Doc 9691
AN/954

Руководство по облакам вулканического пепла, радиоактивных материалов и токсических химических веществ

Утверждено Генеральным секретарем
и опубликовано с его санкции

Издание второе — 2007

Международная организация гражданской авиации

Doc 9691
AN/954

Руководство по облакам вулканического пепла, радиоактивных материалов и токсических химических веществ

Утверждено Генеральным секретарем
и опубликовано с его санкции

Издание второе — 2007

Международная организация гражданской авиации

ПОПРАВКИ

Об издании поправок сообщается в дополнениях к *Каталогу изданий ИКАО;* Каталог и дополнения к нему имеются на веб-сайте ИКАО www.icao.int. Ниже приводится форма для регистрации поправок..

РЕГИСТРАЦИЯ ПОПРАВОК И ИСПРАВЛЕНИЙ

ПОПРАВКИ		
№	Дата	Кем внесено
1	14/12/07	ИКАО
2	29/10/10	ИКАО
3	6/8/12	ИКАО

ИСПРАВЛЕНИЯ		
№	Дата	Кем внесено
1	К русскому тексту не относится	
2	31/3/08	ИКАО

ПРЕДИСЛОВИЕ

24 июня 1982 г. авиационное сообщество и многие люди во всем мире узнали о драматическом событии, когда произошел отказ всех четырех двигателей воздушного судна "Боинг-747" авиакомпании "Бритиш эруэйз" при выполнении полета на высоте 11 300 м (37 000 фут) на участке от г. Куала-Лумпур (Малайзия) до г. Перт (Австралия). За последующие шестнадцать минут воздушное судно снизилось при неработающих двигателях с высоты 11 300 м до 3650 м (с 37 000 фут до 12 000 фут); в этот момент пилот смог вновь запустить три из этих двигателей и успешно совершить аварийную посадку в г. Джакарте (Индонезия).

В течение последующих нескольких дней полномочные органы гражданской авиации, изготовители двигателей и соответствующая авиакомпания провели срочное расследование причин отказа указанных четырех двигателей. В результате проведенного на месте обследования планера и двигателей самолета были обнаружены общие внешние признаки "пескоструйной обработки" передней кромки крыльев и поверхности воздухозаборников двигателей, обтекателя антенны бортовой РЛС и стекол кабины экипажа. Бороскопическая проверка двигателей не выявила каких-либо явных механических повреждений или проблем с топливом, однако на вогнутых поверхностях турбин высокого давления и сопловых направляющих аппаратов был обнаружен толстый слой отложений неизвестного вещества.

В донесении пилота об инциденте указывалось, что в тот момент в кабине экипажа был отмечен резкий необычный запах, и, как представлялось, в кабину проникли очень мелкая пыль или дым. На передней кромке гондол двигателей и вокруг стекол кабины экипажа был замечен электростатический разряд ("огни св. Эльма"), и наблюдался эффект "луча прожектора", исходящего из двигателей через лопатки вентилятора. Более того, при выполнении воздушным судном аварийной посадки в г. Джакарте сразу стало очевидным, что стекла кабины экипажа были почти полностью непрозрачными, и пилот был вынужден осуществлять посадку, наблюдая через небольшую боковую часть окна пилотской кабины, которая оставалась относительно прозрачной.

После сведения воедино имеющихся данных и с учетом информации о том, что во время этого происшествия происходило извержение крупного индонезийского вулкана Галунггунг, подозрение быстро пало на облако вулканического пепла как вероятную причину инцидента. Указанное подозрение получило дальнейшее подтверждение спустя примерно три недели, когда с борта другого воздушного судна "Боинг-747" авиакомпании "Сингапур эруэйз", выполнявшего полет г. Мельбурн (Австралия), поступило донесение об аналогичном происшествии. В этом случае произошел отказ двух двигателей, и воздушное судно также отклонилось от маршрута и успешно совершило посадку в г. Джакарте.

В результате произведенного впоследствии обследования разобранных двигателей воздушного судна авиакомпании "Бритиш эруэйз" были обнаружены следы "пескоструйной обработки", эрозия воздушных трактов ротора компрессора и законцовки лопаток ротора, эрозия передней кромки рабочих лопаток ступени высокого давления и наплавление осколков вулканических пород на лопатках соплового направляющего аппарата КВД и лопатках турбины. Было очевидным, что остановка всех двигателей воздушного судна связана с засасыванием в них вулканического пепла и повторный их запуск оказался возможным лишь потому, что воздушное судно при снижении с неработающими двигателями вышло из находившегося на большой высоте вулканического пепла в зону чистого воздуха.

Авиационное сообщество осознало серьезность этих двух происшествий. Хотя было известно, что воздушные суда в прошлом сталкивались с определенными трудностями при случайном вхождении в облако вулканического пепла, такие инциденты обычно ограничивались пескоструйным эффектом воздействия

пепла на стекла кабины экипажа и закупоркой трубок системы воздушного давления. Теперь всем стало очевидно, что подобные облака пепла могут привести к крупному авиационному происшествию.

В целях устранения выявленной новой угрозы Аэронавигационная комиссия ИКАО предприняла оперативные шаги по разработке ряда промежуточных инструктивных указаний для оказания помощи государствам в распространении предназначенной для пилотов информации о выпадении вулканического пепла и в подготовке мероприятий на случай непредвиденных обстоятельств для обеспечения обхода воздушными судами загрязненных районов, пока не будут разработаны необходимые официальные поправки к соответствующим Приложениям к Чикагской конвенции и Правилам аэронавигационного обслуживания (PANS). Указанные официальные поправки были впоследствии разработаны с помощью Исследовательской группы ИКАО по предупреждениям о выпадении вулканического пепла (VAWSG) и приняты Советом ИКАО в марте 1987 г.

Первоначальные поправки к Приложениям ИКАО и PANS включали Международные стандарты, Рекомендуемую практику и Процедуры, касающиеся наблюдения за вулканической деятельностью, извержениями и облаками вулканического пепла и сообщений о них, выпуска соответствующих предупреждений для воздушных судов и, при необходимости, информации о закрытии маршрутов и вводе в действие альтернативных маршрутов, предназначенных для использования в чрезвычайных ситуациях, а также передачи пилотами донесений органам обслуживания воздушного движения о любой наблюдаемой вулканической деятельности или контакте с облаком вулканического пепла. Указанные первоначальные положения определили основные функциональные рамки Службы слежения ИКАО за вулканической деятельностью на международных авиатрассах (IAVW), создание которой стало возможным благодаря сотрудничеству с государствами и рядом международных организаций.

Кроме того, Аэронавигационная комиссия пришла к выводу о необходимости разработки инструктивного материала по вулканическому пеплу в виде циркуляра ИКАО. Однако в течение последующих нескольких лет события развивались быстрее, чем ожидалось, при этом произошел ряд эксплозивных извержений, в том числе вулканов Редаут и Спэрр на Аляске соответственно в 1989 и 1992 гг., вулкана Пинатубо на Филиппинах и вулкана Хадсон в Чили в 1991 г., и все они затронули авиацию. Опыт, приобретенный при производстве полетов в период указанных и других извержений, позволил разработать подробные региональные правила, предназначенные для применения в таких ситуациях. В этой связи Аэронавигационная комиссия пришла к согласию о том, чтобы вышеупомянутый инструктивный материал по вулканическому пеплу был издан ИКАО в виде руководства, а не циркуляра.

В Приложения ИКАО и PANS внесены дополнительные поправки, предусматривающие передачу органами метеорологического наблюдения (MWO) вместе с информацией о явлениях погоды на маршруте, которые могут повлиять на безопасность полетов (SIGMET), сведений об облаках вулканического пепла для оказания помощи эксплуатантам на стадии планирования полетов при отправлении воздушных судов по маршрутам большой протяженности и включение в эти документы положений, касающихся консультативных центров по вулканическому пеплу (VAAC). С этой целью в сотрудничестве с Всемирной метеорологической организацией (ВМО) предприняты шаги по достижению международных договоренностей о назначении девяти региональных консультативных центров по вулканическому пеплу, имеющих возможность обнаруживать облака вулканического пепла, отслеживать и прогнозировать их перемещение, а также предоставлять органам метеорологического наблюдения консультативную информацию, относящуюся к зонам их ответственности. Роль и обязанности центров VAAC были определены в поправке 71 к Приложению 3, которая вступила в силу 5 ноября 1998 г.

В период после извержений вулкана Галунггунг, происшедших в 1982 г., в различных частях мира наблюдались многочисленные эксплозивные вулканические извержения, многие из которых оказали воздействие на производство полетов. При каждом новом извержении использовались все возможности для того, чтобы проанализировать местные и международные договоренности о выпуске соответствующей информации для пилотов и, при необходимости, усовершенствовать их на основе фактического

эксплуатационного опыта, приобретенного при решении проблем, связанных с воздействием извержений на производство полетов. Таким образом осуществляется постоянное расширение и укрепление службы IAVW.

На этапе создания службы IAVW возникло много трудностей, большинство из которых носило технический или процедурный характер и было разрешено при содействии государств и международных организаций. Однако существует трудность более общего порядка, которую, вероятно, невозможно когда-либо устранить окончательно и которая требует постоянного внимания. Она связана с тем, что IAVW полностью зависит от сотрудничества служб в целом ряде областей, таких, как обслуживание воздушного движения, связь, метеорология и вулканология, а также многочисленных и самых различных национальных источников наблюдения, таких, как пункты наблюдения службы лесного хозяйства, пункты пограничной таможенной и иммиграционной службы и т. д., расположенные в пределах видимости действующих вулканов. Со стороны государств требуется постоянное внимание для поддержания эффективной связи между различными источниками наблюдения и соответствующими районными диспетчерскими центрами (РДЦ) и органами MWO. Более того, поскольку эксплозивные вулканические извержения, к счастью, являются сравнительно редкими событиями, поддержание актуальности местных процедур при многочисленных изменениях штата сотрудников и в течение длительных периодов времени, когда указанные процедуры, возможно, никогда не приходилось задействовать в условиях реальных вулканических извержений в конкретном государстве, представляет собой исключительно трудную задачу.

Помимо своей потенциальной возможности стать причиной крупного авиационного происшествия, вулканический пепел приводит также к огромным экономическим издержкам в международной гражданской авиации. Указанные издержки связаны с многочисленными случаями полной замены двигателей, капитальным ремонтом двигателей, восстановлением планеров, повторной полировкой и/или заменой стекол, ремонтом систем воздушного давления и т. д., а также с неизбежной потерей доходов из-за простоя воздушных судов в период проведения этих работ. Задержки воздушных судов и отклонение от заданных маршрутов для обхода районов, загрязненных вулканическим пеплом, привели к существенным расходам авиакомпаний, действующих в регионах, подверженных вулканическим извержениям. Кроме того, следует также учитывать стоимость работ по очистке аэропортов от вулканического пепла и ущерб, причиненный находящимся на земле оборудованию и зданиям. Были произведены различные оценки, и в большинстве из них указывается, что начиная с 1982 г. расходы авиации на эти цели превысили 250 млн долл. Принимая во внимание экономические последствия вулканического пепла и его влияние на безопасность полетов воздушных судов, необходимо поддерживать Службу слежения ИКАО за вулканической деятельностью на международных авиатрассах в том же состоянии, что и аэродромные пожарные службы: в постоянной готовности, но с большой надеждой, что к ее услугам придется прибегать в редких случаях.

В целом, наличие вулканического пепла в атмосфере не создает непосредственной угрозы для чьей-либо безопасности, за исключением безопасности авиации. Поэтому именно авиационному сообществу должна принадлежать инициатива создания и поддержания необходимых каналов связи между источниками информации о вулканической деятельности и соответствующими районными диспетчерскими центрами (РДЦ) и органами метеорологического наблюдения, а также обеспечения постоянной актуальности инструкций и процедур, подлежащих использованию персоналом на местах. Таким образом, главная цель настоящего руководства заключается в оказании содействия государствам и международным организациям в данной сфере путем сведения воедино в одном документе информации по проблеме вулканического пепла и обеспечения инструктивных указаний относительно того, какие функции должна выполнять каждая из сторон в рамках службы IAVW и по какой причине.

После описанных выше авиационных инцидентов, вызванных вулканическим пеплом, что послужило толчком к развертыванию службы IAVW, авиация столкнулась с двумя новыми признанными опасными факторами. Они представляют собой радиоактивные материалы и токсические химические вещества, выбрасываемые в атмосферу в результате аварий на промышленных предприятиях. Происшедшая в 1986 г. авария на Чернобыльской атомной электростанции, когда облако радиоактивных частиц распространилось над территорией нескольких стран, создала трудности для полетов авиации в соседних государствах и

привлекла внимание к потенциальному риску, которому подвергались воздушные суда, выполнявшие полеты по маршрутам в пункты, находившие на пути перемещения такого облака. Аналогичные катастрофы имели место на промышленных химических предприятиях и при транспортировке токсических химических веществ, которые до сих пор приводили только к эксплуатационным проблемам локального характера, однако они тоже могут затронуть полеты воздушных судов международной авиации.

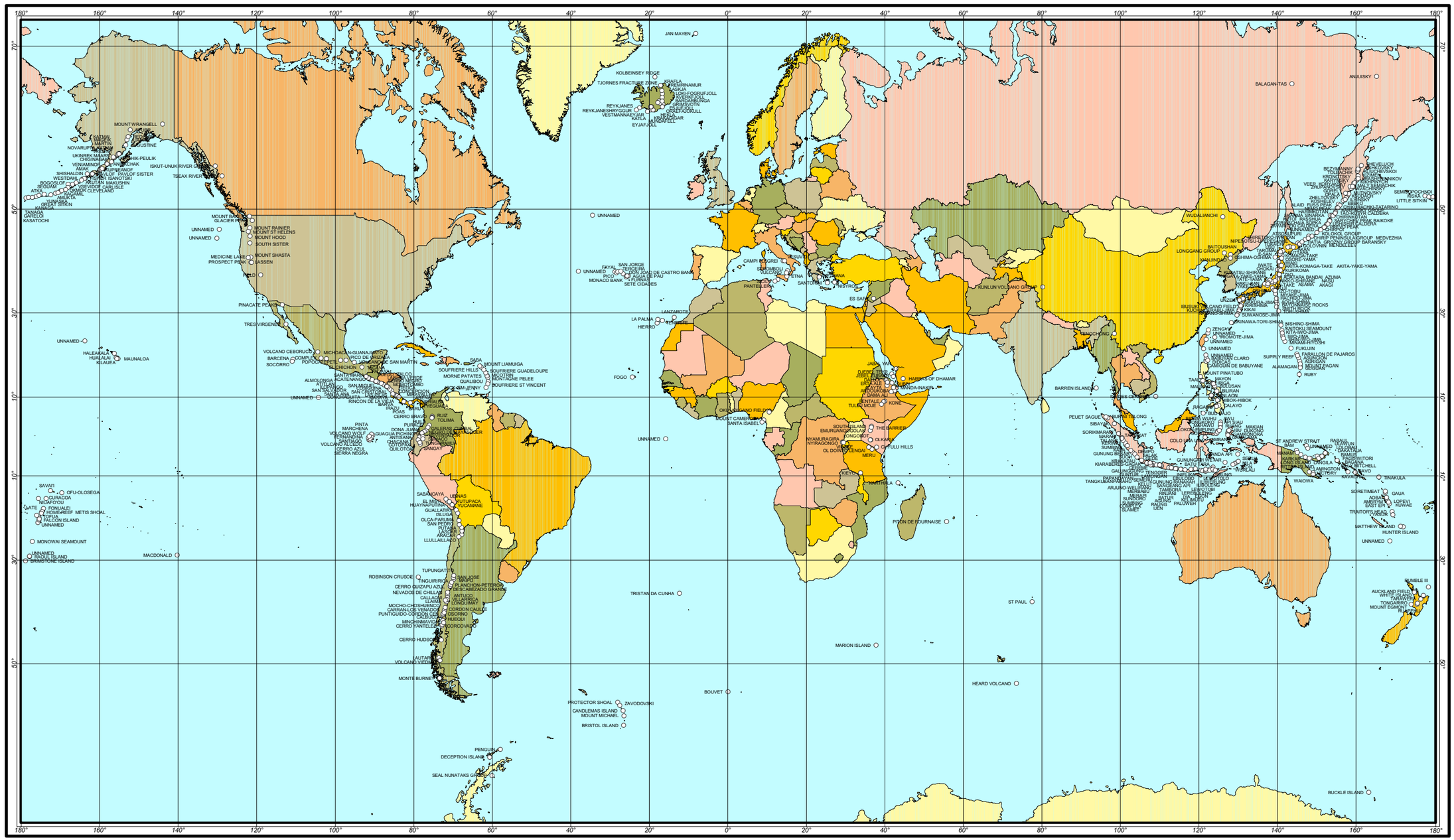
Аэронавигационная комиссия пришла к мнению о том, что ввиду аналогичного характера оперативного механизма оповещения воздушных судов о выбросах радиоактивных материалов и токсических химических веществ, с одной стороны, и о выбросах вулканического пепла, с другой стороны, было бы целесообразным, чтобы Исследовательская группа VAWSG представила Секретариату свои рекомендации по вопросу о разработке необходимых международных договоренностей и процедур, касающихся оповещения находящихся в полете воздушных судов о случайных выбросах в атмосферу радиоактивных материалов и токсических химических веществ.

Аварии на ядерных или химических объектах, при которых происходит выброс опасных материалов в атмосферу, представляют собой опасность для всех людей в целом, включая тех, кто находится в полете, и в настоящее время заинтересованные государства уже разрабатывают подробный порядок действий в подобных аварийных случаях и на регулярной основе осуществляется проверка эффективности этих процедур в международном масштабе. Поэтому целью ИКАО является не разработка отдельных правил для авиации, а обеспечение надлежащего учета специфических потребностей международной гражданской авиации, особенно находящихся в полете воздушных судов, в соответствующих Приложениях к Конвенции и в международных договоренностях, предназначенных для решения проблем в таких аварийных ситуациях.

Таким образом, помимо рассмотрения проблемы вулканического пепла, вторая цель настоящего руководства заключается в обеспечении информации, касающейся требований, предъявляемых к системе оповещения воздушных судов об облаках радиоактивных материалов и токсических химических веществ, а также инструктивных указаний относительно возможных методов выполнения этих требований.

Наличие такого инструктивного материала не принесет существенной пользы, если он не будет использоваться в программах соответствующей подготовки персонала, чьи функции в той или иной степени связаны с предоставлением оперативной информации летным экипажам, а также в программах обучения самих летных экипажей. Поэтому государствам рекомендуется не только предоставить данное руководство заинтересованному персоналу, но также обеспечить надлежащее отражение содержащегося в нем материала в соответствующих учебных программах.

Специализированное совещание по метеорологии (MET) (2002), проведенное совместно с 12-й сессией Комиссии по авиационной метеорологии (CAeM) ВМО, рекомендовало создать Группу по эксплуатации службы слежения за вулканической деятельностью на международных авиатрассах (IAVWOPSG) в целях координации действий и развития службы слежения за вулканической деятельностью на международных авиатрассах (IAVW) с ориентацией на глобальную перспективу. На сегодняшний день IAVWOPSG провела три совещания в различных регионах ИКАО.



Volcanoes with Eruptions During the Last 10,000 Years
Prepared in 1995 by Roland Pool, Smithsonian Institution,
Global Volcanism Program, NHB MRC 119, Washington, DC 20560

VOLCANOES OF THE WORLD

3000 0 3000 Km

Mercator Projection

A 101x147 cm map, This Dynamic Planet, showing these volcanoes, earthquake epicenters, impact craters, plus tectonic and physiographic data is available from: US Geological Survey, Map Distribution Center, Box 25256, Federal Center, Denver, CO 800225 (800) USA-MAPS

ОГЛАВЛЕНИЕ

Страница

ГЛОССАРИЙ ..... (xiii)

ЧАСТЬ I. ВУЛКАНЫ И ВУЛКАНИЧЕСКИЙ ПЕПЕЛ

Введение в часть I. I-i-1

Раздел 1. Научная исходная информация

Глава 1. Вулканические извержения I-1-1

1.1 Классификация I-1-1
1.2 Механизм вулканических извержений I-1-2
1.3 Продолжительность и частота вулканических извержений I-1-5
1.4 Географическое распределение действующих вулканов I-1-7
1.5 Слежение за вулканами и прогнозирование вулканических извержений I-1-9

Глава 2. Облако вулканического пепла I-2-1

2.1 Состав вулканического пепла и сопутствующих газов I-2-1
2.2 Характеристики колонны вулканического пепла I-2-2
2.3 Электрические явления в облаках вулканического пепла I-2-8
2.4 Перемещение облаков вулканического пепла I-2-9

Глава 3. Наблюдение/обнаружение и прогнозирование перемещения вулканического пепла в атмосфере I-3-1

3.1 Наблюдения с помощью наземных средств I-3-1
3.2 Наблюдения с борта воздушных судов I-3-2
3.3 Наблюдения со спутников I-3-3
3.4 Прогнозирование перемещения облаков вулканического пепла I-3-20

Раздел 2. Вулканический пепел и производство полетов воздушных судов

Глава 4. Воздействие вулканического пепла на воздушные суда I-4-1

4.1 Общие положения I-4-1
4.2. Воздействие на реактивные двигатели I-4-1
4.3 Воздействие на планер и оборудование воздушного судна I-4-9

4.4 Предварительные рекомендации относительно состава вулканического пепла, используемого при проведении испытаний реактивных двигателей I-4-15
4.5 Рекомендуемые общие способы уменьшения воздействия вулканического пепла I-4-18

Глава 5. Влияние вулканического пепла на работу авиационных оперативных и вспомогательных служб I-5-1

5.1 Аэродромы I-5-1
5.2 Организация воздушного движения I-5-6
5.3 Метеорологические службы I-5-11
5.4 Планирование полетов, диспетчерское обслуживание и руководство полетами I-5-15
5.5 Вулканологические агентства I-5-18

Глава 6. Служба слежения за вулканической деятельностью на международных авиатрассах (IAVW) I-6-1

6.1 Общие положения I-6-1
6.2 Структура IAVW I-6-1
6.3 Наблюдательный компонент службы IAVW I-6-4
6.4 Компонент IAVW, обеспечивающий консультативную информацию и предупреждение I-6-6
6.5 Функции связи и координации, применяемые в IAVW I-6-11
6.6 Техническая поддержка, предоставляемая IAVW не в реальном масштабе времени I-6-13
6.7 Учебные и аудиовизуальные средства I-6-13
6.8 Деятельность службы IAVW I-6-14

ЧАСТЬ II. РАДИОАКТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТОКСИЧЕСКИЕ ХИМИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА В АТМОСФЕРЕ И ПРОИЗВОДСТВО ПОЛЕТОВ

Введение в часть II. II-i-1

Глава 7. Выброс в атмосферу радиоактивных материалов и токсических химических веществ в результате аварий на промышленных предприятиях II-7-1

7.1 Радиоактивные материалы II-7-1
7.2 Токсические химические вещества II-7-1

Глава 8. Воздействие на производство полетов воздушных судов II-8-1

8.1 Воздействие радиоактивных материалов II-8-1
8.2 Воздействие токсических химических веществ II-8-2

Глава 9. Национальные и международные механизмы устранения угрозы для воздушных судов II-9-1

9.1 Выбросы радиоактивных материалов и токсических химических веществ в атмосферу II-9-1

Общий справочный материал для рисунков и таблиц ОСМ-1

ДОБАВЛЕНИЕ A. Рекомендуемые процедуры для смягчения воздействия вулканического пепла на аэропорты ..... Доб A-1

ДОБАВЛЕНИЕ B. План мероприятий на случай чрезвычайной ситуации в воздушном пространстве Аляски при вулканических извержениях ..... Доб B-1

ДОБАВЛЕНИЕ C. Правила уклонения от неблагоприятных метеоусловий в океаническом контролируемом пространстве ..... Доб C-1

ДОБАВЛЕНИЕ D. Подробная информация о плакатах и видеокассетах, касающихся предупреждений о вулканическом пепле (VAW) ..... Доб D-1

ДОБАВЛЕНИЕ E. Вулканические извержения за период 1980–2004 гг., сопровождавшиеся образованием шлейфа пепла, представляющего опасность для гражданской авиации ..... Доб E-1

ДОБАВЛЕНИЕ F. Перечень вулканов и навигационных средств с перекрестными ссылками ..... Доб F-1

ДОБАВЛЕНИЕ G. База данных по контактам воздушных судов с облаками пепла ..... Доб G-1

ДОБАВЛЕНИЕ H. Образец консультативного сообщения МАГАТЭ о выбросе радиоактивных материалов в атмосферу ..... Доб H-1

ДОБАВЛЕНИЕ I. Образец составления сообщений о ядерной аварии ..... Доб I-1

ГЛОССАРИЙ

АНК	Аэронавигационная комиссия
ВМО	Всемирная метеорологическая организация
ВСЗП	всемирная система зональных прогнозов
ВСУ	вспомогательная силовая установка
ВЦЗП	всемирный центр зональных прогнозов
ВЧ	высокая частота
ИАТА	Международная ассоциация воздушного транспорта
ИФАЛПА	Международная федерация ассоциаций линейных пилотов
МАГАТЭ	Международное агентство по атомной энергии
МСГГ	Международный союз геодезии и геофизики
ОВД	обслуживание воздушного движения
ОВЧ	очень высокая частота
ПВП	правила визуальных полетов
РДЦ	районный диспетчерский центр
РПИ	район полетной информации
САИ	служба аэронавигационной информации
СИТА	Международное общество авиационной электросвязи
УФ	ультрафиолетовый
ЦПИ	центр полетной информации
ЮНДРО	Организация ООН по оказанию помощи в случае стихийных бедствий
AFTN	сеть авиационной фиксированной электросвязи
AIA	Ассоциация аэрокосмических отраслей промышленности Америки
AIREP	донесение с борта
AIRMET	информация о погодных явлениях на маршруте, которые могут повлиять на безопасность полетов воздушных судов на малых высотах
AIRS	альянсовое исследование обледенения
ALPA	Американская ассоциация линейных пилотов
AMIC	руководитель районного центра организации воздушного движения
AMSU-A	усовершенствованное микроволновое зондирующее устройство – A
AMSU-B	усовершенствованное микроволновое зондирующее устройство – B
ATOVS	усовершенствованная обзорная система вертикального зондирования "Тирос"
AVHRR	усовершенствованный радиометр с очень высоким разрешением
AVO	Вулканологическая обсерватория на Аляске
CCI	информационная структура конвенции
CNES	Centre National d'Etudes Spatiales (французское аэрокосмическое агентство)
EGT	температура выхлопных газов
EOS	система наблюдений Земли
EPR	степень повышения давления в двигателе
GMS	геостационарный метеорологический спутник
GOES	геостационарный оперативный спутник для изучения окружающей среды
GTS	система глобальной электросвязи
HIRS	инфракрасный зонд высокого разрешения
IAVCEI	Международная ассоциация вулканологии и химии недр Земли
IAVW	служба слежения за вулканической деятельностью на международных авиатрассах

ISCS	международная спутниковая система связи
JMA	Японская метеорологическая ассоциация
LIDAR	метеорологический лазерный локатор ИК-диапазона
MODIS	среднеразрешающий спектрометр с формированием изображения
MSU	СВЧ-зонд
MTSAT	многофункциональные транспортные спутники
MWO	орган метеорологического наблюдения
NASA	Национальное управление по аэронавтике и исследованию космического пространства
NESDIS	Национальная спутниковая система данных и информации об экологической обстановке
NOAA	Национальная администрация по океану и атмосфере
NOF	орган международных сообщений NOTAM
NOTAM	извещение для пилотов
PANS	правила аэронавигационного обслуживания
PIREP	донесение пилота (Северная Америка)
RSMC	региональный специализированный метеорологический центр
SADIS	спутниковая система рассылки информации, предназначенной для авиационных целей
SAR	РЛС с синтезированной апертурой
SBUV	радиометр для измерения обратного рассеяния солнечного излучения в ультрафиолетовой области спектра
SEVIRI	вращающийся формирователь высококачественного изображения в оптической и инфракрасной областях спектра
SIGMET	информация о явлениях погоды по маршруту полета, которые могут повлиять на безопасность полетов воздушных судов
SIGWX	особые явления погоды
SSU	стратосферный зонд
TAF	сводка прогноза по аэродрому
TOMS	спектрометр для картографирования общего распределения озона
USGS	Геологическая служба Соединенных Штатов Америки
UUA	срочное донесение пилота
VAAC	консультативный центр по вулканическому пеплу
VAFTAD	модель прогнозирования перемещения и рассеивания вулканического пепла
VAR	сводка о вулканической деятельности
VAWSG	Исследовательская группа по предупреждениям о выпадении вулканического пепла
VEI	показатель вулканической эксплозивности
WOVO	Всемирная организация вулканологических обсерваторий

ЧАСТЬ I

Вулканы и вулканический пепел

ВВЕДЕНИЕ В ЧАСТЬ I

Для человечества характерен первобытный страх перед вулканическими извержениями, которые воспринимаются как проявления устрашающей и капризной силы природы, находящейся полностью за пределами нашего контроля и зачастую как носители смерти и разрушения. Хотя во всем мире насчитываются сотни действующих вулканов, их географическое распределение неравномерно, и они, как правило, сосредоточены в хорошо известных геологически активных районах.

Линия наибольшего сосредоточения действующих вулканов, так называемое “огненное кольцо”, проходит по краю Тихого океана и простирается на север, более или менее непрерывно, вдоль западного горного хребта Южной и Северной Америки, через цепи Алеутских и Курильских островов, далее вниз через Камчатку, Японию, Филиппины, Индонезию, Папуа-Новую Гвинею и Новую Зеландию к островам южной части Тихого океана. Другие геологически активные районы расположены в Исландии, вдоль Восточно-Африканской зоны разломов в Центральной и Восточной Африке, а также в странах вокруг Средиземного моря. Географическое распределение указанных районов показано на карте, прилагаемой в качестве фронтисписа.

Крайние границы диапазона поведения извергающихся вулканов изменяются от спокойного, стабильного излияния лавы до эксплозивных извержений, при которых несколько кубических километров частиц стекла и распыленной горной породы (вулканического пепла), а также коррозионных газов в течение нескольких дней выбрасываются в атмосферу на большую высоту и охватывают обширные районы. Всем известна спокойная вулканическая деятельность на Гавайских островах, когда каждый может даже потрогать край медленно ползущего потока лавы; такой тип вулканов не представляет какой-либо опасности для авиации.

Проблему для авиации представляет только извержение эксплозивного типа, которое создает прямую угрозу для находящихся в полете воздушных судов и существенные эксплуатационные трудности для аэродромов, расположенных по ходу движения образующегося облака пепла. Задача оповещения находящихся в полете воздушных судов и аэродромов, расположенных с подветренной стороны вулканических извержений и облаков вулканического пепла, требует тесного оперативного взаимодействия международного авиационного сообщества, авиационных метеорологов и вулканологов. Координация усилий международного сообщества и метеорологов осуществляется уже в течение многих лет, начиная с периода зарождения авиации, и основывается на хорошо отлаженных международных договоренностях и процедурах; однако взаимодействие с различными вулканологическими/сейсмологическими органами оказалось совершенно иной концепцией, требующей разработки необходимых каналов связи, международных договоренностей и процедур фактически с нуля.

Первой линией защиты являются вулканологические обсерватории. Обычно они размещаются в стратегических точках, в которых можно осуществлять слежение за одним или несколькими действующими вулканами. Вулканологи должны анализировать и интерпретировать весь объем ценных данных, поступающих на непрерывной основе от различных датчиков, установленных на вулканах и вокруг них. Если наблюдается эксплозивное извержение или если анализ данных наблюдения указывает на то, что подобное извержение неизбежно, указанную информацию необходимо оперативно передать по заранее установленным каналам связи согласованному кругу абонентов, включая полномочные органы гражданской авиации и метеорологической службы, а затем пилотам воздушных судов, которые могут быть затронуты такими извержениями.

Эта концепция лежит в основе созданной ИКАО Службы слежения за вулканической деятельностью на международных авиатрассах (IAVW). К сожалению, и по очевидным причинам, слежение

осуществляется не за всеми действующими вулканами мира. Более того, тенденция такова, что эксплозивные извержения вулканов, которые не извергались сотни лет, происходят безо всякого предупреждения, либо признаки такого извержения проявляются за очень короткое время до этого события. С самого начала было ясно, что создание сети наблюдения за вулканами исключительно для целей авиации не представляется возможным; одни лишь расходы были бы неприемлемыми. Поэтому для расширения круга источников наблюдения за вулканами ИКАО обратилась за помощью к другим организованным международным сетям наблюдательных пунктов, таким, как метеорологические, климатологические, гидрологические станции, а также к национальным организациям, которые содержат обученный персонал в своих пунктах, расположенных в отдаленных горных районах, где могут находиться вулканы, таких, как пункты наблюдения службы лесного хозяйства, полицейские, военные, таможенные/иммиграционные посты, а также к организациям по оказанию помощи населению в чрезвычайных ситуациях. Во всех случаях государства и международные организации проявили готовность к неограниченному сотрудничеству с ИКАО в деле создания службы IAVW, и таким образом было обеспечено максимальное использование существующих ресурсов.

Сами пилоты также являются важным источником информации о вулканической деятельности и облаках вулканического пепла, и в этой связи ИКАО разработала формат специального донесения с борта о вулканической деятельности, который рекомендуется для использования пилотами при передаче донесений о вулканической деятельности органам обслуживания воздушного движения.

И наконец, был достигнут существенный прогресс в деле обнаружения вулканического пепла на основе анализа метеорологических данных, получаемых с помощью спутников, особенно данных в некоторых диапазонах инфракрасных волн, а также в области прогнозирования траекторий перемещения облаков вулканического пепла с использованием моделей расчета на ЭВМ. Не все органы метеорологического наблюдения (MWO) располагают методикой и оборудованием, необходимыми для выполнения этой работы. Поэтому ИКАО по рекомендации Всемирной метеорологической организации (ВМО) назначила ряд специализированных метеорологических центров, обладающих соответствующими возможностями, в качестве консультативных центров по вулканическому пеплу (VAAC). Эти центры предоставляют органам метеорологического наблюдения (MWO) и районным диспетчерским центрам (РДЦ), находящимся в зоне их ответственности, консультативную информацию, касающуюся прогнозируемой траектории движения вулканического пепла и эшелонов полета, которые могут быть затронуты. Затем на основе полученной консультативной информации MWO и РДЦ выпускают для пилотов, соответственно, информацию SIGMET и сообщения NOTAM.

В авиационном сообществе широко распространено (оправданное или неоправданное) мнение о том, что в течение последних примерно двадцати лет количество эксплозивных вулканических извержений возросло. Иначе как объяснить неожиданное и явное превращение вулканического пепла в серьезную угрозу для полетов воздушных судов? Такая точка зрения вызывает определенный скептицизм у вулканологов, которые больше привыкли рассматривать вулканические извержения в масштабе тысячелетий.

Любая попытка выявить тенденции в вулканических извержениях на основе исторических данных сопряжена с определенными трудностями. Очевидно, что за последние двести лет общее количество сообщений о вулканических извержениях возросло, однако данная тенденция развивалась параллельно с глобальным увеличением населения и его проникновением во все уголки мира в течение того же периода. Подтверждением факта, что указанная тенденция к росту количества вулканических извержений в значительной степени объясняется более эффективной связью и увеличением количества соответствующих сообщений, является внезапное и временное уменьшение количества сообщений о вулканических извержениях в течение двух мировых войн и в период Великой депрессии 1930-х годов, когда глобальная система связи была нарушена. Аналогичным образом, временное увеличение числа сообщений о вулканических извержениях по всему миру происходит сразу же после крупного вулканического извержения, что, несомненно, связано с широким освещением этого события средствами массовой информации.

Поэтому не будет ничего удивительного, если кажущееся увеличение числа вулканических извержений "в последнее время", которое некоторые наблюдатели считают вероятной причиной превращения вулканического пепла в фактор опасности для авиации, явится автоматическим следствием повышения бдительности и расширения системы сообщений, обеспечиваемых службой IAVW.

Другим фактором, который следует принять во внимание, является стабильный рост числа полетов воздушных судов в течение последних двадцати лет, особенно по маршрутам, пролегающим по краю Тихого океана, причем в большинстве случаев воздушные суда были оснащены турбореактивными двигателями, прежде всего двигателями с большой степенью двухконтурности, для которых характерна более высокая чувствительность к вулканическому пеплу по сравнению с воздушными судами, оснащенными поршневыми двигателями.

Независимо от истинных причин проблемы за последние двадцать лет вулканический пепел действительно превратился в источник серьезной опасности и финансовое бремя для полетов воздушных судов и деятельности аэродромов. В качестве ответной меры, обусловленной этой угрозой, при содействии государств, действовавших через свои органы гражданской авиации, метеорологические органы, сообщества пилотов и вулканологов, а также с помощью заинтересованных международных организаций была создана Служба слежения за вулканической деятельностью на международных авиатрассах (IAVW).

РАЗДЕЛ 1. НАУЧНАЯ ИСХОДНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Глава 1

ВУЛКАНИЧЕСКИЕ ИЗВЕРЖЕНИЯ

1.1 КЛАССИФИКАЦИЯ

1.1.1 Вулканические извержения можно классифицировать различными способами, однако наиболее подходящей для авиационных целей является классификация на основе показателей "эксплозивности". Показатель эксплозивности дает определенное представление о мощности извержения, а также, что является более важным, о том, выбрасывается ли в атмосферу и в каком объеме вулканический пепел и какова вероятная высота подъема эруптивной колонны. Вулканологи разработали "показатель вулканической эксплозивности"[1] (VEI), величина которого изменяется в диапазоне от 0 до 8 баллов (таблица 1-1), определяемых на основе приблизительной оценки объема "изверженной породы", высоты подъема колонны вулканического пепла и продолжительности непрерывной эруптивной струи. Как явствует из указанной таблицы, эти критерии в значительной мере накладываются друг на друга, поскольку разделение вулканических извержений по строго определенным блокам не представляется возможным.

1.1.2 Хотя изменение характера вулканических извержений в диапазоне от начала до конца шкалы является более или менее непрерывным, тем не менее можно выделить определенные "типы" извержений, многие из которых носят название характерных для данного типа вулканов, т. е. "гавайский", "стромболианский", "вулканский" (в некоторых источниках используется термин "пелейский") и "плинианский" (или "везувианский"), причем последний назван по имени Плиния Младшего, который в своем письме к Тациту в 79 году нашей эры, возможно, впервые дал подробное описание эксплозивного извержения (Везувий). Ниже приводится содержание указанного описания, переведенного с латинского языка д-ром Е.Р. Оксбургом[2]:

> "Поднялось облако (для наблюдающих издали людей было непонятно из какой горы оно появилось, однако впоследствии было установлено, что это был Везувий). По общему виду и очертаниям это облако больше всего напоминало сосну: ибо оно вырвалось наружу и устремилось вверх в небо в виде высокого ствола дерева с боковыми ветвями здесь и там, поднимаясь, как я полагаю, под воздействием силы первого взрыва; затем, когда эта сила иссякла или скорее по причине того, что собственный вес облака стал для него слишком велик, оно стало распространяться по сторонам, при этом облако отсвечивало иногда ослепительно белым, а иногда, местами, серым цветом в зависимости от наличия в нем земли или пепла."

1.1.3 Указанное описание удивительно точно соответствует крупным эксплозивным вулканическим извержениям, которые создают проблемы для авиации в течение последних примерно двадцати лет.

1. Впервые разработан Ч.Г. Ньюхоллом и С. Селфом.
2. E.R. Oxburgh, “The Plain Man’s Guide to Plate Tectonics” in *Proceedings of the Geological Association*, London, Vol. 8, 1974, pp. 299-357.

Поэтому из данного предисловия видно, что авиацию особенно интересуют извержения плинианского типа, поскольку в этих случаях огромная масса пепла выбрасывается на высоту, достигающую и превышающую эшелоны крейсерского полета реактивных воздушных судов международной транспортной авиации. Однако при этом следует также подчеркнуть, что вулканические извержения с более низким чем плинианский показателем VEI нельзя полностью игнорировать, так как пепловая колонна может достичь высоты крейсерского полета реактивных воздушных судов, а в случаях, когда вулкан находится вблизи траекторий захода на посадку/вылета, даже более слабые пепловые колонны могут затронуть воздушные суда, выполняющие снижение при посадке или набирающие высоту после взлета с аэродромов. Наглядным примером такой ситуации может служить аэропорт "Кагосима" в Японии, который расположен возле вулкана Сакурадзима (см. также п. 2.3.2). Более того, поскольку многие вулканы представляют собой "горы", то высота конуса, из которого истекает "умеренная" колонна пепла, по всей вероятности, уже составляет несколько тысяч метров над уровнем моря, и таким образом даже умеренные пепловые колонны достигают стандартной высоты крейсерского полета реактивных воздушных судов (например, абсолютная высота вулкана Попокатепетль в Мексике составляет 5465 м (18 000 фут).

1.1.4 Наконец, определенную картину в историческом плане можно составить на основе информации о том, что при извержении вулкана Галунггунг в 1982 г., в результате которого авиационное сообщество впервые обратило особое внимание на проблему вулканического пепла, показатель VEI составил 4 балла; извержение вулкана Сент Хеленс в 1980 г. было классифицировано как VEI=5, что равнялось мощности извержения Везувия в 79 году нашей эры. При извержении Кракатау на о. Ява в 1883 г. и вулкана Пинатубо на Филиппинах в 1991 г. в обоих случаях показатель VEI был равен 6 баллам, а во время извержения Тамборы на Малых Зондских островах (Индонезия) в 1815 г. он составил 7 баллов. В последнем упомянутом случае извержения, количество выброшенных в стратосферу пепла и газов было таковым, что в северном полушарии следующий год (1816) был назван "годом без лета", и в течение этого года из-за повсеместного неурожая погибли тысячи людей.

1.2 МЕХАНИЗМ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ИЗВЕРЖЕНИЙ

1.2.1 Вулканы образуются путем отложения и накопления лавы и пепла, выталкиваемых из кратеров и жерл каналов во время эксплозивных и неэксплозивных извержений (рис. 1-1). Рост вулкана и превращение его в конусообразную гору зависит от соотношения между отложением лавы и пепла в процессе извержений и их последующей эрозией силами природы, такими, как ветер, дождь, мороз и т. д., которые воздействуют на геологические преобразования в течение длительного периода времени. Лава формируется в виде расплавленной породы или "магмы" на большой глубине в мантии земли и включает в себя целый ряд химических элементов, прежде всего кислород и кремний и в меньших количествах алюминий, железо, кальций, магний, калий, натрий и титан. В магме содержатся также летучие компоненты, находящиеся в растворенном виде в условиях огромного давления глубоко под землей. По мере того, как магма пробивает себе путь наверх к поверхности через расселины и трещины и в итоге выходит наружу через жерла каналов, давление паров, содержащихся в магме растворенных летучих компонентов, достигает величины, превышающей давление окружающей среды, и вышеупомянутые летучие вещества выделяются при кипении в виде газов. На этой стадии процесса накапливается энергия вулканического извержения, а количество растворенных газов и вязкость поднимающейся вверх магмы в значительной степени определяют степень эксплозивности будущего извержения.

1.2.2 В случае плинианского извержения в течение короткого периода времени высвобождается большая масса растворенных газов, в результате чего ударные волны распыляют горную породу и выбрасывают ее вертикально вверх (иногда происходят косонаправленные взрывы) в виде огромного столба насыщенных пеплом газов, который при мощных извержениях может достичь стратосферы в пределах нескольких десятков минут. Если условия таковы, что при высвобождении растворенных газов на пути движения магмы попадаются грунтовые воды, то суммарный эксплозивный эффект сверхперегретых газов и пара

Таблица 1-1. Критерии, используемые при присвоении "показателя вулканической эксплозивности" (VEI). (Источник: Simkin and Siebert)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Общее описание	Неэксплозивное	Небольшое	Умеренное	Умеренное-крупное	Крупное	Очень крупное			
Объем тефры ($м^3$)	1×10^4	1×10^6	1×10^7	1×10^8	1×10^9	1×10^{10}	1×10^{11}	1×10^{12}	
Высота пепловой колонны (км)									
Над кратером	<0,1	0,1-1	1-5						
Над средним уровнем моря				3-15	10-25	>25			
Качественные характеристики	"Мягкое,"	"Эффузивное"	"Эксплозивное"		"Катастрофическое,"	"Пароксисмальное"	"Колоссальное"		
				"Сильное",	"Жестокое",	"Ужасающее"			
Тип извержения		"Стромболианский"		"Плинианский"					
	"Гавайский"		"Вулканский"		"Ультра вулканский"				
Продолжительность (непрерывной струи)	1 час				12 часов				
			1 - 6 часов						
				6 - 12 часов					
Макс. эксплозивность по CAVW (наиболее эксплозивная деятельность CAVW)	Лавовый поток				Взрывы или "палящие" тучи				
		Фреатич. изверж.							
	Купол или грязевой поток								
Выброс в тропосферу	Ничтожный	Незначит.	Умерен.	Существ.					
Выброс в стратосферу	Нет	Нет	Нет	Возмож.	Несомнен.	Значит.			
Извержения (всего в файле)	699	845	3477	869	278	84	39	4	0

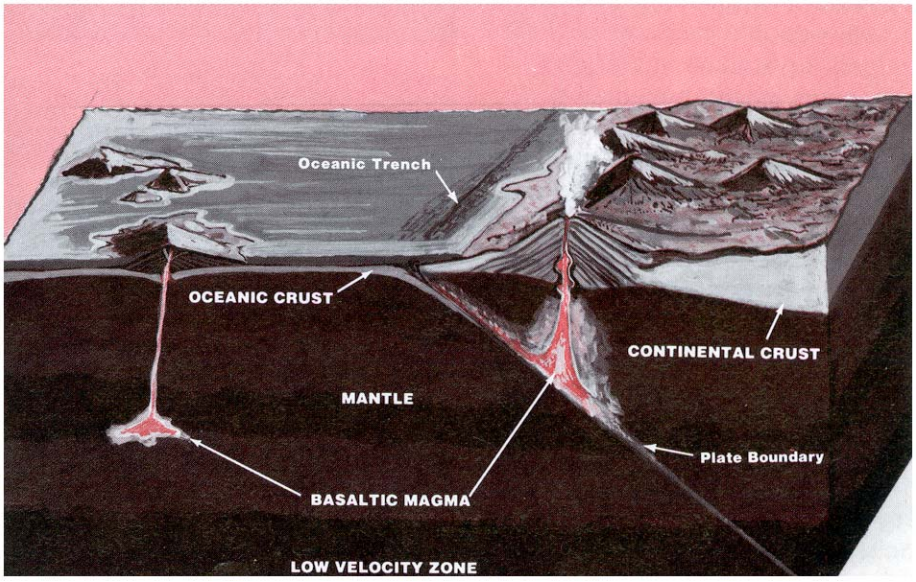


Рис. 1-1. Классическая схема вулкана в океанических условиях (слева) и в континентальных условиях (справа). (Источник: Tilling)

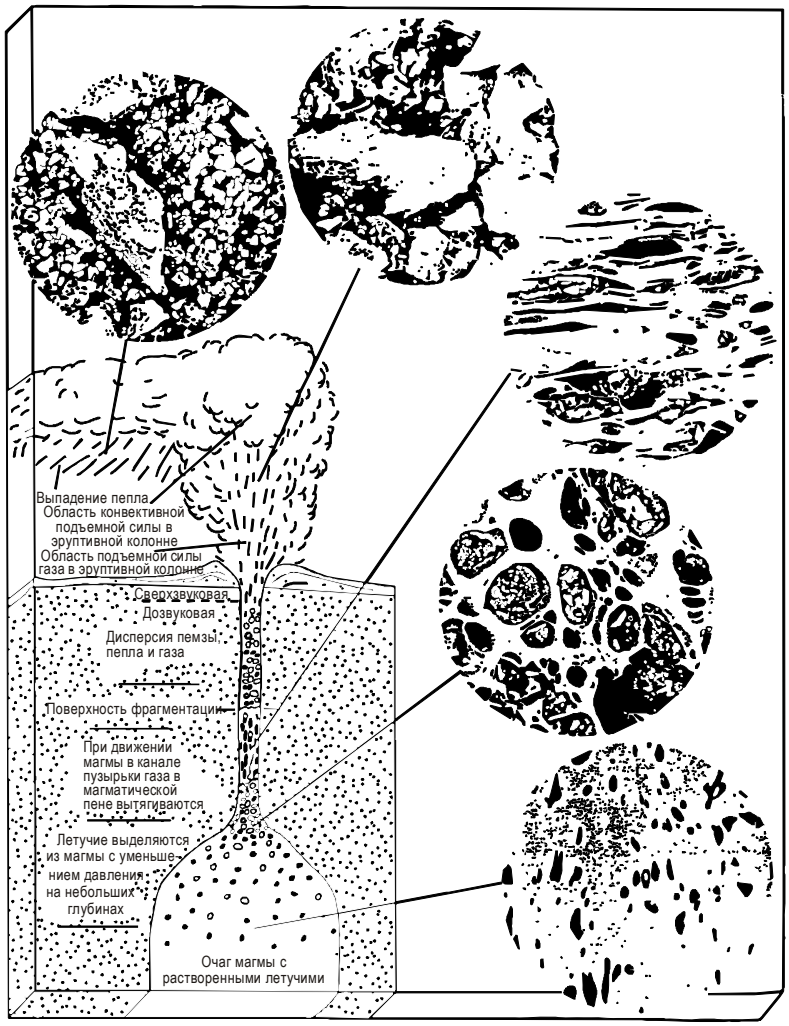


Рис. 1-2. Схематическая диаграмма процессов, приводящих к образованию вулканического пепла при эксплозивных вулканических извержениях. Данная диаграмма почти полностью основана на предположениях и результатах ряда экспериментальных исследований процессов выделения газов из растворов и эксплозивной декомпрессии поднимающейся магмы, имеющей состав, аналогичный обнаруженному при извержениях вулкана Огастин. Показанные в кружках микрофотоснимки, полученные методом электронного сканирования, имеют диаметр порядка 300 мкм ($300x10^{-6}$ м). По мере подъема магмы до уровня, на котором давление газа в растворе превышает давление верхнего слоя горной породы, часть этого газа выделяется из раствора в виде небольших пузырьков. По мере уменьшения давления эти пузырьки продолжают расти. После начала извержения движение магматической пены по каналу вулкана может привести к вытягиванию пузырьков в продолговатые усеченные трубки. Поверхность фрагментации между находящейся под давлением магматической пеной и окружающей атмосферой разрывает хрупкую пену на части и ускоряет их выход из канала вместе с эруптивной колонной. Указанные частицы выбрасываются с эруптивными облаками и впоследствии выпадают на поверхность земли, при этом их конечное местоположение зависит от высоты подъема эруптивной колонны, силы ветра, а также размера и плотности частиц. (Показанные здесь образцы частиц вулканического пепла, содержащиеся в эруптивной колонне, были взяты из отложений, образовавшихся в результате выпадения крупных частиц пепла – на месте извержения отбор образцов из эруптивных колонн не производился.) (Источник: Heiken)

может привесит к особо мощным извержениям[3]. Количество частиц стекла, осколков, а также распыленной горной породы (пепла), выбрасываемых во время эксплозивного вулканического извержения, может превышать десятки кубических километров, и во многих случаях вершина вулкана (или значительная ее часть) может быть полностью снесена в результате взрывов или оползней. На рис. 1-2 схематически показана цепь событий при эксплозивном вулканическом извержении.

