безопасности авиаполетов при извержениях вулканов» была вручена золотая медаль на III Московском международном салоне инноваций и инвестиций [1, 3]. Публикация на русском языке Информационного листа о деятельности KVERT [6]. Еженедельная публикация в газете «Камчатское время» информации о состоянии и прогнозе деятельности на предстоящую неделю наиболее активных вулканов Камчатки и Северных Курил. Организация и проведение в апреле группой KVERT международного совещания «Мониторинг вулканической активности Курило-Камчатского региона: прошлое, настоящее и будущее», приуроченного к 10-летию работы KVERT [1, 3]. Одним из решений совещания стало делегирование группе KVERT ответственности по обеспечению безопасности авиаполетов в зоне островов Шумшу, Парамушир, Атласова Северных Курил. Начиная с 9 мая 2003 г., информационные сообщения группы KVERT (с KVERT Information Release 21-03) стали называться «Активность вулканов Камчатки и Северных Курил». С этого года официальные сообщения «KVERT Information Releases» на английском языке, отправляемые в авиационные службы Камчатки, АМЦ Елизово, МЧС и др., стали сопровождаться их переводом на русский язык, «Прогноз для авиации опасности вулканов Камчатки и Северных Курил» на русском языке стал размещаться в Интернете.¹⁰ 1–4 октября в г. Петропавловск-Камчатский проходило Международное совещание «Volcanic Data Representation Meeting on the issues of their impact on international air routes» с участием представителя ICAO Д. Иванова, который высоко оценил доклад KVERT о мониторинге вулканической активности Камчатки и Северных Курил [1].

2004 г. С мая этого года до настоящего времени, группа KVERT тесно сотрудничает с Токийским консультационным центром по вулканическим пеплам (Tokyo Volcanic Ash Advisory Center (VAAC)). В Интернете на сайте KVERT на сервере ИВиС ДВО РАН¹¹ размещен каталог активных вулканов Камчатки и Северных Курил, включающий информацию о морфологии, составе пород каждого вулкана, его возрасте, исторических извержениях, опасности для авиации и т. д.

2005 г. С января этого года до настоящего времени сообщения на английском языке «KVERT Information Releases» публикуются на сайте KVERT.¹² На протяжении 12 лет АВО выступала посредником между KVERT и авиакомпаниями Тихоокеанского региона, в передаче им информации об извержениях камчатских и северокурильских вулканов. С 6 мая 2005 г. до настоящего времени KVERT рассылает все информационные сообщения (KVERT Reports

and Releases) о состоянии и опасности вулканов Камчатки и Северных Курил в авиационные, метеорологические, научные организации Тихоокеанского региона (более 300 пользователям) без посредничества АВО.

2007 г. С января начались проблемы с финансированием работы группы KVERT, и с 1 марта работа по программе «Вулканический пепел и безопасность для авиации» была вынужденно прекращена. Благодаря усилиям АВО, ICAO, Международной Ассоциации воздушного транспорта (International Air Transport Association – IATA), финансирование KVERT было восстановлено, с 1 апреля работа продолжилась в обычном режиме.

2008 г. В Интернете была опубликована полная версия официального сайта KVERT на английском языке [1]. Группа KVERT первой зарегистрировала начало извержения вулкана Корякский (20 декабря 2008 г., спустя 52 года после предыдущего), расположенного в 25 км от г. Петропавловск-Камчатский и г. Елизово, и оперативно оповестила об этом авиационные организации Тихоокеанского региона (см. таблицу).

2009 г. В январе KVERT была создана портативная система для видео-слежения за деятельностью вулканов (видеокамера + ноутбук), она была установлена для наблюдений за Корякским вулканом, данные в реальном времени передавались в Интернет. С этого года группа KVERT использует Авиационные цветовые коды, рекомендуемые ICAO.¹³

2011 г. KVERT начал выпускать Информационные сообщения в формате VONA, разработанном ICAO. Создана автоматизированная система отправки оперативных сообщений «KVERT Reports» по электронной почте, с одновременным размещением их на сайте KVERT.¹⁴ Анализ спутниковых данных позволил А. А. Нуждаеву создать схему распространения пепловых шлейфов, проявившихся при эксплозивных извержениях вулканов Камчатки в 2005–2008 гг. [9].