1.3 ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ И ЧАСТОТА ВУЛКАНИЧЕСКИХ ИЗВЕРЖЕНИЙ

1.3.1 Вулканические извержения могут начинаться с небольших выбросов пара через жерла каналов на поверхности вулкана за счет кипения грунтовых вод, вызванного поднимающейся расплавленной горной породой. Эта деятельность может продолжаться в течение нескольких недель или даже месяцев, пока расплавленная горная порода не достигнет поверхности. Наиболее энергичные эксплозивные извержения часто, но не всегда, происходят в начале процесса извержения, постепенно ослабевая в течение последующих недель или месяцев. После спокойных периодов могут последовать дальнейшие сильные выбросы, интенсивность которых быстро уменьшается.

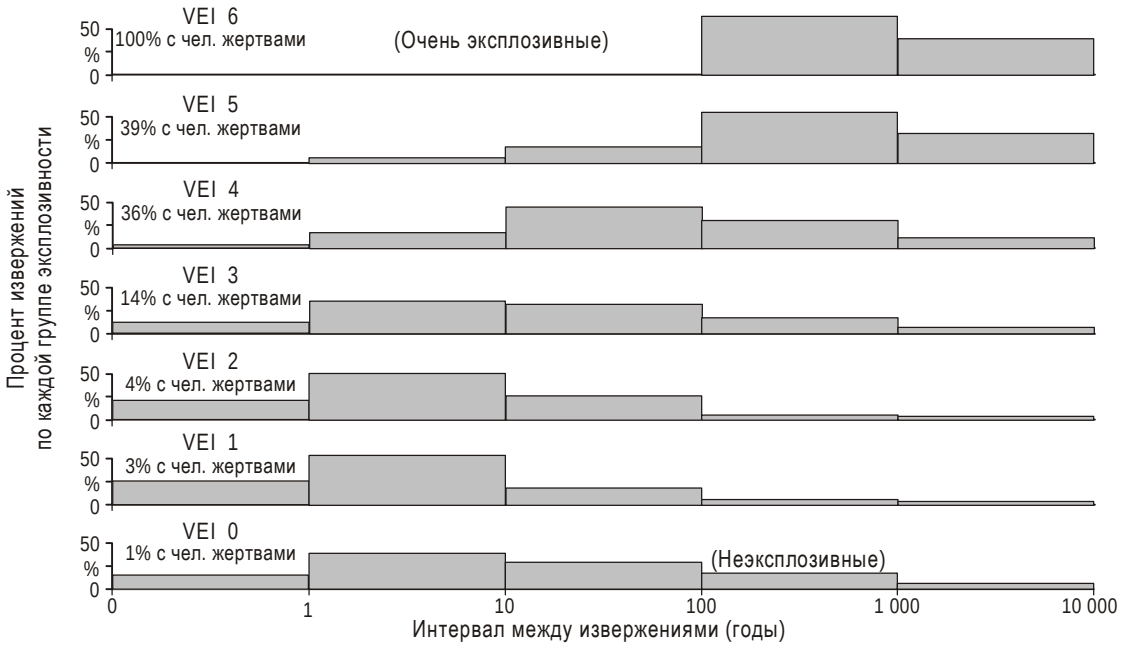


Рис. 1-3. Эксплозивность и временные интервалы между извержениями. Для каждой единицы VEI извержения сгруппированы по периодам времени от начала предыдущего извержения. Количество извержений по группам с показателем VEI от 0 до 6 баллов соответственно составляет: 446, 677, 2991, 692, 230, 48 и 16. По каждой группе приводится также процент известных в истории извержений, приведших к человеческим жертвам, с тем чтобы подчеркнуть опасность крупных эксплозивных извержений вулканов, которые казались спокойными в течение сотен и тысяч лет. (Источник: Simkin and Siebert)

3. G.A. Valentine, “Role of magma-water interaction in very large explosive eruptions”, Los Alamos National Laboratory Technical Publication, 1993.

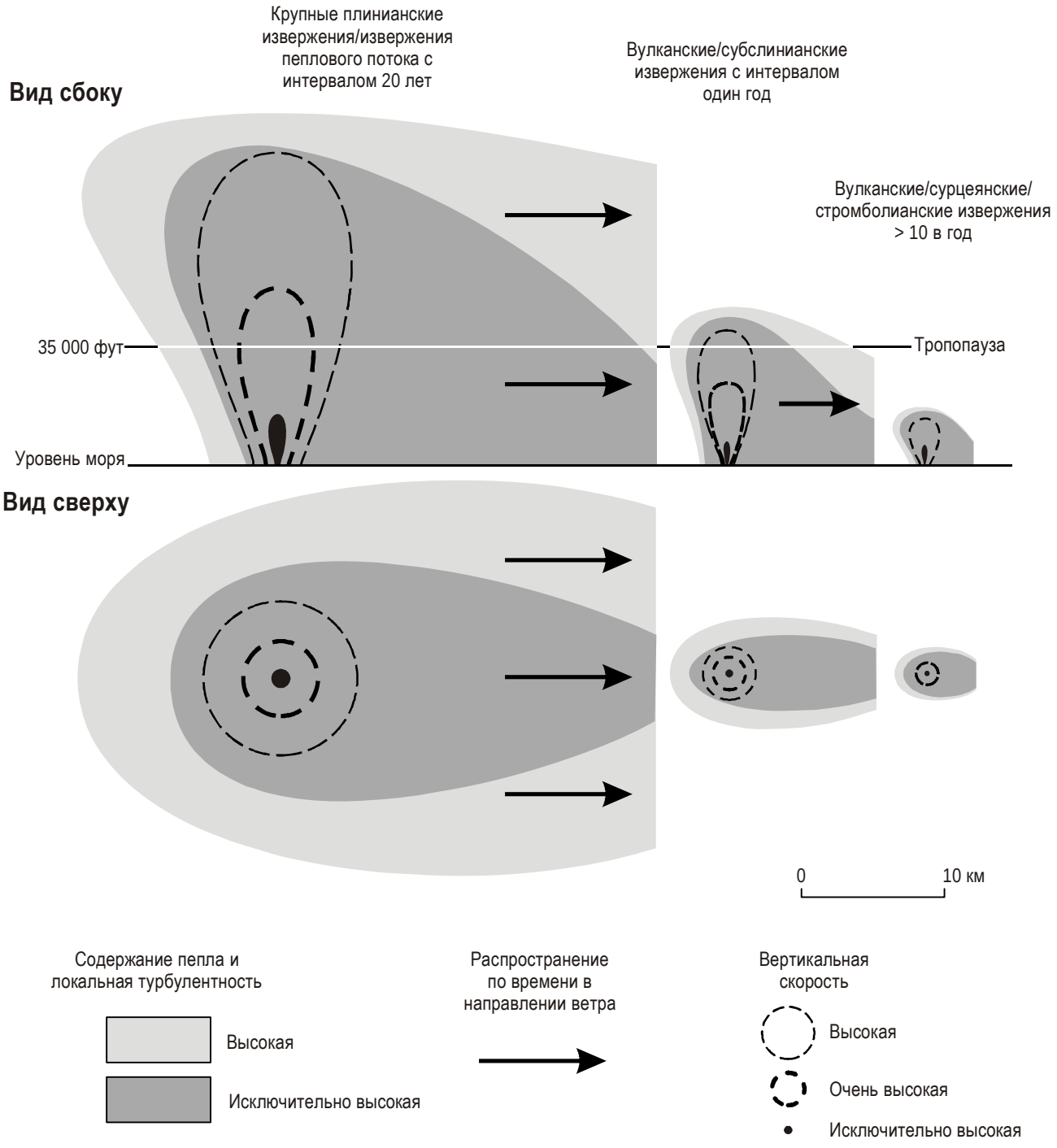


Рис. 1-4. Схематическая диаграмма, показывающая степень опасности для воздушных судов районов вокруг колонн эксплозивного извержения на примере трех выбранных показателей частоты извержения. Верхняя диаграмма представляет собой разрез; нижняя диаграмма – вид сверху. В вертикальной и горизонтальной плоскостях используется один и тот же масштаб. (Источник: Self and Walker)

1.3.2 Во всем мире насчитывается несколько десятков широко известных вулканов, ежедневно или еженедельно выбрасывающих в атмосферу умеренные облака пепла, и они продолжают действовать в этом режиме уже в течение десятков или даже сотен лет, как, например, вышеупомянутый вулкан Сакурадзима в Японии. Некоторые вулканы извергаются более или менее непрерывно в течение тысячелетий, например, вулкан Стромболи в Италии (часто называемый "Средиземноморским маяком"), однако эти извержения обычно являются маломощными. Из 2000 извержений, перечисленных в сборнике Смитсоновского института *"Вулканы мира"*, 9 % извержений прекратились в пределах двух дней, 19 % в пределах недели, 25 % в пределах двух недель, 40 % в пределах месяца и 52 % в пределах двух месяцев. К сожалению, большинству эксплозивных вулканических извержений (особенно тем, у которых показатель VEI составляет 4 балла или выше) обычно предшествуют длительные (исчисляемые сотнями или даже тысячами лет) спокойные периоды, как это видно из рис. 1-3. Например, Везувий, извержение которого произошло в 79 году нашей эры (см. п. 1.1.2), считался давно потухшим. Это означает, что, хотя плинианские извержения являются более редкими по сравнению с извержениями с меньшим показателем VEI, они зачастую происходят на вулканах, в отношении которых не имеется каких-либо исторических данных об их вулканической деятельности (т. е. за последние примерно 10 000 лет). По приблизительным эмпирическим расчетам вулканологи ожидают, что ежегодно во всем мире будут происходить 50–60 вулканических извержений, из которых десять или более могут привести к выбросу колонны вулканического пепла, достигающей высоты крейсерского полета реактивных воздушных судов (вплоть до ЭП 450) [4]. На рис. 1-4 показаны относительная частота эксплозивных вулканических извержений различной мощности и их воздействие на полеты воздушных судов.

1.4 ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕЙСТВУЮЩИХ ВУЛКАНОВ

1.4.1 Географическое распределение действующих вулканов во всем мире вкратце упоминалось в предисловии и изображено на фронтисписе. Существует более пятисот действующих вулканов (т. е. те, которые, согласно зарегистрированным историческим данным, извергались по крайней мере один раз). Наиболее эксплозивный вулканизм проявляется в местах столкновения движущихся "плит" земной коры. В соответствии с теорией "тектонических плит"[5] земная кора разбита на ряд разрозненных, непрерывно смещающихся "плит" толщиной в среднем 80 км, которые передвигаются относительно друг друга над залегающей ниже мантией. Некоторые плиты сталкиваются, некоторые разрываются, а другие скользят мимо друг друга. Схема расположения основных "плит" показана на рис. 1-5.

1.4.2 Наиболее активные вулканы располагаются вдоль или недалеко от границ между плитами, и поэтому их обычно называют вулканами на стыке плит. Существуют действующие вулканы, не связанные с границами плит, и многие из них образуют приблизительно прямолинейные цепи, проходящие через внутреннюю часть некоторых океанических плит (например, вулканы на Гавайских островах). Как правило, вулканы с высоким показателем вулканической эксплозивности расположены на стыке плит или на континентах.

1.4.3 На рис. 1-6 показано распределение вулканов по широте. Две трети вулканов находятся в северном полушарии и примерно 85 % расположены севернее 10° ю. ш. Хотя данный факт сам по себе не вызывает удивления, учитывая аналогичное распределение суши между северным и южным полушарием, тем не менее это означает, что большинство вулканических извержений, во время которых происходит выброс пепловой колонны, с большой долей вероятности могут в той или иной степени затронуть какую-либо международную авиатрассу. Между 20° с. ш. 10° ю. ш. находится большое скопление вулканов, известных своими плинианскими извержениями, что означает периодический выброс огромного количества газов и вулканического пепла в стратосферу вблизи экватора с важными последствиями для глобального климата.

4. S. Self and G.P.L. Walker, “Ash Clouds: Characteristics of Eruption Columns”, *Proceedings of First International Symposium on Volcanic Ash and Aviation Safety*, 1991, U.S. Geological Survey Bulletin 2047 (1994), p. 70.
5. Oxburgh, стр. 208 (см. примечание 2, с. I-1-1).

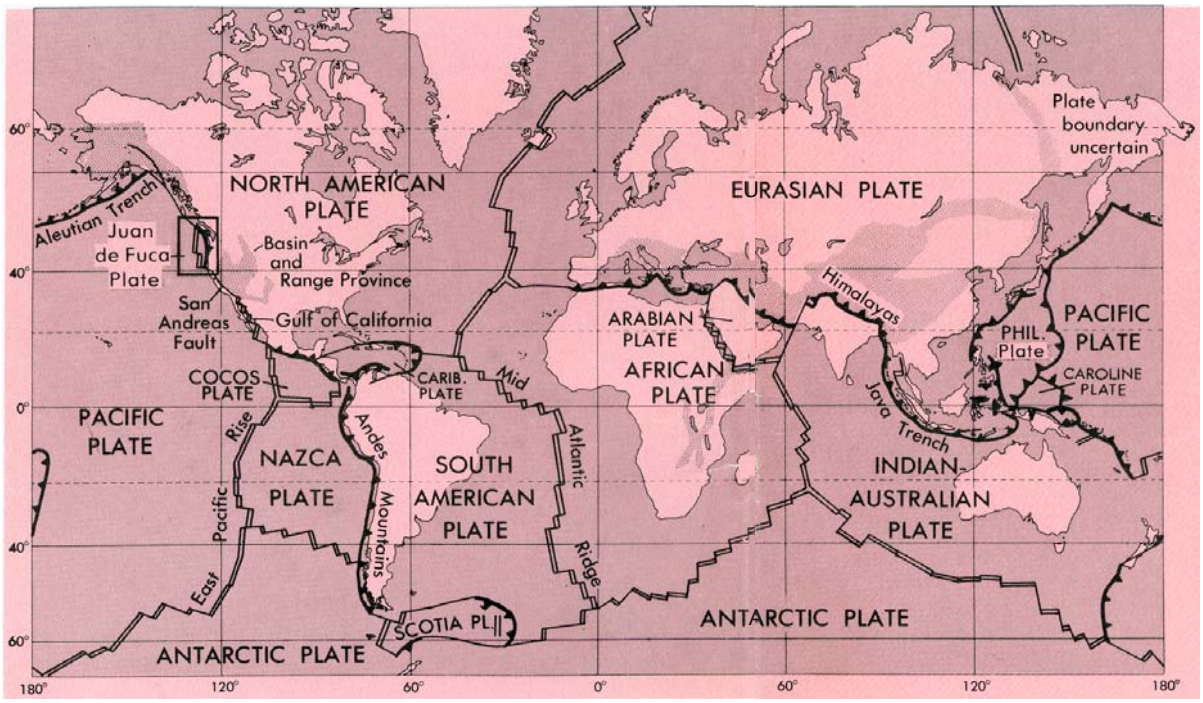


Рис. 1-5. Литосферные плиты Земли. (Источник: Tilling)

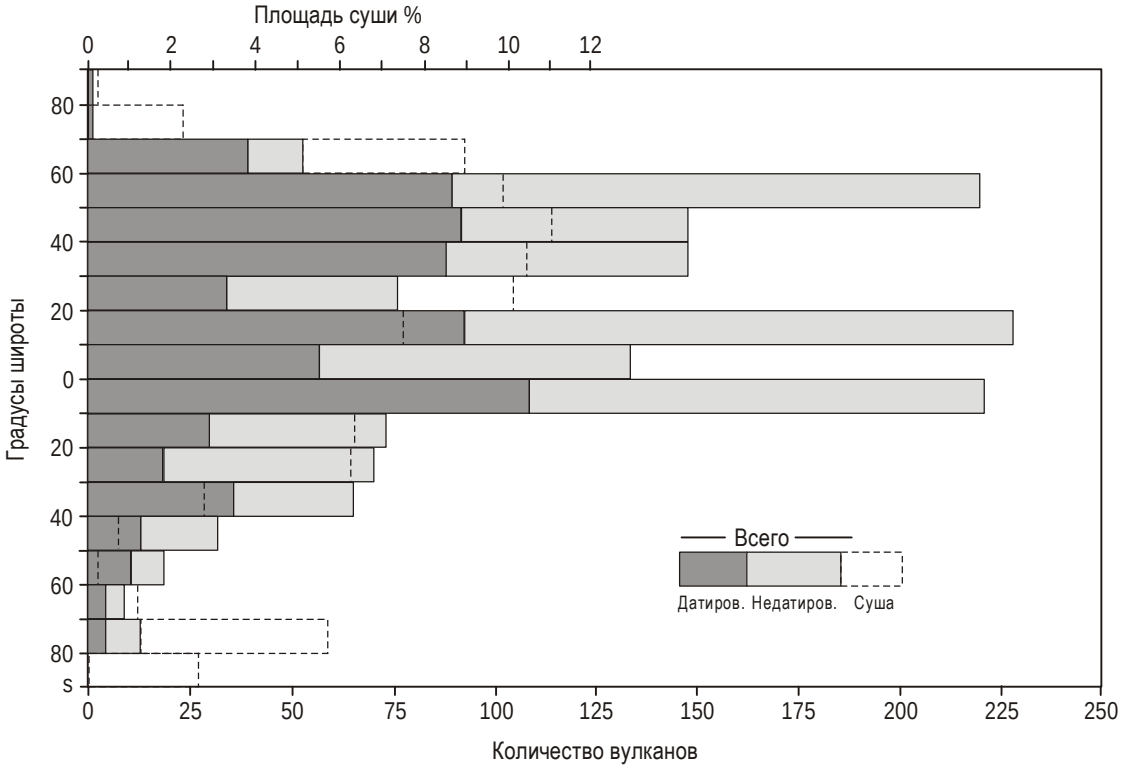


Рис. 1-6. Распределение известных вулканов на каждые 10° широты. Тонкая пунктирная линия показывает процентную долю площади суши на каждые 10°. (Источник: Simkin and Siebert)

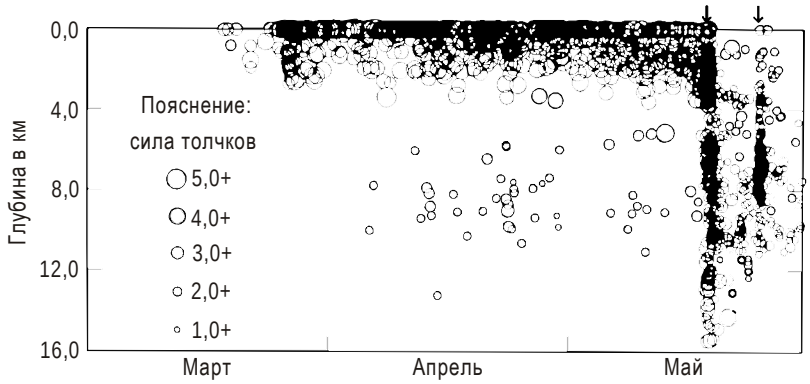


Рис. 1-7. Землетрясения (обозначенные кружками) под г. Сент Хеленс в период с 1 марта по 31 мая 1980 г. Следует отметить резкий рост числа толчков в районе 17 марта, которые быстро переросли в непрерывную поверхностную сейсмичность с 26 марта (начало взрывов) и завершились кульминационным пароксизмом 18 мая. В период, непосредственно предшествующий событию 18 мая, никакого усиления сейсмичности не отмечалось. Одновременно с извержениями, имевшими место 18 мая и 25 мая (отмечено стрелками), гипоцентры толчков отражают движение магмы с глубины выше и ниже 5 км, где, возможно, находился неглубокий очаг магмы. Схема Малоуна (1990) с изменениями. Использована с разрешения. (Источник: Wright and Pierson).

1.5 СЛЕЖЕНИЕ ЗА ВУЛКАНАМИ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ИЗВЕРЖЕНИЙ

1.5.1 Слежение за вулканами включает проведение измерений, регистрацию данных и анализ различных явлений, в том числе сейсмических, таких, как землетрясения, деформация земной поверхности, эмиссия газов, химический состав и температура грунтовых вод и изменения в локальных электрических, магнитных и гравитационных полях, все из которых связаны с движениями магмы на большой глубине в недрах земли.

1.5.2 Сейсмические явления часто обеспечивают наиболее раннее предупреждение об усилении вулканической деятельности. На рис. 1-7 приведена запись данных типичной серии землетрясений, которые предшествовали извержению вулкана Сент Хеленс в мае 1980 г. Неожиданное появление в этой записи фактов землетрясений, а также заметное изменение числа и мощности этих землетрясений и увеличение глубины, на которой находились их эпицентры, дает наглядное представление о происходящем в земной коре движении по мере того, как оно приспосабливается к движению магмы на большой глубине в недрах земли.

1.5.3 По мере накопления энергии для извержения, помимо того, что имеют место землетрясения, изменяется также фактическая форма самой поверхности вулкана. Подобную деформацию указанной поверхности можно наблюдать и точно измерить с использованием наклономеров и различных геодезических сетей, основанных на определении расстояния/превышения электронным и/или ручным методом, или в будущем с помощью спутниковых данных (см. п. 1.5.5). На рис. 1-8 в схематическом виде показана последовательность событий, приводящих к извержению, а также сопутствующая этому явлению деформация земной поверхности. Результаты измерений угла наклона и расстояния между "фиксированными" опорными точками на вулкане являются чрезвычайно точными (как правило, порядка нескольких миллионных долей), и на их основе можно определить движение и расширение/сжатие магмы на большой глубине в недрах земли.

1.5.4 Предшествующее вулканическому извержению накопление энергии может также вызвать локальное изменение геофизических свойств, таких, как электропроводимость, напряженность магнитного поля и/или сила тяжести, которые, по всей видимости, отражают температурные изменения и/или изменения в составе магнитных минералов, содержащихся в магме. Можно осуществлять контроль за изменением состава выходящих на поверхность газов, обусловленного смешиванием с газами поднимающейся магмы, и сравнивать состав этих газов с тем, который характерен для данного вулкана в спокойном состоянии. Упомянутые выше данные должны анализироваться вулканологами с учетом предыдущей геологической и геофизической информации о вулкане и его окрестностях. Для этого требуется детальное и систематическое нанесение на карты данных о типе, объеме и распределении лавы/пепла, оползнях и т.д., имевших место при извержениях, зарегистрированных в этом районе в современной истории и в доисторическую эпоху.

1.5.5 Для осуществления в будущем дистанционного, непрерывного и точного контроля за деформацией вулканов было предложено использовать глобальную систему определения местоположения, и с этой целью в Калифорнии были проведены эксперименты по подтверждению жизнеспособности такой концепции[6]. Указанная система уже широко и очень успешно используется для проведения геодезических и геологических изысканий. Было сделано предположение о возможности обнаружения, почти в реальном масштабе времени, деформаций поверхности вулкана с точностью порядка нескольких сантиметров в час (рис. 1-9). Предстоит также выяснить, можно ли выявить какие-либо надежные схемы или тенденции явлений, предшествующих вулканическому извержению, с тем чтобы на основе этих данных можно было выпускать соответствующие предупреждения. Аналогичные положительные результаты были зарегистрированы при дистанционном измерении деформации вулканов со спутников с использованием интерферометрических данных, полученных с помощью установленной на спутнике ERS-1 бортовой РЛС с синтезированной апертурой (SAR)[7]. На основе информации об изменении фазы, выделенной с двух или более радиолокационных изображений, полученных с помощью SAR при последовательных пролетах по одной и той же орбите, можно обнаружить в земной коре сдвиги величиной в несколько сантиметров. На спутнике ERS-2 будут также установлены прибор для обнаружения озона и "радиометр со сканированием вдоль траектории", обеспечивающий зондирование по шести инфракрасным каналам.

1.5.6 Создание вулканических обсерваторий, предназначенных для регулярного слежения за отдельными действующими вулканами или группами вулканов, является сравнительно новым явлением. В 1847 году на г. Везувий была построена вулканологическая обсерватория для проведения более или менее непрерывного наблюдения за вулканом, однако этот случай был единичным. В целом, в этот период наблюдение за вулканами ограничивалось краткосрочными или длительными экспедициями на действующий вулкан вместо обеспечения постоянного присутствия на данном вулкане или вблизи него. В 1912 г. Массачусетский институт технологии оборудовал на краю кальдеры, образованной вулканом Килауэа[8], Гавайскую вулканологическую обсерваторию. Очевидной целью создания этой обсерватории были непрерывный контроль за деятельностью вулкана и проведение общих научных исследований в области геофизической и геохимической природы вулканов. Таким образом, Гавайская вулканологическая обсерватория явилась первопроходцем в разработке многих методов слежения за вулканами, используемых сейчас во всем мире.

1.5.7 В настоящее время во многих государствах, на территории которых расположены вулканы, организовано наблюдение по крайней мере за некоторыми из действующих вулканов. Учитывая тот факт, что во всем мире насчитывается более пятисот известных действующих вулканов, обеспечение непрерывного слежения за каждым из упомянутых вулканов не представляется возможным. В действительности слежение ведется лишь за небольшим процентом известных действующих вулканов, причем не во всех случаях оно осуществляется на непрерывной основе. В Японии разработан эффективный метод решения данной проблемы. На территории Японии расположено 83 вулкана с зарегистрированной в истории вулканической деятельностью, 19 из которых находятся под регулярным наблюдением. Остальные 64 вулкана считаются

6. F.H. Webb and M.I. Bursik, “The potential for using GPS for volcano monitoring”, *Proceedings of First International Symposium on Volcanic Ash and Aviation Safety*, 1991, U.S. Geological Survey Bulletin 2047 (1994), p. 429.
7. ERS tandem mission, pp.47 ff, INTERAVIA May 1995.
8. R.I. Tilling, *Volcanoes*, US Geological Survey Publications, 1996, p.40.

уснувшими, однако существует соответствующим образом оснащенная дежурная группа наблюдения, способная прибыть в течение короткого времени к любому вулкану, проявляющему усиливающуюся вулканическую деятельность, и обеспечить детальное круглосуточное наблюдение в течение такого периода его активности[9].

1.5.8 На международном уровне координацию работы глобальной сети вулканологических обсерваторий осуществляет Всемирная организация вулканологических обсерваторий (WOVO), действующая при Международной ассоциации вулканологии и химии недр Земли (IAVCEI), которая, в свою очередь, является одной из полуавтономных ассоциаций Международного союза геодезии и геофизики (МСГГ). WOVO издает справочник, содержащий сведения о вулканологических обсерваториях по каждому государству, перечисленных в соответствии с системой нумерации, используемой Симкиным и Зибертом в *"Вулканах мира"*[10]. В указанном справочнике WOVO содержатся представленные государствами данные о размещении вулканологических обсерваторий и подробная информация о программе слежения за вулканами наряду с фамилиями/адресами/номерами телефонов и т. д. ответственных за ее выполнение вулканологов и сейсмологов. В большинстве вулканологических обсерваторий используются некоторые или все методы наблюдения, упомянутые в пп. 1.5.1–1.5.4 выше и предусматривающие проведение измерений на местах и использование оборудования для дистанционного зондирования, которое позволяет осуществлять запись и анализ данных в удаленных от вулкана офисах.

1.5.9 Очевидно, что прогнозирование вулканических извержений на длительный период является невозможным, и такая задача не ставится перед вулканологами. Однако можно делать краткосрочные прогнозы на основе данных наблюдения за конкретным вулканом, и такая практика становится все более успешной. Одним из примеров в этом отношении может служить разработка эмпирической зависимости между амплитудой толчков вулкана, регистрируемой сейсмографами, и степенью эксплозивности извержения. Было установлено[11], что с вероятностью 95 % действует следующее эмпирическое соотношение:

$$\log (\text{нормализованная деформация вулкана}) = 0{,}46\ (\text{VEI}) + 0{,}08.$$

На основе результатов анализа данных предшествующих извержений сделан вывод о том, что, когда сейсмическая деформация достигает критической амплитуды, вероятность эксплозивного извержения составляет от 60 до 80 %. В государствах, на территории которых имеются действующие вулканы, такому краткосрочному прогнозу отводится первостепенное значение в планах мероприятий по гражданской обороне и/или планах мероприятий по борьбе со стихийными бедствиями. При появлении признаков усиливающейся или необычной вулканической деятельности, определяемых на основе интерпретации данных регулярного слежения за вулканом, могут быть приняты меры по усилению мониторинга на местах для оценки вероятности извержения, его мощности и сроков. Указанная информация имеет огромное значение для полномочных органов гражданской обороны, так как позволяет им провести соответствующую организационную работу и приступить к осуществлению мер по эвакуации населения и т. д. в тех случаях, когда вулкан представляет угрозу для населенных пунктов. Важно также, чтобы оперативные подразделения полномочного органа гражданской авиации и полномочного метеорологического органа (районный диспетчерский центр и орган метеорологического наблюдения) были включены в соответствующих планах мероприятий по гражданской обороне/национальных планах мероприятий по борьбе со стихийными бедствиями в списки тех, кто подлежит незамедлительному уведомлению о вулканической деятельности, состоянии вулкана и любых краткосрочных прогнозах, составленных вулканологами. Указанные механизмы оповещения более подробно рассматриваются в главе 6. Хорошим примером эффективного предупреждения о вулканическом извержении может служить случай с вулканом Пинатубо на Филиппинах в июне 1991 г., когда

9. Смитсоновский институт, 1994 г.
10. *Directory of Volcano Observatories*, World Organization of Volcano Observatories (WOVO), 1997, p.74.
11. S.R. McNutt, “Volcanic tremor amplitude with volcano explosivity index (VEI) and its potential use in determining ash hazards to aviation”, *Proceedings of First International Symposium on Volcanic Ash and Aviation Safety*, 1991, U.S. Geological Survey Bulletin 2047 (1994), p. 377.

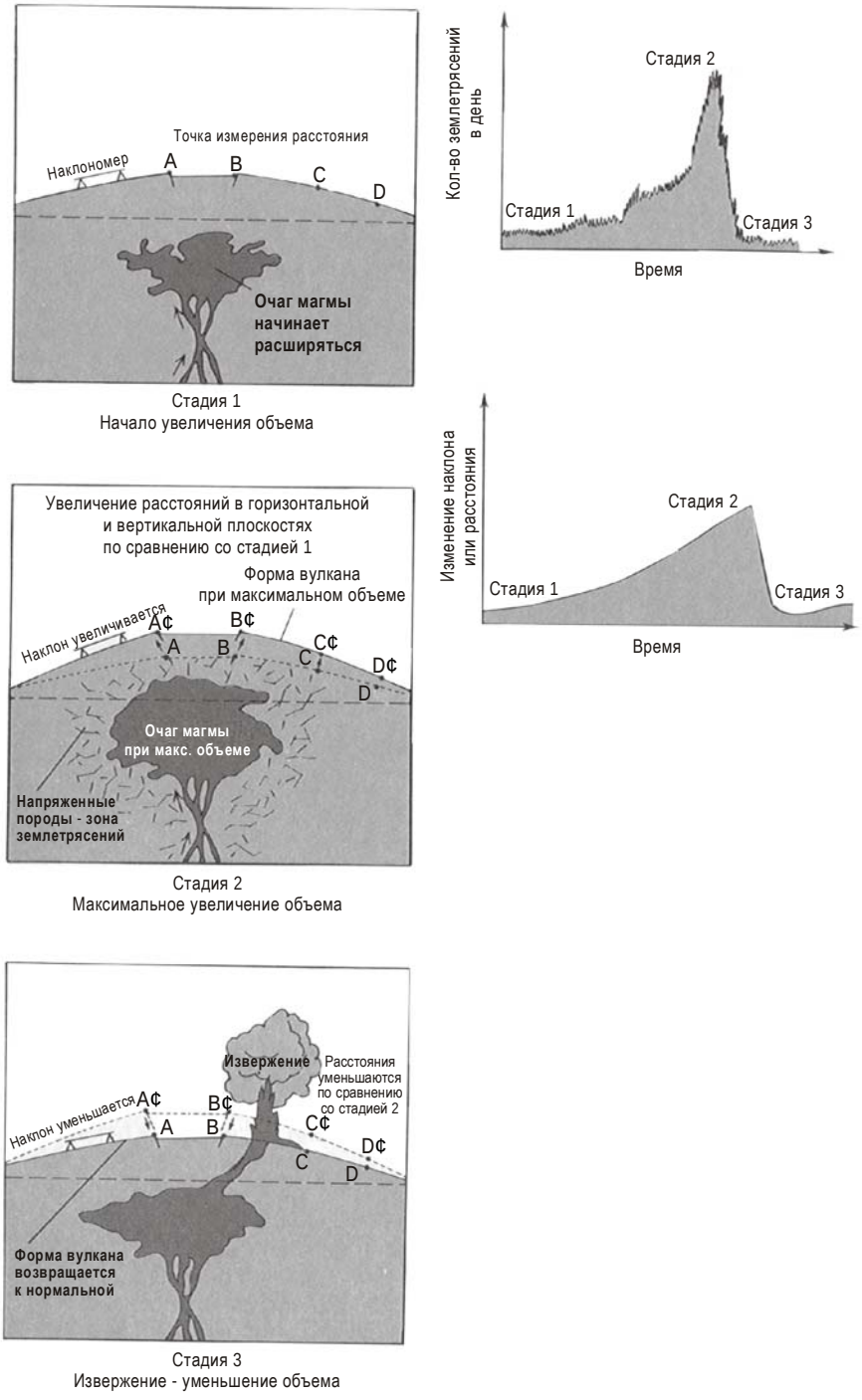


Рис. 1-8. На схематических диаграммах показаны три обычно наблюдаемые стадии в процессе типичного гавайского извержения. В нижней части рисунка показаны классические кривые частоты толчков землетрясения и изменения угла наклона или расстояния как функции от времени в течение этих трех стадий (измененный вариант иллюстрации Джона Д. Унгера, помещенной в информационном бюллетене по землетрясениям "Earthquake Information Bulletin", 1974 г., т. 6, с. 7). (Источник: Tilling)

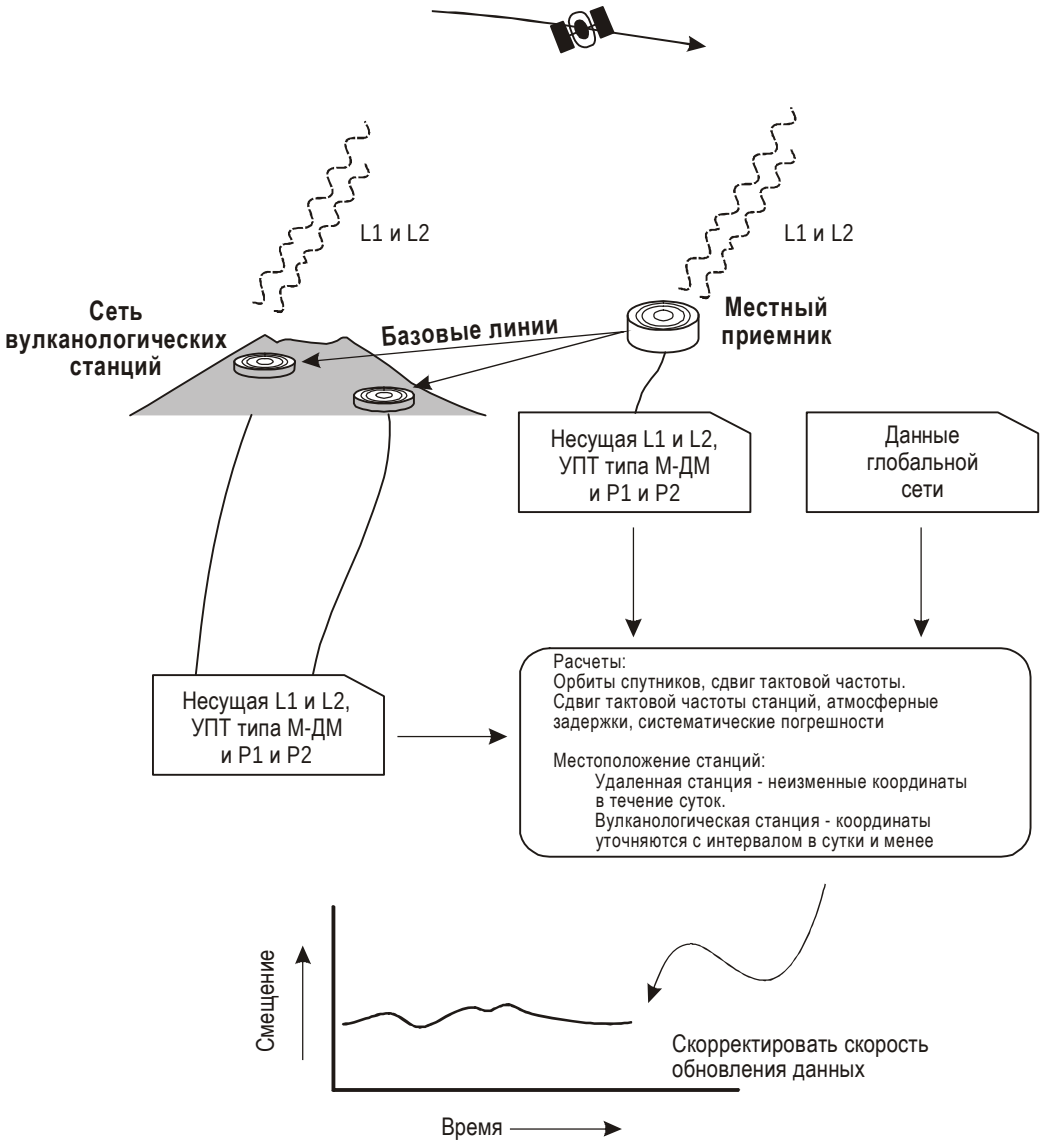


Рис. 1-9. Один из возможных вариантов системы непрерывного слежения за вулканами в режиме реального времени, осуществляемого с помощью GPS. Информация, поступающая в приемник данных наблюдения за вулканом, передается посредством модема на центральной пункт обработки информации; в этот пункт поступают также данные от приемников других глобальных и/или местных сетей. Получаемые от всех приемников данные "добавляются" к оценочным данным базовых линий между станциями наблюдения за вулканами и местными и/или глобальными приемниками. Пункт обработки информации проверяет данные базовых линий GPS для выявления ускоренной деформации. Эта информация используется для корректировки частоты, с которой поступают данные от вулканологической станции, в целях расчета относительного смещения. (Источник: Webb and Bursic)

такое предупреждение позволило военно-воздушным силам Соединенных Штатов Америки эвакуировать людей, транспортные средства и воздушные суда с территории расположенной близко к вулкану военно-воздушной базы "Кларк", прежде чем она была накрыта толстым слоем вулканического пепла и грязи, образовавшейся в результате последующих сильных дождей, вызванных тропическим циклоном "Джуниором", и таким образом свести к минимуму человеческие жертвы и потери воздушных судов и оборудования.

_____

Глава 2

ОБЛАКО ВУЛКАНИЧЕСКОГО ПЕПЛА

2.1 СОСТАВ ВУЛКАНИЧЕСКОГО ПЕПЛА И СОПУТСТВУЮЩИХ ГАЗОВ

2.1.1 Состав вулканического пепла в общих чертах упоминался в главе 1, однако, учитывая его серьезное воздействие на двигатели, планеры и оборудование реактивных транспортных воздушных судов, ему необходимо посвятить отдельный раздел. В сущности, вулканический пепел представляет собой чрезвычайно мелкие частицы распыленной горной породы, состав которой отражает состав находящейся внутри вулкана магмы. Поэтому состав облаков вулканического пепла различается в зависимости от конкретного вулкана. Однако в целом он состоит преимущественно из кремнезема (>50 %) и в меньших количествах из оксидов алюминия, железа, кальция и натрия (таблица 2-1). Кремнезем присутствует в пепле в виде стекловидных силикатов и под растровым электронным микроскопом напоминает мелкие осколки стекла с острыми краями (рис. 2-1). Этот стекловидный силикатный материал обладает большой твердостью, обычно порядка 5–6 единиц по шкале твердости по Моосу[1] (аналогичной типичному лезвию перочинного ножа) (таблица 2-2), и содержит определенную долю материала с твердостью, эквивалентной кварцу (уровень 7), причем все эти вещества в распыленном виде обладают чрезвычайно высокими абразивными свойствами. В коммерческой практике вулканический пепел используется в качестве абразивного порошка. Абразивный характер вулканического пепла имеет важное значение в связи с ущербом, который он причиняет конструкциям воздушных судов, стеклам кабины экипажа и частям двигателей, что подробно рассматривается в главе 4.

2.1.2 Помимо абразивного характера вулканического пепла другим важным свойством является температура его плавления. Поскольку вулканический пепел состоит преимущественно из стекловидных силикатов, температура плавления которых (~1100 °C) ниже температуры в реактивных двигателях, работающих в режиме нормальной тяги (1400 °C), он может расплавиться и отложиться в раскаленной части основного контура реактивного двигателя[2], например, на лопатках соплового направляющего аппарата. Последствия такой ситуации более подробно рассматриваются в главе 4, однако даже на этом этапе можно видеть потенциальную опасность серьезного повреждения двигателя. Более того, это является причиной, по которой пилотам, случайно вошедшим в облако вулканического пепла, рекомендуется, по возможности, уменьшить тягу двигателей до режима малого газа, при котором рабочая температура двигателей (~600 °C) ниже температуры плавления вулканического пепла.

2.1.3 Твердая масса, выбрасываемая при эксплозивных вулканических извержениях, весьма разнообразна и включает компоненты размером от чрезвычайно мелких частиц (< 5 мкм) до крупных кусков горной породы. Для описания всего диапазона частиц геологи используют термин "тефра", что на греческом языке означает пепел. Средний размер частиц в облаке вулканического пепла со временем уменьшается по мере оседания более крупных и более тяжелых частиц из этого облака (рис. 2-2). Концентрация пепла с расстоянием зависит от высоты подъема первоначальной пепловой колонны (рис. 2-3) и метеорологических условий, таких, как скорость и сдвиг ветра на разных высотах (особенно стратосферного ветра), а также от перепада

1. Шкала Мооса названа по имени немецкого минералога Фридриха Мооса и основана на шкале твердости от талька (уровень 1) до алмаза (уровень 10).
2. S.E. Swanson and J.E. Boget, "Melting Properties of Volcanic Ash", *Proceedings of the First International Symposium on Volcanic Ash and Aviation Safety,* 1991, U.S. Geological Survey Bulletin 2047 (1994), p. 87.

температуры. В целом термин "вулканический пепел" относится к описанию более мелких частиц "тефры" (< 2 мм в диаметре), и облака вулканического пепла, с которыми чаще всего приходится сталкиваться воздушным судам на некотором расстоянии от места извержения, в основном состоят из наиболее мелких частиц (< 0,1 мм в диаметре). Все вышеизложенные соображения играют важную роль при определении прогнозируемой траектории движения облака вулканического пепла и его предполагаемой концентрации. В таблице 2-3 приводятся данные, характеризующие периоды выпадения глобулярных частиц с различных высот под воздействием только силы тяжести. Можно заметить, что в таких идеализированных условиях наблюдается заметное изменение продолжительности нахождения частиц вулканического пепла в атмосфере от нескольких дней в случае частиц размера ~5 мкм до нескольких часов в случае частиц размером ~10 мкм.

2.1.4 Помимо вулканического пепла вулканические эруптивные колонны содержат также многочисленные газы, включая водяной пар, диоксид серы, хлор, сероводород и оксиды азота. Хотя процентное содержание каждого из этих газов изменяется в широких пределах в зависимости от конкретного вулканического извержения, преобладающими газообразными компонентами являются водяной пар, диоксид серы и хлор. Считается, что в своем газообразном виде эти компоненты облака вулканического пепла не причиняют существенного вреда воздушным судам. Однако после извержения в результате окисления и гидратации газа SO_2 образуются капли H_2SO_4 (серная кислота), которые совершенно меняют ситуацию. Результирующая смесь пепла/кислоты характеризуется высокой агрессивностью и может повредить реактивные двигатели и испещрить лобовые стекла, а в долгосрочной перспективе может также стать причиной дополнительных расходов на техническое обслуживание воздушных судов, регулярно выполняющих полеты в воздушном пространстве, загрязненном такими частицами пепла/кислоты даже в сравнительно малых концентрациях. На примере высокой кислотности дождя, выпавшего в результате выброса в атмосферу пепловой колонны при извержении вулкана Сакурадзима, видно [3], что капли, выпадающие в виде легкого дождя из пепловой колонны с высоты 300 м (1000 фут), имеют показатель pH<1. Положительной стороной связанных с облаками вулканического пепла газов и остаточных частиц пепла/кислоты является тот факт, что их легко обнаружить с помощью надлежащим образом оборудованных спутников. Данный аспект более подробно обсуждается в главе 5. Еще одним интересным аспектом образующихся в облаке вулканического пепла капель кислоты, который рассматривается в п. 2.3.1, является их роль в возникновении определенных электрических явлений, проявляющихся в облаках вулканического пепла.

2.2 ХАРАКТЕРИСТИКИ КОЛОННЫ ВУЛКАНИЧЕСКОГО ПЕПЛА

2.2.1 Образование и высота пепловых колонн

2.2.1.1 Механизм эксплозивных вулканических извержений был описан в пп. 1.2.1 и 1.2.2. Как показано на рис. 2-4, образующаяся при вулканическом извержении эруптивная колонна обычно включает три динамических режима: "подъемная сила газа", "конвективная подъемная сила" и "зонтичная область" (или "гриб"). Как уже указывалось ранее, область подъемной силы газа создается за счет резкой декомпрессии перегретых летучих компонентов, растворенных в поднимающейся вверх магме. В результате из жерла вулкана выбрасывается струя, состоящая из жидких веществ и распыленной горной породы и обладающая чрезвычайно высокой кинетической энергией, при этом в отдельных случаях ее максимальная скорость может превысить 500 уз[4]. В зависимости от условий окружающей среды в скорость эруптивной струи на выходе из жерла вулкана может достичь сверхзвуковой величины. Чрезвычайно высокая кинетическая

3. J.S. Gilbert and S.J. Lane, "Electrical phenomena in volcanic plumes". *Proceedings of the First International Symposium on Volcanic Ash and Aviation Safety,* 1991, U.S. Geological Survey Bulletin 2047(1994), p. 31.
4. S. Self and G.P.L. Walker, p. 70. (См. примечание 4, с. I-1-2).

Таблица 2-1. Состав частиц пепла, обнаруженных в облаках пепла, образовавшихся при недавних извержениях четырех вулканов (источник: Prata)

Компоненты	*Фуэго, 1974 г.*	*г. Сент Хеленс, 1980 г.*	*Эль-Чичон, 1982 г.*	*Галунггунг, 1982 г.*
	Процентное отношение по массе			
SiO_2	52,30	71,40	68,00	61,30
Al_2O_3	18,70	14,60	15,90	7,10
Fe_2O_3, FeO	9,10	2,40	1,60	7,10
CaO	9,40	2,60	2,12	5,70
Na_2O	3,90	4,30	4,56	4,00
MgO	3,40	0,53	0,25	1,70
K_2O	0,80	2,00	5,05	1,50
TiO_2	1,20	0,37	0,29	1,3
P_2O_5	—	0,99	0,00	é0,33

Таблица 2-2. Шкала твердости по Моосу

Тальк	1
Асфальт	1–2
Стекло (лобовое стекло)	5
Пемза	6
Кварц и кремний	7
Углеродистая сталь	7–8
Корунд	7–9
Карборунд	9–10
Алмаз	10

Таблица 2-3. Периоды выпадения шаровидных частиц с различных высот под воздействием только силы тяжести (источник: Prata)

Высота *м* × 10^3 (*фут* × 10^3)	r = 1,0 мкм	r = 2,0 мкм	r = 5,0 мкм	r = 10 мкм	r = 50 мкм	r = 100 кмк
	недели	дни	дни	часы	часы	минуты
2 (7)	8	15	2	14	0,6	9
5 (16)	21	37	6	36	1,4	21
8 (26)	34	59	10	57	2,3	34
10 (33)	42	74	12	71	2,9	43
12 (39)	51	89	14	86	3,4	51
15 (49)	64	111	18	107	4,3	64
20 (66)	85	149	24	143	5,7	86

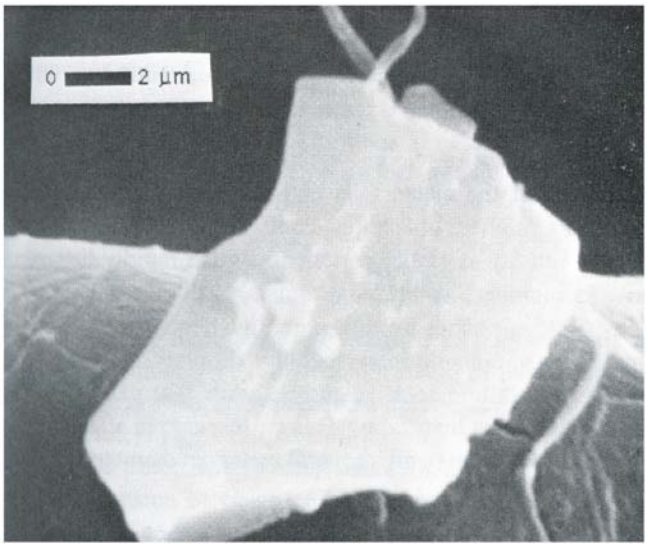


Рис. 2-1. Пепел, образовавшийся в результате извержения вулкана Сент Хеленс (Вашингтон) 18 мая 1980 г. Изображенный на рисунке осколок стекла длиной 7 мкм взят из образца, отобранного высотным воздушным судном на абсолютной высоте 18,3 км (60 000 фут) над южной частью центрального района штата Вайоминг 21 мая 1980 г. Данный осколок является частью образца со средним размером частиц 1,5 мкм. (Источник: Heiken)

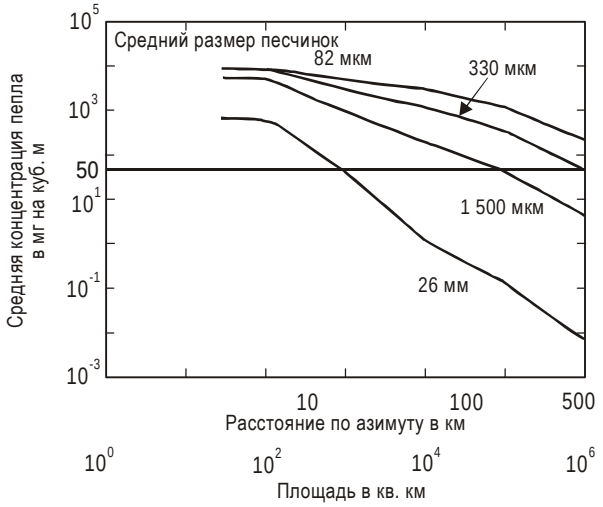


Рис. 2-2. Изменение концентрации песчинок при различных вариантах общего распределения их размера (рядом с кривыми показаны средние величины). Стандартное отклонение в единицах Ф для каждой кривой принято за 2,5. Варианты распределения указаны для извержений типа фреато-плинианского/коигнимбритного (средний размер = 82 мкм), вулканийского (330 мкм) и стромболианского (26 мм). (Источник: Woods and Bursik)

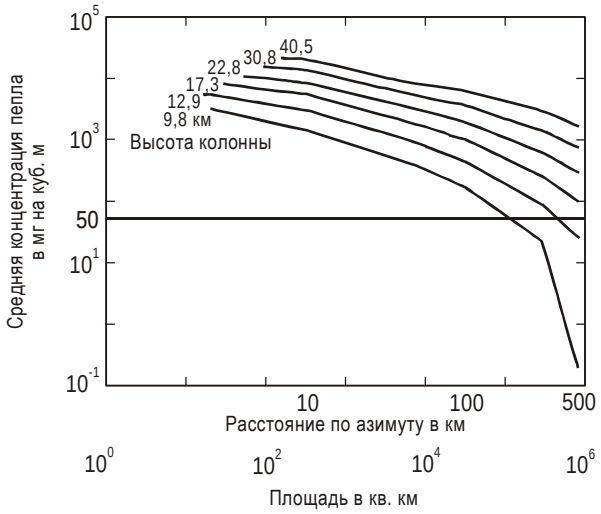


Рис. 2-3. Концентрация пепла как функция от площади, ограниченной изохронной поверхностью в пределах "зонтичного" облака при высоте эруптивной колонны 10–40 км (30 000 – 45 000 фут). (Изохронная означает измеренная в одно и то же время). (Источник: Woods and Bursik)

энергия на выходе из жерла означает, что такие эруптивные колонны при эксплозивных извержениях могут достичь эшелонов крейсерского полета реактивных воздушных судов от 10 до 14 км (30 000–45 000 фут) через 5–6 мин. На рис. 2-5 приводится типовая диаграмма соотношения времени и высоты для теоретической модели и для реального извержения. Из-за турбулентного характера смешивания с атмосферой и большой силы сопротивления область создаваемой газом подъемной силы редко превышает высоту ~3 км (10 000 фут). Замедление движения струи флюидизированных вулканических материалов происходит быстрыми темпами, и

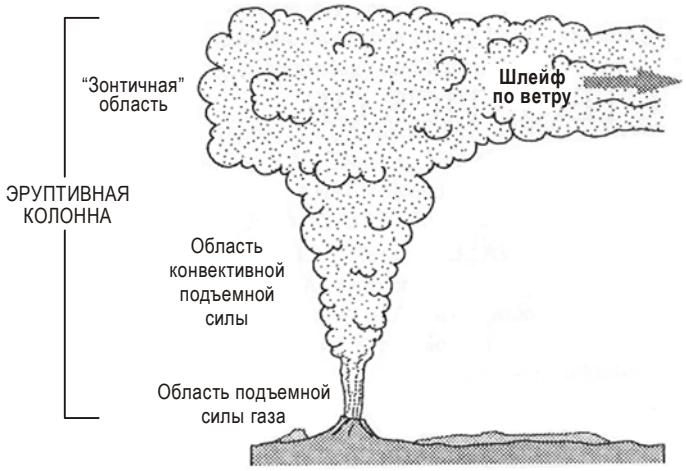


Рис. 2-4. Три части или области эруптивной колонны: область подъемной силы газа, область конвективной подъемной силы и "зонтичная" область. (Источник: Self and Walker)

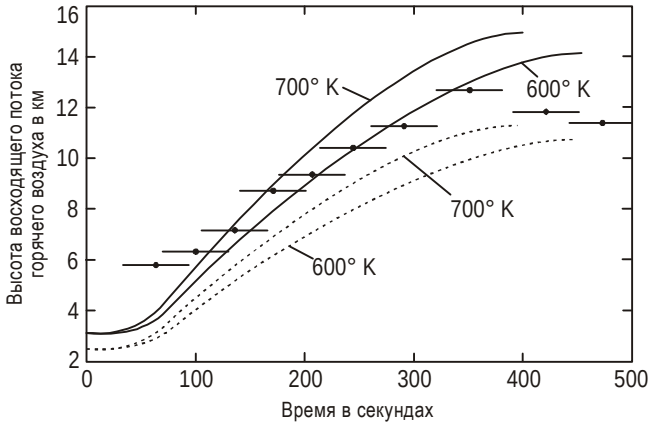


Рис. 2-5. Сравнение наблюдавшегося 15 апреля 1990 г. подъема облака, образовавшегося в результате извержения вулкана Редаут, с модельными прогнозируемыми данными общей высоты облака (сплошная линия) и высоты центра облака (пунктирная линия). Расчеты произведены для двух первоначальных модельных температур облака (600 °K и 700 °K), которые представляют собой границы первоначальной температуры облака (источник: Woods and Kienle). Указанные данные были получены путем анализа видеозаписей подъема облака. Горизонтальные линии, проходящие через точки данных, представляют собой погрешности результата

скорость подъема массы, как правило, уменьшается в самой верхней части области подъемной силы газа до величины менее одной десятой максимальной скорости у жерла вулкана. За исключением неудачных случаев, когда воздушное судно пролетает в момент извержения на низкой высоте над вулканом, область подъемной силы газа эруптивной колонны обычно не затрагивает непосредственно авиацию.

2.2.1.2 Хотя на начальном этапе эруптивная колонна является более плотной, чем окружающая атмосфера, тем не менее, если (как это обычно имеет место) в результате турбулентного смешивания с атмосферой в струю флюидизированного вулканического материала захватывается достаточное количество воздуха, который при этом быстро нагревается, эруптивная колонна пролетает уровень равновесия ("нейтральной плавучести") с окружающей атмосферой и таким образом создает область конвективной подъемной силы, где движущая сила, обеспечивающая дальнейшее движение колонны вверх, образуется в основном за счет тепловой энергии, т. е. энтальпии колонны, и ее более низкой плотности по сравнению с окружающим воздухом. Если в область подъемной силы газа захватывается недостаточное количество воздуха, то эруптивная колонна остается более плотной, чем окружающая атмосфера, и по мере рассеивания первоначальной кинетической энергии колонна обрушивается под силой тяжести, не образовав область конвективной подъемной силы. Указанная область конвективной подъемной силы в значительной степени определяет конечную высоту подъема колонны и поэтому играет исключительно важную роль в вопросе о том, представляет ли данное извержение потенциальную опасность для авиации. Из вышеуказанного явствует, что чем выше температура первоначальной струи флюидизированного материала на выходе из жерла вулкана, тем выше тепловая энергия, которая может быть перенесена в область конвективной подъемной силы, и тем больше высота верхней границы эруптивной колонны[5].

2.2.1.3 Не все конвективные колонны вулканического пепла, затрагивающие безопасность авиации, формируются при выходе из жерла и областей подъемной силы газа, как это описывалось выше. Некоторые из них, называемые "коигнимбритовыми облаками пепла", могут формироваться после обрушения колонны, обусловленного, как уже указывалось ранее, недостаточным количеством захваченного ей воздуха или за счет косонаправленных взрывов. В результате обрушения пепловой колонны образуется гравитационный поток горячих тефры и газов, именуемый "пирокластическим потоком", который по мере своего стремительного удаления от вулкана в конечном итоге захватывает достаточное количество окружающего воздуха, чтобы достичь уровня "плавучести", за счет чего создается коигнимбритовое облако, устремляющееся вверх под воздействием такого же механизма, который обеспечивает движение пепловой колонны в области конвективной подъемной силы, как это изложено в п. 2.2.1.2. Подобные коигнимбритовые пепловые облака могут содержать огромные количества пепла, который обычно достигает стратосферы и охватывает очень обширные районы.

2.2.1.4 Третий динамический режим колонны вулканического пепла представляет собой "зонтичную область" – верхнюю часть грибообразного облака пепла, когда под воздействием силы тяжести и температурной инверсии в тропопаузе скорость подъема облака начинает замедляться и его верхняя часть распространяется вначале радиально, а затем преимущественно в одном или нескольких конкретных направлениях под влиянием ветра на высотах в различных слоях атмосферы. Данная область в наибольшей степени затрагивает авиацию, поскольку происходит загрязнение огромных объемов воздушного пространства вулканическим пеплом высокой концентрации на стандартных эшелонах крейсерского полета реактивных воздушных судов на высоте от 10 до 14 км (30 000–45 000 фут).

5. *Volcanoes of the World,* Smithsonian Institution, 1994, p. 66.

2.2.2 Объем и концентрация вулканического пепла в эруптивных колоннах

2.2.2.1 Полная оценка огромных объемов тефры, выбрасываемой в атмосферу при плинианских извержениях, может оказаться трудной задачей. Например, согласно расчетам объем тефры, выброшенной в атмосферу в 1815 г. во время самого сильного в истории эксплозивного извержения вулкана Тамбора (Индонезия), превысил 100 км^3 [6]. Однако даже это мощнейшее извержение не идет ни в какое сравнение с целым рядом доисторических извержений, при которых объем магматических отложений, измеренный современными геологами, составил свыше 1000 км^3. Вопрос об объеме извергаемой вулканами породы рассматривался в п. 1.1.1 в связи с "показателем вулканической эксплозивности вулканов", а приблизительный диапазон соответствующих значений приведен в таблице 1-1. Важно иметь в виду, что вулканические извержения, характеризующиеся показателем VEI = 3 или 4, происходят несколько раз в год и могут привести к выбросу в атмосферу 0,01–0,1 км^3 тефры, а при извержениях с показателем VEI > 4 (г. Сент Хеленс, г. Пинатубо) объем тефры составляет примерно 1 км^3, и по статистике такие извержения могут происходить по крайней мере раз в десять лет.

2.2.2.2 Концентрацию вулканического пепла, отмечаемую в атмосфере после извержения, вулканологи обычно называют "массовой долей". Как правило, массовая доля в зонтичной области колонны вулканического пепла изменяется с ее высотой приблизительно по линейному закону от примерно 2500 мг/м^3 для колонны, достигающей высоты 7 км, до величины свыше 20 000 мг/м^3 в случае, когда она достигает высоты 40 км[7]. В соответствии с расчетами концентрация вулканического пепла в облаке, в которое вошло воздушное судно B-747 авиакомпании KLM во время извержения г. Редаут в декабре 1989 г., составляла порядка 2000 мг/м^3. Последствия для реактивного двигателя, подвергшегося воздействию вулканического пепла, зависят от целого ряда параметров, включая концентрацию пепла, тип двигателя, установленный режим тяги двигателя, время воздействия и состав пепла. Более подробное рассмотрение этих параметров приводится в главе 4. Плотность типичного сухого вулканического пепла составляет 1,4 г/см^3, а влажность вулканического пепла – 2 г/см^3.

2.2.2.3 На основе результатов теоретических и экспериментальных исследований процесса осаждения частиц, позволивших получить расчетные данные о средней концентрации в атмосфере частиц вулканического пепла размером больше заданной величины на различных расстояниях вокруг вулкана, были разработаны модели эксплозивных вулканических извержений. На рис. 2-6 показаны данные такого анализа, выполненного для вулкана Фогу в Кабо-Верде. На рис. 2-7 приведены теоретические расчеты концентраций вулканического пепла при различных значениях скорости ветра, агрегации частиц, высоты эруптивной колонны и среднего размера песчинок. Результаты, полученные путем вышеупомянутого моделирования, в достаточной степени согласуются с данными анализа фактических отложений вулканического пепла на земле. Более того, они являются серьезным подтверждением вывода о том, что концентрации вулканического пепла, превышающие (на несколько порядков) уровень, при котором в ряде случаев реактивные двигатели получили значительные повреждения, могут сохраняться в атмосфере на стандартных эшелонах крейсерского полета реактивных транспортных воздушных судов в нескольких сотнях километров от места извержения.

2.2.2.4 Концентрация вулканического пепла имеет исключительно важное значение при обнаружении пепловых колонн и облаков пепла и слежении за ними с помощью получаемых со спутников изображений, а также при задании воздушным судам маршрутов обхода вокруг облака. В рамках последнего аспекта состоялось широкое обсуждение вопроса о так называемых "старых" облаках вулканического пепла или облаках пепла, сохраняющихся в атмосфере в течение более 48 ч после извержения. Хотя концентрация пепла в таких облаках будет, вероятно, низкой, тем не менее из-за различных вызванных ими оптических эффектов они могут быть достаточно заметными для пилотов, чтобы создать значительные проблемы для органов обслуживания воздушного движения, выражающиеся в большом количестве запросов пилотов об изменении

6. A.J. Prata, "Volcanic Ash Detection and Air Safety", Final Report of the CSIRO, COSSA Publication 024, Australia, 1990, p. 39.
7. R.S.J. Sparks, M.I. Bursik, S.N. Carey, A.W. Woods and J.S. Gilbert, "The Controls of Eruption-Column Dynamics on the Injection and Mass Loading of Ash into the Atmosphere", *Proceedings of the First International Symposium on Volcanic Ash and Aviation Safety,* 1991, U.S. Geological Survey Bulletin 2047 (1994), p. 81.

маршрутов или эшелонов полета. Вопрос состоит в том, когда концентрация пепла в загрязненном воздушном пространстве снижается до уровня, который считается безопасным для воздушных судов? Более того, пролет через пространство даже с очень малой концентрацией пепла, считающейся в данный момент безопасной с точки зрения вероятности повреждения двигателей, может, как уже указывалось в п. 2.1.4, в долгосрочном плане стать причиной ущерба для двигателей с существенными экономическими последствиями. Более подробно эти вопросы рассматриваются в главе 4.

2.3 ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ В ОБЛАКАХ ВУЛКАНИЧЕСКОГО ПЕПЛА

2.3.1 Разряды молний в облаках вулканического пепла наблюдаются еще с древних времен. Часто такие молнии могут представлять собой довольно эффектное зрелище и четко указывают на то, что колонны вулканического пепла имеют очень большой заряд электричества. Более того, одним из основных средств определения того, что воздушное судно вошло в облако вулканического пепла, является электростатический разряд, проявляющийся в виде свечения ("огни св. Эльма") на концах планера и внутри реактивных двигателей. Заряд статического электричества на воздушном судне также создает эффект "кокона", который может стать причиной временного ухудшения или даже полной потери ОВЧ- или ВЧ-связи с наземными станциями. Существует некоторая неопределенность в отношении механизма генерации столь мощного электрического заряда. Согласно одной из точек зрения заряд накапливается за счет столкновения частиц пепла в эруптивной колонне[8], в то время как другая исходит из того, что заряд генерируется в основном благодаря процессам трения и эмиссии, происходящим при фрагментации магмы в канале вулкана, а не в результате столкновения частиц в эруптивной колонне[9]. Какова бы ни была причина этого явления, практика показывает, что градиент потенциала электрического поля в колонне/облаке вулканического пепла часто достигает ± 3 кВ/м[1] и может достичь величины до 10 кВ/м[1]. В целом, выпадение частиц пепла сопровождается отрицательными отклонениями электрического потенциала от фонового потенциала, в то время как при выпадении капель кислотного дождя наблюдаются положительные отклонения.

2.3.2 Большой электрический заряд колонн вулканического пепла представляет собой не только теоретический интерес. В определенной степени, особенно на самом начальном этапе извержения, связанная с ним молния может оказаться полезной при осуществлении контроля за местоположением и границами распространения колонны. Было также высказано мнение[10] о том, что градиент напряженности электрического поля можно отслеживать с помощью оборудования, которое можно установить на борту воздушных судов и тем самым обеспечить независимую систему предупреждения воздушных судов о наличии в атмосфере аномально высоких электрических зарядов, связанных либо с вулканическим пеплом, либо с грозами, но которых следует избегать в любом случае. Определенные исследования электрического поля в колоннах вулканического пепла были проведены с помощью так называемой "вулканической рабочей лаборатории" на г. Сакурадзима в Японии[11]. Начиная с 1950-х годов на этом вулкане почти ежедневно происходят извержения вулканнского типа. Хотя указанные извержения часто носят эксплозивный характер и сопровождаются вызванными взрывами землетрясениями и атмосферными ударными волнами, они обычно длятся лишь несколько часов, а эруптивные колонны достигают максимальной высоты 3 км. Эти качества превратили данный вулкан в идеальное место для проведения исследований вулканического пепла. Учитывая большой электрический заряд, проявляемый частицами вулканического пепла, а также тот факт, что диаметр частиц пепла достаточно мал, чтобы проникнуть в фильтрующие системы воздушных судов, высказывается обеспокоенность в связи с тем, что заряженные частицы могут попасть в системы охлаждения

8. Prata, p. 39. (См. примечание 6, с. I-2-6).
9. Gilbert and Lane, page 31. (См. примечание 3, с. I-2-3).
10. Prata, p. 39. (См. примечание 6, с. I-2-6).
11. Gilbert and Lane, page 31. (См. примечание 3, с. I-2-3).

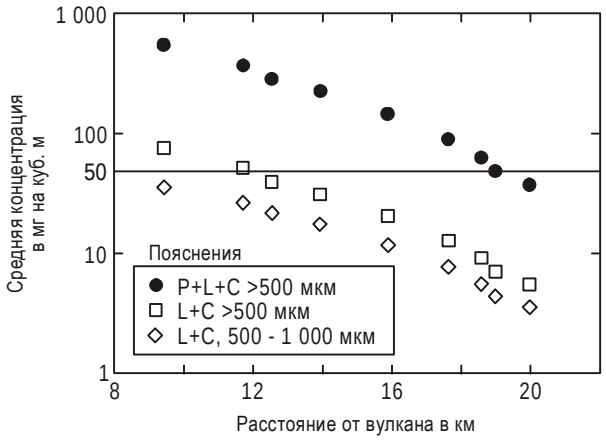


Рис. 2-6. Предполагаемая концентрация пирокластики в "зонтичном" облаке, образовавшемся при извержении вулкана Фогу, как функция расстояния от канала вулкана вдоль оси рассеивания. Концентрация пирокластики по другим направлениям будет несколько меньшей. P – пемза; L – обломки камней (горной породы); C – кристаллы. (Источник: Bursik, Sparks, Carey and Gilbert)

бортового электронного оборудования и оказать неблагоприятное воздействие на полупроводниковые устройства. До настоящего времени сведений о таких случаях еще не поступало, однако ситуация требует тщательного контроля.

2.4 ПЕРЕМЕЩЕНИЕ ОБЛАКОВ ВУЛКАНИЧЕСКОГО ПЕПЛА

2.4.1 Описанная в п. 2.2.1.4 "зонтичная" область колонны вулканического пепла представляет собой начальный этап формирования облака вулканического пепла. Размеры облака и его последующее удаление от места нахождения вулкана зависят от сочетания таких факторов, как естественное рассеивание облака в атмосфере и его перемещение как единого целого под воздействием тропосферных и стратосферных ветров. Скорость рассеивания пеплового облака и концентрация/средний размер частиц пепла в облаке на любой данный момент в будущем зависят от массовой доли в эруптивной колонне и ее первоначальной высоты (см. п. 2.2.2), тропосферных и стратосферных ветров (перемещение каждого слоя и сдвиг ветра), стабильности состояния атмосферы (включая турбулентность) и осаждения частиц пепла под силой тяжести, а также за счет атмосферных осадков. В зависимости от профиля ветра на высотах облако пепла может быть разрезано ветром и двигаться в заметно различающихся направлениях на различных высотах в атмосфере. Как правило, наиболее сильные ветры наблюдаются в верхних слоях тропосферы, ниже тропопаузы и, в зависимости от широты, могут включать струйное течение. Ситуация такова, что данный слой атмосферы, находящийся на высоте от 10 до 14 км (~ 30 000–45 000 фут) и характеризующийся наиболее сильным ветром, является также областью высот, на которых выполняется большинство крейсерских полетов реактивных транспортных воздушных судов. Это увеличивает вероятность контакта реактивных воздушных судов с облаком вулканического пепла значительной концентрации в сотнях километров от вулканического извержения. В качестве примера можно отметить, что донесения о контакте с облаком вулканического пепла, образовавшегося в результате извержения вулкана Пинатубо (1991), поступали с борта воздушных судов, выполнявших полет над Индийским океаном.

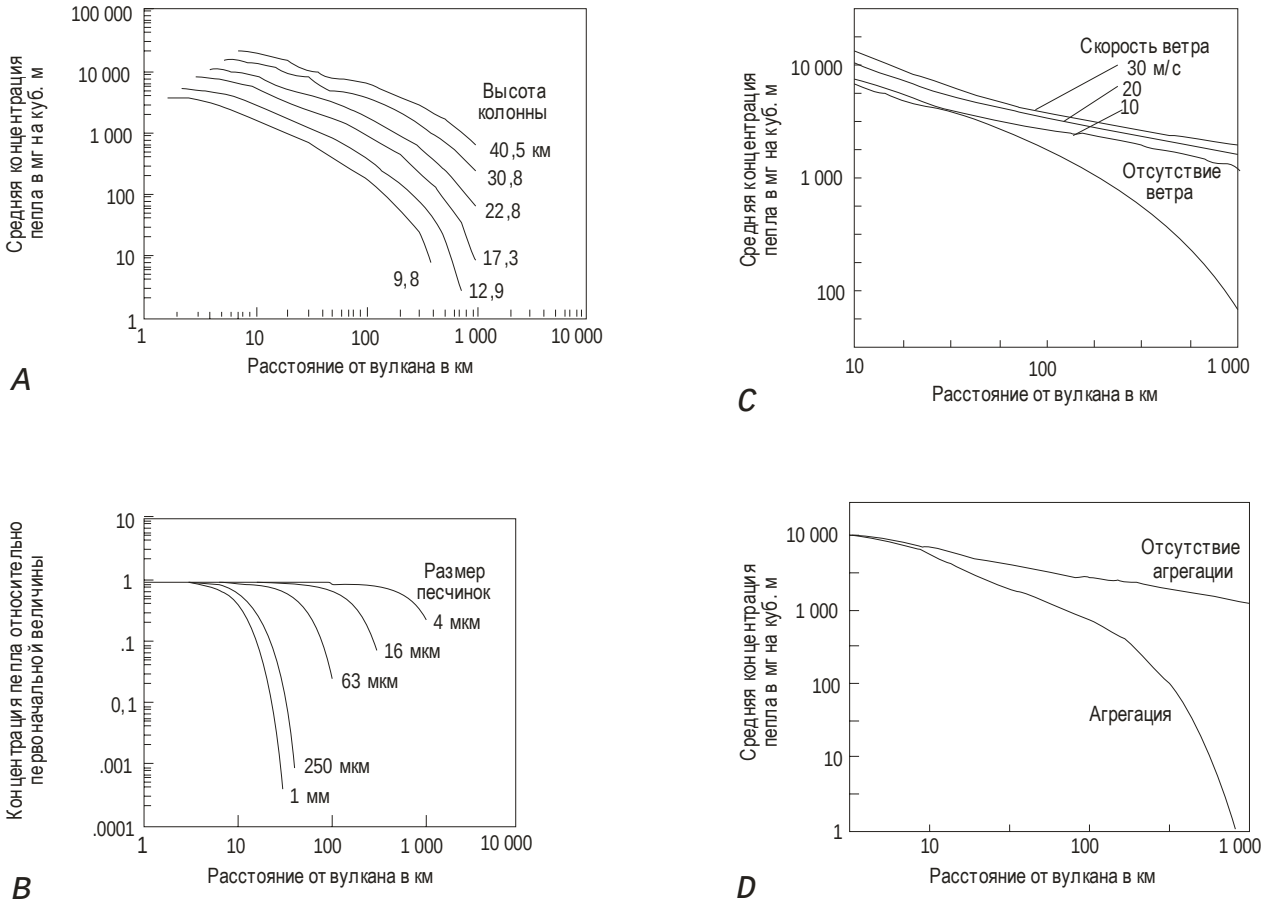


Рис. 2-7 A. Кривая концентрации пепла в "зонтичном" облаке (в мг/м3) в зависимости от расстояния для шести различных значений высоты эруптивной колонны и при рассеивании в условиях отсутствия ветра.
B. Кривая относительной концентрации пепла в зависимости от расстояния по каждому классу размера песчинок для эруптивной колонны высотой 22,8 км (75 000 фут) в условиях отсутствия ветра.
C. Кривая концентрации пепла (в мг/м^3) в зависимости от расстояния для колонны высотой 22,8 км (75 000 фут), изверженной в отсутствии ветра, и для перемещения по ветру слоя толщиной 5 км с абсолютной высотой нижней границы облака 15,9 км (52 000 фут) при скорости ветра 20, 40 и 60 уз, а также для случая, когда ветер отсутствует.
D. Сравнение данных изменения концентрации пепла с расстоянием в направлении ветра в случае отдельного выпадения частиц всех размеров и в случае агрегации частиц размером менее 63 мкм. асчеты сделаны для скорости ветра 20 уз и толщиной слоя 5 км (16 000 фут) с абсолютной высотой нижней границы облака 15,9 км (52 000 фут). (Источник: Bursik, Sparks, Carey and Gilbert)

2.4.2 Метеорологические условия в стратосфере существенно отличаются от условий в тропосфере. В частности, они характеризуются преимущественно зональными, умеренными и стабильными ветрами, преобладающими в течение значительных периодов времени, отсутствием осаждения частиц пепла за счет атмосферных осадков и малой нестабильностью и турбулентностью. При этих условиях, если колонна вулканического пепла проникнет в стратосферу, то образовавшееся из нее облако вулканического пепла может быть перенесено на очень большие расстояния. Известны многочисленные случаи, когда вулканический пепел, выброшенный в атмосферу во время таких извержений, совершал

облет вокруг Земли в поясе тропиков приблизительно за 14 дней, причем в конечном итоге этот цикл повторялся несколько раз. На этой стадии указанные облака пепла становятся очень диффузными и, как правило, могут быть обнаружены на основе полученных с помощью спутников данных за счет присутствия аномально высоких концентраций газа SO_2 (см. главу 3). Следует отметить, что высота тропопаузы, которая представляет собой "границу" между тропосферой и стратосферой, является наибольшей возле экватора и наименьшей у полюсов. В зимний период на высоких широтах тропопауза часто находится на абсолютной высоте ниже 10 км, поэтому вероятность достижения стратосферы колоннами вулканического пепла, образующимися при эксплозивных извержениях на Камчатке, Курильских, Алеутских островах и на Аляске, является достаточно высокой. При регулярных полетах в стратосфере на высоких широтах воздушные суда подвергаются воздействию очень мелких частиц пепла/серной кислоты. В настоящее время проводятся исследования по определению долгосрочных последствий такого воздействия для технического обслуживания. Однако уже было замечено, что ухудшение прозрачности стекол кабины экипажа/иллюминаторов пассажирского салона происходит быстрее на воздушных судах, выполняющих регулярные полеты через Тихий океан, что требует более частой повторной шлифовки или замены с соответствующими значительными затратами для авиакомпаний.

2.4.3 Движение облака вулканического пепла от места нахождения вулкана и постепенное осаждение более крупных частиц пепла в течение первых нескольких часов имеют важные последствия для аэропортов, расположенных на расстоянии менее ста километров от вулкана с подветренной стороны. Как это будет подробно обсуждаться в главе 5, такое осаждение пепла может полностью парализовать аэропорт, находящийся в пределах видимости вулкана, а также серьезно нарушить производство полетов воздушных судов в аэропортах на еще больших расстояниях от вулкана с подветренной стороны.

Глава 3

НАБЛЮДЕНИЕ/ОБНАРУЖЕНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ВУЛКАНИЧЕСКОГО ПЕПЛА В АТМОСФЕРЕ

3.1 НАБЛЮДЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ НАЗЕМНЫХ СРЕДСТВ

3.1.1 Прямое визуальное наблюдение за вулканическим пеплом с земли в значительной степени зависит от предварительного получения наблюдателем информации о произошедшем в данной местности извержении. Во время фактического извержения вулкана наблюдение осуществляется непосредственным образом и описанные в главе 2 пепловая колонна и грибовидное облако, формирующееся в "зонтичной" области, легко распознаваемы. Однако после того как "зонтичная" область, перемещаясь на больших высотах, удаляется на некоторое расстояние от вулкана, становится все труднее отличать облако пепла от обычного облака (из кристаллов льда) верхнего яруса. Как правило, пелена пепла на большой высоте размывает желтоватый цвет солнца, и оно выглядит очень бледным с коричневатыми или сероватыми оттенками по краям. В некоторых случаях, особенно после крупных извержений, вокруг солнца можно видеть подобие короны, внутренний радиус которой имеет ширину угла 10°, а внешний радиус – 20°. Указанный угловой радиус зависит от распределения размеров частиц и времени суток (высота солнца над горизонтом); приведенные выше значения являются типичными для полудня, причем радиус несколько увеличивается по мере приближения солнца к горизонту. Данный тип короны известен как "кольцо Бишопа" (епископ) с определенным церковным оттенком значения, но, возможно, и неочевидным, поскольку в действительности явление названо по имени Серено Е. Бишопа из Гонолулу, который впервые его описал, однако факты таковы, что он действительно был священником. Как уже указывалось в главе 2, в процессе крупных плинианских извержений на большую высоту в стратосферу выбрасывается огромное количество вулканического пепла. В тех случаях, когда такие извержения происходят в пределах тропических широт, пепел может переноситься стратосферными ветрами вокруг планеты множество раз; примером экстремального случая является извержение вулкана Тамбора в 1815 г., из-за которого в северном полушарии в 1816 г. практически не было лета. Такая пелена пепла на больших высотах сама по себе легко различима с земли и может стать причиной зрелищных и необычных закатов в течение многих последующих месяцев. Относительно высоты колонны вулканического пепла можно, вероятно, отметить, что она, как правило, недооценивается наземными наблюдателями.

3.1.2 Характеристики наземных радиолокаторов настроены оптимальным образом на обнаружение осадков (метеорологические РЛС) либо движущихся целей (РЛС для целей УВД и военных целей). Указанные радиолокаторы обычно работают в частотных диапазонах X, C или S и иногда в диапазоне L, при этом длина волн изменяется от 3 см (диапазон X) до 77 см (диапазон L). С теоретической точки зрения[1] оптимальная длина волны для обнаружения радиолокатором вулканического пепла должна составлять от 3 мм до 3 см, например, в диапазоне K. Вышеизложенное объясняет тот факт, что вулканический пепел часто обнаруживают наземные метеорологические РЛС, работающие в диапазоне X, особенно в тех случаях, когда радиолокатор находится близко (в пределах 100 км) от места извержения, что также соответствует времени, когда пепловая колонна является плотной и все еще насыщенной частицами пепла более крупного размера. В действительности РЛС представляет собой единственное эффективное средство измерения фактической высоты первоначальной колонны вулканического пепла.

1. W.I. Rose and A.B. Kostinski, "Radar Remote Sensing of Volcanic Clouds", *Proceedings of the First International Symposium on Volcanic Ash and Aviation Safety,* 1991, U.S. Geological Survey Bulletin 2047 (1994), p.391.

3.1.3 Результаты исследований по данной проблеме указывают на то, что оптимизация рабочих характеристик наземных РЛС для обнаружения вулканического пепла представляется возможной. В частности, как уже упоминалось выше, для этой цели могла бы быть использована длина волны в диапазоне К, а доплеровский радиолокатор и поляризация сигнала могли бы обеспечить важную информацию о размере, форме и скорости движения частиц. Однако установка такого радиолокатора с оптимизацией рабочих характеристик специально для обнаружения вулканического пепла с целью осуществления контроля за вулканом или даже группой вулканов была бы дорогостоящим мероприятием, особенно в ситуации, когда ни один из наблюдаемых вулканов может не извергаться в течение десятилетий или даже дольше. Если бы радиолокатор был мобильным, то по крайней мере его можно было бы перемещать в район расположения любого вулкана, который проявляет значительно усилившуюся вулканическую деятельность.

3.2 НАБЛЮДЕНИЯ С БОРТА ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

3.2.1 Несмотря на постоянное улучшение положения дел, научному мониторингу подвергается лишь незначительная часть всех действующих вулканов в мире. Поскольку вулканы хорошо видны из кабины экипажа, а полеты над удаленными районами выполняются на регулярной основе, зачастую пилоты первыми наблюдают вулканическое извержение или облако вулканического пепла. В этой связи, учитывая опасность вулканического пепла для воздушных судов, исключительно важно, чтобы государства требовали от пилотов воздушных судов, если позволяет рабочая нагрузка, своевременно сообщать о наблюдаемой вулканической деятельности в соответствии с положениями п. 5.5 g) и h) Приложения 3 *"Метеорологическое обеспечение международной аэронавигации",* и в соответствии с п. 5.9 Приложения 3 передавали специальные донесения с борта воздушного судна. Однако достижение баланса между повторяющимися сообщениями о вулканах, практически ежедневно выбрасывающих в атмосферу дым/пар, с одной стороны, и игнорированием всего, кроме готового начаться извержения, с другой стороны, является достаточно трудной задачей. В данном контексте понятие "вулканическая деятельность, предшествующая извержению", приводится в Приложении 3 и означает "необычную и/или усиливающуюся вулканическую деятельность, которая может предвещать вулканическое извержение". Считается, что пилоты должны сообщать лишь о результатах своих наблюдений, которые в значительной степени могут носить субъективный характер. Тем не менее, в таких случаях пилоты должны направлять с борта воздушных судов специальные донесения о вулканической деятельности, а соответствующий районный диспетчерский центр будет рассматривать вопрос о необходимости выпуска сообщения NOTAM. Согласно п. 5.5 g) и h) Приложения 3 пилотам следует составлять специальные донесения о результатах наблюдения в случае обнаружения вулканической деятельности, предшествующей извержению, или извержении вулкана или о случаях попадания в облако вулканического пепла или его обнаружения, что может оказать влияние на безопасность выполнения полетов другими воздушными судами, и, в соответствии с п. 5.9 Приложения 3, передавать специальные донесения в борта воздушного судна. Для того, чтобы пилоты осознавали важность представления донесений о вулканической деятельности и располагали информацией об имеющихся для этого средствах, государствам следует рекомендовать авиакомпаниям включать в руководства по производству полетов положения, касающиеся наблюдения за вулканической деятельностью и представления донесений, а также предусмотреть подготовку летных экипажей по этим вопросам и включить инструктивный материал, например в руководства по периодической подготовке персонала. Признаки непреднамеренного контакта воздушного судна с облаком вулканического пепла указаны в п. 3.2.2. Порядок действий летного экипажа в случае попадания в облако вулканического пепла изложен в инструкциях и процедурах изготовителя оборудования. Общая информация по этому вопросу содержится в п. 4.5 главы 4.

3.2.2 Признаки того, что воздушное судно находится в контакте с вулканическим пеплом в основном сводятся к следующему:

Запах. При контакте с вулканическим пеплом летные экипажи обычно отмечают дымный или едкий запах, который может напоминать запах, возникающий при горении электропроводки, запах сгоревшей пыли или серы.

Дымка. Большинство летных экипажей, а также кабинных экипажей или пассажиров наблюдают появление дымки внутри кабины экипажа и/или салона воздушного судна. Поверхности могут покрываться налетом.

Меняющийся режим работы двигателей. Могут возникнуть помпаж, догорание топлива в выхлопной трубе и заглушения двигателей. Температура двигателя может неожиданно изменяться, а в области воздухозаборника может появиться белое свечение.

Воздушная скорость. Если вулканический пепел засоряет приемник воздушного давления, приборная скорость может падать или беспорядочно колебаться.

Герметизация. Давление в салоне может меняться, включая возможную разгерметизацию салона.

Статические разряды. Может возникнуть явление, аналогичное "огням св. Элма", или свечение. В этих случаях могут наблюдаться голубоватые вспышки с внешней стороны лобового стекла, или может возникнуть белое свечение на передних кромках крыла или с наружной стороны воздухозаборников.

Могут отмечаться другие аномалии в двигателях и/или системах. Они рассматриваются в главе 4 вместе с действиями, которые должен предпринимать пилот в таких случаях. Следует еще раз подчеркнуть, что на экране бортового метеорологического радиолокатора не появляется каких-либо отметок "отраженных сигналов" или "эхо-сигналов" от облака вулканического пепла.

3.3 НАБЛЮДЕНИЯ СО СПУТНИКОВ

3.3.1 Общие положения

3.3.1.1 В настоящее время в эксплуатации находится целый ряд спутниковых систем, которые могут оказать помощь в обнаружении облаков/колонн вулканического пепла. Как уже указывалось ранее, одной из главных проблем в обнаружении вулканических извержений является тот факт, что за большинством действующих вулканов не ведется никакого наблюдения наземными средствами. Поэтому использование спутников рассматривается в качестве окончательного решения вопроса о дистанционном слежении за вулканами. Хотя в принципе это соответствует действительности, на практике возникает ряд трудностей, которые ограничивают эффективность контроля за вулканическими извержениями и облаками пепла с помощью спутников. Во-первых, рабочие характеристики имеющихся спутниковых систем не оптимизированы для целей обнаружения вулканического пепла. Во-вторых, в общем плане проблема обнаружения и отслеживания облака вулканического пепла упрощается, если уже известно о том, что произошло извержение. Обнаружение самого извержения на основе анализа получаемых в настоящее время со спутников данных является чрезвычайно трудной задачей, и, по всей вероятности, она останется таковой в течение значительного периода времени. Для преодоления вышеуказанных и иных трудностей предложены различные решения, которые обсуждаются в заключительном разделе настоящей главы. В нижеследующих разделах рассматриваются существующие спутниковые системы и вопросы их пригодности для целей контроля за вулканическими извержениями и облаками вулканического пепла.

3.3.1.2 В настоящее время в эксплуатации находятся два основных вида спутников: с полярной и геостационарной орбитами. Спутники с полярной орбитой совершают полет по околоземной орбите на абсолютной высоте 700–1200 км и синхронизированы по солнцу, то есть они пролетают над одними и теми же точками на Земле приблизительно в одно и то же время дня и ночи и завершают глобальный охват каждые 24 ч. Геостационарные спутники движутся по орбите со скоростью вращения Земли и остаются неподвижными по отношению к наблюдателю на земле. Они располагаются над экватором на абсолютной высоте 36 000 км. У каждого вида спутника имеются свои преимущества и недостатки. Спутники с полярной орбитой обеспечивают глобальный охват, хотя только дважды в день, и самую высокую разрешающую способность при использовании аналогичных датчиков. Геостационарные спутники обеспечивают почти непрерывный охват той части земной поверхности, которая находится в пределах видимости каждого из них, однако разрешающая способность постепенно ухудшается по мере приближения к полюсам. Спутники на полярной орбите используются для получения метеорологических данных, а также для целей экологического контроля, навигации, поиска и спасания и топографической съемки местности, в то время как геостационарные спутники применяются главным образом для электросвязи и метеорологических целей.

3.3.1.3 В рамках проблемы обнаружения вулканических извержений и облаков вулканического пепла интерес представляют оба вида спутников. Как уже указывалось ранее, необходимо максимально использовать существующие датчики, рабочие характеристики которых не были оптимизированы для целей наблюдения за вулканической деятельностью или ее обнаружения. В настоящее время наилучшие возможности в этом отношении имеются у оборудования спутников с полярной орбитой, и использование этих систем будет рассмотрено в первую очередь.

3.3.2 Спутники с полярной орбитой

3.3.2.1 На метеорологических спутниках с полярной орбитой установлены усовершенствованные радиометры с очень высоким разрешением (AVHRR), которые обеспечивают информацию по пяти спектральным каналам, два из которых находятся в спектре оптического излучения и три в спектре инфракрасного излучения, как это показано в таблице 3-1.

Таблица 3-1. Характеристики каналов радиометра AVHRR

Канал	*Длина волны (мкм)*	*Область спектра*	*Основное предназначение*
1	0,58–0,68	Оптическая	Дневные облака
2	0,725–1,10	Оптическая/ближняя инфракрасная	Растительность на водной поверхности
3	3,55–3,93	Тепловая инфракрасная	Ночные облака Лесные пожары
4	10,30–11,30	Тепловая инфракрасная	Температура поверхности моря Дневные/ночные облака
5	11,50–12,50	Тепловая инфракрасная	Температура поверхности моря Дневные/ночные облака

3.3.2.2 Указанная информация может непосредственно считываться с полным сохранением разрешающей способности надлежащим образом оборудованными наземными станциями во всем мире. Было предложено использовать данные AVHRR для обнаружения облаков вулканического пепла, и в начале 1980-х годов в Австралии были начаты соответствующие научные исследования, которые получили дальнейшее развитие в Соединенных Штатах Америки после извержений вулкана Редаут на Аляске в 1989/90 гг. По своей сути эта методика основана на различиях характеристик излучения облаков вулканического пепла (преимущественно силикатов) и водяных/ледяных облаков, особенно в диапазоне волн 10–12 мкм: силикаты имеют более низкую эмиссионную способность (коэффициент черноты) при длине волны 11 мкм по сравнению с 12 мкм, в то время как эмиссионная способность воды/льда меняется в противоположную сторону. Путем вычитания данных, полученных по каналу 5 ИК-области спектра, из данных ИК-канала 4, и отображения полученных данных в комбинированных искусственных цветах эти различия становятся более заметными и во многих случаях позволяют достоверно отличить облако пепла от водяного/ледяного облака. Указанная методика наиболее эффективна в течение периода времени, когда пепел уже рассеялся из конуса и стал полупрозрачным, но его плотность еще не достигла настолько низкой величины, чтобы его невозможно было обнаружить. Характеристики чувствительности соответственно облака вулканического пепла и ледяного облака приводятся на рис. 3-1. Из рисунка видно, что в пределах большей части рассматриваемого диапазона температур отмечается заметное различие в характеристиках чувствительности T_4–T_5 между вулканическим пеплом и льдом, что объясняет эффективность метода обнаружения пепла с помощью такого разделения диапазона (окна прозрачности).

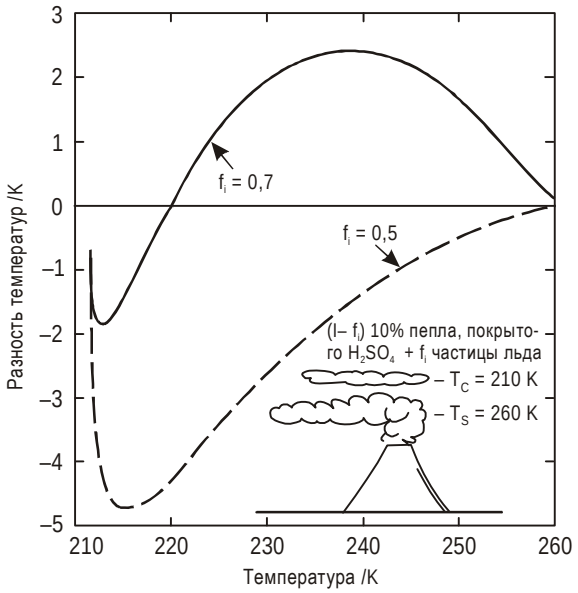


Рис. 3-1. Разность температур (T_4–T_5) как функция от температуры T_4 для смеси частиц пепла и льда. (Источник: Prata)

3.3.2.3 На основе теоретических заключений было сделано предположение о том, что указанное различие должно быть наиболее заметным при размере частиц пепла менее 3 мкм, и, как ожидается, оно еще более усилится, когда частицы содержат серную кислоту или покрыты ей, что является обычным явлением при эксплозивных вулканических извержениях[2]. Хотя наиболее полезными для этих целей являются каналы 4 и 5, получаемая через каналы 1 и 2 информация также помогает отличить облако пепла от водяного/ледяного облака. Типовой пример такого анализа приводится на рисунках 3-2 a) и b). Необходимо также отметить, что, хотя в настоящее время анализ данных T_4–T_5 является наилучшим средством обнаружения облаков вулканического пепла, имеются случаи, когда конкретные облака пепла было очень трудно отличить от водяных/ледяных облаков. Было высказано предположение[3] о том, что причина может заключаться в анормально высокой концентрации воды в облаке пепла. Такая ситуация не является необычной в случае "молодых" облаков пепла в пределах нескольких часов после вулканического извержения и в тропических условиях высокой влажности. Был разработан усовершенствованный метод разделения диапазона[4], при котором используется канал 2 (3,9 мкм) в виде данных (T_2–T_4) в дополнение к данным (T_4–T_5). Некоторые специфические проблемы, возникающие при проведении различия между облаками (пепловыми – водными/ледяными), связаны с наличием выступающей верхней части облаков (т. е. выходящей в стратосферу), геометрией обзора радиометра (надир – вне зоны надира), неточностью совмещения элементов изображения, получаемого по разным каналам, рефракцией солнечного света в зависимости от времени дня и электронным шумом.

3.3.2.4 Из таблицы 3-1 видно, что канал 3 (3,55–3,93 мкм) используется для обнаружения лесных пожаров[5]. Было предложено аналогичным образом применять этот канал для обнаружения вулканических извержений[6] и возможно даже использовать такие "горячие точки" для прогнозирования вулканических извержений (см. рис. 3-3). Успешное применение для этих целей спутниковых данных будет в значительной степени зависеть от информации о том, какие районы необходимо отслеживать. Более того, разрешающая способность спутниковых датчиков может оказаться слишком низкой для обнаружения горячей точки, образуемой конусом вулкана размером менее 1 км^2, что, вероятно, является характерным для конуса большинства вулканов. Однако будущие усовершенствованные датчики (см. геостационарные спутники в п. 3.3.3 ниже), возможно, позволят обеспечить автоматический мониторинг "горячих точек".

3.3.2.5 Спутники с полярной орбитой оборудованы другими датчиками, которые помогают обнаруживать облака пепла и отличать их от водяных/ледяных облаков. К ним относятся такие спектрозональные радиометры вертикального зондирования, как усовершенствованная обзорная система вертикального зондирования "Тирос" (ATOVS), устанавливаемая на спутниках Соединенных Штатов Америки серии NOAA, которая включает в себя 20-канальный инфракрасный зонд высокого разрешения (HRIS) и 20-канальный СВЧ-зонд, состоящий из двух приборов (усовершенствованное мироковолновое зондирующее устройство – A (AMSU-A) и усовершенствованное микроволновое зондирующее устройство – B (AMSU-B)). Поступающие от этих приборов данные могут зачастую оказывать помощь в обнаружении вулканического пепла и, кроме того, предоставляют информацию о предполагаемой абсолютной высоте пеплового облака, а также о температуре и влажности окружающей атмосферы.

2. Prata. (См. примечание 6, с. I-2-6).
3. D.J. Schneider and W.I. Rose, "Observations of the 1989-90 Redoubt Volcano Eruption Clouds Using AVHRR Satellite Imagery", *Proceedings of the First International Symposium on Volcanic Ash and Aviation Safety,* 1991, U.S. Geological Survey Bulletin 2047 (1994), p. 405.
4. G.P. Ellrod and B. Connell, "Improvements in Volcanic Ash Detection using GOES Multi-spectral Image Data", 8th Conference on Aviation, Range and Aerospace Meteorology, January 1999, Dallas, USA.
5. T.F. Lee and P.M. Tag, "Improved Detection of Hot Spots using the AVHRR 3.7 μM Channel", *Bulletin of the American Meteorological Society,* Vol. 71, No. 12, December 1990.
6. Prata. (См. примечание 6, с. I-2-6).