2012 г. Сайт KVERT был модернизирован: теперь все сообщения VONA/KVERT Releases в автоматизированном режиме одновременно отправляются всем пользователям по e-mail, размещаются на сайте и в базе данных группы KVERT.¹⁵ С мая KVERT ежедневно рассылает пользователям VONA/Daily Report о состоянии вулканов, Авиационный цветовой код которых «не Зелёный».¹⁶ 22–23 августа сотрудники группы KVERT участвовали в организованном ICAO международном совещании «Meeting of the volcanic ash exercise steering group for the Far Eastern part of the European Region ICAO», целью которого была координация действий авиационных служб Дальневосточного региона России при объявлении группой KVERT опасности, свя-

¹⁰<http://www.kscnet.ru/ivs/kvert/progn/>

¹¹<http://www.kscnet.ru/ivs/kvert>

¹²http://www.kscnet.ru/ivs/kvert/index_eng.php

¹³http://www.kscnet.ru/ivs/kvert/color_eng.php

¹⁴<http://www.kscnet.ru/ivs/kvert/oper/archives.php>

¹⁵<http://www.kscnet.ru/ivs/kvert/van>

¹⁶<http://www.kscnet.ru/ivs/kvert/van/index.php?type=2>

занной с сильными извержениями вулканов (пепел поднимается >10 км н. у. м.).¹⁷

2013 г. В январе прошла тренировка взаимодействия авиационных служб Дальневосточного региона России при объявлении группой KVERT опасности распространения пепловых шлейфов во время извержения вулкана Карымский. Рекомендации для улучшения взаимодействия авиационных служб опубликованы в Интернете на сайте ICAO.¹⁸ Совместно с сотрудниками института космических исследований (ИКИ) РАН и вычислительного центра (ВЦ) ДВО РАН создан информационный сервис «Дистанционный мониторинг активности вулканов Камчатки и Курил» [4].

Сотрудники группы KVERT в рабочее время, а с 2005 г. ежедневно, семь дней в неделю, анализируют данные мониторинга действующих вулканов Камчатки: сейсмического, осуществляемого КФ ГС РАН, видео-визуального (ИВиС ДВО РАН и КФ ГС РАН) и спутникового (ИВиС ДВО РАН и АВО ГС США); другую информацию из различных источников: от сотрудников научных станций, МЧС, метеостанций, а также от пилотов, туристов, альпинистов и др. наблюдателей.

Обнаружение пеплового шлейфа в районе конкретного активного вулкана, а также регистрация подготовки или начала сильных взрывных извержений, указывает на реальную опасность авиационных полётов в этом районе, поэтому в оперативном режиме сообщение в формате VONA (Volcano Observatory Notice for Aviation) об этом шлейфе (с указанием его размеров и местоположения) или активизации вулкана передаётся в Интернет¹⁹ и по электронной почте одновременно всем заинтересованным пользователям. На Камчатке в первую очередь такую информацию получают Метеорологический центр аэропорта г. Елизово, Филиал «Камчатэроавиация» ФГУП «Госкорпорация по ОрВД», Камчатское отделение МЧС, местные СМИ. Также информация отправляется в консультационные центры по вулканическим пеплам (Volcanic Ash Advisory Center (VAAC)): Токио VAAC (в зону ответственности которого входят Камчатка и Курилы), Анкоридж VAAC, Вашингтон VAAC, Монреаль VAAC, Дарвин VAAC. Для указания степени опасности для авиации каждого из активных вулканов Камчатки учёные из группы KVERT используют Авиационные цветовые коды, рекомендованные ICAO.