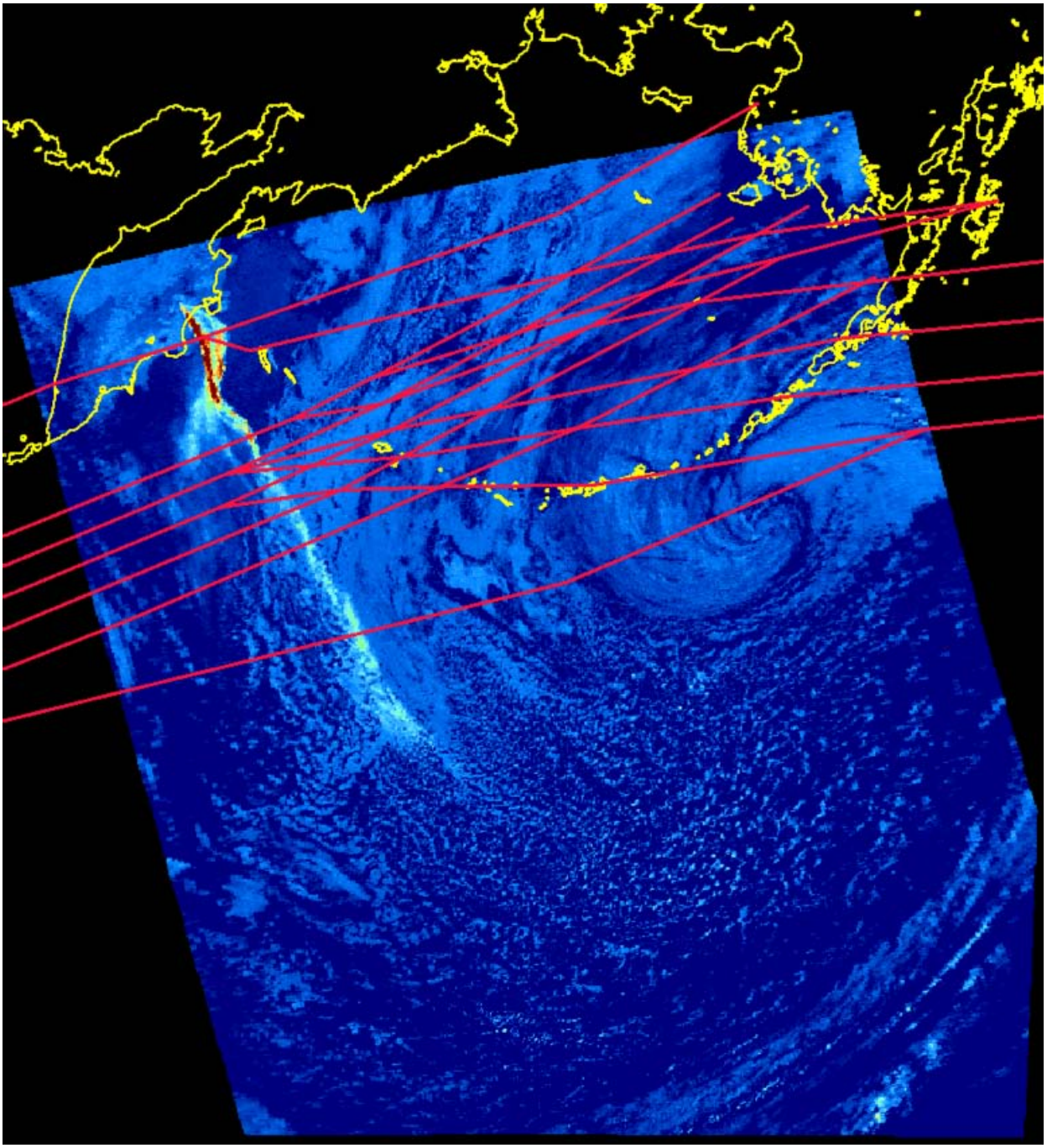


Рис. 3-2 а). Изображение облака вулканического пепла от Ключевского вулкана, полученное 1 октября 1994 г. в 0640Z с использованием радиометра AVHRR, применяющего метод разделения ИК-диапазона. С помощью данного метода выделены ближняя и дальняя области вулканического пепла. (Снимок предоставлен Д. Шнайдером, Геологическая служба США, Вулканологическая обсерватория на Аляске)

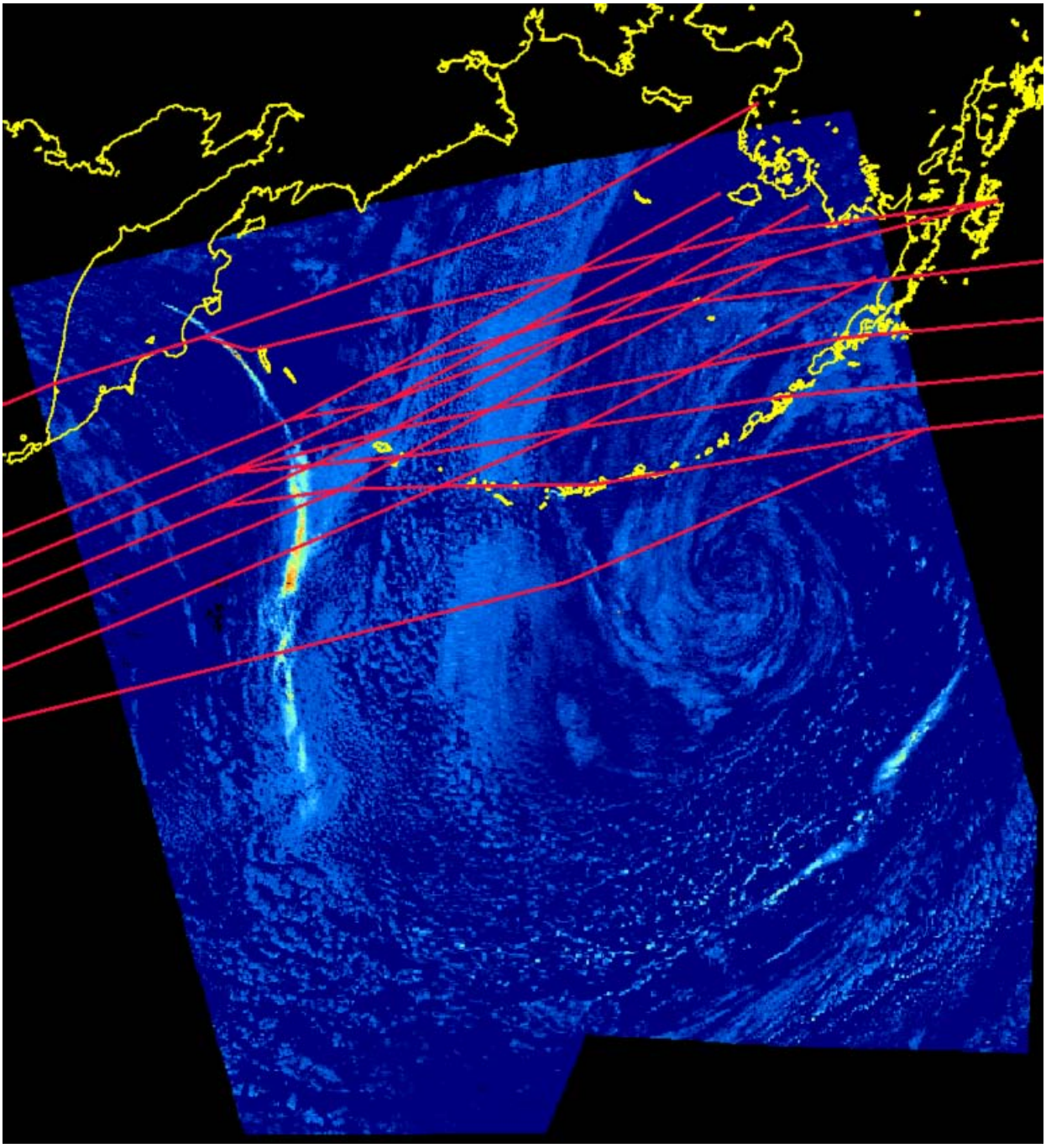


Рис. 3-2 b). Комбинированное изображение облака вулканического пепла от Ключевского вулкана, полученное 1 октября 1994 г. в 1990Z и 2030Z с помощью радиометра AVHRR, применяющего метод разделения ИК-диапазона. На снимке видно, как дальнее облако пепла пересекает целый ряд североатлантических воздушных трасс. Без использования данного метода определение масштабов распространения этого облака представляло собой трудную проблему. (Снимок предоставлен Д. Шнайдером, Геологическая служба США, Вулканологическая обсерватория на Аляске)

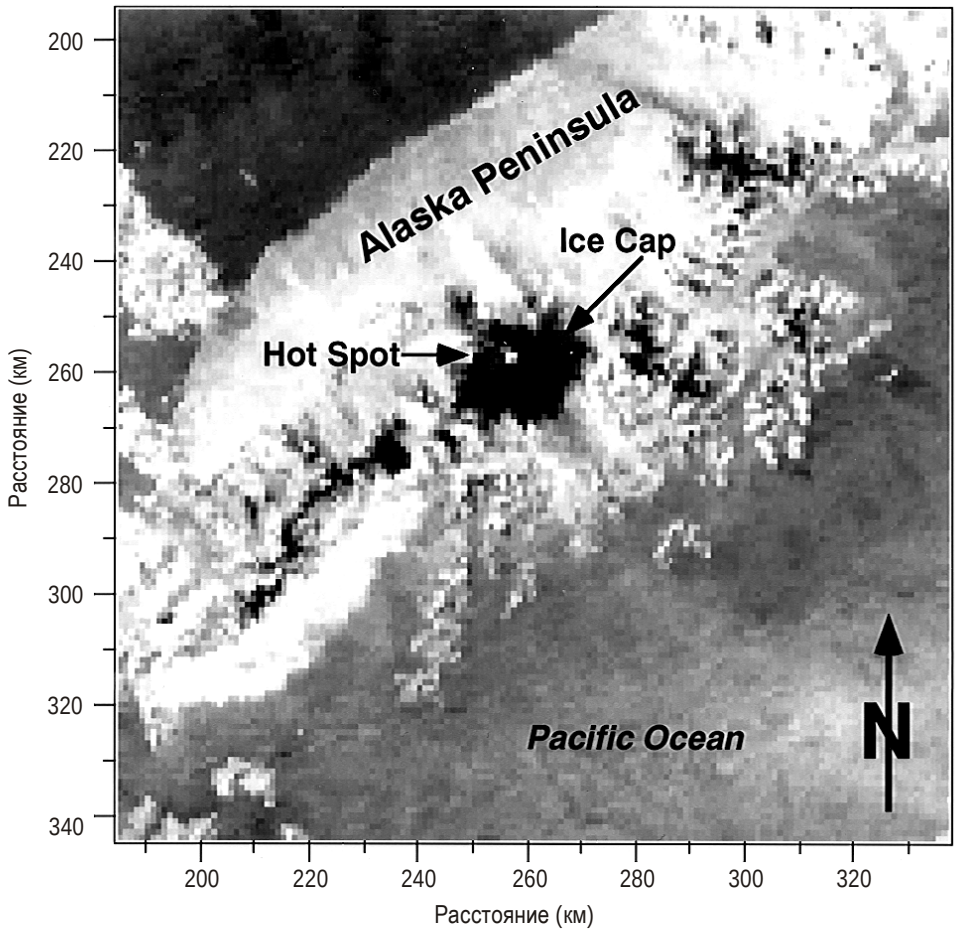


Рис. 3-3. На изображении, полученном 30 июня 1994 г. с использованием радиометра AVHRR, видна горячая точка на вулкане Вениаминоф (Аляска). Указанная горячая точка (белого цвета) обусловлена извержением на одном из конусов на вершине вулкана, которая возвышается над холодной ледяной шапкой. Продукты извержения растопили лед, образовав выемку к востоку от конуса. Данное изображение было получено с помощью метеорологического спутника NOAA 12 на полярной орбите в тепловом ИК-диапазоне по каналу с длиной волны 3,55–3,93 мкм (диапазон 3) в 0513 UTC. (Снимок предоставлен Кеном Дином, Геофизический институт, Фэрбенкский университет (Аляска) и Вулканологическая обсерватория на Аляске)

3.3.2.6 Для ведения наблюдения за поверхностью Земли исключительно с целью контроля за земными ресурсами в глобальном масштабе были разработаны специальные спутники с полярной орбитой. Такие системы применяются Францией (SPOT), Российской Федерацией ("РЕСУРС") и Соединенными Штатами Америки (LANDSAT). Установленные на этих спутниках приборы в основном работают на каналах оптического диапазона спектра, хотя на оборудовании спутников LANDSAT и "РЕСУРС" имеется один канал для инфракрасной области спектра (10,4–12,5 мкм). Главное преимущество этих спутников заключается в обеспечиваемой ими чрезвычайно высокой разрешающей способности (~120 м в ИК-канале), что позволяет исследовать облако вулканического пепла (или даже сам извергающийся вулкан) в мельчайших деталях, если известно место извержения. Более того, при столь высоком разрешении получаемых данных и с учетом еще более высокой разрешающей способности будущего оборудования может оказаться возможным

осуществлять мониторинг фактических тектонических изменений на действующих вулканах и таким образом оценивать вероятность извержения[7].

3.3.2.7 Существует ряд других радиометров, которые обеспечивают полезные данные для изучения облаков вулканического пепла. Эти приборы установлены на научно-исследовательских спутниках, в связи с чем данные предоставляются с задержкой и поэтому могут иметь ограниченное использование в оперативных условиях. Однако поскольку эти данные находят все более широкое применение, эксплуатанты спутников пытаются обеспечить предоставление данных с минимальной задержкой. Кроме того, цикл повторения наблюдений может быть длительным. Особо полезной информацией являются данные, полученные с помощью среднеразрешающего спектрометра с формированием изображения (MODIS), установленного на спутниках "Терра" и "Аква" системы наблюдений Земли (EOS) NASA, и прибора, используемого в альянсовом исследовании обледенения (AIRS) и установленного на спутнике "Аква". MODIS представляет собой 36-канальный оптический и инфракрасный радиометр. Его данные могут применяться для отслеживания облаков вулканического пепла, используя метод, описанный в п. 3.3.2.2. Данные MODIS могут также применяться для обнаружения связанных с извержением материалов[8], т. е. двуокиси серы и аэрозоли серной кислоты, используя данные с каналов с центром в 7,3, 8,6, 11,0 и 12,0 мкм. Обусловленные магмой на поверхности, горячие точки могут быть также обнаружены на основе данных, полученных в диапазоне 3–4 мкм. Пространственное разрешение данных MODIS составляет 250 м, в результате чего изображение является намного более детальным, чем полученное на основе данных AVHRR. Прибор AIRS представляет собой 2378-канальный радиометр, который определяет уровень излучения в инфракрасной области спектра (3,7–15,4 мкм). Данные AIRS могут также использоваться для изучения вулканических выбросов пепла, двуокиси серы и серной кислоты.

3.3.2.8 Обнаружение двуокиси серы может помочь в выявлении и отслеживании облаков вулканического пепла. Спектрометр для картографирования общего распределения озона (TOMS) представляет собой датчик, предназначенный для картографирования глобального распределения озона (O3); его данные могут также использоваться для определения концентрации двуокиси серы и аэрозоли. Эксплуатируемый NASA спутник для исследований Земли имеет на борту уже действующий прибор TOMS. Датчик TOMS измеряет отраженный солнечный свет в атмосфере по шести каналам, близким к полосе сильного поглощения радиоволн озоном в ультрафиолетовой (УФ) части спектра, и обеспечивает сканирование в радиусе до 51° по обе стороны спутника. Большая часть научных исследований, связанных с так называемой "озоновой дырой" над Антарктикой, была основана на данных, полученных с помощью датчика TOMS. С тех пор у этого датчика обнаружились неожиданные возможности и виды применения, включая способность обнаруживать двуокись серы (SO_2) в атмосфере — газ, который почти неизменно присутствует при плинианских вулканических извержениях. Начиная с 1978 г.[9], когда такая способность датчика TOMS была впервые применена, обеспечиваемые с помощью этого прибора данные использовались для обнаружения и мониторинга вулканического пепла, образовавшегося в результате более чем 50 вулканических извержений, хотя "показатель аэрозоли", получаемый на основе УФ-данных прибора, не позволяет отличить пепел от других аэрозолей, таких, как дым или пыль. Следует подчеркнуть, что факт обнаружения SO_2 нельзя использовать для определения масштабов распространения вулканического пепла, поскольку в каждом случае действует различный механизм рассеивания, однако его присутствие в высоких концентрациях подтверждает, что облако имеет вулканическое происхождение.

3.3.2.9 Присутствие газа SO_2 в атмосфере можно обнаружить благодаря тому, что полоса поглощения им радиоволн в ультрафиолетовой области спектра находится в том же волновом диапазоне, который

7. P.W. Francis and D.A. Rothery, Using LANDSAT Thematic Mapper to Detect and Monitor Active Volcanoes Geology, Vol. 15, 1987, pp. 614-616,.
8. I.M. Watson *et al*, “Thermal infrared remote sensing of volcanic emissions using the moderate resolution imaging spectroradiometer, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 135 (2004).
9. A.J. Krueger, *et al,* "Volcanic Hazard Detection with the Total Ozone Mapping Spectrometer (TOMS)", *Proceedings of (he First International Symposium on Volcanic Ash and Aviation Safety,* 1991, U.S. Geological Survey Bulletin 2047 (1994), p. 367.

характерен для O_3. При наличии высоких концентраций SO_2, таких, как в большинстве облаков пепла, образующихся в результате плинианских извержений, можно отличить энергетическую яркость SO_2 от той, которая соответствует O_3. Более того, рабочие характеристики прибора TOMS, естественно, оптимизированы для обнаружения и измерения O_3 и представляется возможным разработать прибор, параметры которого были бы оптимизированы для обнаружения больших концентраций SO_2. Поскольку прибор TOMS устанавливается на спутнике с полярной орбитой, это означает, что контроль за различными точками на земной поверхности осуществляется каждым спутником лишь дважды в сутки. В действительности ситуация еще хуже, так как данные по O_3/SO_2 в какой-либо точке контролируются один раз в сутки, поскольку прибор TOMS улавливает отраженный солнечный свет и следовательно может выполнять свою функцию только на освещенной стороне Земли.

3.3.2.10 Во время извержения вулкана Пинатубо в 1991 г. в атмосферу было выброшено свыше 20 млн тонн SO_2, и контроль за облаком SO_2 по мере его распространения вокруг Земли осуществлялся в течение многих месяцев. Граница обнаруженного облака SO_2 необязательно совпадает с границей облака вулканического пепла. Тем не менее она служит для целей подтверждения наличия вулканического пепла с помощью других средств и в будущем может стать частью автоматизированной системы обнаружения вулканических извержений. Эффективность возможностей прибора TOMS обнаруживать SO_2 была продемонстрирована рядом событий, последовавших за извержением вулкана Хадсон в Чили 15 августа 1991 г. На рис. 3-4 приведено инфракрасное изображение указанного извержения, показывающее типичное облако пепла, стремительно передвигающееся по ветру от вулкана через Аргентину в южную часть Атлантического океана. 20 августа 1991 г. с борта воздушного судна, выполнявшего рейс из Мельбурна в Сидней (Австралия), поступило донесение о контакте со "странным дымчатым облаком в 260 км к северо-востоку от Мельбурна"[10]. Членами экипажа и пассажирами был также замечен запах серы. В качестве меры предосторожности на случай, если это облако состоит из вулканического пепла, было выпущено сообщение NOTAM. В действительности указанное облако представляло собой остатки образовавшегося в результате извержения вулкана Хадсон облака, которое перемещалось как единое облако в зоне сильных западных ветров по южным широтам. Это было убедительно доказано путем анализа данных прибора TOMS, полученных в течение периода, указанного на рис. 3-5.

3.3.2.11 Другим видом применения спутников с полярной орбитой серии NOAA является дистанционный контроль за наземными платформами данных. Указанная система, называемая ARGOS, представляет собой совместную программу Национального управления по авиации и космонавтике (NASA) и Национальной администрации по океану и атмосфере (NOAA) Соединенных Штатов Америки и французского космического агентства Le Centre National d'Etudes Spatiales (CNES). Установленное на борту спутника оборудование ARGOS в автоматическом режиме принимает передачи (телеметрические данные) со всех наземных платформ ARGOS, находящихся в пределах видимости спутников, и эти данные записываются и затем передаются на три наземные станции. Система ARGOS способна собрать практически любые данные об окружающей среде, которые могут быть измерены датчиками, связанными с наземной станцией. Фактически указанная система использовалась для сбора вулканологических и сейсмологических данных. Например, в одном случае осуществлялся контроль за вулканическими островами Вануату в Тихом океане с получением данных по пятнадцати параметрам девять раз в сутки. В другом случае проводился контроль за температурой воды озера в кратере вулкана Келут на о. Ява вплоть до его извержения в 1990 г., при этом была получена исключительно важная информация[11].

10. A.J. Prata, Smithsonian Institution Bulletin of the Global Volcanism Network, July 1991.
11. J.P. Cauzac, C. Ortega and L. Meuhlhausen, “Satellite Monitoring of Volcanoes Using ARGOS”, *Proceedings of the First International Symposium on Volcanic Ash and Aviation Safety*, 1991, U.S. Geological Survey Bulletin 2047 (1994), p. 319.

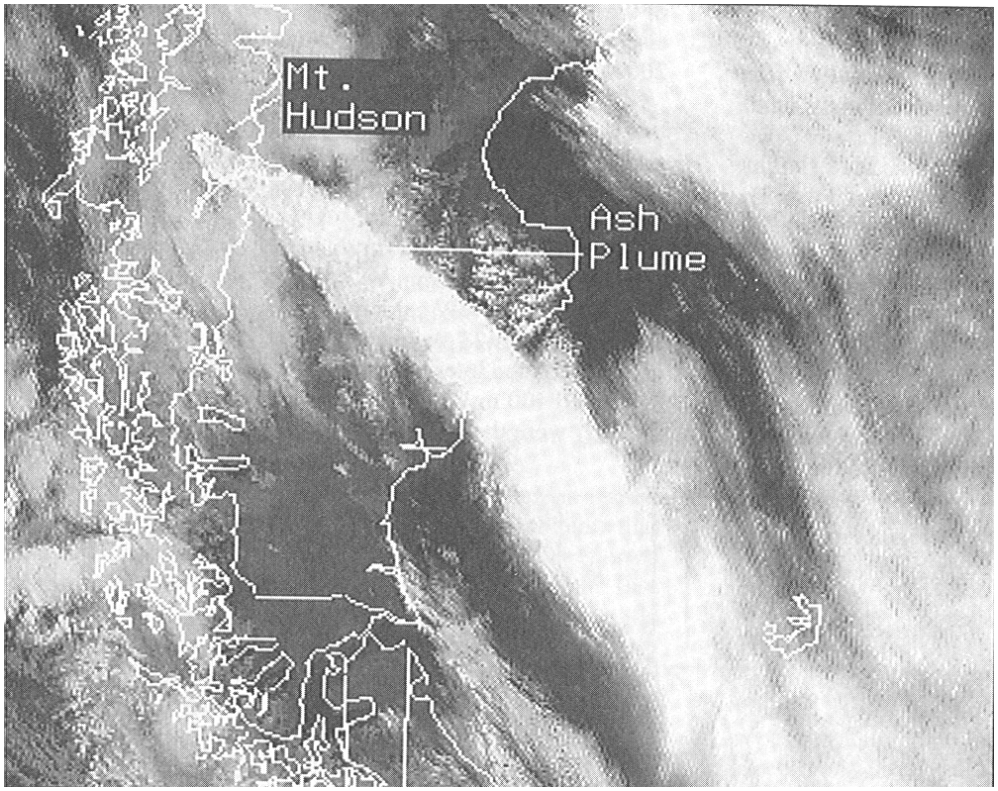


Рис. 3-4. Инфракрасное изображение, полученное 15 августа 1991 г. приблизительно в 0800 с помощью метеорологического спутника NOAA 10 на полярной орбите, на котором показана пепловая колонна, простирающаяся к юго-востоку от г. Хадсон. Согласно расчетам температурных данных пепловая колонна находится на абсолютной высоте примерно 17–18 км. (Снимок предоставлен Отделом синоптического анализа, NOAA/NESDIS, Глобальная сеть данных по вулканизму)

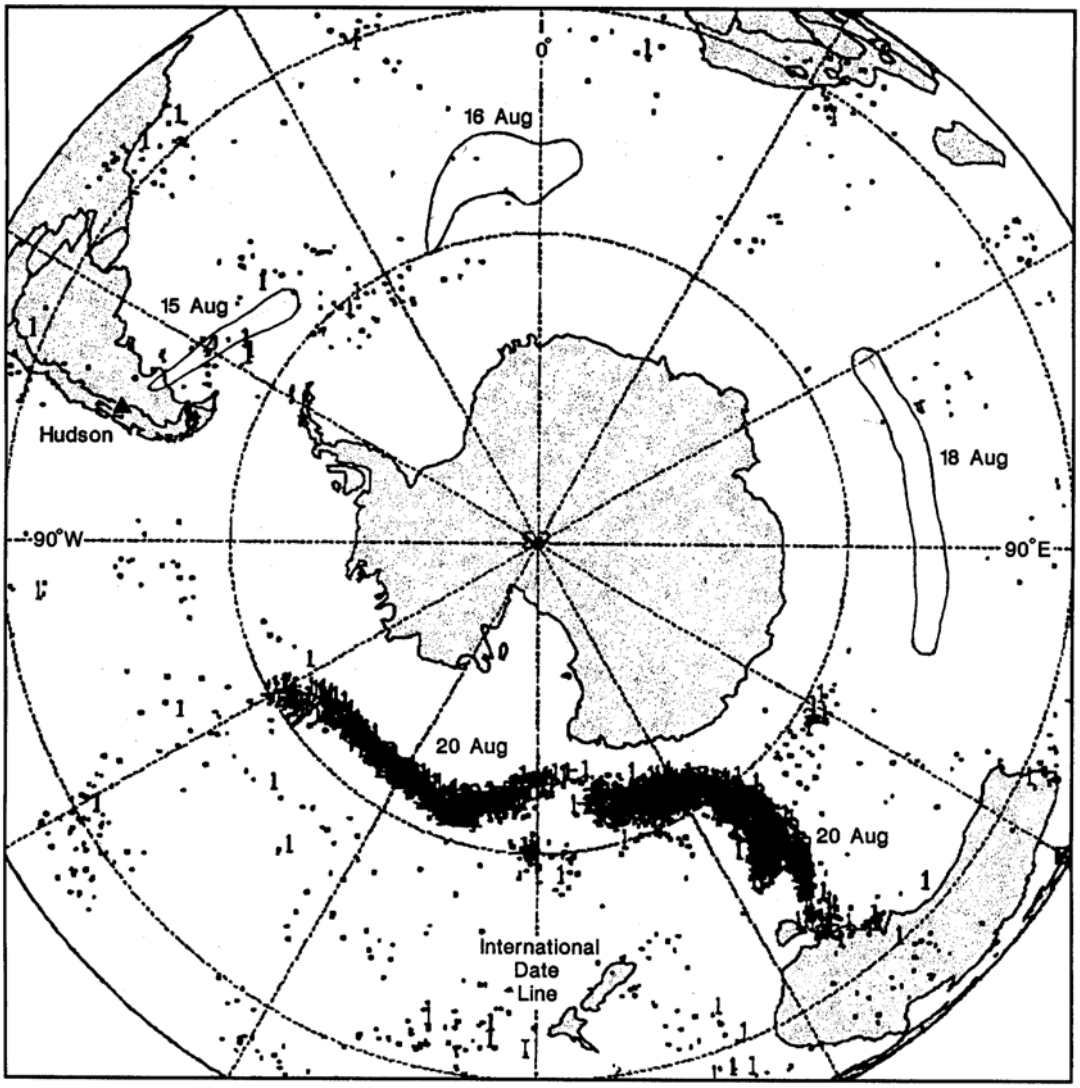


Рис. 3-5. Вид с полярной орбиты столба газа SO_2, выброшенного из г. Хадсон: предварительные данные, полученные с помощью установленного на спутнике Nimbus-7 спектрометра для картографирования общего распределения озона (TOMS) и показывающие облако, образовавшееся при извержении вулкана Хадсон 20 августа 1991 г. примерно в 1100 (местное время). Каждой точке соответствует значение концентрации SO_2 порядка 10 миллиатмосфер/см (100 ppm/м) в пределах зоны шириной 50 км. Выделяющаяся зона концентрации SO_2 слева соответствует местоположению облака через 24 ч после изображенной справа зоны, однако обе они датируются 20 августа, поскольку расположены по разные стороны международной линии смены дат. Очерченные линией местоположения облака по состоянию приблизительно на 1100 (местное время) 15, 16 и 18 августа добавлены с целью иллюстрации его облета вокруг Земли. (Снимок предоставлен Скоттом Дойроном, Глобальная сеть данных по вулканизму)

3.3.3 Геостационарные спутники

3.3.3.1 В настоящее время геостационарные метеорологические спутники имеются у Европы, Индии, Китая, Российской Федерации, Соединенных Штатов Америки и Японии. Основным датчиком, установленным на борту этих спутников, является спектрозональный радиометр. В целом эти датчики работают на трех основных каналах: канал оптического диапазона спектра (0,5–0,9 мкм), канал теплового инфракрасного диапазона спектра (водяной пар) (5,7–7,1 мкм) и канал теплового инфракрасного диапазона спектра (10,5–12,5 мкм). Такой малый набор каналов снижает полезность данных от этих датчиков для обнаружения вулканического пепла. Однако некоторые спутники имеют на борту датчики с дополнительными каналами, что значительно повышает эффективность использования данных для обнаружения и отслеживания облаков вулканического пепла. В частности, Meteosat-8 и его преемники (размещенные в точке 0° в. д.) имеют на борту вращающийся формирователь высококачественного изображения в оптической и инфракрасной областях спектра (SEVIRI), который располагает 12 каналами, многие их которых могут использоваться для обнаружения вулканических выбросов. Датчики на геостационарных оперативных спутниках для изучения окружающей среды (GOES) и геостационарных метеорологических спутниках (GMS) также имеют дополнительные каналы, которые полезно использовать для обнаружения вулканического пепла. В таблице 3-2 приведена краткая сводка каналов датчиков, используемых в настоящее время на борту геостационарных спутников. Данные от геостационарных спутников имеют меньшее разрешение, чем аналогичные данные от спутников с полярной орбитой, которое варьируется от 3 до 11 км от геостационарных формирователей изображений по сравнению с 1 км для AVHRR в географическом месте спутников NOAA с полярной орбитой. Кроме того, пространственный охват является небольшим: полоса охвата геостационарного формирователя изображения составляет приблизительно 70° ю. ш. – 70° с. ш., при этом пространственное разрешение уменьшается от географического места спутника. Однако основное преимущество использования данных геостационарных спутников перед спутниками с полярной орбитой заключается в том, что они дают изображение одного и того же района поверхности Земли, как минимум, каждый час (Meteosat-8 – каждый 15 мин).

3.3.3.2 Ряд формирователей изображения на геостационарных спутниках имеет те же каналы, что и радиометры AVHRR на спутниках с полярной орбитой серии NOAA (таблица 3-2). Таким образом, данные геостационарных спутников GOES-10, GMS-5 и Meteosat-8 могут использоваться для обнаружения облаков вулканического пепла тем же методом, что и в случае данных AVHRR (п. 3.3.2.2). Однако менее высокое пространственное разрешение и более широкий диапазон каналов обуславливают более низкий коэффициент обнаружения. Высокочастотные изображения, обеспечиваемые геостационарными приборами, позволяют осуществлять обнаружение вскоре после начала извержения, при этом облако вулканического пепла в результате извержения может отслеживаться практически непрерывно.

3.3.3.3 Формирователь изображения на спутниках нового поколения серии GOES (GOES-12 и т. д.) не имеет канала с длиной волны 12,0 мкм. Это создает проблемы для обнаружения вулканического пепла, поскольку не может использоваться стандартный метод (п. 3.3.2.2). Разработаны альтернативные методы[12] с использованием данных канала с длиной волны 3,9 мкм в течение дня (пепел имеет высокую отражающую способность на этой длине волны). Однако обнаружение является проблематичным в ночное время, и поэтому необходимо в большей степени полагаться на данные AVHRR со спутников с полярной орбитой.

3.3.3.4 Формирователь изображения SEVIRI на спутнике Meteosat-8 имеет более высокие функциональные возможности, чем другие формирователи изображений на геостационарных спутниках. В дополнение к вулканическому пеплу могут обнаруживаться горячие точки и двуокись серы. Для обнаружения и отслеживания этих вулканических выбросов используются данные со многих каналов SEVIRI, например 3,9, 7,3, 8,7, 10,8 и 12,0 мкм.

12. G.P. Ellrod, “Impact on volcanic ash detection caused by the loss of the 12.0 μm ‘Split Window’ band on GOES Imagers”, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 135 (2004) p. 91.

Таблица 3-2. Средняя длина волн основных формирователей изображения на геостационарных спутниках в середине 2004 года

Каналы AVHRR, формирователя изображения на спутниках с полярной орбитой серии NOAA, перечислены для сравнения.

Следует иметь в виду, что с весны 2003 года спутник GOES-9 (с таким же датчиком как на спутнике GOES-10) заменил спутник GMS-5, который в настоящее время используется в качестве резервного.

Спутник	*Местонахождение*	*Средняя длина волн в каналах (мкм)*											
		Оптическая область спектра			*Ближняя ИК – область спектра*	*ИК – область спектра*							
Meteosat-5	E63°	0,7					6,4				11,5		
Meteosat-8	E0°	HRV*	0,6	0,8	1,6	3,9	6,2	7,3	8,7	9,7	10,8	12,0	13,4
GMS-5	E140°	0,7					6,7				11,0	12,0	
GOES-10	W135°	0,6				3,9	6,7				10,7	12,0	
GOES-12	W75°	0,6				3,9	6,7				10,7		13,3
NOAA	Полярный спутник	0,6	0,8			3,9					10,8	12,0	

**Примечание. HRV – широкополосный канал высокоразрешающей аппаратуры оптической области спектра (0,4 – 1,1 мкм).*

3.3.4 Будущие наземные, авиационные и спутниковые датчики и системы

3.3.4.1 Что касается наземных датчиков, в рамках системы метеорологических обзорных радиолокаторов Соединенных Штатов Америки (WSR 889) на аэродромах и вдоль воздушных трасс уже устанавливаются усовершенствованные доплеровские радиолокаторы, отличающиеся чрезвычайно высокой чувствительностью, хорошими характеристиками затухания сигнала и большими возможностями обработки сигналов. Более того, во всем мире, когда полномочный метеорологический орган вынужден производить замену существующих метеорадиолокаторов, предпочтение отдается доплеровскому метеорологическому радиолокатору. Хотя такие РЛС обычно не размещают в точках, удобных для проведения контроля за вулканическими извержениями, существует вероятность того, что в некоторых районах, например, на Аляске и в Японии, наблюдение за будущими извержениями все в большей степени будет осуществляться с помощью наземных доплеровских радиолокаторов. Помимо выполнения своей очевидной эксплуатационной функции по определению абсолютной высоты эруптивной колонны и масштабов ее распространения доплеровский радиолокатор способен также значительно расширить наши знания о детальных характеристиках колонн/облаков вулканического пепла, таких, как вертикальная скорость подъема колонны и скорость падения частиц пепла[13]. Такая информация может быть соотнесена с данными анализа образцов выпавшего на землю пепла для сравнения с теоретическими моделями, используемыми в настоящее время. Быстрыми темпами ведутся научные исследования, связанные с метеорологическими лазерными локаторами ИК-диапазона (LIDAR), которые могут обнаруживать практически любую аэрозоль, включая облака вулканического пепла, и

13. M.L. Stone, "Application of Contemporary Ground-Based and Airborne Radar for the Observation of Volcanic Ash", *Proceedings of the First International Symposium on Volcanic Ash and Aviation Safety,* 1991, U.S. Geological Survey Bulletin 2047 (1994), p. 419.

измерять размер ее частиц/спектр плотности, и, как ожидается, эти датчики будут использоваться для научных исследований, касающихся размера/концентрации частиц в облаках вулканического пепла.

3.3.4.2 Были предложены различные варианты бортовых датчиков, которые могли бы обнаруживать вулканический пепел перед воздушным судном, включая локаторы LIDAR и пассивные ИК-датчики. Бортовые датчики LIDAR будут в принципе представлять собой уменьшенные варианты наземного датчика, описанного в п. 3.3.4.1. В 1982 г. полномочными органами гражданской авиации Австралии был предложен бортовой пассивный инфракрасный датчик, основанный на использовании уже описанных в п. 3.3.2.1[14] методов распознавания частиц с помощью данных спутникового двухканального теплового ИК-радиометра AVHRR. В последующий период указанный вариант датчика подвергся существенной доработке, и был создан образец этого прибора в виде наземного и бортового датчиков, которые прошли испытания во время вулканического извержения [15]. Упомянутый датчик представляет собой спектрозональный радиометр, работающий в инфракрасных каналах, указанных в таблице 3-3.

Таблица 3-3. Характеристики фильтров каналов, используемых в авиационных радиометрах. (Источник: Prata and Barton)

Средняя длина волны (мкм)	*Ширина полосы (мкм)*	*Функция*
6,4	0,3	Излучение водяных паров для определения турбулентности при ясном небе
8,6	0,5	Излучение SO_2
10,1	0,5	Распознавание водяных/пепловых облаков
10,8	0,6	Распознавание водяных/пепловых облаков
10,91	1,0	Распознавание водяных/пепловых облаков
11,8	1,4	Распознавание водяных/пепловых облаков
12,0	0,6	Распознавание водяных/пепловых облаков

3.3.4.3 Указанный радиометр был успешно откалиброван по параметрам ясного неба и различных водяных/ледяных облаков и затем был испытан на земле в условиях колонн вулканического пепла, выбрасываемых в атмосферу во время почти регулярных извержений вулкана Сакурадзима в Японии. При измерениях характеристик облаков пепла использовались фильтр для обнаружения SO_2 (8,6 мкм), узкополосные фильтры (10,1 и 12,0 мкм) и широкополосные фильтры (10,91 и 11,8 мкм); результаты приводятся на рис. 3-6. Полученные данные указывают на возможность обнаруживать вулканический пепел при ясном небе и отличать облака вулканического пепла от водяных/ледяных облаков с использованием установленного на борту воздушного судна спектрозонального ИК-радиометра переднего обзора. В связи с тем, что в ряде государств проводятся научные исследования, связанные с использованием пассивных ИК-радиометров для обнаружения сдвига ветра (микропорывы и фронты воздушных порывов) и турбулентности при ясном небе, можно ожидать, что режимы работы комбинированного прибора будут включать функцию обнаружения вулканического пепла.

14. F.R. Honey, "Passive, Two-Channel, Thermal-Infrared Imaging Systems for Discrimination of Volcanic Ash Clouds", *Proceedings of the First International Symposium on Volcanic Ash and Aviation Safety,* 1991, U.S. Geological Survey Bulletin 2047 (1994), p. 347.

15. I.J. Barton and A.J. Prata, "Detection and Discrimination of Volcanic Ash Clouds by Infrared Radiometry—II: Experimental", *Proceedings of the First International Symposium on Volcanic Ash and Aviation Safety,* 1991, U.S. Geological Survey Bulletin 2047 (1994), p. 313.

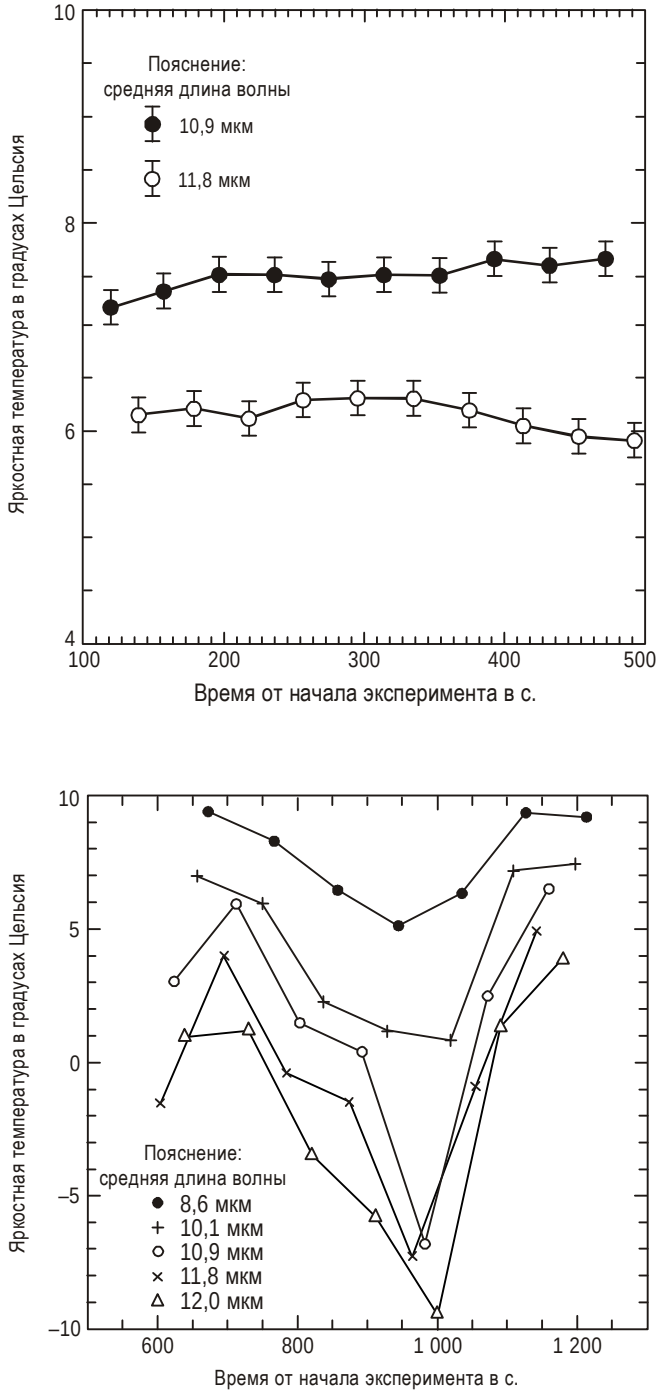


Рис. 3-6. (Вверху) Наземные измерения параметров кучевого облака вблизи г. Сакурадзима (Япония), проведенные 10 марта 1991 г.; угол возвышения линии обзора радиометра составляет 21°. Вертикальными штрихами указывается неопределенность результатов измерения. (Внизу) Наземные измерения параметров облака вулканического пепла, образовавшегося при извержении вулкана Сакурадзима (Япония) 10 марта 1991 г. Угол возвышения линии обзора радиометра составляет 13,5°. (Источник: Prata and Barton)

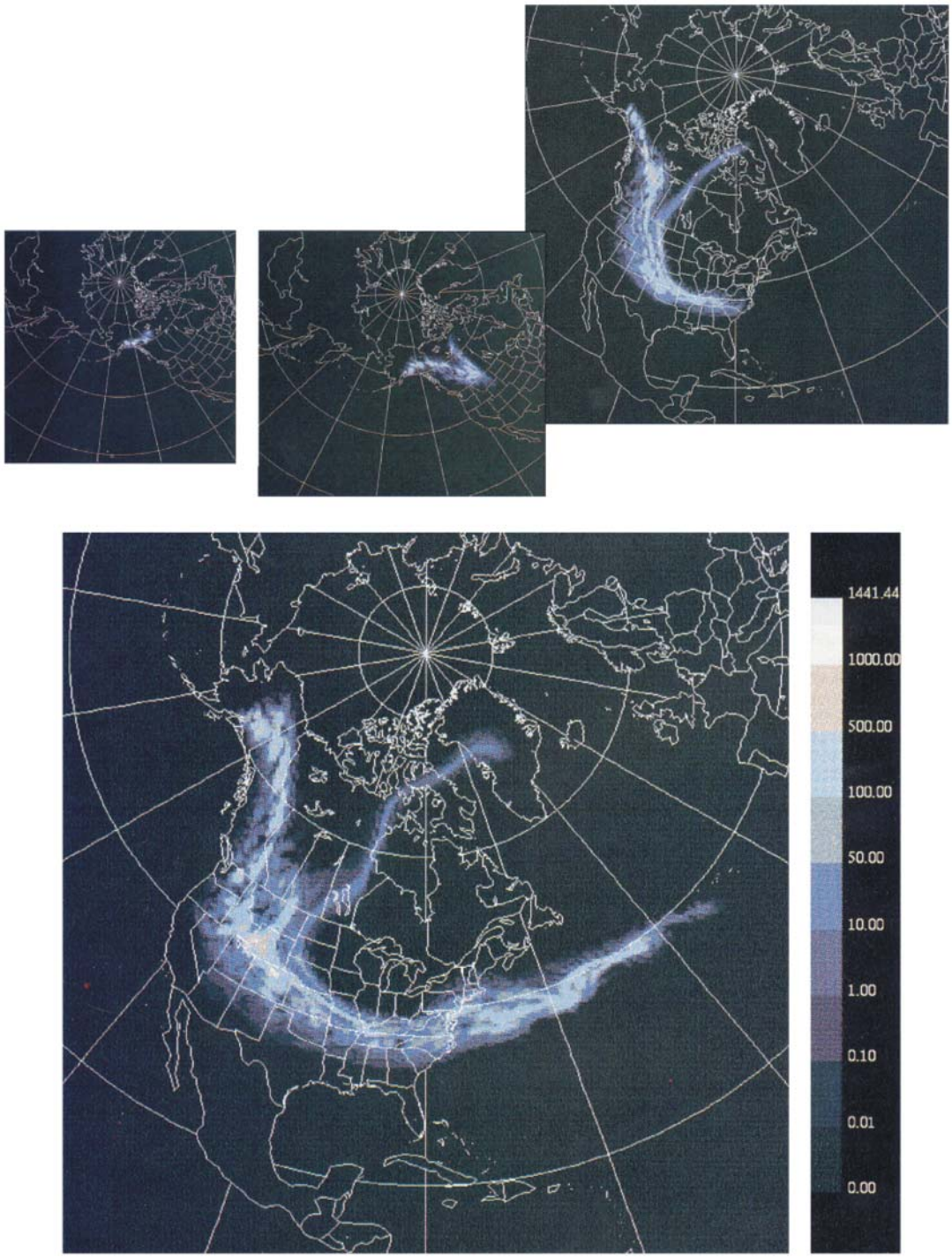


Рис. 3-7. Извержение вулкана Редаут. На этом образце выходных данных модели трассера, разработанной Службой экологического контроля атмосферы Канады, на четырех табло показано смодулированное рассеивание облака вулканического пепла после извержения вулкана Редаут в 1900 UTC 14 декабря 1989 г. Зоны концентрации пепла указаны в логарифмическом масштабе. Указанные табло рассчитаны для уровня 250 гПа и соответствуют ситуации через 12, 24, 36 и 48 ч после извержения. (Источник: Журнал ИКАО)

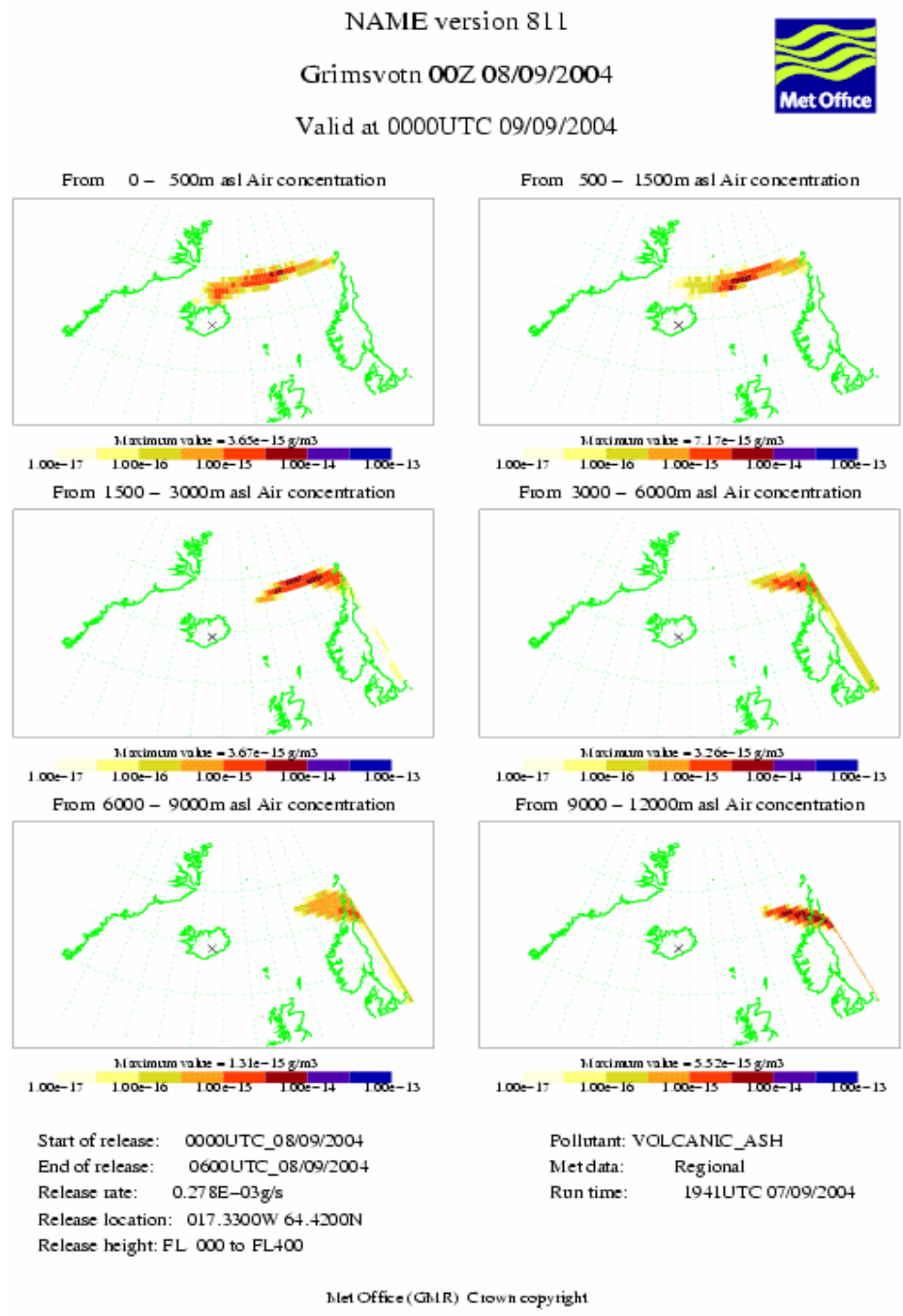


Рис. 3-8. Спрогнозированное с помощью модели NAME рассеивание вулканического пепла при гипотетическом извержении г. Гримсвётн

3.3.4.4 Представляется возможным, чтобы в будущем на геостационарных спутниках устанавливались датчики типа TOMS, чьи рабочие характеристики могли бы быть оптимизированы для обнаружения наряду с O_3 аномальных количеств SO_2 в атмосфере. В Соединенных Штатах Америки осуществлена детальная разработкавариантa геостационарного датчика TOMS (GEO-TOMS)[16]. Национальное управление по авиации и космонавтике (NASA) разработало проект (названный VOLCAM), предусматривающий использование вращающейся камеры с дисковым фильтром с полным охватом видимой части Земли в УФ-диапазоне спектра[17]. Указанная УФ-камера обнаруживает газ SO_2 на начальном этапе эксплозивного извержения и SO_2, содержащийся в облаках пепла. Комплект оборудования с данной камерой планируется устанавливать на подходящих геостационарных спутниках в качестве дополнительной полезной нагрузки. В п. 3.3.2.1 упоминалась ограниченная возможность применяемых на спутнике GMS-5 ИК-каналов (4 и 5) в связи с более низкой (8 бит) дискретизацией сигналов. Однако на следующей серии японских геостационарных спутников, а именно на многофункциональных транспортных спутниках (MTSAT), установлена аппаратура с полной 10-битной дискретизацией ИК-сигналов. Уже запущены два первых спутника этой серии. Формирователь изображения будет работать на каналах со средней длиной волны 0,7, 3,7, 6,7, 10,8 и 12,0 мкм и обеспечивать данные, полезные для мониторинга облаков вулканического пепла.

3.4 ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ОБЛАКОВ ВУЛКАНИЧЕСКОГО ПЕПЛА

3.4.1 Характер перемещения, распространения и рассеивания облаков вулканического пепла зависит от ряда параметров, в том числе от силы извержения и следовательно от абсолютной высоты, достигаемой частицами пепла, концентрации частиц и их распределения по размеру, сдвига ветра и стабильности состояния атмосферы, а также от выпадения частиц пепла с осадками. Изображение облака вулканического пепла можно получать на регулярной основе, используя спутниковые данные; однако один этот метод является недостаточным. Необходима прогнозирующая схема обеспечивающая общую картину предполагаемого перемещения и распространения находящегося в воздухе пепла под воздействием преобладающих ветров. Хотя при идеальных условиях снимки облака вулканического пепла можно получать на регулярной основе с помощью спутниковых данных (как указывалось в разделе 3.3), существуют проблемы, связанные с зоной действия (частота обновления данных и пространственная зона охвата) и проведением различия между пепловой колонной и облаками водяных паров/ледяными облаками. В случае, когда функциональная возможность прогнозирования основана на цифровых моделях прогнозирования траектории перемещения пепла в атмосфере, и при наличии какой-либо системы получения изображений с помощью спутников пилотам может своевременно предоставляться информация о степени текущей и прогнозируемой опасности, которую представляет собой облако пепла. В некоторых государствах уже проведена значительная научно-исследовательская работа по прогнозированию перемещения и рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере, особенно радиоактивных частиц, с помощью моделей расчета на ЭВМ, и оказалось возможным применять такие модели либо адаптировать их для использования при прогнозировании эволюции облаков вулканического пепла.

3.4.2 Для прогнозирования эволюции облаков вулканического пепла разработаны модели расчета на ЭВМ различной сложности. Уровень сложности меняется от очень простых двухмерных моделей траектории до усовершенствованных трехмерных моделей перемещения/рассеивания облаков пепла. Все эти модели зависят от вводимых исходных данных извержения (например, место и время извержения, высота эруптивной колонны), метеорологических полей, составленных на основе анализа метеоданных и

16. U.G. Hartmann, R.H. Hertel, H.A. Roeder and J.O. Maloy, “GEO-TOMS: Total-Ozone Mapping Spectrometer for Ozone and Sulphur-Dioxide from a Geostationary Satellite”, *Proceedings of the First International Symposium on Volcanic Ash and Aviation Safety*, 1991, U.S. Geological Survey Bulletin 2047 (1994), p. 341.
17. A.J. Krueger, “UV Detection of volcanic clouds from Satellites: Possibilities for an aviation hazard system”, WMO/ICAO Workshop on Volcanic Ash, Toulouse, 1998.

прогнозов, и, в зависимости от модели, различных предполагаемых параметров, таких, как массовая доля. Типовые выходные данные моделей расчета представляют собой двух- или трехмерные данные об облаке вулканического пепла (в зависимости от применяемой модели), соответствующие конкретным временным периодам в будущем. На рис. 3-7 приводится образец выходных данных одной из моделей, используемых в Монреальском консультативном центре по вулканическому пеплу, который показывает смоделированное перемещение и рассеивание вулканического пепла, образовавшегося в результате извержения вулкана Редаут 14 декабря 1989 г.

3.4.3 Другим примером модели рассеяния является разработанная метеорологическим органом Соединенного Королевства модель среднего – дальнего рассеяния в атмосфере под названием NAME. Она включается в универсальную модель рассеяния, которая может прогнозировать перенос, трансформацию и выпадение разнообразных аэрозольных веществ, например радиоактивных материалов, вулканических выбросов, продуктов горения биомассы, продуктов разлива химических веществ, ящура. Она представляет собой модель дисперсии частиц Лагранжа, которая прогнозирует трехмерную концентрацию и выпадение аэрозольных частиц в горизонтальном масштабе от приблизительно 1 км до многих тысяч километров. В ней используется детальная трехмерная метеорология из унифицированной модели метеорологического органа (разрешение по горизонтали 60 км в глобальном масштабе и 12 км над северо-западной Европой и Соединенным Королевством).

3.4.4 Во время извержения прогнозисты прогоняют модель NAME для составления прогноза рассеяния частиц вулканического пепла сроком на 6 дней. По мере возможности высота шлейфа и продолжительность выброса определяется на основе наблюдений (например, спутниковых, радиолокационных или на основе донесений пилотов). Используется показатель количества выброса пепла в один грамм (1 г за 6 ч, если извержение продолжается более 6 ч). Для определения концентрации, соответствующей "видимому облаку пепла", используется справочная таблица, основанная на высоте верхней точки и мощности облака пепла. При наличии достоверных данных наблюдения можно скорректировать мощность выброса для обеспечения более точного сопоставления наблюдаемых и смоделированных видимых облаков пепла. Используется принятое распределение размеров частиц с непрерывным распределением между 0,1–50 мкм.

3.4.5 Выходные данные модели NAME представляют собой график, показывающий мощность видимого облака пепла на трех уровнях: поверхность – ЭП 200, ЭП 200–ЭП 350, ЭП 350–ЭП 550 на следующие 24 ч с интервалом в 6 ч. Прогнозисты располагают более подробными графиками, представляющими собой карты концентрации более чем на 6 уровнях. Прогноз NAME является основой для выдачи прогнозистами консультативных сообщений о вулканическом пепле. Они проверяются посредством сравнения в реальном времени с данными спутниковых наблюдений. В дополнение к использованию NAME во время извержений эта модель прогоняется дважды в день для предоставления исландскому метеорологическому органу (ИМО) рекомендаций относительно рассеяния пепла двух вулканов г. Катла и г. Гримсвётн (рис. 3-8).

3.4.6 В настоящее время ведется работа над созданием режима ассимиляции данных, сочетающего в себе функциональные возможности прогнозирования, обеспечиваемые моделями расчета перемещения и рассеивания пепла в атмосфере, и фактическую информацию о местоположении облаков вулканического пепла, получаемую с помощью спутников. Эта задача является достаточно трудной, но в случае ее успешного решения должна повыситься точность оценки трехмерных параметров фактического облака вулканического пепла и прогнозов относительно его будущего местоположения.

3.4.7 Одной из целей составления таких прогнозов траектории перемещения вулканического пепла является предоставление авиакомпаниям консультативной информации, с тем чтобы они учитывали ее на стадии планирования полетов (особенно полетов по маршрутам большой протяженности). Указанные эксплуатационные аспекты рассматриваются в главе 5, однако здесь достаточно отметить, что эта консультативная информация выпускается в буквенно-цифровом формате (в виде сообщения). Некоторые

VAAC выпускают информацию также в графической форме с использованием формата переносимой сетевой графики (PNG); при выпуске информации в двоичном формате следует использовать код BUFR. В таблице A2-1 Приложения 3 приводится стандартная форма консультативного сообщения по вулканическому пеплу, которая была согласована в глобальном масштабе. Графический формат включен в добавление 1 к Приложению 3.

3.4.8 Проверка правильности моделей прогнозирования перемещения и рассеяния вулканического пепла, а также лежащих в их основе прогностических метеорологических моделей является постоянной задачей.

РАЗДЕЛ 2. ВУЛКАНИЧЕСКИЙ ПЕПЕЛ И ПРОИЗВОДСТВО ПОЛЕТОВ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

Глава 4

ВОЗДЕЙСТВИЕ ВУЛКАНИЧЕСКОГО ПЕПЛА НА ВОЗДУШНЫЕ СУДА

4.1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Вулканический пепел по существу представляет собой мелкие осколки стекла и распыленную горную породу, является чрезвычайно абразивным и состоит в основном из кремнистых материалов, температура плавления которых ниже рабочей температуры реактивных двигателей при крейсерском режиме тяги. Кроме того, в облаке пепла присутствуют газообразные растворы двуокиси серы (серной кислоты) и хлора (соляной кислоты). Исходя из этих очевидных фактов, нетрудно представить насколько серьезную угрозу представляет для воздушного судна присутствие в атмосфере вулканического пепла. Он приводит к повреждению турбореактивных двигателей, абразивному истиранию стекол кабины экипажа, планера воздушного судна и его аэродинамических поверхностей, засоряет систему приемника воздушного давления, проникает в системы кондиционирования воздуха и охлаждения оборудования, загрязняет электрическую и электронную бортовую аппаратуру, топливную и гидравлическую системы, а также системы обнаружения дыма в грузовом отсеке. Кроме того, в течение первых двух или трех суток после эксплозивного извержения может сохраняться критическая ситуация из-за возможного присутствия на крейсерских эшелонах на значительном удалении от вулкана высоких концентраций пепла, состоящего из частиц диаметром примерно до 10 мкм. По прошествии трех суток считается, что опасность для воздушных судов по-прежнему сохраняется, если наличие пепла можно определить визуально или на основании данных, полученных со спутников. Для реактивных транспортных воздушных судов наиболее серьезную опасность представляет возможность повреждения двигателей из-за присутствия вулканического пепла, поэтому данная проблема будет рассмотрена в первую очередь.

4.2 ВОЗДЕЙСТВИЕ НА РЕАКТИВНЫЕ ДВИГАТЕЛИ

4.2.1 К настоящему времени накоплена определенная информация о характере воздействия вулканического пепла на реактивные двигатели, которая была получена в результате обследования разобранных реактивных двигателей самолетов, подвергнувшихся во время полета воздействию вулканического пепла, а также при наземных испытаниях реактивных двигателей, в которые с помощью вентиляторов подавались различные по составу смеси вулканического пепла. Повреждение двигателей в целом обусловлено тремя основными причинами. Первая, и наиболее важная, состоит в том, что точка плавления вулканического пепла ниже рабочих температур реактивного двигателя при установках тяги, превышающих тягу при режиме малого газа. Как указывалось в п. 2.1.2, вулканический пепел состоит в основном из силикатов с температурой плавления 1100 °C, тогда как рабочая температура реактивных двигателей при нормальной тяге составляет 1400 °C. Пепел расплавляется в высокотемпературной камере двигателя и наплавляется на лопатки соплового направляющего аппарата КВД и на лопатки турбины, как показано на рис. 4-1. Это приводит к значительному уменьшению площади сечения входного направляющего аппарата турбины высокого давления, что в свою очередь вызывает быстрое увеличение статического

давления перед форсунками и давления за компрессором[1] и, как следствие, помпаж двигателя. Только одно это явление может привести к мгновенной потере тяги и заглоханию двигателя. Реактивные двигатели старых моделей, которые работали при более низких температурах, вероятно, были менее подвержены такому явлению. Тем не менее, при создании каждого нового поколения реактивных двигателей сохраняется тенденция к увеличению рабочей температуры двигателя с целью повышения его мощности при одновременном снижении удельного расхода топлива. Поэтому эффект наплавления вулканического пепла в реактивных двигателях будет представлять для них угрозу и в будущем.

4.2.2 При обследовании разобранных двигателей наслоения расплавленного вулканического пепла на лопатках соплового направляющего аппарата турбины высокого давления при комнатной температуре оказались весьма хрупкими, легко трескались и отделялись от лопаток соплового направляющего аппарата. Вполне понятно, что то же самое может произойти в полете при выключении и затем повторном запуске загрязненных двигателей. Резкий перепад температуры и скачок давления скоростного напора воздуха при повторном запуске двигателя в сочетании с охлаждением наплавленного слоя пепла при переключении двигателя на режим малого газа, по-видимому, приведет к разрушению большей части наслоений. Кроме того, работа двигателей после повторного запуска в более чистом воздушном пространстве за пределами облака пепла, очевидно, также должна привести к дальнейшему разрушению и удалению определенной части наслоений пепла.

4.2.3 Будучи абразивным, вулканический пепел повреждает также воздушные тракты ротора компрессора и законцовки лопаток ротора (главным образом компрессора высокого давления), как это показано на рис. 4-2, что приводит к уменьшению эффективности турбины высокого давления и тяги двигателей. Такая эрозия приводит также к уменьшению запаса двигателя по срыву. Степень эрозии лопаток компрессора зависит от следующих основных факторов: твердости вулканического пепла, размера и концентрации его частиц, скорости соударения с частицами пепла, а также установки тяги двигателя и защиты внутреннего контура двигателя. Хотя отключение двигателей за счет абразивного воздействия на него вулканического пепла произойдет через больший промежуток времени, чем при наплавлении пепла, абразивное разрушение элементов двигателя является необратимым. Снижение тяги двигателя при переходе на режим малого газа замедляет скорость эрозии лопаток компрессора, но не может устранить ее полностью до тех пор, пока в двигатель засасывается воздух, содержащий вулканический пепел.

4.2.4 Помимо описанных выше проблем, связанных с наплавлением вулканического пепла и эрозией лопаток, пепел может забивать входные отверстия топливной системы и системы охлаждения, хотя эти конкретные явления характеризуются значительным непостоянством. В ходе наземных испытаний реактивных двигателей, подвергнутых принудительному засасыванию вулканического пепла, на топливных форсунках был обнаружен слой осажденного вещества в виде черного нагара[2]. Как подтвердил анализ, загрязняющее вещество по существу представляло собой углерод, и хотя рабочая топливная форсунка оказалась чистой, распыляющие топливо лопатки были загрязнены. Такое состояние могло бы затруднить повторный запуск двигателя и даже сделать его невозможным, поскольку при попытках повторного запуска двигателя не наблюдалось разрушения осажденного вещества. Однако при разборке двигателей в связи с двумя случаями остановки двигателей (B-747 компании "Бритиш эруэйз" в 1982 г. и B-747 авиакомпании КЛМ в 1989 г.) не было обнаружено столь значительного загрязнения топливных форсунок и систем охлаждения, возможно, из-за непродолжительности периода воздействия пепла, которое могло вызвать такой эффект.

1. E. E. Campbell, “Recommended Flight-Crew Procedures if Volcanic Ash is Encountered”, *Proceedings of the First International Symposium on Volcanic Ash and Aviation Safety*, 1991, U.S. Geological Survey Bulletin 2047 (1994), p. 153.
2. M.G. Dunn and D.P.Wade, “Influence of Volcanic Ash Clouds on Gas Turbine Engines”, *Proceedings of the First International Symposium on Volcanic Ash and Aviation Safety*, 1991, U.S. Geological Survey Bulletin 2047 (1994), p. 107.

4.2.5 Ниже приводится информация о результатах наблюдений и тенденциях, подготовленная на основе проведенных в 1980-х и 1990-х годах корпорацией Capspan испытаний военных двигателей, финансировавшихся правительством Соединенных Штатов Америки.

4.2.5.1 **Имитация полета в условиях облака вулканического пепла**. Характер зарегистрированных повреждений двигателей после контакта зависел от:

a) режима тяги в момент контакта (температура на входе в турбину);

b) продолжительности воздействия вулканического пепла;

c) типа пепла;

d) уровня концентрации пепла.

На пониженных режимах мощности или при меньших температурах на входе в турбину преобладающим видом повреждения в воздушном тракте является эрозия лопаток. На повышенных режимах мощности или при более высоких температурах на входе в турбину преобладающим видом повреждения становится не эрозия лопаток, а образование отложений и остекловывание элементов блоков камер сгорания и ступеней турбины.

4.2.5.2 **Моделирование вулканического пепла.** Зарегистрированные повреждения зависели от:

a) химического состава пепла (точка плавления);

b) распределения частиц пепла по размерам;

c) концентрации пепла.

4.2.5.3 **Испытания горячего тракта.** Результаты этих испытаний продемонстрировали, что:

a) количество отложений на направляющих лопатках соплового аппарата турбины в значительной степени зависит от химического состава засасываемой пыли;

b) на охлаждаемых направляющих лопатках соплового аппарата аккумулируется меньшее количество отложений, чем на неохлаждаемых направляющих лопатках соплового аппарата;

c) уменьшение степени охлаждения направляющих лопаток соплового аппарата ускоряет темпы аккумуляции отложений.

В рамках этих испытаний использовались примерно шесть смесей пыли, а концентрация засасываемой пыли изменялась в диапазоне от 200 до 1000 мг/м^3.

4.2.5.4 **Серия испытаний небольшого двигателя F107 (первый двигатель).** Было отмечено следующее:

a) умеренная нестабильность работы в течение последней четверти периода испытаний (вывод относительно причин нестабильности не сделан);

b) значительная эрозия компрессора (делающая его непригодным к эксплуатации), а также образование открытых зазоров в компрессоре и турбине (между лопатками и корпусом);

c) незначительное количество стекловидных отложений, если таковые имеются, на элементах блока камеры сгорания или реактивном сопле турбины.

Все испытания на всасывание проводились при работе двигателя на установившемся режиме максимальной мощности (т. е. оценка параметров работы двигателя на переходных режимах не проводилась). Испытания с использованием "земляной смеси" с умеренными уровнями концентрации 5–100 мг/м^3 проводились в течение 14 ч, причем всасывание смеси в концентрации 100 мг/м^3 проводилось в течение 3 % времени испытаний. Максимальная температура на входе в турбину (TIT) составляла 1027° C (1880° F). Размер частиц всасываемого материала находился в диапазоне от 40 до 250 микрон (относительно крупные частицы).

4.2.5.5 **Серия испытаний двигателя среднего размера F100 (второй двигатель).** Было отмечено следующее:

a) в результате цикла "продувки" двигателя, в ходе которого вначале мощность уменьшалась до режима малого газа, а затем постепенно увеличилась до максимальной мощности (без впрыска), часть стекловидных отложений, образовавшихся на лопатках соплового направляющего аппарата, была выброшена, что привело к частичному восстановлению параметров работы двигателя. Результаты последующего всасывания свидетельствуют о том, что образование наслоений проходило более быстрыми, чем первоначально отмечалось, темпами;

b) значительная эрозия лопаток компрессора и образование открытых зазоров привели к необратимому ухудшению работоспособности и характеристик двигателя;

c) по завершению этих испытаний анализ общего состояния двигателя показал экономическую нецелесообразность его ремонта.

Все испытания на всасывание проводились на установившемся режиме номинальной мощности с TIT ~1371° C (~2500° F) (т. е. оценка переходных характеристик работы двигателя не проводилась). Общая продолжительность испытаний составила 20 мин, в течение которых всасывание проводилось на относительно высоком уровне, составлявшем ~ 500 мг/м^3.

4.2.5.6 Общий вывод, сделанный по результатам серии испытаний двух двигателей F100, заключается в том, что всасывание вулканического пепла в умеренных концентрациях в первую очередь приведет к эрозии лопаток компрессора двигателя, а воздействие вулканического пепла в более высоких концентрациях в первую очередь приводит к образованию стекловидных отложений на направляющих лопатках соплового аппарата турбины.

4.2.5.7 **Серия испытаний двигателя среднего размера YF101.** Было отмечено следующее:

a) в течение первых 2,5 мин всасывания пыли в концентрации 80 мг/м^3 характеристики работы двигателя ухудшились;

b) после первой серии испытаний (10 мин работы) произошла эрозия элементов компрессора, а на лопатках направляющего аппарата образовались отложения;

c) в середине испытаний двигатель был поврежден настолько, что к дальнейшей эксплуатации он стал непригоден;

d) по завершении этих испытаний анализ общего состояния двигателя показал экономическую нецелесообразность его ремонта.

Все испытания на всасывание проводились на установившемся режиме номинальной мощности (т. е. оценка переходных характеристик двигателя не проводилась). Расчетная максимальная TIT составляла ~1404° C (~2560° F). В ходе этих испытаний использовались примерно четыре пылевые смеси, а концентрация при всасывании изменялась в диапазоне от 80 до 455 мг/м^3.

4.2.6 Известно, что после вулканического извержения следы вулканического пепла могут оставаться в атмосфере в течение дней, недель и даже месяцев. Эти незначительные уровни, которые органами чувств человека не воспринимаются (и, возможно, они не видимы), не представляют непосредственной угрозы безопасности полетов. Вместе с тем, признается тот факт, что даже такие незначительные уровни вулканического пепла, если он содержит песок или пыль, наносят необратимый экономический ущерб двигателям, которые в иных обстоятельствах можно было бы по-прежнему эксплуатировать, что приводит к их преждевременному снятию с эксплуатации или уменьшению ресурса. Дополнительная информация относительно подверженности турбовентиляторных двигателей получена в результате выполнения коммерческих полетов во всем мире в условиях воздействия песка и пыли пустынь. Изготовители работают над тем, чтобы уменьшить подверженность двигателей повреждению песком и пылью пустынь, результатом которого становится преждевременное снятие с эксплуатации или уменьшение ресурса. В частности, эта деятельность связана с изучением эрозионного разрушения лопаток компрессора и повреждения турбин в результате адгезии частиц песка и пыли на соплах турбин и нарушения охлаждения элементов горячего тракта. Данные о качестве окружающего воздуха использовались для проведения оценки содержания твердых частиц в воздухе с целью сравнения массовой концентрации в различных регионах, позволяющего осознать воздействие качества окружающего воздуха на долговечность двигателей. Кроме того, данные о качестве окружающего воздуха частично использовались для определения возможности безопасной работы двигателей в окружающей среде, загрязненной такими незначительными уровнями вулканического пепла. Такие экологические данные, а также замеры уровней содержания и концентрации твердых частиц в некоторой степени позволяют определить степень угрозы для безопасности полетов и устойчивость двигателей к воздействию вулканического пепла. Хорошо известно, что характерный состав песка и пыли отличается от вулканического пепла. Воздействие песка и пыли пустыни происходит на относительно малой высоте, а вулканический пепел воздействует как на поверхности, так и на высотах, включая крейсерские высоты. С точки зрения опасности, создаваемой вулканическим пеплом, время воздействия может быть значительно большим. Кроме того, следует отметить, что для эквивалентного воздушного потока уровень всасывания увеличивается по мере увеличения высоты, что обусловлено уменьшением плотности воздуха на высотах. В рамках проведенных на земле одним изготовителем двигателей испытаний опытный двигатель подвергался воздействию специально подготовленной смеси песка пустыни для оценки уязвимости горячего тракта к его всасыванию. В ходе этого испытания двигатель подвергался воздействию песка в концентрациях, примерно составлявших 750 мг/м^3, который всасывался компрессором низкого давления двигателя в течение 10 мин для оценки повреждения с целью определения предлагаемого усовершенствования конструкции. Двигатель работал без перебоев и выдавал тягу на протяжении всех 10 мин; однако в конце испытаний запас работоспособности этого двигателя уменьшился до отрицательного значения. В результате испытаний не удалось определить, на протяжении какого времени двигатель продолжал бы работать с положительным изменяющимся запасом работоспособности.

4.2.7 По всей вероятности, результаты испытаний, кратко изложенные выше, применимы к двигателям аналогичной конструкции с аналогичными параметрами термодинамического цикла. В то же время в современных двигателях стали применяться другие материалы и термодинамический цикл, позволяющие снизить эксплуатационные расходы и уменьшить объем выбросов в окружающую среду. Следует иметь в виду, что на многих совсем недавно сертифицированных двигателях при изготовлении лопаток стали применяться другие материалы, позволяющие уменьшить степень эрозии, а также новые материалы и покрытия, обеспечивающие возможность работы двигателя при более высоких температурах. Что касается изменений рабочего цикла, то современные двигатели с высокими эксплуатационными характеристиками работают при более высоких температурах в камерах сгорания и на входе в турбину,

что позволяет улучшить эмиссионные характеристики и обеспечить экономию (например, потребление топлива). В части, касающейся этих областей изменений, можно сделать следующие общие выводы:

a) изменения в области материалов, призванные повысить устойчивость к эрозии, обусловленной песком пустынь, должны привести к уменьшению степени подверженности двигателей воздействию вулканического пепла;

b) неизвестны последствия изменений в области использования покрытий и материалов в блоках камер сгорания и ступенях турбины двигателей на аккумуляцию стекловидной составляющей вулканического пепла;

c) увеличение температуры в блоках камеры сгорания и ступенях турбины повысит степень подверженности двигателей воздействию вулканического пепла.

Количественное определение степени подверженности на основе универсального использования единой концентрации вулканического пепла применительно к каждому вулканическому извержению представляется непрактичным. Однако по сравнению с двигателями, указанными в п. 4.2.5, современные реактивные двигатели будут, по крайней мере, так же или более подвержены воздействию вулканического пепла.

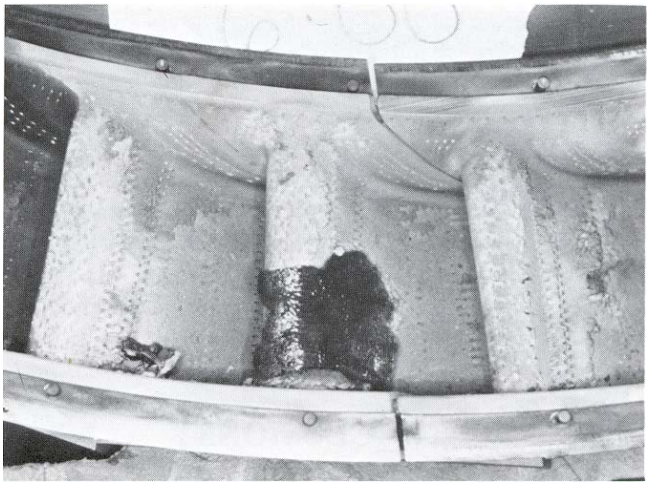


Рис. 4-1 a). Темный стекловидный осадочный слой расплавленного вулканического пепла на передней кромке лопатки соплового направляющего аппарата первого каскада турбины высокого давления. (Источник: Przedpelski and Casadevall)

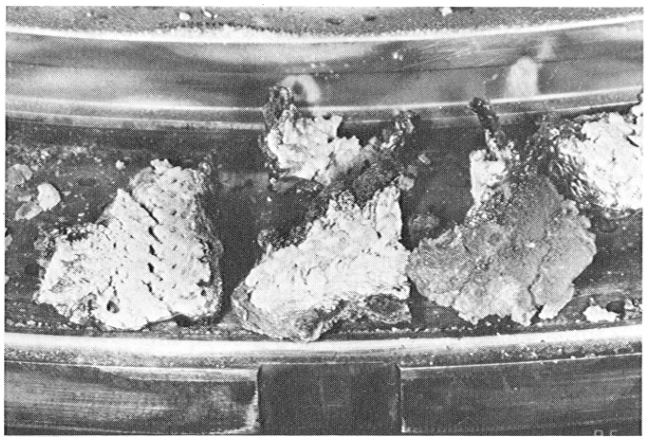


Рис. 4-1 b). Фрагменты осадочного слоя, отделившиеся от передней кромки лопаток во время демонтажа соплового направляющего аппарата первого каскада турбины высокого давления. (Источник: Przedpelski and Casadevall)

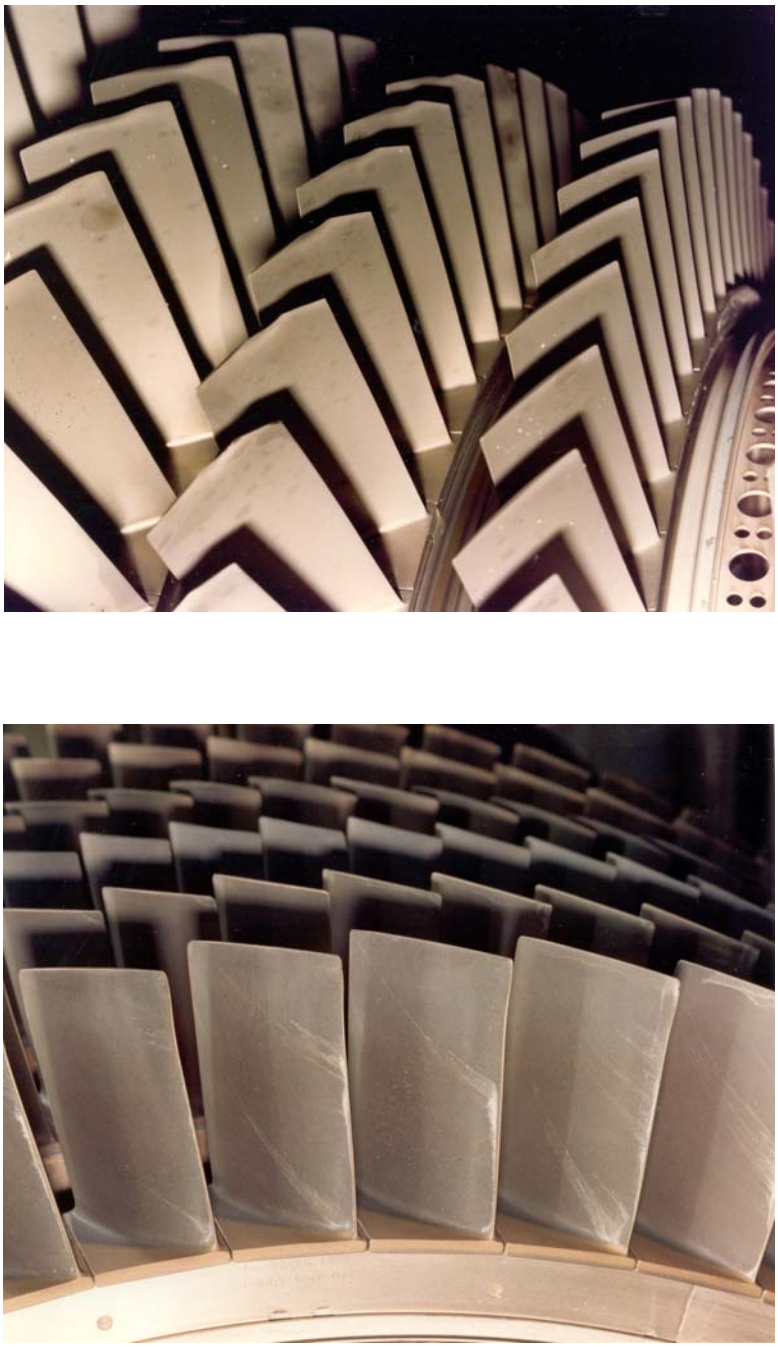


Рис. 4-2. Эрозия законцовки лопаток компрессора высокого давления (верхнее фото). Искривление ротора компрессора первого каскада высокого давления (нижнее фото). (Предоставлены фирмой "Роллс-Ройс")

4.3 ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ПЛАНЕР И ОБОРУДОВАНИЕ ВОЗДУШНОГО СУДНА

4.3.1 Кроме абразивного повреждения рабочих частей двигателей, вулканический пепел может оказывать аналогичное воздействие на стекла кабины экипажа, передние кромки аэродинамических поверхностей и хвостовое оперение, а также подобно пескоструйной обработке снимать краску с планера воздушного судна. Вулканический пепел может приводить к повреждению любых выступающих элементов на планере воздушного судна, таких, как антенны, датчики, сигнализаторы обледенения, датчики указателя угла атаки, и даже выводить их из строя. Абразивное воздействие пепла на стекла кабины экипажа ухудшает передний обзор, и с точки зрения авиационной безопасности может представлять серьезную проблему при посадке воздушного судна, как это имело место с самолетом B-747 авиакомпании "Бритиш эруэйз" в 1982 г., который после попадания в облако вулканического пепла вынужден был совершить аварийную посадку в Джакарте. Повреждение антенн может привести к полной потере ВЧ-связи и ухудшению ОВЧ-связи[3]. Повреждение различных датчиков может вызвать серьезное искажение информации, которую пилот получает с помощью приборов, установленных в кабине экипажа, и таким образом затруднить управление воздушным судном.

4.3.2 Головные изготовители оборудования не рекомендуют выполнять полеты в видимых облаках вулканического пепла. При эксплуатации воздушных судов на земле в районах, загрязненных отложениями вулканического пепла, необходимо также принимать меры предосторожности. Приводимая ниже информация содержит общие указания и соображения относительно выполнения операций при наличии вулканического пепла. Для получения самой последней информации, содержащей рекомендации в отношении вулканического пепла, эксплуатантам следует обращаться к соответствующим головным изготовителям оборудования.

4.3.3 На рис. 4-3 показаны зоны воздушного судна, которые могут быть подвержены воздействию вулканического пепла. Если воздушное судно имело непреднамеренный или иной контакт с вулканическим пеплом, эксплуатанту следует, до выполнения следующего полета, провести в этой связи проверку в соответствии с руководством по техническому обслуживанию воздушного судна, разработанным головным изготовителем оборудования. (Рекомендуемый порядок действий летного экипажа в случаях непреднамеренного контакта воздушного судна с облаком вулканического пепла изложен в п. 4.5).

4.3.4 Если эксплуатант выполняет полеты при низких (т. е. невидимых) уровнях концентрации вулканического пепла, следует обратить особое внимание на показанные на рис. 4-3 зоны воздушного судна и потенциально скорректировать практику технического обслуживания с учетом полученных результатов с целью предупреждения выполнения внепланового технического обслуживания. Проверки следует проводить на предмет обнаружения признаков необычного или ускоренного абразивного износа и/или аккумуляции пепла.

Примечание. Производство полетов в условиях видимых облаков вулканического пепла характеризуется признаками контакта с пеплом, перечисленными в п. 3.2.2 и документе "Безопасность полетов и вулканический пепел", п. 1.4 *(Doc 9974). Производство полетов в условиях низких уровней концентрации вулканического пепла (невидимого) характеризуется отсутствием признаков контакта с вулканическим пеплом, перечисленных в п. 3.2.2 и Doc 9974, п. 1.4.*

3. Z.J. Przedpelski, “AIA Recommendations Aimed at Increased Safety and Reduced Disruption of Aircraft Operations in Regions with Volcanic Activity”, *Proceedings of the First International Symposium on Volcanic Ash and Aviation Safety*, 1991, U.S. Geological Survey Bulletin 2047 (1994), p. 148.

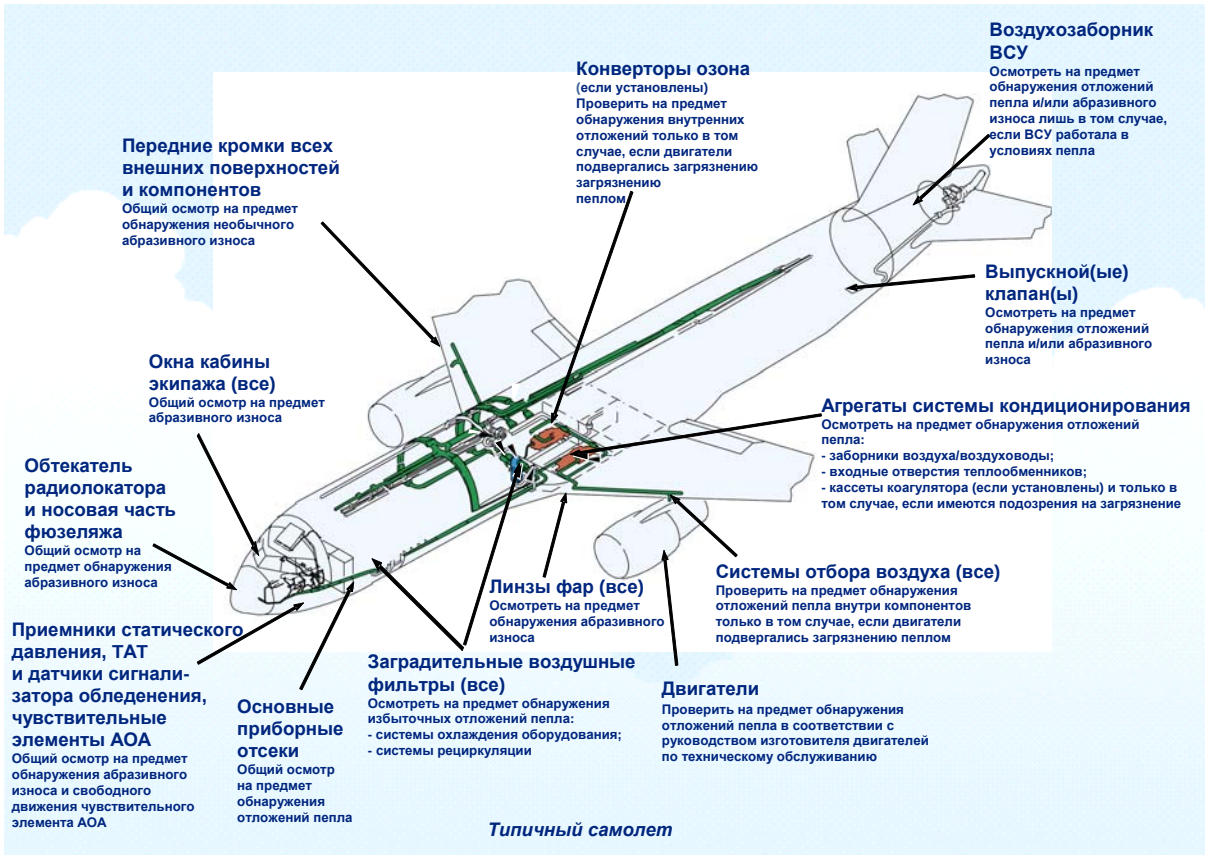


Рис. 4-3. Зоны планера и систем воздушного судна, подлежащие осмотру при выполнении полетов вблизи облаков вулканического пепла

4.3.5 Как правило, производство полетов в условиях низких концентраций вулканического пепла (невидимого) не требует проведения особых или специальных последующих проверок планера воздушного судна, двигателей и систем, помимо обычно используемой отдельными авиакомпаниями практики эксплуатации и технического обслуживания. Ухудшение технического состояния планера, двигателей и систем может происходить различными темпами в зависимости от многочисленных факторов, характеризующих условия эксплуатации. Поскольку обычное ухудшение состояния зависит от условий эксплуатации, авиакомпании, как правило, корректируют практику технического обслуживания таким образом, чтобы ухудшение состояния воздушных судов (засорение теплообменников, фильтров, абразивный износ и т. д.) не приводило к незапланированным простоям воздушных судов. Аналогичный подход к техническому обслуживанию применяется при выполнении полетов в условиях низких уровней концентрации вулканического пепла (невидимого), когда летный экипаж не передает донесений о контакте с вулканическим пеплом.

Общие рекомендации относительно проведения осмотров при техническом обслуживании воздушных судов после производства полетов в воздушном пространстве, загрязненном вулканическим пеплом (для всех воздушных судов с газотурбинными и поршневыми двигателями, включая винтокрылые воздушные суда)

4.3.6 Выполнить осмотры после производства полетов в воздушном пространстве, загрязненном вулканическим пеплом, на предмет обнаружения эрозии, отложений вулканического пепла или каких-либо повреждений воздушных судов и/или двигателей или ухудшения технического состояния систем. В результате воздействия вулканического пепла на земле или в воздухе параметры работы газотурбинных и поршневых двигателей могут значительно ухудшиться. Как минимум осмотрам должны подвергаться:

a) передние кромки крыла;

b) навигационные огни и посадочные фары, обтекатели;

c) шасси;

d) горизонтальный стабилизатор;

e) все выступающие конструктивные элементы;

f) приемники статического давления и отверстия для отбора статического давления;

g) окна и лобовые стекла;

h) входные устройства и гондолы двигателей (газотурбинных), воздушные фильтры линии всасывания (поршневые двигатели);

i) элементы системы охлаждения двигателя;

j) компрессоры и турбины двигателя;

k) масляные системы двигателя;

l) система дренажирования топливных баков;

m) лопатки ротора;

n) системы вентиляции и герметизации кабины воздушного судна (системы циркуляции воздуха, конвертор озона, вентиляторы системы рециркуляции, фильтры HEPA и т. д.);

o) детекторы дыма (детекторы расположены в грузовых отсеках, туалетах, отсеках электрооборудования, удаленных зонах отдыха членов экипажа и т. д.).

Результаты этих осмотров могут обусловить необходимость проведения более тщательных проверок (таких, как проверки двигателей с помощью бароскопов, проведение анализа масла, осмотр фильтров, очистка элементов конструкции). В рамках системы представления донесений о трудностях, возникающих при обслуживании, информацию о контактах с вулканическим пеплом и любых соответствующих выводах следует направлять обладателям сертификатов типа воздушного судна и двигателя, государству регистрации и консультативным центрам по вулканическому пеплу (VAAC).

Наземные операции в аэропортах, подвергавшихся воздействию вулканического пепла

4.3.7 Ниже приводятся общие рекомендации, касающиеся эксплуатации воздушных судов на земле в аэропортах, подвергавшихся воздействию вулканического пепла. За получением более конкретных рекомендаций в отношении воздушных судов и выполнения операций эксплуатантам следует обращаться к головным изготовителям оборудования.

Защита воздушных судов от пепла. Для выполнения наземных операций в аэропортах, подвергавшихся воздействию вулканического пепла, головные изготовители оборудования должны дать рекомендации эксплуатантам относительно специальных мер предосторожности, направленных на защиту воздушных судов от негативного воздействия вулканического пепла.

Очистка воздушного судна от пепла перед полетом. Перед полетом эксплуатант должен убедиться в отсутствии вулканического пепла на таких критических элементах, как воздухозаборники, датчики и приемники статического давления. По внешнему виду вулканический пепел аналогичен тальковой пудре. В том случае, если пепел обнаружен на поверхности воздушного судна, находящегося на стоянке или вблизи от него, головные изготовители оборудования рекомендуют эксплуатанту очистить загрязненные пеплом зоны воздушного судна, включая верхнюю часть фюзеляжа, горизонтальные поверхности, воздухозаборники и открытые хромированные поверхности шасси в целях удаления всех следов пепла. Головные изготовители оборудования настоятельно рекомендуют не использовать воду или моющие средства для промывки газового тракта двигателя, поскольку это может привести к аккумуляции инородных материалов в каналах охлаждения двигателя. Эксплуатантам следует выполнять рекомендации изготовителей двигателей, касающиеся очистки газовых трактов двигателей. Эксплуатантам следует уделять особое внимание удалению вулканического пепла из входных устройств двигателей и ВСУ и зон в районе датчиков, выходных, вентиляционных и дренажных отверстий, а также напорных воздухопроводов и всех окон. Эксплуатантам следует знать о том, что в процессе мойки воздушных судов без надлежащей герметизации отверстий и трубок частицы пепла или воды могут попасть в системы полного и статического давления. При отсутствии признаков наличия вулканического пепла можно выполнять обычные полеты.

Перед полетом снять все заглушки и чехлы. Летным экипажам следует убедиться в том, что все средства, использовавшиеся для заглушки или закрытия входных устройств, выходных и вентиляционных отверстий сняты.

Определить безопасный наземный маршрут движения. После очистки воздушного судна от какого-либо загрязнения вулканическим пеплом эксплуатанту, по согласованию с местным полномочным органом аэропорта, следует определить свободные от загрязнения пеплом перроны, РД и ВПП. Эта информация должна передаваться летным экипажам до начала выполнения наземных операций.

Подготовка персонала по техническому обслуживанию и наземного персонала. Эксплуатантам следует обеспечить, чтобы персонал по техническому обслуживанию и наземный персонал прошел надлежащую подготовку по проведению проверок на предмет обнаружения признаков загрязнения вулканическим пеплом и знал надлежащую технологию очистки воздушного судна от вулканического пепла.

Переподготовка летных экипажей эксплуатанта. В рамках переподготовки летных экипажей эксплуатанта должны рассматриваться такие вопросы, как ненадежная работа датчиков о воздушной скорости, вулканический пепел, отказ одного двигателя, отказ двух/нескольких двигателей и контрольные перечни нештатного запуска двигателей в полете.

4.3.8 Исключение возможности производства полетов в районах потенциального нахождения облаков вулканического пепла требует планирования в следующих областях:

- Диспетчер должен предоставлять летным экипажам информацию относительно вулканической деятельности, такой как потенциально активные вулканы и известные места нахождения пепла, которая может затронуть конкретный маршрут.

- Следует определить или изменить альтернативные маршруты, с тем чтобы избежать полета в воздушном пространстве, в котором находится видимое облако вулканического пепла.

- В непосредственной близости от облака вулканического пепла и в тех случаях, когда это необходимо, следует определить запасные маршруты на случай незапланированного снижения по причине отказа двигателя или разгерметизации кабины.

- По возможности полеты следует планировать таким образом, чтобы воздушные суда оставались с наветренной стороны от облаков вулканического пепла или пыли.

- Летным экипажам следует помнить о том, что бортовой метеорологический радиолокатор не является эффективным средством обнаружения пепла.

Стандарт, позволивший повысить безопасность полетов при извержениях вулканов

4.3.9 С момента внедрения VAAC и установления каналов связи между ними, ВМО и авиационным сообществом количество опасных контактов с вулканическим пеплом в полете резко уменьшилось даже несмотря на то, что количество выбросов вулканического пепла на протяжении этих лет сохранялось на прежнем уровне. Одним из основных элементов, способствовавших повышению безопасности полетов (после событий, происшедших с самолетами B-747 при извержении вулканов Галунггунг в 1982 году и Редаут в 1989 году), стало надлежащее функционирование и представление VAAC и ВМО донесений о "наблюдаемых" или "видимых" облаках вулканического пепла. Эти выполняемые VAAC и ВМО "наблюдения" в основном осуществляются на основе анализа спутниковых изображений видимого или инфракрасного диапазона. "Наблюдаемая" информация используется в комплексе с моделями дисперсии и метеорологическими средствами прогнозирования вероятного местоположения облака вулканического пепла через несколько часов. Такое совокупное использование метеорологами всей имеющейся информации для прогнозирования местоположения облака вулканического пепла дает хорошие результаты при обеспечении полетов авиации. В последние годы донесения о результатах наблюдений и прогнозы, сопоставляемые с результатами непосредственных наблюдений, а также деятельность эксплуатантов, стремящихся избежать планирования или производства полетов с входом в "видимое" или "наблюдаемое" облако вулканического пепла, привели к повышению безопасности и эффективности полетов. (Важно иметь в виду, что для прогнозов, составляемых на основе прогностической модели дисперсии, характерна существенная степень неопределенности, что обусловлено неточностью параметров источника (количество вулканических выбросов, высота выброса вулканического материала, время, прошедшее с момента извержения и т. д.) и разновидностями моделей прогнозирования дисперсии, используемых различными VAAC).

4.3.10 Наиболее серьезную опасность для воздушных судов, обусловленную контактом с вулканическим пеплом, представляет его воздействие на двигатели и потенциальная последующая потеря всей тяги. Имеется ряд других существенных факторов опасности для воздушных судов, таких как ошибочная индикация воздушной скорости, однако сами по себе эти факторы опасности не носят катастрофического характера. Степень опасности каждого из этих факторов можно уменьшить за счет применения летными экипажами специальных процедур или их подготовки, что обеспечивает возможность безопасного продолжения полета и выполнения посадки. Как отмечалось в п. 4.2.5,

современные реактивные двигатели продемонстрировали возможность работы при низких уровнях концентрации вулканического пепла (невидимого) при условии избежания производства полетов в условиях видимого пепла. Однако имеется ряд переменных, включая плотность облачности, размер частиц и концентрация пепла, которые оказывают влияние на то, является ли пепел видимым. Для обеспечения безопасности и эффективности полетов эту информацию следует учитывать при проведении оценки риска производства полетов, описание которой приводится в Doc 9974. Следует также отметить, что выполнение полетов даже в условиях незначительных уровней концентрации пепла (невидимого) может привести к увеличению расходов на техническое обслуживание, обусловленных ускоренным ухудшением технического состояния воздушных судов и двигателей.

Процесс информационного взаимодействия с головными изготовителями оборудования по вопросам вулканического пепла

4.3.11 На рис. 4-4 показан подлежащий использованию процесс получения консультативной помощи экспертов головных изготовителей оборудования в ходе вулканического извержения, результатом которого является потенциальное нарушение деятельности авиации.

4.3.12 В случае вулканического извержения, в результате которого вулканический пепел затрагивает соседнее воздушное пространство, воздушные трассы и аэродромы, наличие точной информации от (соответствующего) головного изготовителя(ей) оборудования или обладателя сертификата типа является для эксплуатанта(ов) исключительно важным элементом любого утвержденного нормативным органом процесса оценки безопасности полетов в рамках определения возможности продолжения их выполнения. Эксплуатанту следует заблаговременно запросить эту информацию до любого такого события, что позволит свести до минимума сбои при выполнении воздушных перевозок.

4.3.13 Хорошо известно, что наряду с другими факторами в равной степени важным является предоставление информации нормативным органам государств, поставщикам аэронавигационного обслуживания (ПАНО) и кризисным центрам. Регулирующим агентствам, занимающимся вопросами сертификации, за получением информации по аспектам эксплуатационного характера, проведения проверок и летной годности следует обращаться в соответствующие организации, занимающиеся сертификацией обладателей сертификатов типа или безопасностью полетов. Другим регулирующим агентствам, ПАНО и кризисным центрам за информацией такого типа следует обращаться к соответствующему регулирующему агентству, регламентирующему деятельность конкретного обладателя сертификата типа.

4.3.14 Между тем, в периоды вулканической активности каждому эксплуатанту следует установить горячую линию для непосредственного реагирования на запросы о получении информации от соответствующего нормативного полномочного органа, ПАНО или близлежащего кризисного центра в целях подготовки ответов на конкретно задаваемые вопросы. Затем последующий ответ (в отношении информации) может поступить от эксплуатанта. Каждая ситуация, являясь по своему характеру иной и непредсказуемой, не препятствует прямому информационному взаимодействию между нормативным полномочным органом и головным изготовителем оборудования.