Кроме оперативного реагирования на извержения вулканов с выбросами пепла, для оценки ситуации в районе конкретного действующего вулкана Камчатки и Курил очень важен прогноз его активности и опасности для авиационных полётов на ближайшее время (дни, недели). Многосторонний анализ имеющихся опубликованных сведений о деятельности

вулканов, а также данных, полученных KVERT в течение 20-летнего ежедневного мониторинга вулканической активности, позволяет с большой надёжностью оценивать степень опасности каждого вулкана для авиационных полётов и населения полуострова.

Например, выяснено, что на начальных этапах взрывных извержений вулкана Ключевской, как правило, представляют опасность только для местных авиалиний, так как пепловые шлейфы преимущественно распространяются на высотах до 6–7 км н. у. м. на первые десятки километров от вулкана. Ближе к окончанию извержений всегда наблюдается усиление взрывной активности вулкана с подъёмом пепловых шлейфов до 8–10 км н. у. м. и распространением пепловых шлейфов до 5 000 км от вулкана. В такие периоды становится реальной опасностью для международных авиалиний [2].

Другой пример. Непрерывный спутниковый мониторинг вулкана Безымянный в течение более 10 лет позволил выявить предвестник его взрывного извержения, основанный на зависимости размера и температуры термальной аномалии в момент её регистрации на спутниковом снимке от количества поступающего на поверхность земли ювенильного вещества [2, 11, 16]. Благодаря наблюдениям за изменением температуры и размера термальной аномалии в районе Безымянного, в 2001–2012 гг. О. А. Гириной было предсказано 10 извержений этого вулкана (16 декабря 2001 г., 25 декабря 2002 г., 11 января 2005 г., 9 мая 2006 г., 11 мая 2007 г., 14–15 октября 2007 г., 19 августа 2008 г., 31 мая 2010 г., 8 марта 2012 г., 1 сентября 2012 г.). Реализацией прогнозов в реальном времени были публикации в Интернете KVERT Information Releases, содержащие Авиационный цветовой код «Оранжевый» или «Красный» и предупреждение о близком сильном извержении вулкана, до начала извержений [2].

В зависимости от активности камчатских и северокурильских вулканов, ежегодно группой KVERT выпускалось 60–80 еженедельных и внеочередных сообщений VONA/KVERT Releases (в среднем по 71 в год). Кроме этого, по мере необходимости, по электронной почте отправлялись пользователям оперативные сообщения об активности вулканов, например, в 1993 г. (с апреля) — 100, в 2006 г. — 175, в 2007 г. — 420. Быстрое и надёжное оповещение KVERT позволило пилотам своевременно избежать встреч с пепловыми облаками.

На сайте KVERT (на сервере ИВиС ДВО РАН) размещаются архивы данных:

- с 2002 г. — непрерывного визуального и спутникового мониторинга вулканов Камчатки и Северных Курил;²⁰

- с 2003 г. — еженедельные KVERT-сообщения о прогнозе опасности вулканов для авиации на русском языке;

- с 2005 г. — еженедельные KVERT Information Releases о состоянии вулканов и прогнозе их ак-

¹⁷http://www.paris.icao.int/documents_eanpg/files.php?subcategory_id=205

¹⁸<http://www.paris.icao>

¹⁹<http://www.kscnet.ru/ivs/kvert/van/index.php?type=1>

²⁰http://www.kscnet.ru/ivs/kvert/index_eng.php

тивности на предстоящую неделю на английском языке;

– с 2010 г. — оперативные сообщения KVERT о пепловых выбросах и пепловых шлейфах на английском языке;

– с 2011 г. — VONA/KVERT Releases о смене Авиационных цветовых кодов вулканов в формате ICAO на английском языке;

– с 2012 г. — ежедневные KVERT-сообщения о состоянии вулканов за прошедший день по Гринвичу на английском языке.

Коллегами из АВО и KVERT совместно опубликовано 9 работ, описывающих активность вулканов Аляски, Алеутских островов, Камчатки и Курил в 1998–2008 гг.²¹ За 20 лет деятельности сотрудниками группы KVERT опубликовано более 90 научных работ, касающихся исследований деятельности вулканов и безопасности авиapolетов в северо-западной части Тихоокеанского региона.