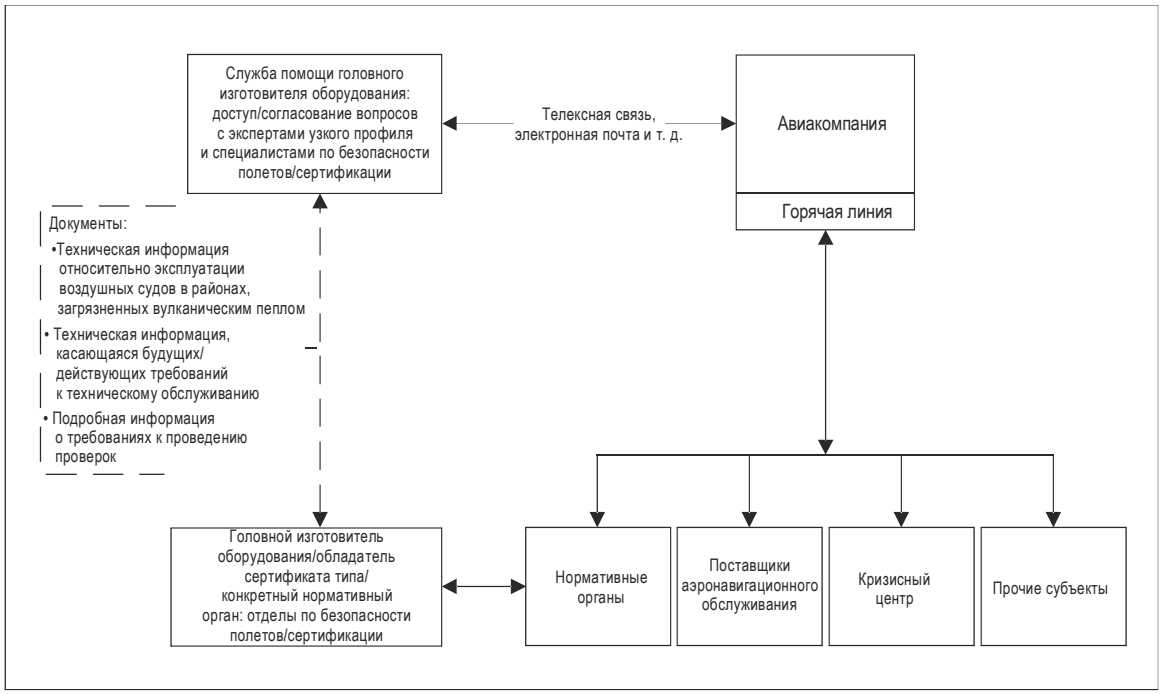


Рис. 4-4. Процесс информационного взаимодействия по вопросам вулканического пепла

4.4 ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОТНОСИТЕЛЬНО СОСТАВА ВУЛКАНИЧЕСКОГО ПЕПЛА, ИСПОЛЬЗУЕМОГО ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ИСПЫТАНИЙ РЕАКТИВНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

4.4.1 Информация относительно зарегистрированных контактов воздушных судов с облаками вулканического пепла (1953–2009), включая информацию о типе и степени повреждения двигателей и планеров воздушных судов, приводится в публикации, подготовленной г-ном Гуффанти в соавторстве с другими специалистами (2010)[4]. Недавно были рассекречены технические отчеты о результатах испытаний двигателей на воздействие вулканического пепла, финансировавшихся Управлением ядерных боеприпасов (сейчас Агентство по уменьшению угрозы безопасности) и проводившихся на объектах корпорации Calspan в 1980-х и начале 1990-х годов; сейчас они размещены на веб-сайте: http://www.dtra.mil/Info/FOIA/FrequentlyRequestedRecords.aspx. Концентрация пепла, использовавшегося при проведении этих испытаний, составляла от десятков до сотен миллиграмм на кубический метр, хотя в настоящее время основное внимание уделяется изучению воздействия меньших концентраций в периферийных частях облаков пепла, находящихся на удалении в несколько сотен или более километров от вулканических источников.

4.4.2 Приводимая ниже информация, подготовленная в 2011 году подгруппой по научным аспектам Международной целевой группы по вулканическому пеплу (IVATF) и одобренная Группой по эксплуатации

[4] Guffanti, Marianne, Casadevall, T.J., and Budding, K, 2010, Encounters of aircraft with volcanic ash clouds — A compilation of known incidents, 1953-2009: U.S. Geological Survey Digital Series 545. Online at http://pubs.usgs.gov/ds/545/

службы слежения за вулканической деятельностью на международных авиатрассах (IAVWOPSG), содержит ряд предложений и исходных рекомендаций относительно наиболее приемлемого вулканического материала при проведении любых возможных новых испытаний, направленных на изучение воздействия вулканического пепла на реактивные двигатели.

4.4.3 Вулканический пепел представляет собой смесь небольших фрагментов горной породы, минералов и стекловидного вещества, образуемых в результате эксплозивных вулканических извержений. В процессе извержений с образованием пепла давление горячей, насыщенной газом магмы, резко уменьшается по мере ее подъема к земной поверхности, и она бурно извергается на поверхность через жерло. Выброшенная магма, представляющая собой пенистую массу, образуемую в результате расширения газа, быстро охлаждается в воздухе и разламывается на куски пемзы, стекловидные частицы (весьма похожие на измельченное оконное стекло) и кусочки минералов и горной породы с острыми краями. Пропорциональная доля стекла по отношению к минералам и горной породе будет зависеть от конкретного вулкана. Масса фрагментов (называемых тефрой), а также двуокись серы (SO_2) и другие газы, выделяемые из дегазируемой магмы, поднимается вверх в виде конвекционной столбчатой субстанции. Более крупные куски тефры выпадают из колонны в течение периода, составляющего от нескольких минут до нескольких часов, и образуют отложения вокруг вулкана, а самые маленькие частицы (называемые пеплом) могут оставаться в атмосфере во взвешенном состоянии в виде вулканических облаков в течение нескольких дней.

4.4.4 Кроме того, облака пепла могут образоваться из пирокластических потоков (горячих, быстродвижущихся, захватывающих породу потоков газа и магматических частиц) в тех случаях, когда масса частиц меньшего размера конвективно возрастает по отношению к наземному потоку. Иногда такие облака пепла достигают высот, составляющих несколько километров.

4.4.5 Размер отдельных частиц пепла в вулканических облаках может находиться в диапазоне от менее одного микрона (микрон представляет собой микрометр, 10^{-6} метра) до нескольких сотен микронов. Как правило, в облаках, находящихся на расстоянии более 1000 км от их источника, диаметр частиц составляет от нескольких до десятков микронов.

4.4.6 Магматические газы, такие как SO_2, CO_2, H_2S, HCl и HF, извергаются вместе с твердыми частицами и взаимодействуют с водяным паром в эруптивной колонне и атмосфере. Особую значимость в вулканическом облаке имеет SO_2, часть которой в таком виде остается в атмосфере, а часть – превращается в серную кислоту (H_2SO_4), которая может абсорбироваться на частицах вулканического пепла.

4.4.7 В первом приближении вулканический материал, включая пепел, преимущественно состоит из кремнезема (регистрируемого в качестве SiO_2). Эта структура подразделяется на три основные категории: мафическая, промежуточная и кремневая. Мафические материалы характеризуются относительно низким содержанием кремнезема (<52 % SiO_2 в базальтовой магме). Кремневый материал имеет относительно высокое содержание кремнезема (>64 % SiO_2, содержащегося в дацитах и риолитах). Промежуточные смеси в виде андезитов содержат 52–63 % SiO_2. При рассмотрении вопроса о проведении испытаний важно учитывать следующие свойства:

a) по сравнению с кремнеземным материалом для мафического материала характерна более высокая температура плавления (например, ~1200º C для мафических минералов в сравнении с ~800º C для кремнеземных минералов);

b) стекло будет плавиться при меньших температурах, чем минералы аналогичного состава (например, ~1100º C для мафического стекла и ~650º C для кремнеземного стекла);

c) другие параметры являются равнозначными: мелкозернистый пепел будет плавиться более легко, чем крупнозернистый пепел, поскольку более мелкие частицы в целом нагреть можно быстрее.

4.4.8 Ряд исходных рекомендаций вулканологического характера относительно базовых параметров проведения испытаний заключаются в следующем:

a) при испытаниях следует использовать натуральный (аутентичный) вулканический пепел. Не следует использовать имитирующие вулканический пепел синтетические смеси, поскольку это еще больше усугубляет степень неопределенности и без того сложной программы испытаний;

b) пепел для испытаний двигателей должен представлять собой мелкозернистую смесь, состоящую из частиц размером в диапазоне, примерно составляющем 10–100 микрон; предполагается, что такой фракционный состав будут иметь диспергированные облака вулканического пепла на удалении от вулканического источника. Особого значения не имеет использование пепла, измельченного естественным образом; искусственно измельченная и просеянная тефра, состоящая из частиц большого размера, практически будет являться аналогичным материалом. В идеальном случае пепел должен быть "свежим", т. е. не содержащим гидратированных частиц стекла (стекла, в которое проникла вода), которые можно обнаружить в геологически более старом пепле, подвергшемся атмосферному воздействию;

c) испытания следует проводить с использованием вулканического пепла, в состав которого входит 56–64 % SiO_2, что характерно для состава вулканических пород во всем мире, содержащих много видов андезитов и некоторые виды дацитов (кремнеземов). К числу возможных вулканов для получения такого материала относятся вулканы, при извержении которых, как известно, повреждения получили воздушные суда, находившиеся в полете:

   – Сент-Хеленс, штат Вашингтон, 1980 г.;

   – Галунггунг, Индонезия, 1982 г.;

   – Редаут, Аляска, 1989–1990 гг.;

   – Пинатубо, Филиппины, 1991 г.;

   – Рабул, Папуа-Новая Гвинея, 2004 г.;

   – Суфриер-Хиллс, Монсерат, 1995 – по настоящее время;

d) в начале испытания следует проводить с использованием сухих образцов, т. е. образцов, не содержащих летучих компонентов, таких как пары воды или SO_2, в целях ограничения количества сложных переменных до тех пор, пока не появится возможность провести переоценку программы эксперимента.

4.4.9 По всей вероятности, получение пепла в количестве, достаточном для проведения испытаний, будет предусматривать сбор нескольких тысяч килограмм (несколько тонн) материала. При организации доставки материала может возникнуть проблема, обусловленная расстоянием от места сбора до места проведения испытаний.

4.4.10 Для уточнения представленных в настоящем документе рекомендаций и подготовки ответов на связанные с ними вопросы к любому процессу отраслевых разработок стандартов испытаний рекомендуется привлекать вулканологов, знакомых с механизмом вулканических извержений эксплозивного типа и образуемыми в их результате продуктами. Кроме того, для определения любых

важных результатов, касающихся типа вулканических материалов, которые могут потребоваться для проведения любых будущих испытаний, рекомендуется тщательно изучить данные предыдущих испытаний, проведенных корпорацией Calspan (см. п. 4.2.5).

4.4.11 Головные изготовители оборудования обладают соответствующим опытом определения подлежащих испытанию типов двигателей или их компонентов.

4.4.12 При разработке программы испытаний реактивных двигателей с использованием вулканического пепла эти рекомендации следует использовать в качестве отправной точки для определения подлежащего использованию вулканического материала. Наилучшим образом дополнительные рекомендации относительно технических целей и программы проведения фактических испытаний может подготовить группа экспертов по отраслевым стандартам.

4.5 РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ОБЩИЕ СПОСОБЫ УМЕНЬШЕНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ ВУЛКАНИЧЕСКОГО ПЕПЛА

4.5.1 Вышеизложенный анализ воздействия вулканического пепла на воздушные суда следует использовать в качестве основы для внесения изготовителями воздушных судов в руководство по летной эксплуатации рекомендуемых процедур на случай случайного попадания воздушного судна в облако вулканического пепла. В таких случаях летным экипажам следует всегда выполнять процедуры и рекомендации изготовителя воздушного судна. При отсутствии конкретных процедур или рекомендаций государства могут требовать от летных экипажей использования следующих общих приемов:

a) по возможности, учитывая особенности воздушного пространства, рельефа местности и воздушного движения, *немедленно уменьшить тягу до режима малого газа.* Это действие приведет к снижению температуры выхлопных газов (EGT), что в свою очередь уменьшит наращивание слоя расплавленного пепла на лопатках турбины и деталях горячего тракта двигателя. Вулканический пепел может также вызвать быструю эрозию и повреждение внутренних деталей двигателей;

b) *выключить автоматы тяги (если они задействованы).* Автоматы тяги необходимо выключить для того, чтобы система автоматически не увеличила тягу выше значения, соответствующего режиму малого газа. Учитывая малый запас по помпажу, ограничить число изменений силы тяги и выполнять их путем медленных плавных перемещений рычага регулировки тяги;

c) *как можно быстрее выйти из облака вулканического пепла.* Протяженность облака вулканического пепла может достигать нескольких сотен миль. Для максимального сокращения расстояния и времени выхода из облака может потребоваться выполнение разворота на 180° со снижением насколько позволяет рельеф местности. Не рекомендуется увеличивать тягу с целью набора высоты и преодоления верхней границы облака вулканического пепла, поскольку при сильной тяге повреждение двигателей и их заглушение происходят за более короткий промежуток времени;

d) *включить системы противообледенения двигателей и крыльев и все агрегаты системы кондиционирования воздуха.* Это повысит запас двигателей по помпажу за счет увеличения потока воздуха, отбираемого от двигателя. Возможно, удастся стабилизировать работу одного или нескольких двигателей при тяге в режиме малого газа, при котором EGT будет оставаться в установленных пределах. Необходимо попытаться добиться стабильной работы по крайней мере одного двигателя в режиме малого газа в установленных пределах с тем, чтобы обеспечить электропитание и наддув кабины путем отбора воздуха до тех пор, пока она не будет очищена от вулканического пепла;

e) *запустить вспомогательную силовую установку (ВСУ), если таковая имеется.* ВСУ может использоваться для питания электрической системы в случае потери мощности несколькими двигателями. ВСУ может также использоваться для питания пневматического источника воздуха для облегчения запуска двигателей, если это предусмотрено в данной модели воздушного судна; и

f) *в случае необходимости, летному экипажу одеть кислородные маски и включить их на полную мощность.* Если в кабину экипажа попало значительное количество вулканического пепла или ощущается сильный запах серы, одеть кислородные маски и включить их на полную мощность. Если давление в пассажирском салоне остается нормальным, то пассажирам не рекомендуется вручную извлекать персональные кислородные маски, поскольку в этом случае подаваемый в салон кислород окажется смешанным с попавшим в салон вулканическим пеплом. Если высота в пассажирской кабине превышает 4250 м (14 000 фут), то на большинстве коммерческих воздушных судов индивидуальные кислородные маски пассажиров выбрасываются автоматически;

g) *произвести повторный запуск двигателя в соответствии с процедурами, предусмотренными руководством по летной эксплуатации.* Если двигатель не запускается, незамедлительно повторить запуск. Успешный запуск может оказаться невозможным до тех пор, пока воздушная скорость и абсолютная высота полета не будут находиться в пределах параметров, необходимых для повторного запуска двигателя в полете. Следует осуществлять тщательный контроль за температурой выхлопных газов (EGT). При затяжном запуске происходит быстрое увеличение температуры EGT. Если разгон двигателя происходит медленно, температура EGT будет увеличиваться медленно. На больших высотах разгон двигателей до режима малого газа происходит очень медленно, особенно при наличии вулканического пепла; это может быть воспринято как неудачный запуск двигателя или как неспособность двигателя выйти на режим малого газа, либо как неисправность двигателя;

h) *контролировать воздушную скорость и положение воздушного судна по тангажу.* Если имеются сомнения относительно надежности показаний указателя воздушной скорости или они полностью отсутствуют (вулканический пепел может закупорить приемник полного давления), то следует установить соответствующее положение воздушного судна по тангажу, следуя инструкциям руководства по производству полетов в отношении "выполнения полета при ненадежных показаниях индикатора воздушной скорости". Если показания указателей воздушной скорости ненадежны или индикация воздушной скорости прекращается одновременно с потерей тяги всех двигателей, их остановки или заглоханием, то в этом случае с помощью указателя пространственного положения следует установить соответствующий угол тангажа. Если приборные показания воздушной скорости ненадежны или отсутствуют, то в качестве ориентира можно использовать показания путевой скорости, обеспечиваемые инерциальной системой. Кроме того, при выполнении посадки значение путевой скорости можно получить от диспетчерского пункта подхода;

i) *совершить посадку в ближайшем подходящем аэропорту,* если имел место контакт с вулканическим пеплом и предполагается, что воздушное судно повреждено или в связи с проникновением вулканического пепла нарушается работа его двигателей;

j) *при посадке, если имеется возможность, использовать пониженные режимы работы реверса.* Если представляется необходимым использовать максимальный режим реверса тяги, реверс тяги следует включать после того, как основные стойки шасси коснутся земли. В максимально возможной степени ограничить использование реверса тяги, поскольку реверсный поток может поднять в воздух пепел, песок, пыль и ухудшить видимость;

k) *если система автопилота работает удовлетворительно следует рассмотреть вопрос об уходе на аэродром, оснащенный средствами автоматической посадки, а после посадки, если видимость в*

прямом направлении ограничена, отбуксировать воздушное судно на место стоянки. Абразивное истирание лобового стекла кабины экипажа и посадочных фар под воздействием вулканического пепла может значительно уменьшить видимость во время захода на посадку и посадки. При этом передний обзор может быть ограничен наблюдением через боковые форточки;

l) *при необходимости провести консультации со специалистом медицинской службы.* Контакт с вулканическим пеплом может вызвать проблемы с физическим (сера, пыль, недостаток кислорода) и психическим здоровьем (страх, стресс).

4.5.2 Как отмечалось в п. 4.5.1, пилотам всегда следует выполнять конкретные процедуры, содержащиеся в руководстве по производству полетов воздушных судов (разработанном эксплуатантами воздушных судов для каждого входящего в их парк типа воздушного судна) и относящиеся к конкретной комбинации воздушного судна и установленных на нем двигателей. Инструктивные указания по этим вопросам приводятся в главе 8 и дополнении К документа *"Подготовка руководства по производству полетов"* (Doc 9376), а также в правилах полетов, выпускаемых изготовителями воздушных судов для каждого типа производимого ими воздушного судна. Кроме того, в руководства по техническому обслуживанию воздушных судов необходимо включить руководящие указания о необходимости проведения технического обслуживания и/или проверки воздушных судов, подвергнувшихся воздействию вулканического пепла. Как уже упоминалось в главе 2, для авиакомпаний, регулярно выполняющих авиаперевозки через районы мира, в которых часто происходят вулканические извержения, долгосрочные последствия частых полетов через воздушное пространство даже с очень низкой концентрацией вулканического пепла могут выражаться в увеличении расходов на техническое обслуживание воздушных судов. Известно, что ряд авиакомпаний столкнулись с тем, что окна кабины экипажа и в пассажирском салоне приходится полировать или заменять гораздо более часто, чем это ожидалось для определенного количества часов налета. Однако пока остается неясным, обусловлено ли это использованием новых пластиковых материалов для наружных окон в пассажирском салоне или же присутствием в атмосфере небольших концентраций вулканического пепла/капелек кислоты.

4.5.3 Исходя из того, что наиболее серьезной угрозой, которую вулканический пепел представляет для воздушного судна, является опасность заглохания нескольких двигателей, чрезвычайно важным представляется рассмотрение путей и средств, позволяющих избежать останова двигателей и обеспечить их более надежный повторный запуск в воздухе, загрязненном вулканическим пеплом. Выключение или заглохание двигателей – это редкие события, с которыми многим пилотам никогда не придется иметь дело на протяжении всей своей работы, за исключением подготовки на тренажере. Положение еще больше осложняется тем, что процедуры запуска двигателей в полете отличаются от процедур обычного запуска на земле. Наилучшим решением этой проблемы является ознакомление пилотов с набором процедур запуска двигателей в полете, который включает в себя также процедуры запуска двигателей в воздухе, загрязненном вулканическим пеплом, а также включение в основную и периодическую программы подготовки пилотов обучение на тренажерах приемам запуска двигателей в полете.

Глава 5

ВЛИЯНИЕ ВУЛКАНИЧЕСКОГО ПЕПЛА НА РАБОТУ АВИАЦИОННЫХ ОПЕРАТИВНЫХ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ СЛУЖБ

5.1 АЭРОДРОМЫ

5.1.1 Общие положения

5.1.1.1 Вулканический пепел может также оказывать существенное воздействие на функционирование аэродромов, расположенных с подветренной стороны шлейфа вулканического пепла. Вулканический пепел осаждается на территорию аэродрома и вокруг него, загрязняя электронное, электротехническое и механическое наземное оборудование, и, если не принять надлежащих мер, то и на находящиеся на стоянках и выполняющих руление воздушные суда. Наличие вулканического пепла на ВПП уменьшает коэффициент сцепления с поверхностью ВПП шасси воздушного судна, выполняющего посадку, особенно при мокром пепле, и сильно ухудшает видимость из-за пепла, который поднимают с поверхности работающие двигатели воздушных судов, выполняющих руление, посадку или взлет. Для полного закрытия аэродрома для приема и вылета воздушных судов в действительности достаточно совсем небольшого слоя пепла (всего 1 мм).

5.1.1.2 Воздействие вулканического пепла на электронное, электротехническое и механическое оборудование во многом аналогично его воздействию на оборудование воздушных судов, которое было описано выше. Вулканический пепел легко проникает почти во все пространства, за исключением тщательно загерметизированных зон, причем это в равной степени касается как малых электронных компонентов, так и ангаров и помещений для технического обслуживания воздушных судов. Системы охлаждения, смазки и фильтрации зачастую оказываются загрязненными настолько, что это оборудование невозможно полностью очистить и приходится заменять. Движущиеся детали механического оборудования, особенно подшипники, тормозные системы и системы передач, достаточно быстро изнашиваются под воздействием вулканического пепла из-за того, что установленные на оборудовании фильтры и системы смазки сами оказываются забитыми/или загрязненными пеплом. Серьезные проблемы могут возникнуть в высоковольтных цепях и компонентах, особенно если пепел увлажнен дождем и приобрел высокую электропроводность. Это приводит к коротким замыканиям, искрению и короткому замыканию между щетками, что может вызвать возгорание компонентов электрической распределительной системы. При выпадении дождя вулканический пепел может впитывать значительное количество воды, содержание которой может достигать 1400 кг/м^{3} [1] и более. По своему составу такой пепел подобен мокрому цементу и при осаждении на крыши ангаров может привести к обрушению сооружения, как это случилось на авиабазе Кларк ВВС США на Филиппинах при извержении вулкана Пинатубо в 1991 г. (см. рис. 5-1). Мокрый пепел, осевший на находящиеся на стоянке воздушные суда (особенно в случаях, когда двигатели расположены в хвостовой части), может привести к значительному перемещению центра тяжести и опрокидыванию воздушного судна, если оно не закреплено хвостовым костылем (рис. 5-2).

5.1.1.3 В зависимости от количества выпавшего на аэродром пепла, присутствия приземного ветра (переносящего смешанный с воздухом пепел) и выпадения дождя в данном районе (способствующего

1. J.R. Labadie , “Mitigation of Volcanic Ash Effects on Aircraft Operating and Support Systems”, *Proceedings of First International Symposium on Volcanic Ash and Aviation Safety*, 1991,U.S. Geological Survey Bulletin 2047 (1994), p. 125.

Рис. 5-1. Ангары на авиабазе Кларк, Филиппины, до (см. вставку – фотография от 10 июня 1991 г.) и после (24 июня 1991 г.) мощного извержения 15 июня 1991 г. (источник: Casadevall)

осаждению пепла) могут поступать сообщения о проблемах медицинского характера различной степени сложности. О многих проблемах медицинского характера сообщалось при обильном выпадении пепла в очень сухую ветреную погоду, как это имело место на аэродромах (и в крупных городах) Аргентины после извержения вулкана Хадсон в восточной части Чили в 1991 г. В основном это были проблемы бронхо-легочного характера, воспаления глаз и ссадин на коже. При более высокой влажности, особенно при выпадении дождя и слабом ветре, медицинские проблемы, согласно сообщениям, встречаются реже и имеют менее серьезный характер.

5.1.1.4 Для аэропортов, в которых существует вероятность выпадения вулканического пепла, следует рассматривать следующие аспекты данной проблемы:

a) постоянные мероприятия, проводимые до извержения;

b) вулканическое извержение, включая начало выпадения пепла на аэропорт до момента закрытия аэропорта;

Рис. 5-2. Самолет DC-10, находящийся на авиабазе ВМС Кьюби-Поинт, Филиппины (источник: Casadevall)

c) работы по очистке после извержения и открытие аэропорта.

Обмену мнениями по вышеизложенным аспектам и обсуждению различных примеров практических мер, предпринятых администрациями аэропортов во время вулканических извержений, был посвящен семинар "Влияние вулканического пепла на работу аэропортов", проведенный в г. Сиэтле в 1993 г.[2]

5.1.2 Постоянные мероприятия, проводимые до извержения

Мероприятия по борьбе с выпадением вулканического пепла на аэродром могут быть включены в качестве составной части в план мероприятий на случай аварийной обстановки в аэропорту, связанной со стихийными бедствиями[3], либо могут быть подготовлены в виде отдельного документа. В любом случае, если вулканическое извержение угрожает выпадению на аэропорт вулканического пепла, такой план должен включать в себя весь комплекс процедур, определяющих роль и ответственность всего персонала гражданской авиации и других аэродромных служб, а при необходимости, и организаций, не относящихся к аэропорту. Для того чтобы аэропорт имел возможность быстро и эффективно осуществить аварийные процедуры в такой чрезвычайной обстановке, необходимо предпринять следующие действия:

a) создать минимальный запас материалов, необходимых для того, чтобы закрыть/загерметизировать отверстия на воздушных судах и двигателях, наземное оборудование, определенные сооружения, имеющие стратегическое значение, и электронное/вычислительное оборудование и т. д. (например, лента для герметизации воздуховодов, пластиковые покрытия);

2. T.J. Casadewall, “Volcanic ash and airports — Discussions and recommendations from workshop on the impact of volcanic ash on airport facilities — Seattle, Washington, April 1993” *US Geological Survey*, Open File Report 93-518.
3. *Руководство по аэропортовым службам, часть 7 "Планирование мероприятий на случай аварийной обстановки в аэропорту",* Doc 9137, Международная организация гражданской авиации, Монреаль, Канада, 1991 г.

b) заранее подготовить источник получения материалов для очистки (помимо их обычного запаса), дополнительного мощного оборудования и больших запасов воды для сбора/очистки/удаления вулканического пепла;

c) заранее подготовить подходящую площадку за пределами аэропорта для санкционированного размещения собранного вулканического пепла с последующим его укрытием или по крайней мере фиксацией связующим веществом; и

d) заранее подготовить вспомогательные силовые установки.

5.1.3 Мероприятия во время вулканического извержения

5.1.3.1 От начала выпадения пепла на аэропорт до закрытия аэропорта

При получении уведомления об извержении, которое может привести к выпадению в аэропорту вулканического пепла, необходимо незамедлительно принять меры по защите, такие, как складирование неосновного оборудования, герметизация/закрытие отверстий на воздушных судах и двигателях, укрытие наземного оборудования и стратегически важных сооружений и электронного/вычислительного оборудования и т. д. Администрация аэропорта должна принять решение относительно возможности или необходимости продолжать выполнение полетов в аэропорту. При этом придется взвешивать многие, порой противоречивые соображения. Многие воздушные суда можно будет отправить из аэропорта прежде, чем пепел начнет существенно осложнять его работу. Это позволит уменьшить количество оставшихся на земле воздушных судов и пассажиров, которые подвергнутся воздействию пепла. Однако при определенных условиях продолжение полетов может создать опасность для повреждения двигателей воздушных судов и/или настолько снизить видимость на ВПП из-за сметания пепла с ВПП, что для выполнения следующего вылета/посадки потребуются все более продолжительные периоды времени, необходимые для оседания пепла. При загрязнении атмосферы вулканическим пеплом поддержка нормальной работы оборудования наземного обеспечения представляет собой чрезвычайно сложную задачу, поскольку в нем используются турбины, компрессоры и кондиционеры, которые обеспечивают только минимальную или грубую очистку воздуха. Оборудование наземного обеспечения полетов зачастую выходит из строя раньше, чем становится невозможным выполнение полетов, приводя тем самым к отмене полетов. Для максимального продления периода, в течение которого в аэропорту могли бы, в случае необходимости, выполняться ограниченные полеты, воздушным судам рекомендуется соблюдать на земле следующие правила[4]:

a) ограничивать обратную тягу при выполнении посадки. Использование при посадке максимальной обратной тяги может ухудшить видимость и привести к засасыванию пепла в двигатели;

b) наличие тонкого слоя пепла, который делает плохо различимой разметку ВПП, может создать трудности при торможении. Влияние толстого слоя пепла неизвестно. При наличии мокрого пепла следует соблюдать особую осторожность, поскольку поверхности становятся очень скользкими, а торможение менее эффективным;

c) ускоряется износ деталей тормозной системы, однако на подшипниках, имеющих хорошее уплотнение, наличие пепла не должно сказываться;

d) при статическом режиме мощность двигателей не должна превышать мощности в режиме малого газа;

4. Campbell, p. 151. (См. примечание 1, с. 1-4-1).

e) при рулении не следует выключать какой-либо из двигателей: все двигатели должны работать; однако при этом следует свериться с инструкциями руководства по эксплуатации, касающимися конкретной комбинации воздушного судна/двигателей;

f) тяга при рулении должна быть ограничена величиной, обеспечивающей медленную скорость выполнения руления;

g) не следует начинать полет, если в воздухе наблюдается наличие пепла; прежде чем начинать разбег для взлета, необходимо подождать пока осядет пепел;

h) необходимо использовать схему взлета без остановки;

i) следует ограничить использование на земле вспомогательной силовой установки для запуска двигателей; и

j) следует избегать использования на земле установок для кондиционирования воздуха, если внутренние вентиляторы поддерживают приемлемые комфортные условия. Если потребуется осуществлять кондиционирование воздуха на земле, то при наличии в воздухе пепла кондиционер нужно установить на максимальное охлаждение и провести предварительное кондиционирование в аэропорту с использованием передвижной наземной установки, обеспечивающей фильтрацию воздуха, если таковая имеется. При выполнении взлета необходимо использовать отсос воздуха, если это разрешено правилами эксплуатации. При работе с установкой для кондиционирования воздуха необходимо руководствоваться инструкциями по ее эксплуатации.

5.1.3.2 В период, пока в аэропорту продолжают выполняться ограниченные полеты, необходимо завершить герметизацию всех отверстий, находящихся на стоянке воздушных судов, неиспользуемого наземного оборудования, определенных стратегически важных сооружений и электронного/вычислительного оборудования и т. д. По мере сокращения числа полетов все большее количество оборудования может быть выведено из эксплуатации, подвергнуто очистке, замене смазочного масла и фильтров, а само оборудование надежно укрыто или складировано. Возможно, со временем аэропорт придется закрыть полностью. Наихудшая ситуация возникает при продолжительной серии извержений, в результате которых аэропорт остается закрытым на несколько недель.

5.1.3.3 Работы по очистке после извержения

Не следует недооценивать сложность и объем этих работ. В зависимости от количества выпавшего пепла, полный объем пепла, который предстоит убрать из аэропорта, может оказаться огромным. Пепел необходимо обязательно удалить из аэропорта, потому что его не выдует ветром и он просто так не исчезнет, а будет продолжать циркулировать и все вновь загрязнять. В отдельных случаях, в зависимости от количества пепла и местных климатологических условий, удаленный с ВПП пепел, можно обработать связующим веществом или запахать в прилегающие к ВПП покрытые травой полосы, однако, как правило, единственным возможным способом является полное удаление пепла с территории аэропорта. Комплекс рекомендуемых процедур по защите и очистке аэропортов от пепла приводится в добавлении A; они основаны главным образом на опыте применения различных специальных мер, которые успешно использовались администрациями аэропортов во время прошлых вулканических извержений.

5.2 ОРГАНИЗАЦИЯ ВОЗДУШНОГО ДВИЖЕНИЯ

5.2.1 Общие положения

Вулканические извержения и возникающие в результате облака пепла могут приводить к серьезному нарушению воздушных перевозок и при некоторых обстоятельствах создавать для выполняющих полет по маршруту воздушных судов обстановку, угрожающую человеческой жизни. Целью настоящего раздела является описание влияния вулканического пепла на работу служб ОВД, особенно на работу районных диспетчерских центров (РДЦ). Данный раздел разделен на четыре подраздела: обнаружение события и донесения о нем; процесс координации и оповещения; меры РДЦ по управлению воздушным движением; и оповещение воздушных судов по радио и уведомление наземных органов.

5.2.2 Обнаружение события и донесения о нем

5.2.2.1 Серьезное внимание в авиационной отрасли к вулканическому пеплу стало уделяться лишь с появлением современных реактивных воздушных судов. Как отмечалось ранее в настоящем руководстве, вероятность крупного авиационного происшествия, вызванного вулканическим пеплом, является вполне реальной. Кроме того, присутствие вулканического пепла ведет к экономическим потерям, связанным не только с изменением маршрута воздушных судов и задержками в системе, но и с физическим повреждением воздушных судов и оборудования. На протяжении последних десяти лет вулканологи, геофизики, метеорологи, пилоты, авиадиспетчеры и специалисты по управлению воздушным движением занимаются разработкой международных стандартов, касающихся оповещения о вулканических извержениях и облаках вулканического пепла. В результате этих совместных усилий был разработан ряд сообщений, используемых в авиации для оповещения всех пользователей о вулканическом извержении и сопутствующем облаке пепла, что является одной из задач, выполняемых созданной по инициативе ИКАО Службы слежения за вулканической деятельностью на международных авиатрассах (IAVW), которая подробно описана в главе 6. Перечень таких сообщений приводится ниже:

Службы аэронавигационной информации (САИ)

— сообщения NOTAM или ASHTAM (обычно выпускаемые САИ по инициативе РДЦ).

Полномочный метеорологический орган

— сводки в кодовых формах METAR/SPECI,
— сводка о вулканической деятельности,
— информация о явлениях погоды на маршруте, которые могут повлиять на безопасность полетов воздушных судов (SIGMET),
— информация об отложении вулканического пепла (предупреждение по аэродрому).

Вулканологическое агентство

— сводка о вулканической деятельности (может включать цветовой код оповещения о состоянии вулканической деятельности) или извещение вулканологической обсерватории для авиации (VONA).

Примечание. Образец VONA включен в Справочник по службе слежения за вулканической деятельностью на международных авиатрассах (IAVW) *(Doc 9766); имеется только в электронном формате на веб-сайте IAVWOPSG.*

Пилоты

— специальное донесение с борта воздушного судна о вулканической деятельности (специальное AIREP),
— донесение пилота (PIREP – Северная Америка), срочное PIREP.

Консультативный центр по вулканическому пеплу (VAAC)

— консультативная информация о вулканическом пепле (сообщение открытым текстом с сокращениями и графическое представление).

5.2.2.2 Уведомление об извержении или информация о появлении в атмосфере облака вулканического пепла может поступить в органы обслуживания воздушного движения (ОВД) в различных форматах из одного или нескольких следующих источников:

— от национального вулканологического агентства в виде простого донесения (которое может включать указание цветового кода оповещения о состоянии вулканической деятельности) или донесения с использованием формы VONA;

— от национальной метеорологической службы, от органа метеорологического наблюдения (MWO) или от аэродромного метеорологического органа;

— от находящегося в полете воздушного судна в виде специального донесения с борта о вулканической деятельности;

— от подразделений таких национальных служб, как полиция, министерство обороны, служба лесного хозяйства и т. д.

5.2.3 Процесс координации и оповещения

5.2.3.1 Как указано в п. 5.2.2, первое донесение о вулканическом извержении и последующем образовании облака пепла может поступить от одного или нескольких источников. Если вулкан не находится в очень удаленной части земного шара, то весьма вероятно, что будут получены многочисленные донесения о его извержении. Распространение этих сообщений может очень быстро захлестнуть коммуникационную систему, когда население наводнит местные телекоммуникационные сети своими сообщениями и запросами информации о мощности извержения и его опасности. В выяснении масштабов опасности для своих пользователей глубоко заинтересованы не только авиакомпании. Правительства предпримут незамедлительные меры по защите жизни и имущества людей в целом, в которых, в частности, особое внимание будет уделено проблемам авиации.

5.2.3.2 Для того чтобы РДЦ смог принять подкрепленные информацией обоснованные решения относительно воздействия извержения/облака пепла на находящееся под его юрисдикцией воздушное пространство, а MWO – подготовить информацию SIGMET о вулканическом пепле, потребуются рекомендации экспертов. Как уже указывалось в настоящем документе, ИКАО назначила для этих целей девять консультативных центров по вулканическому пеплу (VAAC). Центр VAAC предоставляет консультативную информацию о траектории перемещения облака пепла и эшелонах полета, которые затронуты этим облаком. MWO несет ответственность за подготовку и выпуск сообщений SIGMET о вулканическом пепле, основываясь на этой информации и данных из других источников. Та же самая информация, которую VAAC предоставляет MWO, обычно направляется в РДЦ для передачи находящимся в полете воздушным судам, а также используется для подготовки NOTAM. Помимо информации о вулканической деятельности, сообщение NOTAM содержит информацию о маршрутах, подвергнувшихся

воздействию вулканического пепла, и инструктивные указания об альтернативных маршрутах. Информация SIGMET о вулканическом пепле готовится MWO в соответствии со Стандартами и Рекомендуемой практикой, содержащимися в Приложении 3, и обычно выпускается после проверки метеорологом включенных в донесения данных. Сообщения SIGMET используются руководящим персоналом РДЦ для организации движения в воздушном пространстве в пределах района их ответственности, включая закрытие воздушного пространства и изменение маршрута воздушных судов. Содержащаяся в SIGMET информация направляется также службой ОВД пилотам с тем, чтобы они могли обойти облако пепла. Все решения относительно изменения маршрутов воздушных судов принимаются по согласованию между службой ОВД, пилотом и диспетчером УВД.

5.2.4 Меры РДЦ по управлению воздушным движением

5.2.4.1 В случае поступления в РДЦ от любого из вышеперечисленных источников донесения о наличии и прогнозируемом перемещении облака вулканического пепла в районе полетной информации, за который данный РДЦ несет ответственность, необходимо принять следующие меры:

a) незамедлительно направить пилотам, к чьим судам это может иметь отношение, всю имеющуюся информацию о местоположении облака пепла и затронутых им эшелонах полета;

b) предложить соответствующее изменение маршрута для обхода известного или прогнозируемого района нахождения облаков пепла;

c) напомнить пилотам, что облака вулканического пепла нельзя обнаружить с помощью бортового радиолокатора или радиолокатора УВД. Пилот должен знать, что РЛС не обеспечит ему предварительного предупреждения о местоположении облака пепла;

d) если в РДЦ с борта воздушного судна поступило сообщение о том, что оно вошло в облако вулканического пепла и находится в стадии бедствия:

   1) считать, что данное воздушное судно находится в чрезвычайной ситуации;

   2) не выдавать разрешений на набор высоты воздушным судам с газотурбинными двигателями до тех пор, пока они не выйдут из облака пепла; и

   3) без согласования с пилотом не пытаться задавать направления выхода из облака.

Опыт показал, что рекомендуемым маневром выхода воздушного судна из облака пепла является изменение курса на 180° и снижение, если это позволяет рельеф местности. Однако главная ответственность за принятие такого решения лежит на пилоте.

5.2.4.2 В добавлении B приводится план мероприятий на случай чрезвычайной ситуации в воздушном пространстве Аляски при вулканических извержениях, разработанный Центром диспетчерского обслуживания воздушного движения в Анкоридже Федерального авиационного управления министерства транспорта США. Данный план является примером тех шагов, которые необходимо предпринять для обеспечения скоординированных и контролируемых действий в связи с событием подобного характера. В плане четко определены сферы ответственности руководителя районного центра организации воздушного движения, руководителя районной диспетчерской службы, руководителя службы организации воздушного движения и диспетчеров. Указано также к каким должностным лицам и в каком порядке следует обращаться, приведены форма сообщений, которые необходимо подготовить, и порядок ведения дел.

5.2.4.3 В добавлении C приводится описание разработанных службой ОВД Австралии правил уклонения от неблагоприятных метеоусловий в океаническом контролируемом воздушном пространстве. Эти правила являются примером процедур, которыми следует руководствоваться при выполнении полетов, когда приходится отклоняться от запланированного маршрута полета с тем, чтобы уклониться от чрезвычайно неблагоприятных метеоусловий, т. е. избежать ситуации, во многом сходной с попаданием в облако пепла. Эти правила особенно полезны в районах, находящихся за пределами дальности действия прямой ОВЧ-связи "диспетчер – пилот". В указанных правилах описываются действия, которые должны предпринимать органы управления воздушным движением, ответственность пилота и функции связи "пилот – диспетчер".

5.2.4.4 В приведенных в добавлениях B и C примерах важнейшим аспектом является тот факт, что каждому государству необходимо разработать процедуры, которые учитывают его обстоятельства и соответствуют его обязательствам перед ИКАО в отношении предоставления необходимого обслуживания воздушного движения в целях обеспечения безопасности воздушных судов.

5.2.4.5 Диспетчеры должны пройти соответствующую подготовку и знать о том, что оснащенные газотурбинными двигателями воздушные суда при попадании в облако пепла могут полностью потерять тягу и что требуется проявлять особую осторожность, чтобы предотвратить контакт с облаком пепла. Ввиду отсутствия способов определения плотности облака пепла и размеров образующих его частиц, а также их воздействия на работу двигателей и целостность воздушного судна, диспетчеры должны быть осведомлены о тех серьезных последствиях, к которым может привести контакт воздушного судна с облаком пепла. В главах 4 и 5 настоящего документа описано, к каким повреждениям может привести засасывание вулканического пепла в двигатели и каким образом вулканический пепел может осложнить работу на аэродроме. Ниже приводятся некоторые конкретные инструктивные указания:

a) в горизонтальном направлении облака пепла могут простираться на сотни миль, а в вертикальном направлении достигать стратосферы, поэтому пилотам не следует пытаться пролететь сквозь облако или выйти из него путем набора высоты;

b) вулканический пепел может полностью засорить приемник воздушного давления воздушного судна, в результате чего показания индикатора воздушной скорости станут ненадежными; и

c) условия торможения воздушных судов в аэропортах, поверхность ВПП которых недавно оказалась покрытой осевшим вулканическим пеплом, ухудшаются. Особенно явно этот эффект проявляется на ВПП, покрытых мокрым пеплом. Необходимо также знать о тех последствиях, к которым приводит засасывание вулканического пепла в двигатели при выполнении посадки и рулении. При вылете из аэропорта пилотам рекомендуется не начинать разбег, если в воздухе наблюдаются частицы пепла, а подождать пока они осядут, с тем чтобы избежать засасывания частиц пепла в двигатели.

5.2.5 Оповещение воздушных судов по радио и уведомление наземных органов

5.2.5.1 Во время вулканического извержения важным каналом связи между пилотом, диспетчером и метеорологами является РДЦ. При наличии облаков вулканического пепла в пределах соответствующего района полетной информации (РПИ) РДЦ выполняют две основные задачи по обеспечению связи. Первая и наиболее важная задача связана с их способностью поддерживать прямую связь с выполняющим полет по маршруту воздушным судном, которое может войти в облако пепла. На основании информации, содержащейся в сообщении SIGMET о вулканическом пепле и консультативном сообщении о вулканическом пепле, а также заключений метеорологов из MWO, диспетчеры УВД должны иметь возможность указать пилоту эшелоны полета, затронутые облаком пепла, а также прогнозируемую траекторию и направление перемещения облака. С помощью радиосвязи центры РДЦ имеют возможность согласовать с пилотом альтернативные маршруты, которые позволят воздушному судну уклониться от облака вулканического пепла.

5.2.5.2 Аналогичным образом, РДЦ посредством выпуска NOTAM о вулканической деятельности или ASHTAM могут распространять информацию о состоянии вулкана и его вулканической деятельности и даже о предшествующем извержению усилении вулканической деятельности. Сообщения NOTAM, ASHTAM и SIGMET наряду со специальными донесениями с борта (AIREP) содержат чрезвычайно важную информацию, используемую диспетчерами при планировании полетов. Авиакомпании нуждаются в как можно более раннем уведомлении о состоянии вулканов в целях стратегического планирования полетов и обеспечения безопасности авиапассажиров. Диспетчерам необходимо поддерживать связь с пилотами, выполняющими полет по маршруту, чтобы иметь возможность принятия согласованных между пилотом, диспетчером и органом управления воздушным движением решений в отношении имеющихся альтернативных маршрутов. Однако нельзя быть уверенным в том, что воздушному судну, которое, согласно прогнозам, может войти в облако пепла, будет задан наиболее желательный маршрут уклонения от этого облака. Это связано с необходимостью учета ряда других соображений, таких, как интенсивность воздушного движения на других маршрутах и запас топлива у воздушных судов, которые могут быть переведены на другие маршруты с тем, чтобы дать возможность воздушному судну, которому угрожает контакт с облаком пепла, перейти на выбранный маршрут обхода.

5.2.5.3 Сообщения NOTAM о вулканической деятельности и ASHTAM содержат информацию о состоянии деятельности вулкана, когда произошедшее или ожидаемое изменение его деятельности может представлять угрозу для производства полетов. Эти сообщения выпускаются РДЦ через соответствующий NOF на основе информации, полученной от любого источника наблюдения, и/или на основе консультативной информации, поступающей от соответствующего VAAC. Помимо данных о состоянии вулканической деятельности, NOTAM или ASHTAM содержат также информацию о местоположении, протяженности и перемещении облака пепла, а также о затронутых им маршрутах и эшелонах полета. Подробные руководящие указания, касающиеся выпуска NOTAM и ASHTAM, приводятся в Приложении 15 (*Службы аэронавигационной информации*). В Приложение 15 включена карта с цветовыми кодами уровней деятельности вулканов. Цветовой код вида оповещения может использоваться для представления информации о состоянии деятельности вулкана, например, "красный" обозначает наиболее интенсивную деятельность, т. е. идет вулканическое извержение, колонна/облако пепла замечены выше эшелона полета 250, а "зеленый" соответствует противоположному состоянию, т. е. считается, что вулканическая деятельность прекратилась и вулкан вернулся в свое нормальное состояние. Чрезвычайно важно, чтобы сообщения NOTAM о вулканической деятельности и ASHTAM были аннулированы сразу же после того, как вулкан вернется в нормальное состояние, предшествовавшее извержению, и при этом вулканологи не ожидают новых извержений, присутствие облака пепла не обнаружено и сообщений о нем не поступало из соответствующего РПИ.

5.2.5.4 Описанные в предыдущих пунктах правила, которыми должен руководствоваться персонал РДЦ во время вулканического извержения/наличия облака пепла, следует включить в инструкции для местного персонала (при необходимости в них вносятся изменения, учитывающие местные обстоятельства). Важно также, чтобы эти правила/инструкции были включены в базовую программу подготовки сотрудников всех служб ОВД, в функциональные обязанности которых входит принятие действий в соответствии с указанными правилами. Исходная информация, помогающая РДЦ и центрам полетной информации (ЦПИ) следить за состоянием деятельности вулканов, расположенных в пределах соответствующего РПИ, содержится в ежемесячном научном бюллетене сети оповещения о природных явлениях, который выпускается Смитсоновским институтом Соединенных Штатов Америки и бесплатно рассылается РДЦ/ЦПИ по их запросу.

5.2.5.5 Интересная работа по расчету вероятности контакта воздушных судов, следующих по конкретным маршрутам, с вулканическим пеплом (вероятность контакта с пеплом (AEP)) была проведена Стандером и Хеффтером[5]. Полученные ими результаты приведены на рис. 5-3 a) и b).

5. B.J.B. Stunder and J.L. Heffter, “Volcanic Ash Encounter Probabilities”, Eighth Conference on Aviation, Range and Aerospace Meteorology, Dallas, 1999.

5.3 МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ СЛУЖБЫ

5.3.1 Общие положения

Метрологические службы, расположенные в тех частях земного шара, которые подвержены воздействию вулканического пепла, должны играть важную роль в рамках службы IAVW. Степень участия в этой работе конкретной метеорологической службы зависит от уровня ответственности, которую взяло на себя соответствующее государство. Уровень ответственности за технические средства и службы распределяется следующим образом:

— всемирные центры зональных прогнозов (ВЦЗП),
— центры VAAC,
— органы MWO,
— аэродромные метеорологические органы,
— аэродромные метеорологические станции.

Некоторые государства взяли на себя обязательства по обеспечению всех вышеперечисленных средств и соответствующего обслуживания, другие ограничились одним или двумя типами средств и видами обслуживания.

5.3.2 Наблюдение за вулканическими извержениями/облаками пепла

В целом, лишь небольшое количество аэродромных метеорологических органов/станций расположено в пределах прямой видимости от действующего вулкана или группы вулканов. Тем не менее, ожидается, что те из названных служб, которые находятся в пределах прямой видимости, например, аэропорт Кагосима, расположенный недалеко от горы Сакурадзима в Японии, и Анкоридж, находящийся в пределах видимости группы вулканов Аляски, должны выпускать сводки о вулканической деятельности, когда наблюдается вулканическое извержение и/или облако пепла. Эта информация передается по цепи связи органу MWO, который несет ответственность за метеорологическое наблюдение в пределах соответствующего РПИ. Если находящийся в атмосфере вулканический пепел ухудшает видимость на данном аэродроме, то об этом сообщается в сводках METAR/SPECI. В случае распространения вулканического пепла на аэродром в сводках прогноза по аэродрому (TAF) можно также прогнозировать, хотя и с меньшей вероятностью, связанное с этим уменьшение дальности видимости, т. е. по крайней мере значения дальности видимости, а не появление вулканического пепла.

5.3.3 Предупреждения о вулканическом пепле

5.3.3.1 Следующим более высоким звеном в цепи связи и ответственности является орган MWO. На этом уровне ответственности главное внимание уделяется подготовке на основе полученных от любого источника данных "наблюдения" предупреждений для авиации, т. е. сообщений SIGMET. Информация SIGMET о вулканическом пепле остается действительной в течение максимум шести часов. Для того чтобы MWO мог справиться с этими задачами, его метеорологи должны располагать следующими средствами:

a) данными с геостационарных спутников и результатами измерений с помощью усовершенствованного радиометра с очень высоким разрешением (AVHRR); и

b) моделью расчета на ЭВМ прогнозируемых в реальном масштабе времени траекторий перемещения вулканического пепла.