Список литературы

1. Гирина О.А. 15 лет деятельности Камчатской группы реагирования на вулканические извержения // Материалы конференции, посвящённой Дню вулканолога, 27–29 марта 2008 г. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2008. С. 52–59.
2. Гирина О.А. О предвестнике извержений вулканов Камчатки, основанном на данных спутникового мониторинга // Вулканология и сейсмология, 2012, № 3, С. 14–22.
3. 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. С. 100–109.
4. Ефремов В.Ю., Гирина О.А., Крамарева Л.С. и др. Создание информационного сервиса «Дистанционный мониторинг активности вулканов Камчатки и Курил» // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2012. Том. 9 (5). С. 155–170.
5. Кирьянов В.Ю. Вулканические пеплы Камчатки как источник потенциальной опасности для пассажирских авиалиний // Вулканология и сейсмология. 1992. № 3. С. 16–36.
6. Кирьянов В.Ю., Нил К.А., Гордеев Е.И. и др. Камчатская группа реагирования на вулканические извержения (KVERT) // USGS Fact Sheet. 2003. 151–02.
7. Кирьянов В.Ю., Фелицын С.Б. Вулканический пепел как природный фактор риска для авиации (по данным исследования свойств пепловых частиц) // Вулканология и сейсмология. 2000. № 5. С. 65–72.
8. Кирьянов В.Ю., Чубарова О.С., Гирина О.А. и др. Группа по обеспечению безопасности полётов от вулканических пеплов (KVERT): 8 лет деятельности // Геодинамика и вулканизм Курило-Камчатской островодужной системы. Петропавловск-Камчатский: ИВиГ ДВО РАН, 2001. С. 408–423.
9. Нуждаев А.А., Гирина О.А. Проект KVERT: пепловая опасность для авиации в районе Камчатки и Северных Курил в 2005–2008 гг. // Природные катастрофы: изучение, мониторинг, прогноз. Сб. материалов V Сахалин. молодеж. науч. школы, Южно-Сахалинск, 8–11 июня 2010 г. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН. 2011. С. 192–198.
10. Руководство по облакам вулканического пепла, радиоактивных материалов и токсических химических веществ. Изд. 1. ICAO (Международная организация гражданской авиации), 2001.
11. Dehn J., Dean K., Engle K. Thermal monitoring of North Pacific volcanoes from space // Geology. 2000. Vol. 28. № 8. P. 755–758.
12. Kirianov V.Yu. Volcanic Ash in Kamchatka as a Source of Potential Hazard to Air Traffic // Volcanic Ash and Aviation Safety: Proc. First Intern. Symp. on Volcanic Ash and Aviation safety. US Geological Survey Bull. 2047. 1992. P. 57–63.
13. Kirianov V.Yu., Neal Ch.A., Gordeev E.I., Miller T.P. The Kamchatkan Volcanic Eruption Response Team (KVERT) // USGS Fact Sheet. 2002. 064–02.
14. Miller T.P., Casadevall T.J. Volcanic ash hazards to aviation // Encyclopedia of Volcanoes. Academic Press, San Diego, California. 2000. P. 915–930.
15. Neal Ch., Girina O., Senyukov S. et al. Russian eruption warning systems for aviation // Natural Hazards. Springer Netherlands. 2009. Vol. 51. № 2. P. 245–262.
16. Schneider D.J., Dean K.G., Dehn J. et al. Monitoring and Analyses of Volcanic Activity Using Remote Sensing Data at Study for Kamchatka, Russia, December 1997 // Remote Sensing of Active Volcanism. Geophysical Monograph. 116. 2000. P. 65–85.
17. Swanson S.E., Beget J.E. Melting Properties of Volcanic Ash // Volcanic Ash and Aviation Safety: Proc. First Intern. Symp. on Volcanic Ash and Aviation safety. US Geological Survey Bull. 2047. 1992. P. 87–92.
18. Volcanic Ash and Airports. USGS Open File Report 93–5128. 1993. 52p.

²¹<http://pubs.usgs.gov/of/2005/1310>