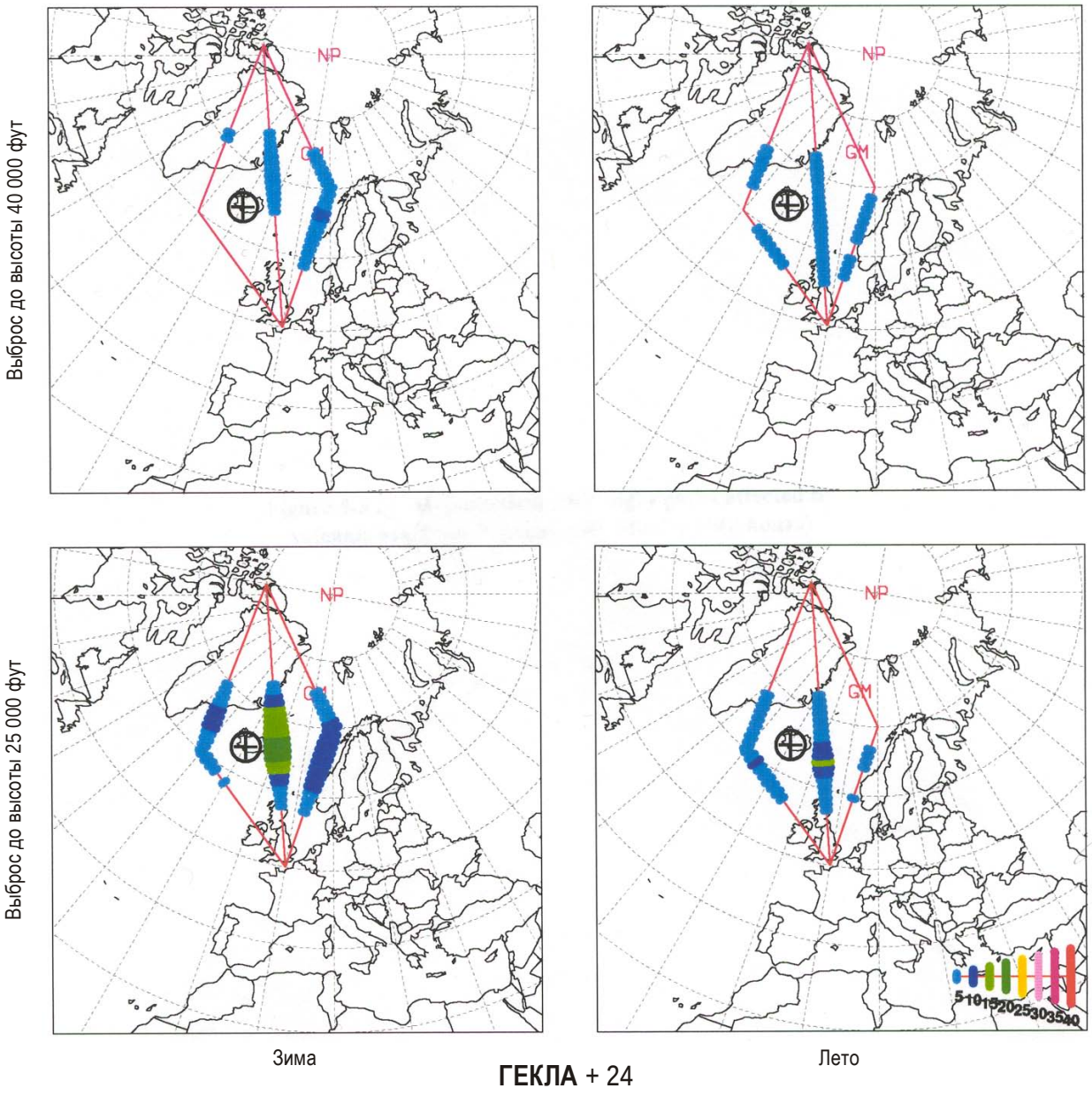


Рис. 5-3 а). Гипотетическая вероятность контакта (AEP) с вулканическим пеплом на авиатрассах после извержения вулкана Гекла, Исландия (+ 24 ч) (источник: Stunder and Heffter)

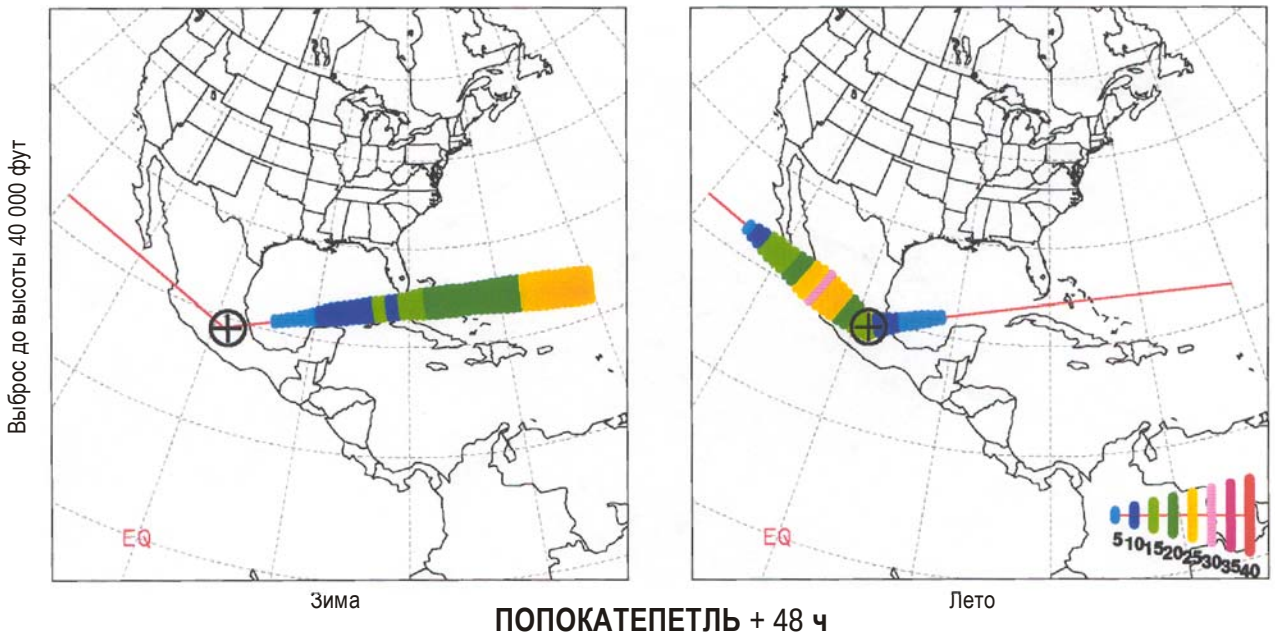


Рис. 5-3 b). Гипотетическая вероятность контакта (AEP) с вулканическим пеплом на авиатрассах после извержения вулкана Попокатепетль, Мексика (+ 48 ч) (источник: Stunder and Heffter)

Поскольку большинство органов MWO не имеют доступа к таким средствам, ИКАО должна была назначить центры VAAC, располагающие такими возможностями и способные предоставлять органам MWO необходимую консультативную информацию.

5.3.3.2 Девять таких центров были назначены ИКАО для оказания помощи органам MWO в согласованных зонах ответственности (см. главу 6). По получении информации от любого источника о вулканическом извержении и/или появлении вулканического пепла MWO незамедлительно информирует об этом соответствующий РДЦ/ЦПИ с тем, чтобы он мог предупредить воздушные суда, которые могут затронуть указанные явления, и изменить их маршрут. Затем данный MWO по телефону или факсу уведомляет соответствующий VAAC и просит подтвердить наличие облаков пепла по данным со спутников, а также запрашивает траектории их перемещения, прогнозируемые на основе первоначальной информации, предоставленной указанным MWO. Эта исходная информация может включать или не включать в себя подтверждение наличия в атмосфере вулканического пепла и данные о высоте колонны пепла. Если в донесениях сообщается, что в атмосфере наблюдается наличие пепла или что извержение было эксплозивного характера и следует ожидать появления пепла, то в этом случае необходимо выпустить первоначальное сообщение SIGMET и ожидать получения от VAAC прогнозируемой траектории перемещения облака. Второе сообщение SIGMET выпускается сразу после очередного подтверждения информации о наличии и протяженности облака пепла и/или после получения от VAAC первого варианта прогнозируемой траектории его перемещения. Сообщения SIGMET следует обновлять по мере необходимости, но не реже, чем через каждые шесть часов.

5.3.3.3 Для обеспечения взаимного соответствия содержания сообщений SIGMET и NOTAM/ASHTAM орган MWO должен поддерживать постоянную связь с работающим совместно с ним РДЦ. В зависимости от договоренностей в рамках государств, РДЦ может получать информацию непосредственно от VAAC одновременно с поступлением той же информации в орган MWO. Такой метод предпочтительно использовать в целях экономии времени в тех случаях, когда это практически осуществимо. Необходимо подтвердить, что

между VAAC и РДЦ поддерживается постоянный контакт, в противном случае MWO должен обеспечить незамедлительную передачу всей необходимой информации в РДЦ. После прекращения воздействия вулканического пепла на данный РПИ следует аннулировать все сообщения SIGMET. В принципе, это делается после подтверждения центром VAAC отсутствия пепла в атмосфере на основе спутниковых данных, прекращения поступления донесений о наличии пепла в атмосфере и возвращения вулкана, согласно заключению вулканологов, в свое нормальное состояние. Для получения такого заключения РДЦ должен иметь доступ к консультативной вулканологической информации, и решение об аннулировании сообщений SIGMET должно приниматься на основе этого заключения вулканологов. Следует отметить, что исходя из консультативной вулканологической информации сообщения NOTAM/ASHTAM могут выпускаться до начала извержения и после временного прекращения извержения. Однако сообщения SIGMET могут выпускаться только при поступлении донесений о наличии или ожидаемом появлении вулканического пепла в атмосфере.

5.3.4 Консультативная служба по вулканическому пеплу

5.3.4.1 Восемь государств приняли на себя обязательства по созданию девяти круглосуточных VAAC в рамках службы слежения за вулканической деятельностью на международных авиатрассах (IAVW). Каждый орган MWO должен знать с каким VACC он совместно работает и иметь номера круглосуточных контактных телефонов и факсов данного VAAC. Последний должен иметь возможность реагировать на поступление информации от любого источника, сообщающего о вулканическом извержении и/или наличии вулканического пепла. Если VAAC получает эту информацию не от РДЦ/ЦПИ или MWO (т. е. когда MWO посылает первоначальное уведомление и запрашивает у VAAC консультативную информацию относительно траектории), а от *какого-либо другого источника*, например, непосредственно от вулканологического агентства или со своего собственного спутника, то в этом случае VAAC должен *незамедлительно* поставить об этом в известность MWO и затем выпустить консультативное сообщение о вулканическом пепле.

5.3.4.2 Если первоначальная информация об извержении и/или облаке пепла поступает в VAAC от РДЦ/ЦПИ или MWO, то его первым шагом является отслеживание данных, поступающих со спутников, с целью подтверждения существования и масштабов распространения облака вулканического пепла. Затем на основе всей имеющейся информации (которая может включать в себя заключения вулканологов) задействуется модель прогнозирования перемещения и рассеивания вулканического пепла и полученные в результате прогнозируемые траектории перемещения облака вместе с консультативной информацией о вулканическом пепле включаются в сообщение, выпускаемое открытым текстом с сокращениями и в графическом формате. Это сообщение в соответствующих случаях передается центрам РДЦ/ЦПИ, MWO, а также двум ВЦЗП по сети авиационной фиксированной электросвязи (AFTN), системе глобальной электросвязи (GTS) или с помощью факсимильной связи. Консультативная информация в графическом формате пересылается Лондонскому и Вашингтонскому ВЦЗП через GTS или с помощью факсимильной связи для последующей передачи по линии связи "вверх" на международную спутниковую систему связи (ISCS) (1) и (2) и на спутниковую систему рассылки информации, предназначенной для аэронавигационных целей (SADIS), через вещательные спутники. Консультативная информация в графическом формате может также предоставляться по специальному запросу и отдельным органам MWO.

5.3.4.3 VAAC должен продолжать отслеживать ситуацию при консультативном содействии со стороны вулканологов и соответствующих РДЦ/ЦПИ и MWO. Консультативная информация должна выпускаться по мере необходимости, но, если это возможно, не реже чем через каждые шесть часов для оказания помощи органам MWO в обновлении выпускаемой ими информации SIGMET. VAAC должен располагать текущей информацией о состоянии действующих и потенциально взрывных вулканов, расположенных в районах полетной информации, которые входят в зону ответственности данного VAAC. Полезная информация в этом отношении содержится в ежемесячном научном бюллетене сети оповещения о природных явлениях, который выпускается Смитсоновским институтом Соединенных Штатов Америки и бесплатно рассылается РДЦ/ЦПИ, MWO и VAAC по их запросу.

5.3.5 Всемирная система зональных прогнозов (ВСЗП)

Два центра ВЦЗП в Лондоне и Вашингтоне выполняют две обязательные функции, касающиеся вулканического пепла:

a) включают в карты прогнозов SIGWX ссылку на имевшее место извержение, используя стандартный символ , и напоминают пилотам о необходимости проверять сообщения SIGMET, относящиеся к данному району;

b) передают по линии связи "вверх" на вещательные спутники консультативную информацию о вулканическом пепле (в виде открытого текста с сокращениями и в графическом формате).

Для обеспечения согласованности информации содержащиеся в прогнозах SIGWX данные должны быть основаны на консультативной информации соответствующего VAAC.

5.4 ПЛАНИРОВАНИЕ ПОЛЕТОВ, ДИСПЕТЧЕРСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И РУКОВОДСТВО ПОЛЕТАМИ

5.4.1 Общие положения

5.4.1.1 Облако вулканического пепла может охватывать очень широкий район и быстро перемещаться из одного региона в другой. Поэтому своевременное получение точной информации имеет важное значение для обеспечения безопасности полетов и упрощения предварительного планирования полета и последующего внесения изменений в план в ходе выполнения полета. При этом имеются следующие возможности: изменение маршрута, незапланированные технические посадки на маршруте, обеспечение дополнительного (аварийного) запаса топлива на случай возможного отклонения от маршрута и полета на неоптимальных высотах и отмена рейса. Все вышеперечисленные меры увеличивают объем работ при планировании полета и подготовке экипажа, а также связаны с принятием очень сложных решений организационного характера.

5.4.1.2 Общая ситуация может еще больше осложниться при наличии большого количества пассажиров. Перевозка дополнительного запаса топлива обычно приводит к уменьшению дохода от перевозки полезной нагрузки. Снятие части пассажиров с рейса или части груза незадолго до вылета может привести к дополнительным сложностям. Технические посадки всегда связаны с большими расходами и чреваты дальнейшими длительными задержками, связанными с превышением предельных периодов, установленных для служебного времени членов летного экипажа. Задержка или отмена рейсов как следствие сказываются на количестве имеющихся в распоряжении воздушных судов или летных экипажей в данном или других секторах, помимо непосредственного пункта назначения. Для рейсов между Европой и Азией запрет полетов в определенные часы суток резко ограничивает возможности для изменения расписания рейсов. В действительности любое нарушение тщательно спланированного графика регулярных воздушных перевозок может привести к острым проблемам с серьезными финансовыми последствиями для эксплуатанта, а также к недовольству и нарушению планов пассажиров.

5.4.1.3 Однако главное внимание всегда следует уделять безопасности воздушного судна и тех, кто в нем находится. Последствия для безопасности при случайном контакте с вулканическим пеплом подробно задокументированы и изложены в других главах настоящего руководства. Главная цель состоит в том, чтобы избежать такого контакта! Следовательно, заблаговременное получение информации даже общего характера о такого рода явлении поможет оперативному персоналу авиакомпании принять важные решения при планировании полетов. Важное значение имеет регулярное обновление информации.

5.4.2 Метеорологические требования

5.4.2.1 Приложение 3

Приложение 3 содержит четкое изложение конкретных требований, предъявляемых пользователями к оперативной метеорологической информации (OPMET).

5.4.2.2 Консультативные сообщения о вулканическом пепле

5.4.2.2.1 Авиакомпании указали на необходимость получения консультативных сообщений о вулканическом пепле посредством прямого доступа к спутниковым передачам ИКАО (система международной спутниковой связи (ISCS) и спутниковая система рассылки аэронавигационной информации (SADIS)). Консультатив¬ные сообщения также передаются по цепям связи Международного общества авиационной электросвязи (СИТА) и размещаются на веб-сайтах соответствующих VAAC. Эта информация необходима для планирования полетов, особенно полетов по маршрутам большой протяженности. Эта информация должна иметься на стадии планирования полетов максимум за 15 ч до фактического достижения возможного района загрязнения.

5.4.2.2.2 Помимо указанной информации авиакомпании указали на необходимость получения консультативной информации о вулканическом пепле в графическом формате. В том случае, когда консультативная информация о вулканическом пепле предоставляется в бинарном формате, следует использовать кодовую форму BUFR.

5.4.2.3 Сообщения SIGMET и предупреждения по аэродрому

5.4.2.3.1 Срок действия сообщения SIGMET должен составлять 6 ч. Для обеспечения безопасности полетов потребуется регулярное обновление информации в ходе полета, однако сначала необходимо принять некоторые важные решения относительно исходного запаса топлива и полезной нагрузки. Для этого потребуется информация о запасных аэродромах на маршруте полета, а также об условиях в пункте назначения. Поэтому важное значение имеет распространение сообщений SIGMET по международно согласованным адресам далеко за пределы границ РПИ, подвергнувшегося загрязнению, что обеспечит наиболее раннее оповещение находящихся в полете воздушных судов о возможности контакта с облаком пепла.

5.4.2.3.2 К сожалению, сообщения SIGMET часто оказываются самым слабым звеном в цепи информации. В случае вулканического пепла специалистам MWO, которые составляют прогнозы и выпускают сообщения SIGMET, рекомендуется учитывать последствия такого сообщения для полетов.

5.4.2.3.3 Метеорологам и сотрудникам САИ следует обеспечить правильную рассылку сообщений SIGMET и NOTAM по международно согласованным адресам, при этом особое внимание необходимо уделять применяемым ИКАО четырехбуквенным указателям местоположения РПИ для того, чтобы занимающийся руководством полетами персонал авиакомпаний и летные экипажи как можно раньше получили предупреждение и имели достаточно времени для подготовки.

5.4.2.3.4 Пользователи указали на необходимость рассылки предупреждений по аэродрому об отложениях вулканического пепла. В этой связи метеорологическим службам аэродромов предлагается выпускать такие предупреждения при наличии прогнозов отложений вулканического пепла или сразу же после появления пепла на аэродроме.

5.4.2.4 Информация SIGWX

Включение символа вулканического извержения в карты SIGWX также является важным предупреждением для всех пользователей этих карт.

5.4.2.5 Планирование полетов/диспетчерское обслуживание полетов

5.4.2.5.1 Поскольку авиакомпании и другие органы постепенно автоматизируют свои базы данных ОРМЕТ и САИ, существенным фактором становится строгое соблюдение стандартных форматов и используемых при передаче заголовков сообщений, имеющих жизненно важное значение для безопасности полетов.

5.4.2.5.2 Важное значение имеет вся имеющаяся информация, касающаяся характера, мощности, абсолютной высоты (высот) и времени извержения или местоположения облака и затронутых эшелонов полета, а также скорость его перемещения. Если извержение произошло вблизи аэродрома, то эксплуатанту необходимо знать, существует ли вероятность того, что извержение затронет также другие местные запасные аэродромы. Присутствие вулканического пепла на малых высотах в атмосфере может не коснуться полетов по маршруту, но при этом представлять серьезную угрозу для воздушных судов при наборе высоты и снижении. Установление каких-либо условных пределов не представляется возможным. В каждом случае ситуация будет уникальной и потребует достаточно профессионального подхода.

5.4.2.5.3 Перегрузка воздушного пространства, характерная для многих авиатрасс с наиболее интенсивным движением, может ограничить доступ к верхним эшелонам полета, ограничивая тем самым до минимума свободу выбора для пилота. Обычные сообщения (в частности NOTAM), которые эффективно закрывают воздушное пространство для полетов в течение продолжительных периодов времени, создают серьезные трудности для пользователей. Поэтому важное значение имеет регулярное обновление сообщений SIGMET и NOTAM.

5.4.2.5.4 Когда известно или предполагается, что извержение не окажет существенного влияния на производство полетов (например, при ограниченной высоте пепловой колонны), эти данные следует включать в сообщения SIGMET или NOTAM. Кроме того, сообщения SIGMET/NOTAM необходимо аннулировать сразу после того, как угроза миновала. Это позволит свести к минимуму нарушения регулярности воздушной навигации и повысит доверие к системе предупреждений.

5.4.2.5.5 Следует выпускать сообщения ASHTAM/NOTAM об отложении вулканического пепла на аэродроме при наличии прогнозов отложений вулканического пепла или сразу же после появления пепла на аэродроме.

5.4.3 Централизованное руководство полетами/слежение за полетами

5.4.3.1 Многие авиакомпании осуществляют руководство полетами принадлежащих им воздушных судов по всей сети их маршрутов из центрального пункта управления. Планы полетов воздушных судов и загрузки их топливом, как правило, также составляются в центральном пункте и рассылаются в пункты вылета. Такой подход все в большей мере требует почти глобального обмена сообщениями ОРМЕТ и NOTAM, к которым добавляется любая другая информация, относящаяся к рассматриваемому сектору воздушного пространства.

5.4.3.2 Широкое использование принадлежащих авиакомпаниям средств связи и систем передачи донесений позволяет авиакомпаниям предоставлять пилоту самую последнюю информацию и помогает принимать трудные оперативные решения, например, при значительном изменении маршрута или

отклонении от него. Использование принадлежащих авиакомпаниям систем передачи данных для передачи на борт воздушных судов пересмотренных планов полета будет возрастать. К выбору запасных аэродромов в случае изменения маршрута обычно следует подходить с особой тщательностью, с тем чтобы учесть размер конкретного воздушного судна и требования к его обслуживанию и свести к минимуму огромные расходы авиакомпании, связанные с посадкой до следующего дня воздушного судна с полной пассажирской загрузкой. Поэтому необходимо постоянно следить за складывающейся ситуацией.

5.4.3.3 Для того чтобы наиболее полная и самая последняя информация поступала к пользователю как можно раньше до начала полета, необходимо осуществлять тесную координацию между метеорологическими органами, вулканологическими агентствами, органами ОВД и САИ.

5.5 ВУЛКАНОЛОГИЧЕСКИЕ АГЕНТСТВА

5.5.1 Вулканы, находящиеся под наблюдением

5.5.1.1 Количество вулканов, извержения которых были зарегистрированы за последние 500 лет, составляет приблизительно 560. Однако только около 170 действующих вулканов находятся под постоянным наблюдением вулканологов. Известные в истории действующие вулканы сосредоточены на границах бассейна Тихого океана, образуя так называемое тихоокеанское "огненное кольцо". Каждому вулкану присвоен справочный номер, используемый в *Каталоге действующих вулканов мира*, который издавался Международной ассоциацией вулканологии и химии недр Земли (IAVCEI) в период между 1950 и 1975 гг., а также в справочнике *"Вулканы мира"*, выпущенном Смитсоновским институтом в 1981 г.

5.5.1.2 Удобным источником, в котором перечислены находящиеся под наблюдением вулканы, является справочник Всемирной организации вулканологических обсерваторий (WOVO) (см. п. 1.5.8 главы 1). Свободный доступ к справочнику в сети Интернет обеспечен по адресу: http://www.wovo.org

5.5.2 Методы слежения за деятельностью вулканов

Методы слежения за деятельностью вулканов кратко изложены в разделе 1.5 главы 1.

5.5.3 Агентства, несущие ответственность за осуществление слежения за деятельностью вулканов

5.5.3.1 Как правило, слежение за деятельностью вулканов осуществляется учеными, работающими в национальных государственных организациях и министерствах. Например, в Японии Японское метеорологическое агентство обеспечивает работу сети, включающей в себя около 83 вулканологических обсерваторий, и подотчетно в своей деятельности государственным официальным лицам. В Соединенных Штатах Америки Геологическая служба США, являющаяся одним из агентств министерства внутренних дел США, несет ответственность за мониторинг деятельности вулканов, расположенных на территории Соединенных Штатов Америки, используя для этой цели четыре вулканологические обсерватории. В некоторых государствах ответственность за мониторинг деятельности вулканов несут местные университеты, которые получают соответствующие полномочия или назначение от национального правительства.

5.5.3.2 В целях увязки деятельности метеорологических агентств с интересами авиации ИКАО подготовила *Справочник по службе слежения за вулканической деятельностью на международных авиатрассах (IAVW). Эксплуатационные процедуры и список организаций для связи* (Doc 9766) (имеется только в

электронном формате на веб-сайте www.icao.int), в котором, среди прочего, приводится подробный перечень контактных номеров для оперативного установления связи с соответствующими государствами. Данный Справочник размещен на веб-сайте Группы по эксплуатации службы слежения за вулканической деятельностью на международных авиатрассах (IAVWOPSG): www.icao.int/anb/iavwopsg и постоянно обновляется вследствие изменчивого характера содержащейся в нем некоторой информации. Для получения Справочника в печатном виде следует обращаться к директору регионального бюро ИКАО в данном регионе или в Штаб-квартиру ИКАО в Монреале. В государствах, подверженных воздействию деятельности вулканов, необходимо установить надежные каналы связи между соответствующим вулканологическим агентством и полномочным органом гражданской авиации данного государства. Как правило, полномочный орган гражданской авиации сначала обращается за помощью к вулканологическому агентству и затем договаривается о порядке координации действий в соответствии с руководящими указаниями, которые содержатся в процедурах, изложенных в Справочнике IAVW.

5.5.4 Геологическая информация, касающаяся авиационной безопасности

5.5.4.1 Геологи, занимающиеся изучением действующих вулканов, могут оказать помощь в уменьшении опасности воздействия вулканического пепла благодаря сведениям, которыми они располагают в следующих областях:

a) характер эксплозивного вулканизма (динамика образования и рассеивания облака пепла);

b) вулканический пепел (размеры частиц и состав пепла, минералогический состав, физические свойства, содержание газов);

c) прогнозирование и предупреждение о вулканической деятельности (мониторинг деятельности вулканов, связь с соответствующими агентствами);

d) исторические данные о геологическом развитии местных действующих вулканов; и

e) слежение за перемещением и осаждением облаков пепла.

5.5.4.2 В случае обнаружения вулканической нестабильности неконтролируемого вулкана, ученые немедленно приступают к оценке того, что означает эта нестабильность. Нестабильность может проявляться в виде повышения температуры и выделении вулканических газов, землетрясений, изменения формы вулкана (его деформации), а также в виде таких признаков, как изменение уровня воды в имеющихся на поверхности вулкана воронках, необычное таяние снега или льда и т. д., как это описано в разделе 1.5.

5.5.4.3 Для оценки вулканической нестабильности ученые используют различные приборы, в том числе датчики температуры, пробоотборники газа, сейсмометры и геологические съемочные инструменты. Как правило, информация, полученная с помощью таких приборов, поступает в центральный пункт (вулканологическую обсерваторию), где ученые совместно оценивают значение полученных ими результатов.

5.5.4.4 Если требуется дополнительная информация о вулканах, то рекомендуется обращаться в вулканологические агентства соответствующих государств, перечень которых приведен в Справочнике IAVW.

5.5.5 Каналы получения информации от вулканологических обсерваторий

Обычно вулканологическая обсерватория располагает различными средствами для передачи учеными информации государственным должностным лицам. Для этой цели могут использоваться

телефон, телефакс, радиосвязь, электронная почта, заявления в печати и интервью в местных средствах массовой информации. Во многих обсерваториях имеется перечень первоочередных организаций, с которыми необходимо незамедлительно связаться в случае извержения или других существенных изменений в деятельности наблюдаемого вулкана. Авиационные полномочные органы обычно указываются в начале такого перечня.

5.5.6 Цветовой код вида оповещения

В настоящее время для передачи в краткой форме информации о нестабильности состояния вулканов многие вулканологические обсерватории используют цветовой код вида оповещения. Цветовой код, которым рекомендуется пользоваться при представлении информации авиационным органам, приведен в *Справочнике по службе слежения за вулканической деятельностью на международных авиатрассах (IAVW). Эксплуатационные процедуры и список организаций для связи* (Doc 9766) (имеется только в электронном формате на веб-сайте www.icao.int/anb/iavwopsg). Классифицировать уровень активности вулканического извержения в форме цветового кода могут только опытные вулканологи. В этой связи необходимо, чтобы полномочный орган гражданской авиации государства, на территории которого имеются действующие вулканы, установил контакт с соответствующим вулканологическим агентством и предложил ему использовать авиационный цветовой код при представлении информации для целей авиации. Благодаря этому предоставляемую информацию можно будет включать в сообщения ASHTAM в виде цветового кода.

Глава 6

СЛУЖБА СЛЕЖЕНИЯ ЗА ВУЛКАНИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ НА МЕЖДУНАРОДНЫХ АВИАТРАССАХ (IAVW)

6.1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

В Приложении 3 служба IAVW определяется следующим образом:

"Служба слежения за вулканической деятельностью на международных авиатрассах (IAVW). Международные договоренности относительно контроля и предоставления предупреждений воздушным судам о вулканическом пепле в атмосфере.

Примечание. IAVW основана на сотрудничестве авиационных и не авиационных оперативных подразделений, использующих информацию, полученную из источников и по сетям наблюдений, которые предоставляются государствами. Слежение координируется ИКАО в сотрудничестве с другими соответствующими международными организациями."

В упрощенном виде роль IAVW заключается в обеспечении постоянного пространственного разделения находящихся в полете воздушных судов и присутствующего в атмосфере вулканического пепла. Предотвратить извержение вулканического пепла в атмосферу и его перенос на международные авиатрассы ветрами на высотах невозможно. В таких случаях задача авиационного сообщества состоит в обеспечении, насколько это практически возможно, контроля за облаком пепла, предупреждении пилотов и задании воздушным судам безопасных маршрутов обхода облаков пепла.

6.2 СТРУКТУРА IAVW

IAVW состоит из двух компонентов. Наблюдательный компонент включает в себя следующие источники наблюдения:

a) наблюдения, производимые существующими наземными станциями, входящими в любые известные международные сети наблюдения, независимо от их конкретного назначения;

b) специальные донесения с борта воздушных судов; и

c) наблюдения со спутников (метеорологических и неметеорологических).

Компонент консультативной информации и предупреждения формирует сообщения в форме консультативной информации/предупреждения:

d) сообщения NOTAM или ASHTAM, инициируемые РДЦ и выпускаемые органами САИ;

e) сообщения SIGMET, выпускаемые органами MWO; и

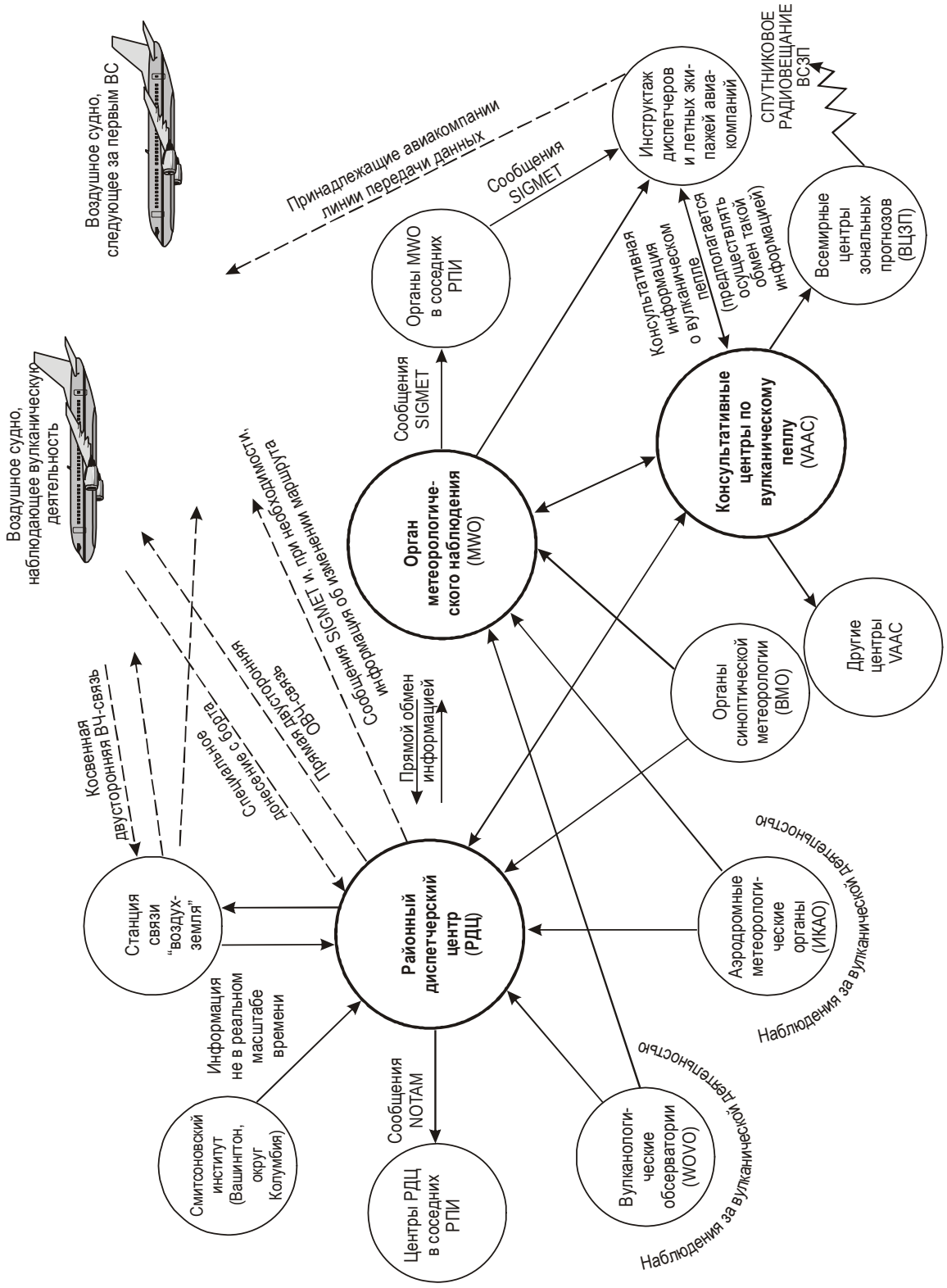


Рис. 6-1. Организационная структура службы слежения за вулканической деятельностью на международных авиатрассах

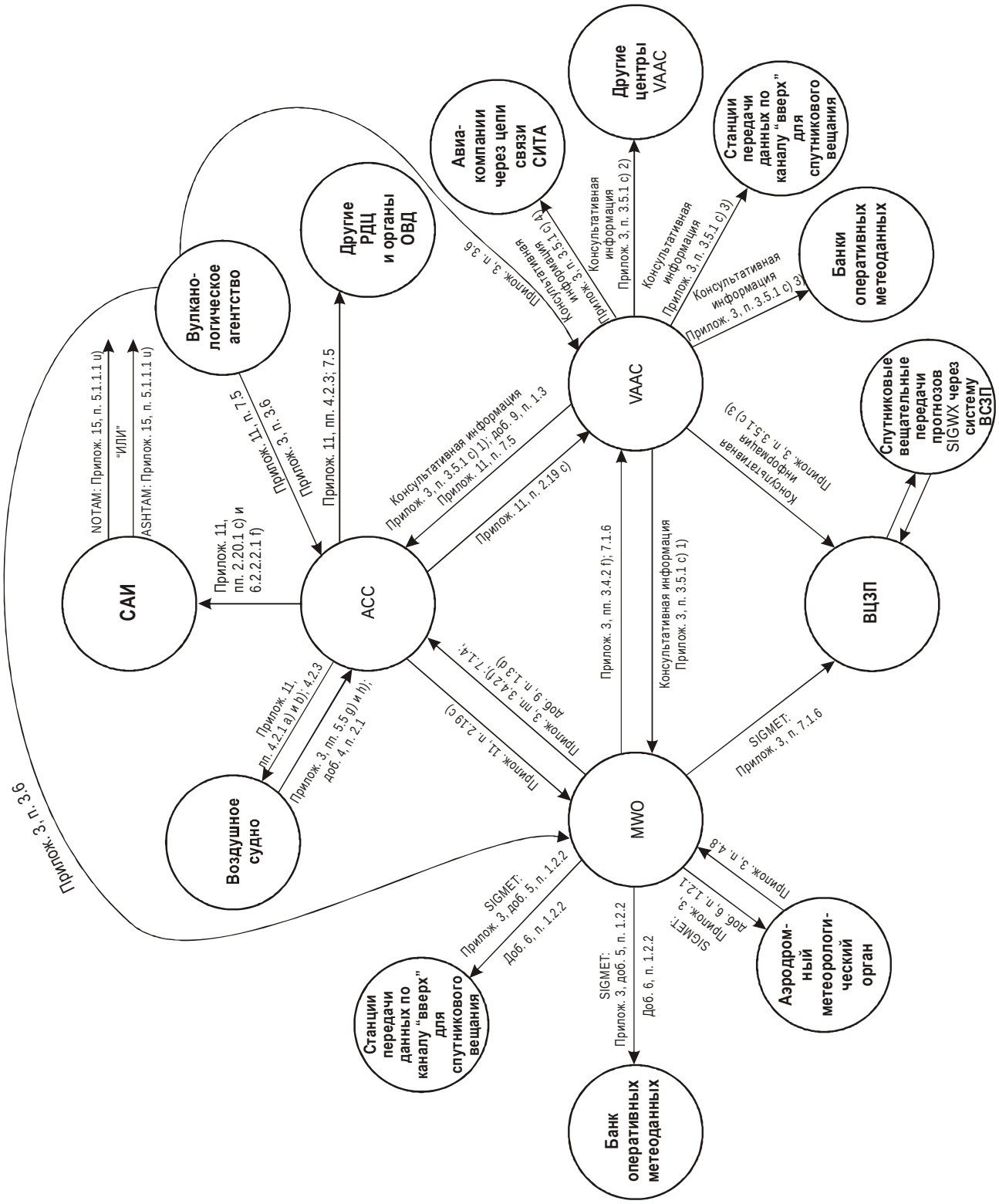


Рис. 6-2. Регламентирующие положения, применяемые в службе слежения за вулканической деятельностью на международных авиатрассах (ИКАО SARPS)

f) консультативные сообщения о вулканическом пепле, выпускаемые центрами VAAC.

На рис. 6-1 схематически изображена общая структура IAVW, а на рис. 6-2 эта структура приведена с учетом соответствующих международных регламентирующих положений.

6.3 НАБЛЮДАТЕЛЬНЫЙ КОМПОНЕНТ СЛУЖБЫ IAVW

6.3.1 Наземные станции наблюдения

После запроса ИКАО ряд международных организаций, координирующих работу международных наземных сетей наблюдений, которые проводятся с различными научными и гуманитарными целями, и Договаривающиеся государства ИКАО договорились о сотрудничестве в деле создания IAVW. К указанным организациям и сетям наблюдений относятся следующие:

a) Всемирная организация вулканологических обсерваторий (WOVO):

— вулканологические обсерватории,

— интерсеть вулканологов,

— сейсмологические станции;

b) Всемирная метеорологическая организация (ВМО):

— станции метеорологического наблюдения (включая расположенные на аэродромах),

— климатологические станции,

— гидрологические и дождемерные станции,

— сельскохозяйственные станции,

— морские торговые суда;

c) Организация ООН по оказанию помощи в случае стихийных бедствий (ЮНДРО):

— пункты по оказанию помощи на местах (при вулканических извержениях);

d) Договаривающиеся государства ИКАО:

— авиация общего назначения,

— полицейские отделения/военные подразделения,

— пограничные таможенные/иммиграционные пункты,

— станции лесного хозяйства,

— станции национальных заповедников,

— геологические службы,

— каботажные рыболовецкие суда;

e) сети ООН для проверки выполнения Договора о полном запрещении ядерных испытаний.

В соответствующие международные регламентирующие документы или документы процедурного характера, определяющие порядок работы организованных сетей, были внесены соответствующие поправки, согласно которым ведущий наблюдения персонал сетей в случае наблюдения вулканического извержения или облака вулканического пепла или получения такой информации должен незамедлительно передать эти сведения ближайшему районному диспетчерскому центру или органу метеорологического наблюдения по имеющимся выделенным каналам связи или по телефону, с помощью телексной или факсимильной связи.

6.3.2 Наблюдения с борта воздушных судов

6.3.2.1 Как упоминалось в главе 1, наземный контроль осуществляется лишь за небольшим числом действующих вулканов, поэтому пилоты, регулярно выполняющие полеты над удаленными районами и имеющие хороший обзор для наблюдения из кабины экипажа, зачастую первыми обнаруживают вулканическое извержение или облако вулканического пепла, и таким образом вполне могут рассматриваться в качестве "первой линии защиты". Однако в связи с той опасностью, которую вулканический пепел представляет для воздушных судов, такое положение нельзя считать приемлемым, и в конечном итоге оно должно стать скорее исключением, чем правилом. Тем не менее, до тех пор, пока не будет обеспечен более эффективный контроль за состоянием действующих вулканов в мире, во многих случаях именно пилоты будут по-прежнему первыми сообщать о вулканической деятельности.

6.3.2.2 Для оказания помощи пилотам в подготовке таких донесений вулканическая деятельность, вулканические извержения и облака вулканического пепла были включены в международные регламентирующие документы в качестве явлений, дающих право на выпуск специальных донесений с борта воздушного судна. Следует использовать международную форму специального донесения с борта о вулканической деятельности (образец VAR). Данная форма содержится в добавлении 1 к документу *"Правила аэронавигационного обслуживания. Организация воздушного движения"* (PANS-ATM, Doc 4444); обновленная на 3-м совещании IAVWOPS форма приводится на рис. 6-3. Специальное донесение с борта о вулканической деятельности (сводка VAR) состоит из двух разделов. Раздел 1 содержит опознавательный индекс воздушного судна, его местоположение и минимальный объем информации, требующей незамедлительной передачи, т. е. наблюдаемая вулканическая деятельность и данные о ветре/температуре на эшелоне полета воздушного судна. Эта информация должна быть передана пилотом органам ОВД как только позволит его рабочая нагрузка. Информация о ветре/температуре включается в первый раздел для того, чтобы оказать помощь метеорологам в прогнозировании первоначального перемещения облака пепла на данном эшелоне полета. Если пилот располагает временем, то желательно, чтобы он заполнил раздел 2 сообщения данного формата, включив в него дополнительную информацию об извержении, облаке пепла и, в соответствующих случаях, о воздействии его на воздушное судно. Эта информация передается наземному персоналу в следующем пункте посадки в виде полного письменного послеполетного специального донесения с борта и используется вулканологами для определения типа извержения. Визуальные наблюдения пилотами вулканической деятельности, предшествующей извержению, и облаков вулканического пепла описываются в п. 3.2.1 настоящего руководства, а в п. 3.2.2 рассматриваются признаки, предупреждающие пилота о том, что воздушное судно действительно вошло в облако вулканического пепла. Отклонения в режиме работы двигателей и датчиков воздушного судна, которые позволяют пилоту убедиться в том, что это произошло, обсуждаются в разделе 4.3. Благодаря усилиям ИАТА и ИФАЛПА требования о передаче донесений с борта о вулканической деятельности были доведены до сведения пилотов и получили широкое освещение в авиационной отрасли, и в настоящее время, вероятно, лишь немногие пилоты не знают об этих требованиях.

6.3.3 Наблюдения со спутников

6.3.3.1 Последним, третьим компонентом системы наблюдения IAVW являются наблюдения за вулканическими извержениями и облаками пепла со спутников. Применяемые для этих целей различные типы спутников и используемые в настоящее время методы интерпретации и анализа данных, а также перспективы установки на спутниках новых датчиков и систем рассматриваются в разделе 3.3. Для наблюдения за вулканическими извержениями и облаками вулканического пепла в настоящее время в основном используются метеорологические спутники, находящиеся на полярных и геостационарных орбитах. Эти спутники являются неотъемлемой частью Глобальной системы наблюдения Всемирной службы погоды, координацию работы и административное управление которой осуществляет ВМО.

6.3.3.2 К другим спутникам и датчикам, представляющим интерес для контроля за вулканической деятельностью и облаками пепла, которые также описываются в главе 3, относятся спутники экологического контроля и датчики для обнаружения озона в стратосфере, установленные на некоторых метеорологических спутниках на полярных орбитах. Такие спутники и датчики также находятся в сфере интересов ВМО в связи с их важностью для экологических и климатологических исследований. ВМО стремится к тому, чтобы в обозримом будущем весь земной шар продолжал оставаться под контролем метеорологических спутников, находящихся как на полярных, так и на геостационарных орбитах, и чтобы по крайней мере в текущем десятилетии в бюджетах государств планировалось выделение средств на запуски заменяющих спутников обеих серий. ВМО приняла на себя обязательство сотрудничать с ИКАО в деле разработки спутниковых методов с целью дальнейшего повышения эффективности интерпретации и анализа получаемых со спутников данных при осуществлении контроля за вулканическими извержениями и облаками пепла. Описанный в п. 3.3.4.4 комплект УФ/ИК-камер, предназначенный для установки на спутнике VOLCAM, который был предложен NASA для контроля за вулканическими извержениями и облаками пепла с помощью геостационарных спутников, в случае успешного осуществления данного проекта, явится большим шагом вперед в плане повышения действенности IAVW и защиты воздушных судов.

6.4 КОМПОНЕНТ IAVW, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЙ КОНСУЛЬТАТИВНУЮ ИНФОРМАЦИЮ И ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

6.4.1 Районные диспетчерские центры и центры полетной информации

6.4.1.1 В соответствии с региональными соглашениями мировое воздушное пространство разделено на районы полетной информации (РПИ), в пределах которых обеспечивается полетно-информационное обслуживание и аварийное оповещение. В границах этих районов предусмотрены различные диспетчерские районы и зоны, в которых предоставляется обслуживание воздушного движения для полетов, выполняемых по правилам полетов по приборам, например, вокруг аэропортов и вдоль авиатрасс. РДЦ представляют собой органы, учрежденные государствами для предоставления обслуживания воздушного движения для контролируемых полетов в диспетчерских районах, находящихся под их юрисдикцией. ЦПИ представляют собой органы, учрежденные государствами для обеспечения полетно-информационного обслуживания и аварийного оповещения. РДЦ и ЦПИ с помощью авиационной подвижной службы связи поддерживают радиосвязь со всеми воздушными судами, выполняющими полеты в пределах соответствующего РПИ или пролетающими через него. Таким образом, эти органы являются важным связующим звеном между наземными службами и находящимися в полете воздушными судами. Помимо связи "воздух – земля", осуществляемой через органы обслуживания воздушного движения, большинство крупных авиакомпаний поддерживают также связь по линии передачи данных между своими централизованными наземными органами руководства полетами и принадлежащими авиакомпании воздушными судами. Кроме специальной информации, относящейся только к данной авиакомпании, такие авиакомпании передают своим воздушным судам имеющиеся оперативные сообщения, в том числе и необходимую метеорологическую информацию.

Форма специального донесения с борта о вулканической деятельности (образец VAR)
ОБРАЗЕЦ VAR подлежит использованию для представления послеполетного донесения

ДОНЕСЕНИЕ О ВУЛКАНИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Донесения с борта чрезвычайно важны для оценки опасности, которую вулканический пепел представляет для полетов воздушных судов.

ЭКСПЛУАТАНТ:			ИДЕНТИФИКАЦИЯ В.С. (как указано в плане полета):		
КОМАНДИР ВОЗДУШНОГО СУДНА:					
ВЫЛЕТ ИЗ:	ДАТА:	ВРЕМЯ, UTC:	ПРИБЫТИЕ В:	ДАТА:	ВРЕМЯ, UTC:
АДРЕСАТ			AIREP SPECIAL		
Пункты 1–8 **должны передаваться незамедлительно в орган ОВД, с которым поддерживается связь.**					
1) ОПОЗНАВАТЕЛЬНЫЙ ИНДЕКС ВОЗДУШНОГО СУДНА			2) МЕСТОПОЛОЖЕНИЕ		
3) ВРЕМЯ			4) ЭШЕЛОН ИЛИ АБСОЛЮТНАЯ ВЫСОТА ПОЛЕТА		
5) ВУЛКАНИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ЗАМЕЧЕНА (местоположение или пеленг, оценочный уровень облака пепла и расстояние от воздушного судна)					
6) ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА			7) ВЕТЕР В ДАННОЙ ТОЧКЕ		
8) ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ a) Обнаружение SO_2 Да ☐ Нет ☐ b) Контакт с ПЕПЛОМ Да ☐ Нет ☐			Прочее_____ (Краткое описание вулканической деятельности, включая распространение облака вулканического пепла в вертикальном и поперечном направлениях и, по возможности, его движение в горизонтальной плоскости, скорость нарастания и т. д.)		
После посадки заполнить пункты 9–16 **и передать форму по факсу**: (**номер факса должен предоставить метеорологический полномочный орган на основании местных договоренностей между метеорологическим полномочным органом и соответствующим эксплуатантом**).					
9) ПЛОТНОСТЬ ОБЛАКА ПЕПЛА	☐ a) Малая		☐ b) Умеренная		☐ c) Большая
10) ЦВЕТ ОБЛАКА ПЕПЛА	☐ a) Белый ☐ d) Черный		☐ b) Светло-серый ☐ e) Иной _____		☐ c) Темно-серый
11) ИЗВЕРЖЕНИЕ	☐ a) Непрерывное		☐ b) Периодическое		☐ c) Невидимое
12) МЕСТОПОЛОЖЕНИЕ ОЧАГА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	☐ a) Вершина ☐ d) Несколько кратеров		☐ b) Склон ☐ e) Не наблюдается		☐ c) Один кратер
13) ПРОЧИЕ НАБЛЮДАЕМЫЕ ОСОБЕННОСТИ ИЗВЕРЖЕНИЯ	☐ a) Молнии ☐ d) Выпадение пепла		☐ b) Свечение ☐ e) Грибообразн. облако		☐ c) Большие камни ☐ f) Все перечисленные
14) ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ВОЗДУШНЫЕ СУДА	☐ a) На средства связи ☐ d) Приемник статич. давл.		☐ b) На навигац. системы ☐ e) На лобовое стекло		☐ c) На двигатели ☐ f) На окна
15) ПРОЧИЕ ЯВЛЕНИЯ	☐ a) Турбулентность		☐ b) Огни св. Эльмо		☐ c) Прочие виды дыма
16) ПРОЧАЯ ИНФОРМАЦИЯ (Любая информация, которая считается полезной)					

Рис. 6-3. Образец VAR

6.4.1.2 В число обязательных функций РДЦ/ЦПИ входит постоянное предоставление воздушным судам оперативной информации, которая может иметь к ним отношение. Обмен такой информацией между центрами РДЦ/ЦПИ, расположенными в соседних РПИ, может осуществляться по радио- и телефонной связи, а также с помощью NOTAM. NOTAM представляет собой сообщение специального формата, содержащее информацию, в том числе и предупреждения об опасностях, своевременное получение которой имеет важное значение для персонала, участвующего в производстве полетов. Выпуск сообщений NOTAM может быть инициирован центрами РДЦ, например, сообщений о загрязнении определенных авиатрасс вулканическим пеплом; обмен такими сообщениями между органами САИ производится по сети авиационной фиксированной электросвязи (AFTN). Если информация касается непосредственно воздушных судов (хорошим примером являются данные о вулканическом пепле), то при получении РДЦ сообщения NOTAM, содержащего такую информацию, данный РДЦ незамедлительно передает ее по радио соответствующим находящимся в полете воздушным судам. Кроме того, NOTAM включается в комплект инструктивных документов, вручаемых летному экипажу перед взлетом, а также используется на стадии планирования полета. Помимо информации о вулканическом извержении и/или облаке вулканического пепла, NOTAM обычно содержит информацию о закрытых для полетов авиатрассах и запасных маршрутах, позволяющих уклониться от облака пепла. Чрезвычайно важно аннулировать сообщение NOTAM о вулканическом извержении/облаке пепла, как только будет сделано заключение о том, что вулкан вернулся в свое нормальное состояние и воздушное пространство более не загрязнено вулканическим пеплом; в противном случае обширные области воздушного пространства будут необоснованно закрыты для полетов воздушных судов, что повлечет за собой значительные дополнительные расходы для авиакомпаний. В целях информирования о вулканической деятельности были введены специальные сообщения NOTAM, получившие название ASHTAM. Государства вправе использовать любой формат сообщений, тем не менее рекомендуется пользоваться сообщениями ASHTAM, поскольку само его название сразу указывает на его содержание и на необходимость незамедлительного направления данной информации соответствующим воздушным судам.

6.4.2 Органы метеорологического наблюдения

6.4.2.1 Поскольку Договаривающееся государство ИКАО берет на себя ответственность за обслуживание воздушного движения в пределах определенного РПИ или диспетчерского района, оно также должно создать MWO для данного РПИ или диспетчерского района или договориться с другим государством о том, чтобы оно взяло на себя эту ответственность. MWO осуществляет слежение за метеорологическими условиями в определенном РПИ или диспетчерском районе и выпускает, когда это необходимо, сообщения SIGMET и AIRMET, предупреждающие воздушные суда о конкретных наблюдаемых или прогнозируемых явлениях погоды по маршруту полета, которые могут повлиять на безопасность полета воздушных судов. Сообщение AIRMET содержит информацию о явлениях погоды, происходящих на малых высотах полета, ниже эшелона 100 (или 150 в горных районах), которые не были еще включены в прогнозы, составленные для полетов на малых высотах в данной районе, и/или в сообщение SIGMET (которое может касаться полетов на любых эшелонах). Присутствие вулканического пепла уже отнесено к числу явлений, наличие которых служит основанием для выпуска сообщения SIGMET (какие бы эшелоны полета оно не затрагивало), поэтому вулканический пепел не включен в перечень явлений погоды, которые служат основанием для выпуска сообщения AIRMET.

6.4.2.2 Период действия выпускаемого сообщения SIGMET составляет от четырех до шести часов, однако в случае вулканического пепла или тропических циклонов его период действия обычно должен составлять не менее шести часов. Ниже приводится образец сообщения SIGMET:

СООБЩЕНИЕ SIGMET О ВУЛКАНИЧЕСКОМ ПЕПЛЕ (VA)

YUDD SIGMET 2 VALID 211100/211700 YUSO-
YUDD SHANLON FIR/UIR VA ERUPTION MT ASHVAL LOC S1500 E07348 VA CLD OBS AT 1100Z FL310/450

APRX 220KM BY 35KM S1500 E07348 – S1530 E07642 MOV SE 65KMH FCST 1700Z VA CLD APRX S1506 E07500 – S1518 E08112 – S1712 E08330 – S1824 E07836

Содержание: второе по счету сообщение SIGMET, выпущенное для района полетной информации SHANLON (обозначаемого названием районного диспетчерского центра YUDD Shanlon) органом метеорологического слежения аэропорта/международный* (YUSO) после 00:01 UTC; сообщение действительно с 11:00 UTC до 17:00 UTC 21 числа данного месяца; выброс вулканического пепла горой Ашваль*, расположенной в месте с координатами 15° ю. ш. и 73° 48' в. д.; в 11:00 UTC наблюдалось облако вулканического пепла между эшелонами полета 310 и 450 на площади размерами приблизительно 220 км на 35 км между 15° ю. ш. и 73° 48' в. д. и 15° 30' ю. ш. и 76° 42' в. д.; ожидается, что облако вулканического пепла будет перемещаться в восточном–юго-восточном направлении со скоростью 65 км в час; согласно прогнозу облако вулканического пепла на 17:00 UTC будет находиться приблизительно в районе, ограниченном следующими точками: 15° 6' ю. ш. и 75° в. д., 15° 18' ю. ш. и 81° 12' в. д., 17° 12' ю. ш. и 83° 30' в. д. и 18° 24' ю. ш. и 78° 36' в. д.

6.4.2.3 Если при вулканическом извержении происходит выброс вулканического пепла в атмосферу конкретного РПИ или вулканический пепел переносится в данный РПИ из соседнего РПИ ветрами на высотах, то MWO, несущий ответственность за данный РПИ, должен выпустить сообщение SIGMET о вулканическом пепле. Выпуск первого сообщения SIGMET, в котором содержится лишь информация о наличии облака вулканического пепла (включая название и местонахождение вулкана, возможную мощность и направление перемещения облака вулканического пепла, если известны), выброшенного конкретным вулканом, является прямой обязанностью любого MWO. Однако, как указывается в разделах 3.3 и 3.4 главы 3, для выпуска последующих сообщений SIGMET орган MWO должен располагать значительными техническими возможностями. В MWO как минимум должен быть обеспечен надежный прием сигналов со спутников, находящихся на полярных и геостационарных орбитах, включая данные установленного на спутнике спектрометра AVHRR, и, кроме того, MWO должен иметь возможности для обработки, анализа и интерпретации данных для того, чтобы отличать облака вулканического пепла от обычных облаков, состоящих из воды или льда. MWO должен также быть способен прогнозировать траекторию движения облака вулканического пепла, что является весьма сложной задачей. Еще при создании службы IAVW учитывалось, что большинство MWO не располагают такими возможностями. В этой связи ИКАО по предложению ВМО были назначены девять центров VAAC, на которые была возложена ответственность за предоставление органам MWO и центрам РДЦ в районах их ответственности консультативной информации о масштабах распространения и прогнозируемом перемещении вулканического пепла.

6.4.3 Консультативные центры по вулканическому пеплу

6.4.3.1 Роль VAAC состоит в круглосуточном предоставлении различным РДЦ/MWO в районах их ответственности (см. рис. 6-4) экспертной консультативной информации относительно масштабов и прогнозируемого перемещения облака вулканического пепла. Эта информация необходима органам MWO для выпуска ими сообщений SIGMET о вулканическом пепле. Центры VAAC осуществляют контроль за облаком вулканического пепла, используя для этого данные, полученные от различных метеорологических спутников, и прогнозируют движение облака пепла с помощью моделей расчета на ЭВМ перемещения и рассеивания вулканического пепла. Применяемые в центрах VAAC методы подробно описаны в главе 3.

6.4.3.2 Для предоставления органам MWO в согласованных зонах ответственности консультативной информации о масштабах распространения и прогнозируемом перемещении вулканического пепла ИКАО были назначены следующие центры VAAC:

* Название условное.

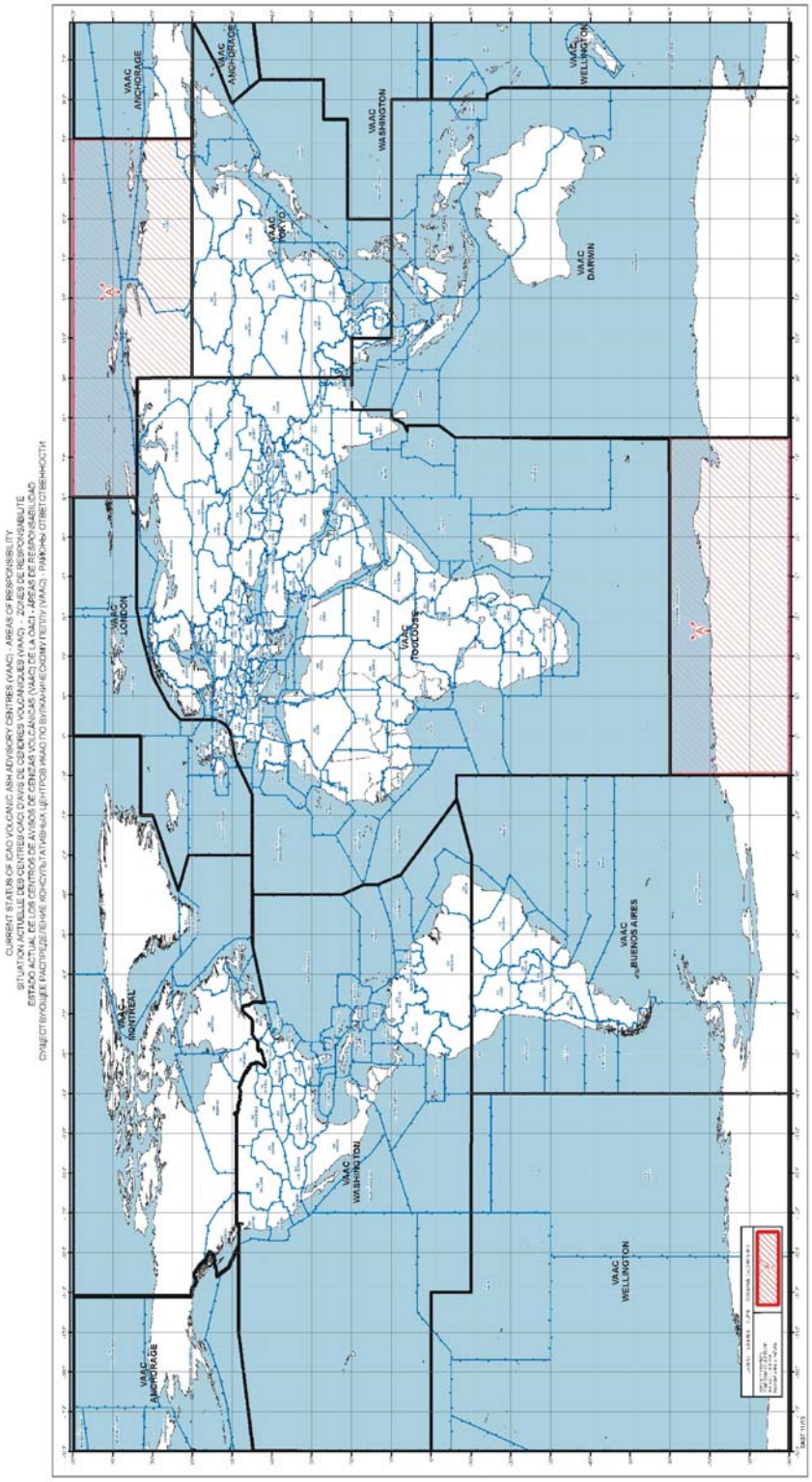


Рис. 6-4. Существующее распределение консультативных центров ИКАО по вулканическому пеплу (VAAC): районы ответственности

Анкоридж, Соединенные Штаты Америки; Буэнос-Айрес, Аргентина; Вашингтон, Соединенные Штаты Америки; Веллингтон, Новая Зеландия; Дарвин, Австралия; Лондон, Соединенное Королевство; Монреаль, Канада; Токио, Япония; Тулуза, Франция.

Согласованные к настоящему времени зоны ответственности VAAC представлены на рис. 6-4.

6.4.3.3 При нормальных обстоятельствах VAAC получает информацию от одного из связанных с ним органов MWO о том, что в его РПИ произошло вулканическое извержение, и при этом данный MWO запрашивает у VAAC консультативную информацию. VAAC незамедлительно задействует модель расчета на ЭВМ перемещения и рассеивания вулканического пепла для предоставления консультативной информации о прогнозируемой траектории движения вулканического пепла. Затем VAAC проверяет последнюю поступившую со спутников информацию, полученную от всех имеющихся источников, с тем, чтобы определить, можно ли обнаружить наличие пепла по данным со спутников, и если это возможно, то оценить масштабы его распространения. Данная информация незамедлительно передается в соответствующие MWO и РДЦ/ЦПИ вместе с прогнозируемой траекторией перемещения пепла, если она к этому времени получена. Первоначальное подтверждения факта обнаружения вулканического пепла по данным со спутников и оценка масштабов его распространения является для MWO и РДЦ/ЦПИ чрезвычайно важной информацией, поскольку дает РДЦ/ЦПИ определенную степень уверенности в необходимости приступить к изменению маршрутов воздушных судов и/или задействовать, при необходимости, мероприятия УВД на случай чрезвычайной обстановки. Далее VAAC продолжает осуществлять контроль за поступающей со спутников новой информацией и регулярно предоставлять MWO, РДЦ/ЦПИ и авиакомпаниям прогнозы о траектории перемещения вулканического пепла до тех пор, пока не прекратится извержение и/или контролируемое воздушное пространство не станет свободным от загрязнения пеплом. На случай, когда тот или иной VAAC не способен по каким-либо причинам предоставлять прогноз о траектории перемещения вулканического пепла, предусмотрены меры, позволяющие запрашивать такую информацию у одного из других VAAC.

6.4.3.4 В качестве инструктивных указаний для государств ИКАО разработала набор процедур IAVW, отражающих вышеописанные обязанности и ответственность различных органов, и включила его в *Справочник по службе слежения за вулканической деятельностью на международных авиатрассах (IAVW). Эксплуатационные процедуры и список организаций для связи* (Doc 9766) (имеется только в электронном формате на веб-сайте www.icao.int/anb/iavwopsg). Кроме того, в соответствующих Приложениях ИКАО (Приложения 3, 10 и 11) содержатся положения, касающиеся роли центров VAAC и основанные на принятых в IAVW процедурах.

6.5 ФУНКЦИИ СВЯЗИ И КООРДИНАЦИИ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В IAVW

6.5.1 Линии связи между различными компонентами, входящими в службу IAVW, показаны на рис. 6-1. В том, что касается компонента, относящегося к авиационной части, то здесь линии связи между службами ОВД, метеорологическими службами и авиакомпаниями существуют уже давно и должны быть полностью работоспособными и надежными. При этом, однако, следует отметить, что в некоторых случаях на практике сами линии связи могут функционировать нормально, но соответствующая координация, необходимая для обеспечения эффективного использования таких линий, иногда отсутствует. Как показал опыт, это прежде всего относится к связи между центрами РДЦ/ЦПИ и органами MWO, в результате чего имели место случаи, когда выпуск сообщения NOTAM о вулканическом пепле не сопровождался параллельным выпуском сообщения SIGMET для данного РПИ или информация, содержащаяся в сообщении SIGMET, не соответствовала данным в сообщении NOTAM. Эффективная координация между центрами РДЦ/ЦПИ и органами MWO обеспечивается при наличии двусторонней связи и имеет принципиальное значение для всей системы SIGMET и особенно важна для службы IAVW, главное отличие которой состоит в том, что она должна выпускать как сообщения NOTAM, так и сообщения SIGMET, содержащие информацию об определенном явлении погоды. Хотя отсутствие

эффективной координации между РДЦ/ЦПИ и MWO является скорее исключением, чем правилом, указать на эту проблему необходимо потому, что даже одно единственное упущение может привести к тому, что вулканический пепел станет потенциальной причиной крупного авиационного происшествия. Поэтому в отношении координации между РДЦ/ЦПИ и MWO любое ухудшение является недопустимым, какими бы редкими ни были такие факты. Если орган MWO получает сведения о вулканическом извержении или наличии облака вулканического пепла в его РПИ или соседних РПИ, он должен **незамедлительно** информировать об этом соответствующие РДЦ/ЦПИ, и наоборот, когда первыми информацию о вулканическом извержении или облаке вулканического пепла получают РДЦ/ЦПИ. Выпуск последующих сообщений NOTAM и SIGMET должен осуществляться при постоянной взаимной координации между указанными органами для того, чтобы содержащаяся в них информация не была противоречивой.

6.5.2 Как было отмечено в п. 6.5.1, к моменту создания службы IAVW линии связи между оперативными авиационными службами и метеорологическими органами уже давно были налажены, чего нельзя сказать о договоренностях в области связи между вулканологическими агентствами и авиационным сообществом. Это означает, что государствам, в РПИ которых расположены действующие или потенциально активные вулканы, необходимо было создавать столь важные линии связи практически с нуля. Первым звеном в этой сети являются линии связи между вулканологическими обсерваториями (которые в большинстве случаев расположены в удаленных и горных районах) и центральными учреждениями вулканологических агентств. Такие линии связи уже были созданы для контроля за вулканической деятельностью в пределах государства, но, как правило, без учета интересов авиационного сообщества. Для этого обычно используется телефонная или радиосвязь, но иногда ее приходится осуществлять через третьи стороны или по крайней мере с применением принадлежащего им оборудования. Как отмечалось в главе 1, постоянный контроль осуществляется лишь за небольшим количеством имеющихся в мире действующих вулканов. Следующим звеном в указанной сети является связь между вулканологическим агентством и авиационным сообществом, которая, как правило, осуществляется по телефону или с помощью телефакса. Такие линии связи создаются специально для целей IAVW, и поскольку присутствие вулканического пепла в атмосфере в первую очередь представляет опасность для авиации, то именно полномочный орган гражданской авиации должен быть инициатором налаживания и поддерживания эффективной связи между РДЦ/ЦПИ, MWO и вулканологическим агентством. Прежде чем поступить в РДЦ/ЦПИ или MWO, поток вулканологической информации из обсерваторий обычно направляется в центральное вулканологическое учреждение или крупные станции на местах для обеспечения того, чтобы экспертный анализ этой информации проводился вулканологами. Для содействия такой связи в Приложение 3 (см. п. 3.6) введено требование о том, чтобы государственные вулканологические обсерватории уведомляли о вулканической деятельности. Вследствие этого соответствующие группы регионального планирования и осуществления проектов (PIRG) стали включать в региональные аэронавигационные планы (АНП) отдельные государственные вулканологические обсерватории. Для того чтобы содействовать предоставлению этой информации, в документ Doc 9766 включен разработанный образец формы *"Уведомление вулканологической обсерватории для авиации (VONA)"*. Аналогичной оценке подвергается и вулканологическая информация, поступающая от добровольных источников наблюдения, таких, как полицейские участки, военные подразделения, таможенные/иммиграционные органы, станции лесного хозяйства и т. д. Исключение составляет вулканологическая информация, поступающая от воздушных судов, выполняющих полеты внутри государства, и различных метеорологических обсерваторий, поскольку и те и другие могут устанавливать прямой контакт с соответствующим РДЦ/ЦПИ или MWO (между которыми также существует прямая связь).

Примечание. Для обеспечения более прочных связей, согласованности и интеграции с государственными органами по уменьшению опасности стихийных бедствий Договаривающимся государствам рекомендуется возвращать государственным вулканологическим обсерваториям любую соответствующую информацию относительно вулканического пепла в объеме и форме, согласованной между VAAC и соответствующей вулканологической обсерваторией. Для документального оформления такого согласования может использоваться образец письма о договоренности, приведенный в добавлении A к документу Doc 9766.

6.5.3 В документе Doc 9766 содержится список пунктов оперативной связи в рамках IAVW между вулканологическими агентствами, MWO и РДЦ. В данном списке указаны номера телефонов и факсов и адреса электронной почты пунктов связи в каждом государстве, принимающем участие в работе IAVW, что дает возможность заинтересованным сторонам вне того или иного государства обращаться, в случае необходимости, к ведущим специалистам, если им требуется получить информацию, касающуюся вулканического извержения или облака вулканического пепла.

6.6 ТЕХНИЧЕСКАЯ ПОДДЕРЖКА, ПРЕДОСТАВЛЯЕМАЯ IAVW НЕ В РЕАЛЬНОМ МАСШТАБЕ ВРЕМЕНИ

6.6.1 Смитсоновский институт, Вашингтон, округ Колумбия

6.6.1.1 Данный институт располагает глобальной базой данных о вулканах и вулканических извержениях, а также глобальной сетью данных по вулканизму. Доступ к указанной базе данных осуществляется с помощью электронных средств; кроме того, эта база данных опубликована в виде книги под названием *"Вулканы мира"*. Ежемесячно выпускается бюллетень, в котором приводятся результаты проводимого вулканологами анализа последних проявлений вулканической деятельности в мире. Для предоставления центрам РДЦ/ЦПИ и органам MWO исходной информации о состоянии вулканов в мире Смитсоновский институт любезно согласился рассылать копии упомянутого бюллетеня центрам РДЦ/ЦПИ и органам MWO по их запросу. Такая договоренность была достигнута при условии, что получаемые авиационным сообществом сводки о вулканической деятельности, такие, как специальные донесения с борта воздушных судов, будут направляться в Смитсоновский институт для оказания помощи в обновлении его глобальной базы данных о вулканизме. Эти договоренности успешно реализуются на практике, и РДЦ/ЦПИ и MWO регулярно получают указанный бюллетень.

6.6.1.2 Помимо вышесказанного, была достигнута договоренность о регулярном проведении консультаций между центрами VAAC и Смитсоновским институтом посредством телефонной конференц-связи или электронной почты в целях обеспечения постоянной информированности VAAC о текущем состоянии деятельности вулканов мира.

6.7 УЧЕБНЫЕ И АУДИОВИЗУАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА

6.7.1 Как и в любых других областях оперативной деятельности, подготовка персонала, выполняющего оперативную работу, играет очень важную роль. В частности, выпадение вулканического пепла в отдельно взятом РПИ может быть редким явлением, и хорошее знание оперативными сотрудниками соответствующих инструкций для местного персонала со временем может быть утрачено. Извержения опасных вулканов, расположенных в некоторых районах РПИ, могут повторяться лишь через многие десятилетия, и если процедуры, применяемые при загрязнении атмосферы вулканическим пеплом, не являются неотъемлемой частью первоначальной подготовки и переподготовки пилотов, диспетчеров воздушного движения, сотрудников УВД, метеорологических и вулканологических служб, то указанные процедуры, когда в них возникнет необходимость, вряд ли будут применяться с максимальной эффективностью. Во многих случаях вулканический пепел в некотором приближении можно рассматривать как любое другое опасное явление на маршруте полета и, следовательно, применять типовые инструкции для местного персонала и мероприятия на случай чрезвычайной обстановки, которые охватывают все опасные ситуации. Иллюстрацией такого подхода могут служить "процедуры уклонения от неблагоприятных метеоусловий в океаническом контролируемом воздушном пространстве", применяемые полномочным органом гражданской авиации Австралии и описанные в п. 5.2.4.3 главы 5, а также в добавлении C.

6.7.2 ИКАО выпущены два плаката по вулканическому пеплу на русском, английском, испанском и французском языках; в одном из них содержатся общие рекомендации по действиям летного экипажа при случайном попадании воздушного судна в облако вулканического пепла, во втором приводятся инструкции для пилотов в виде стандартной Формы ИКАО для специального донесения с борта о вулканической деятельности. Более подробно эти плакаты рассматриваются в добавлении D. Кроме того, ИКАО выпустила на русском, испанском и французском языках видеокассеты "Осторожно: вулканический пепел", первоначально подготовленные на английском языке самолетостроительной компанией "Боинг". ИКАО и ВМО разослали государствам экземпляры издания "Карта мира с обозначением вулканов и основных элементов аэронавигации" на английском языке (с пояснительным текстом на испанском, русском и французском языках), подготовленного компанией "Джеппесен, Сандерсон, инк." и Геологической службой Соединенных Штатов Америки (USGS) в сотрудничестве с другими организациями, включая ИКАО. Федеральное авиационное управление Соединенных Штатов Америки выпустило также видеофильм (на английском языке), посвященный инструктажу диспетчеров УВД, касающемуся опасности, который вулканический пепел представляет для авиации.

6.7.3 ИКАО и ВМО совместно организовали целый ряд практических и теоретических семинаров в тех регионах ИКАО, которые в наибольшей степени подвержены влиянию вулканической деятельности, в том числе в регионе Азии, Европейском, Карибском и Южноамериканском регионах.

6.8 ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ СЛУЖБЫ IAVW

6.8.1 Вопросы средней частоты плинианских вулканических извержений в общих чертах рассматриваются в главе 1, однако для того, чтобы оценить насколько часто вулканические извержения представляли опасность для авиации, целесообразно проанализировать реальные статистические данные за последние двадцать лет. В добавлении E приводится список вулканических извержений, зарегистрированных с 1980 года, показатель вулканической эксплозивности (VEI) которых составляет, согласно оценкам, не менее 3 баллов, а также извержений с меньшим показателем VEI, которые тем не менее могут создавать определенные трудности для авиации вследствие наличия в атмосфере вулканического пепла. Вулканические извержения, которые по имеющимся данным оказали воздействие на работу авиации и в большинстве случаев потребовали задействовать службу IAVW, отмечены звездочкой. В добавлении F приведен список вулканов, нанесенных на "Карту мира с обозначением вулканов и основных элементов аэронавигации", упомянутую в п. 6.7.2. Кроме того, в добавлении G приводится база данных и результаты анализа контактов воздушных судов с вулканическим пеплом, имевших место с 1980 года, которые были подготовлены USGS в сотрудничестве с изготовителями воздушных судов и двигателей.

6.8.2 Приведенные в указанных добавлениях данные ясно показывают, что за последние двадцать лет произошло большое количество извержений, которые оказали прямое воздействие на деятельность авиации, а число непосредственных контактов воздушных судов с вулканическим пеплом оказалось достаточно высоким, чтобы вызвать обеспокоенность. Для борьбы с этой проблемой государствами и международными организациями затрачивается много усилий и средств; по мере поэтапного создания системы IAVW и приобретения все большего опыта ее оперативными подразделения в выполнении своих функций обращения за помощью к службе IAVW стали более частными и более эффективными. Назначение ИКАО девяти центров VAAC в целях обеспечения консультативной информацией о вулканическом пепле органов MWO и центров РДЦ/ЦПИ, которое завершилось в конце 1996 года, ознаменовалось заметным повышением общей эффективности работы IAVW по мере приобретения опыта каждым VAAC и обмена этим опытом со всеми другими VAAC.

ЧАСТЬ II

Радиоактивные и токсические химические вещества в атмосфере и производство полетов

ВВЕДЕНИЕ В ЧАСТЬ II

В результате аварии, имевшей место на чернобыльском ядерном реакторе на Украине в апреле 1986 г., образовалось облако радиоактивных материалов и частиц, которое, согласно сообщениям, достигло абсолютной высоты по крайней мере 3 или 4 км. Потенциальная опасность, которую представлял этот вид облака для гражданской авиации, побудил Международную федерацию ассоциаций линейных пилотов (ИФАЛПА) обратиться к ИКАО с просьбой разработать необходимую систему договоренностей, обеспе¬чивающих своевременное предоставление информации о масштабах распространения и перемещении таких облаков воздушным судам и аэродромам, которые могут быть ими затронуты. Помимо проблемы наличия в атмосфере радиоактивных материалов ИФАЛПА также просила предпринять аналогичные действия в отношении опасности, которую представляют для гражданской авиации выбросы токсических химических веществ в атмосферу в результате аварий на промышленных предприятиях или на транспорте.

Аэронавигационная комиссия (АНК) присоединилась к указанным просьбам, и в программу технической работы была включена соответствующая задача.

В этот период было отмечено, что по крайней мере с эксплуатационной точки зрения упомянутые проблемы по целому ряду аспектов аналогичны проблеме вулканического пепла в атмосфере. Соответственно, АНК поручила Секретариату при содействии Исследовательской группы по предупреждению о выпадении вулканического пепла разработать необходимую систему договоренностей и процедуры для использования при осуществлении контроля за радиоактивными материалами и токсическими химическими веществами в атмосфере и передаче соответствующих предупреждений воздушным судам. В этой связи указанная группа была усилена за счет включения в нее эксперта, назначенного Международным агентством по атомной энергии (МАГАТЭ). Начиная с 2002 года работа над этой задачей ведется при содействии Группы по эксплуатации службы слежения за вулканической деятельностью на международных авиатрассах (IAVWOPSG).

При формулировании этой задачи было признано, что большинство государств уже имеют или должны были иметь установленный в национальном масштабе порядок действий на случай чрезвычайной ситуации, связанной с ядерной аварией в данном государстве или перемещением через национальные границы облаков радиоактивного материала. В отношении токсических химических веществ было известно, что по крайней мере несколько государств учли этот конкретный вид опасности при разработке своих национальных процедур на случай чрезвычайной ситуации. Поэтому ИКАО хотела уделить основное внимание именно находящимся в полете воздушным судам для обеспечения того, чтобы такие воздушные суда были обязательно учтены в процедурах, применяемых на случай чрезвычайной ситуации, и выяснить возможность сведения к минимуму времени оповещения пилотов об облаке радиоактивных материалов путем налаживания прямого контакта между МАГАТЭ и РДЦ/ЦПИ.

Работа над вышеуказанной задачей завершилась включением в Приложение 3 в рамках поправки 75 требования о создании всемирного центра для уведомления о таких выбросах непосредственно затрагиваемого РДЦ, который в свою очередь будет информировать находящиеся в полете воздушные суда. Предстоит еще рассмотреть аспекты внедрения и при необходимости скорректировать существующие процедуры.

Глава 7

ВЫБРОС В АТМОСФЕРУ РАДИОАКТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ТОКСИЧЕСКИХ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В РЕЗУЛЬТАТЕ АВАРИЙ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

7.1 РАДИОАКТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

7.1.1 Данная проблема оказалась в центре внимания мирового сообщества в апреле 1986 г., когда произошел выброс в атмосферу радиоактивных веществ из 4-го реактора Чернобыльской атомной электростанции на Украине. Выброс радиоактивных веществ явился результатом взрывов в процессе эксперимента по проверке безопасности реакторов в случае двух одновременных отказов. Вещества, выброшенные в атмосферу в начальный период аварии, когда температура активный зоны ядерного реактора и выброшенных частиц была все еще чрезвычайно высокой, достигли высоты 1 или 2 км[1]. При последующих выбросах температура частиц была гораздо ниже, и они перемещались на большие расстояния в пограничном слое, за исключением случаев адвекции вверх до 3–4 км в фронтальных и конвективных облаках.

7.1.2 Указанные радиоактивные вещества состояли из множества радионуклидов, выброшенных из реактора. Наиболее важными из них с точки зрения здоровья были йод-131 (короткоживущий изотоп, который заражает траву и тем самым коровье молоко и затем поражает щитовидную железу человека и может вдыхаться непосредственно); цезий-134 (период полураспада 2 года); и цезий-137 (период полураспада 30 лет). Йод-131 может находиться в газообразном состоянии либо в форме твердых частиц. Распространение радиоактивных веществ в атмосфере зависит, с одной стороны, от атмосферных ветров, включая сдвиг ветра и неустойчивые массы (фронтальные и конвективные облака), и, с другой стороны, от сухого осаждения более крупных частиц под силой тяжести и мокрого осаждения вследствие захвата газообразных веществ и промышленных частиц дождевыми осадками.

7.2 ТОКСИЧЕСКИЕ ХИМИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА

7.2.1 В отношении аварий, связанных с химическими веществами, существующая тенденция свидетельствует о том, что их масштабы гораздо меньшие, и, как правило они носят локальный характер. Причиной таких аварий являлись взрывы на предприятиях по производству промышленных химических веществ; пожары на химических предприятиях; аварии на железных/автомобильных дорогах во время транспортировки промышленных химических веществ; либо утечки/взрывы на скважинах природного газа и хранилищах. Чаще всего токсические химические облака состоят из газообразных веществ, и за исключением случаев, когда они непрозрачные, их отслеживание представляет собой трудную задачу. К счастью, из-за своего локального масштаба, такие облака обычно перемещаются главным образом в приграничном слое вблизи земной поверхности и быстро рассеиваются.

1. F.B. Smith, “Lessons from the dispersion and deposition of debris from Chernobyl”, *Meteorological Magazine*, Vol. 117, Meteorological Society, London, 1988.

7.2.2 Имеются сообщения о целом ряде связанных с токсическими химическими веществами происшествий, которые затронули полеты воздушных судов. Одним из примеров является утечка, которая произошла 25 сентября 1989 г. в подземных кавернах для хранения природного газа вблизи Шемери (Франция). Природный газ вытекал в атмосферу со скоростью свыше 5 млн куб. фут/ч, и воздушные суда местных авиалиний, направлявшиеся на находящийся поблизости аэродром, были вынуждены изменить маршрут. Утечка была окончательно устранена 27 сентября 1989 г.

7.2.3 Одна из основных трудностей в отношении аварий, связанных с токсическими химическими веществами, заключается в огромном числе химических веществ, потенциально относящихся к данной категории. Любой газ, который полностью вытеснил кислород из воздуха в кабине пилота, может лишить летный экипаж работоспособности. Например, азот или углекислый газ в строгом смысле слова не являются токсичными; в действительности человек вдыхает их постоянно, однако если из-за высокой концентрации этих газов произошло вытеснение достаточного количества кислорода из кабины пилота, такая ситуация безусловно приведет к летальному исходу для летного экипажа. Это означает, что наличие токсических газов в кабине пилота может привести к немедленной потере летным экипажем работоспособности, а также к потере воздушного судна и пассажиров.

7.2.4 Одним из последних достижений в этой области явилось согласование в рамках IAVW будущей политики в отношении мер при выбросе в атмосферу токсических химических веществ. В этой связи было решено, что проблема рассеяния химических веществ в атмосфере в результате аварий носит локальный характер, поскольку такие вещества обычно остаются вблизи земной поверхности, около места выброса и быстро рассеиваются. Поэтому время быстрого реагирования считается критическим элементом, и наиболее эффективными являются меры, принимаемые соответствующим государством на местном уровне, в отношении передачи информации о переносе и рассеянии опасных материалов. В случае возникновения события такого характера государствам следует выпускать NOTAM, касающиеся выброса токсических химических веществ (см. п. 5.1.1.1 v) Приложения 15 "Службы аэронавигационной информации"). В будущем будет разработана поправка к Приложению 3, предусматривающая включение информации об облаках токсических химических веществ в предупреждения по аэродрому.

———————

Глава 8

ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ПРОИЗВОДСТВО ПОЛЕТОВ

8.1 ВОЗДЕЙСТВИЕ РАДИОАКТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ

8.1.1 В случае контакта воздушного судна с облаком радиоактивных материалов, выброшенным в атмосферу в результате ядерной аварии, какие-либо незамедлительные последствия для летного экипажа и пассажиров являются маловероятными, и поэтому летный экипаж не потеряет работоспособность. Основная опасность заключается в долгосрочных последствиях для здоровья тех людей, которые вдыхают или проглатывают радиоактивные материалы (во время дыхания или приема пищи). Фильтры системы кондиционирования воздуха, установленной на борту воздушного судна, обеспечивают слишком грубую очистку для того, чтобы отфильтровать частицы радионуклидов из радиоактивного облака, поэтому при попадании в систему циркуляции воздуха воздушного судна свойства этих частиц остаются более или менее неизменными. Исключением для вышеуказанного сценария является маловероятный случай пролета воздушного судна на малой высоте непосредственно над реактором во время аварии и попадания под воздействие самого взрыва и/или интенсивной, но действующей в пределах небольшого расстояния радиации, образующейся при первоначальном взрыве. Районы вокруг ядерных установок обычно обозначаются государствами как опасные зоны специально для того, чтобы воздушные суда не совершали полеты над такими объектами.

8.1.2 Помимо ясно представляемой потенциальной опасности радиоактивного облака для находящихся в полете воздушных судов следует также учитывать его воздействие на "коллективное мнение" сообщества пассажиров. Если не будет проявлена исключительная осторожность в отношении формулировок в предназначенной для общественности информации и своевременности ее выпуска, может сложиться негативное (и скорее всего гипертрофированное) впечатление. Такая ситуация может быстро охватить всю отрасль воздушных перевозок и создать проблемы для туристических агентств, вплоть до регистрационных стоек авиакомпаний. Методы предоставления информации об аварийных ситуациях существенно отличаются в зависимости от государства, хотя на случай ядерных аварий существуют инструктивные указания, разработанные МАГАТЭ[1].

8.1.3 Соответствующие последствия для функционирования аэродрома зависят от того, находится ли данный аэродром на пути движения радиоактивного облака. Если ситуация именно такова, то аэродром и его средства и службы подпадают под действие государственного плана мероприятий на случай аварийной обстановки наравне с другими государственными средствами и службами. Когда аэродром непосредственно не затронут радиоактивным облаком, но запланированные маршруты движения воздушных судов пересекают зараженную область, ситуация усложняется. В этом случае косвенные последствия изменения маршрутов воздушных судов и задержек операций на аэродроме могут быть значительными, однако у пассажиров, получающих информацию из многочисленных официальных и неофициальных (средства массовой информации) источников, может сформироваться абсолютно путанная оценка ситуации. Прогнозирование рейсов и изменение планов путешествий будут, вероятно, представлять собой более сложную задачу, чем в случае задержек по метеоусловиям, которые по крайней мере хорошо понятны для пассажиров.

1. “Guidance on International Exchange of Information and Data following a major nuclear accident on Radiological Emergency”, International Atomic Energy Agency, Publication STI/PUB/914, Vienna, 1992.

8.2 ВОЗДЕЙСТВИЕ ТОКСИЧЕСКИХ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

В предыдущей главе указывалось, что непосредственный контакт воздушного судна с облаком токсических химических веществ, образовавшимся в результате аварии, которая обычно носит локальный характер, может привести к незамедлительной потере летным экипажем работоспособности. В целом, наибольшему риску, по всей вероятности, подвергаются воздушные суда, выполняющие полет на низкой высоте, например, при посадке, взлете или во время полета по кругу над аэродромом. Как правило, аварийная обстановка носит местный характер, распространяется на низкие эшелоны полета и действует в течение короткого периода времени в связи с быстрыми действиями, предпринимаемыми персоналом аварийных служб для локализации или ликвидации таких происшествий или пожаров.

_____

Глава 9

НАЦИОНАЛЬНЫЕ И МЕЖДУНАРОДНЫЕ МЕХАНИЗМЫ УСТРАНЕНИЯ УГРОЗЫ ДЛЯ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

9.1 ВЫБРОСЫ РАДИОАКТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ТОКСИЧЕСКИХ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРУ

9.1.1 Предоставление государством информации об авариях, при которых в атмосферу выбрасываются радиоактивные материалы или токсические химические вещества, обычно является составной частью государственного плана мероприятий на случай чрезвычайной ситуации. С учетом такого предположения в соответствующие регламентирующие документы ИКАО (Приложение 11 *"Обслуживание воздушного движения"*, Приложение 15 *"Службы аэронавигационной информации"*, *"Правила аэронавигационного обслуживания. Сокращения и коды ИКАО"* (PANS-ABC, Doc 8400) и *"Правила аэронавигационного обслуживания. Организация воздушного движения"* (PANS-ATM, Doc 4444)) были внесены необходимые положения, предусматривающие, чтобы любая информация о таких авариях, имеющаяся на национальном уровне, предоставлялась ответственным районным диспетчерским центром (РДЦ) находящимся в полете воздушным судам, которые могут быть затронуты этими веществами в пределах соответствующего РПИ. С этой целью в формате NOTAM, используемом для распространения информации среди органов службы аэронавигационной информации и затем среди персонала ОВД (например, РДЦ), предусмотрен специальный указатель "WR".

9.1.2 Проблема становится более сложной, когда ядерная или химическая авария происходит в соседнем государстве. Такая информация должна передаваться с использованием радио- и телефонных средств связи и сообщений NOTAM районным диспетчерским центром, ответственным за РПИ, где произошла авария, соответствующим РДЦ соседних РПИ. Это гарантирует своевременное получение воздушными судами, находящимися в полете или намеревающимися вылететь в зараженный РПИ, консультативной информации о ситуации, с тем чтобы они могли предпринять необходимые действия.

9.1.3 Требование к государствам уведомлять другие государства об имевшей место ядерной аварии предусмотрено в принятой Организацией Объединенных Наций *Конвенции об оперативном оповещении о ядерной аварии*. Параллельный документ *"Конвенция о помощи в случае ядерной аварии или радиационной аварийной ситуации"* обеспечивает оказавшемуся в таком положении государству возможность обратиться за помощью и получить ее от других государств для сведения к минимуму последствий аварии. Обе эти конвенции были приняты МАГАТЭ в 1986/1987 гг. после имевшей место в апреле 1986 г. чернобыльской аварии.

9.1.4 В целях практической реализации этих конвенций МАГАТЭ совместно с другими заинтересованными международными организациями и при содействии Межучрежденческого комитета ООН по реагированию на ядерные аварии разработала комплекс согласованных на международном уровне процедур (называемый "Информационной структурой Конвенции (CCI)"). Особый интерес для авиации представляет конкретный перечень процедур, согласованный между МАГАТЭ и ВМО. Первоначальное уведомление об аварии (пример приведен в добавлении H) включает следующую информацию:

— сообщение о факте аварии,
— характер аварии,

— время аварии и
— точные координаты места аварии.

После уведомления МАГАТЭ предоставляет государствам, которые могут быть физически затронуты данной аварией, информацию о прогнозируемой траектории движения облака радиоактивных материалов, выброшенных в атмосферу. Для этой цели ВМО назначила ряд Региональных специализированных метеорологических центров (RSMC), на которые возложена ответственность за предоставление карт прогнозов (выходные данные) траектории движения и осаждения радиоактивных материалов, выброшенных в атмосферу в результате аварии. Назначены следующие RSMC: Вашингтонский, Мельбурнский, Монреальский, Обнинский, Пекинский, Токийский, Тулузский и Эксетерский. На рис. 9-1 a) и b) приводятся образцы выходных данных одного из центров RSMC для гипотетического случайного выброса радиоактивных материалов. Кроме того, предусматривается указание символа, обозначающего "наличие радиоактивных материалов в атмосфере", на картах SIGWX ВСЗП аналогично включению символа "вулканическая деятельность", упомянутого в п. 5.3.5, для информирования экипажа на этапе предполетной подготовки. Соответствующие положения ИКАО, регламентирующие указанные процедуры, изображены в схематическом виде на рис. 9-2.

9.1.5 В вышеуказанных пунктах приводится описание согласованных на международном уровне процедур оповещения и обмена информацией о выбросах радиоактивных материалов в атмосферу. Существуют аналогичные конвенции и связанные с ними процедуры, касающиеся выброса токсических химических веществ. В настоящее время данная проблема рассматривается как вопрос чисто национального масштаба, и, как уже указывалось выше, с авиационной точки зрения находящимся в полете воздушным судам должна предоставляться информация о выбросе в атмосферу токсических химических веществ, имеющаяся в данном государстве. В 1995 г. Управление по координации гуманитарной деятельности Организации Объединенных Наций подняло проблему связанных с токсическими химическими веществами аварий, и ИКАО занялась этим вопросом при содействии ВМО. В рамках ВМО продолжалась деятельность при содействии программы принятия безотлагательных мер в случае чрезвычайных ситуаций (ERA) (в неядерной области). Соответствующая информация содержится в перечисленных ниже приложениях ВМО, которые постоянно обновляются в рамках реализации программы ERA.

– *Определение требований, касающихся аварий с выбросом химически опасных веществ*

  ftp://ftp.wmo.int/Documents/PublicWeb/www/era/TD778_newSec5_Annex8(cbs-ext06).pdf

– *Роль национальных метеорологических служб (NMS)*

  ftp://ftp.wmo.int/Documents/PublicWeb/www/era/TD778_newSec5_Annex9(cbs-ext06).pdf

– *Инструкции по обеспечению взаимодействия между NMS и другими агентствами по чрезвычайным ситуациям в случае аварий с химически опасными веществами*

  ftp://ftp.wmo.int/Documents/PublicWeb/www/era/TD778_newSec5_Annex10(cbs-ext06).pdf

В основном взвешенные в воздухе "токсические и химические вещества" оказывают локальный эффект, а соответствующие виды опасности, как правило, носят неожиданный и кратковременный характер. Согласно CBS ET такие аварии следует устранять эффективно, т. е. этой деятельностью должны заниматься местные полномочные органы, и, несомненно, решения, связанные с устранением последствий аварийной обстановки, должны приниматься с учетом численности населения и видов деятельности. Рекомендации по метеорологическим аспектам должны предоставляться NMS. В результате этой деятельности было подтверждено, что выброс в атмосферу химических веществ является сугубо национальной проблемой, поскольку такие вещества, как правило, остаются на поверхности поблизости от места выброса. Исходя из того, что основным потенциальным объектом воздействия будет аэродром, если источник выброса

расположен недалеко от него, наиболее эффективными считаются меры местного характера в рамках соответствующего государства. С учетом этого в Приложение 3 включено требование о выпуске предупреждений по аэродрому с информацией о выбросе в атмосферу токсических химических веществ. Такие предупреждения следует подготавливать по форме, содержащейся в таблице A6-2 добавления 5 к Приложению 3 *"Образец составления предупреждений по аэродрому"*. Необходимо также выпустить сообщение NOTAM о токсических химических веществах в соответствии с положениями п. 5.1.1.1 v) Приложения 15 (см. выше п. 9.1.1).

9.1.6 Несмотря на наличие необходимых международных договоренностей, обеспечивающих оповещение выполняющих полет воздушных судов о выбросе радиоактивных материалов в атмосферу, существует неизбежная присущая данному механизму задержка в передаче такой информации пилоту, если при оповещении соседних государств соответствующее сообщение должно вначале пройти через государственные центральные органы по чрезвычайным ситуациям. С учетом того факта, что крейсерская скорость реактивного воздушного судна превышает 800 км/ч, любая задержка в поступлении такой информации может иметь серьезные последствия. Поэтому создан международный механизм непосредственного уведомления МАГАТЭ соответствующих РДЦ в случае ядерной аварии. Предусматривается, что VAAC Лондон будет отвечать за предоставление полученной из МАГАТЭ информации о выбросе радиоактивных материалов соответствующим РДЦ, которые в свою очередь будут уведомлять воздушные суда, выполняющие полеты в затронутых районах. VAAC Лондон будет вносить информацию, полученную из МАГАТЭ через RSMC Эксетер (находится в VAAC Лондон), в сообщение, составленное по форме *"Образец составления сообщений о ядерной аварии"* (добавление I), разработанной ИКАО.

9.1.7 Другим аспектом проблемы является выявление и дезактивация лиц и имущества, подвергшихся воздействию радиации, что включает воздушные суда, пассажиров и экипажи, которые находились в радиоактивной зоне. Методы достижения этой цели войдут также составной частью в национальные процедуры, применяемые в случае аварийной обстановки, и, таким образом, они не рассматриваются в качестве непосредственной задачи ИКАО.

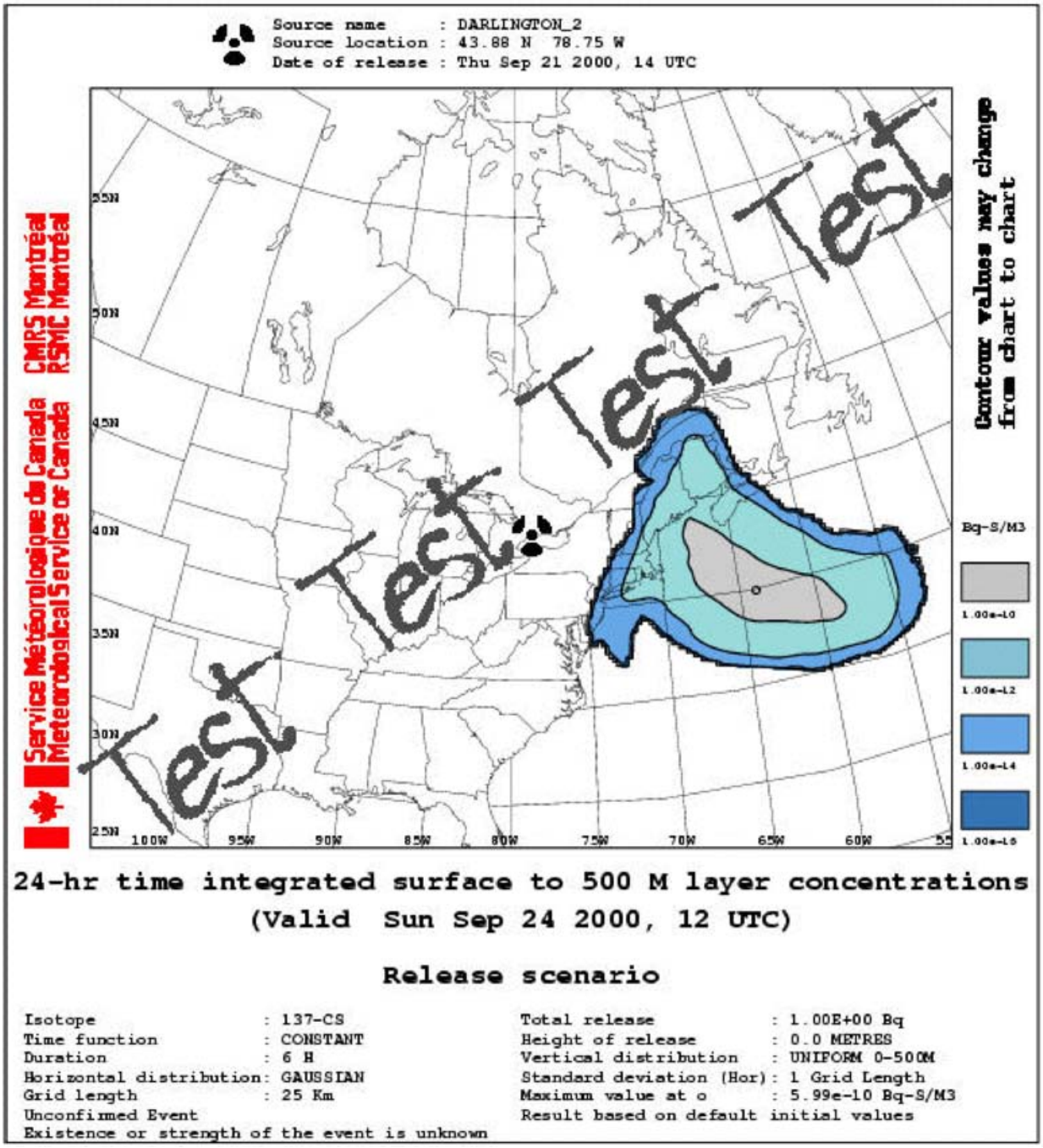


Рис. 9-1 а). Сводные данные о концентрации радионуклидов в слое высотой до 500 м. (Предоставлено Метеорологической службой Канады)

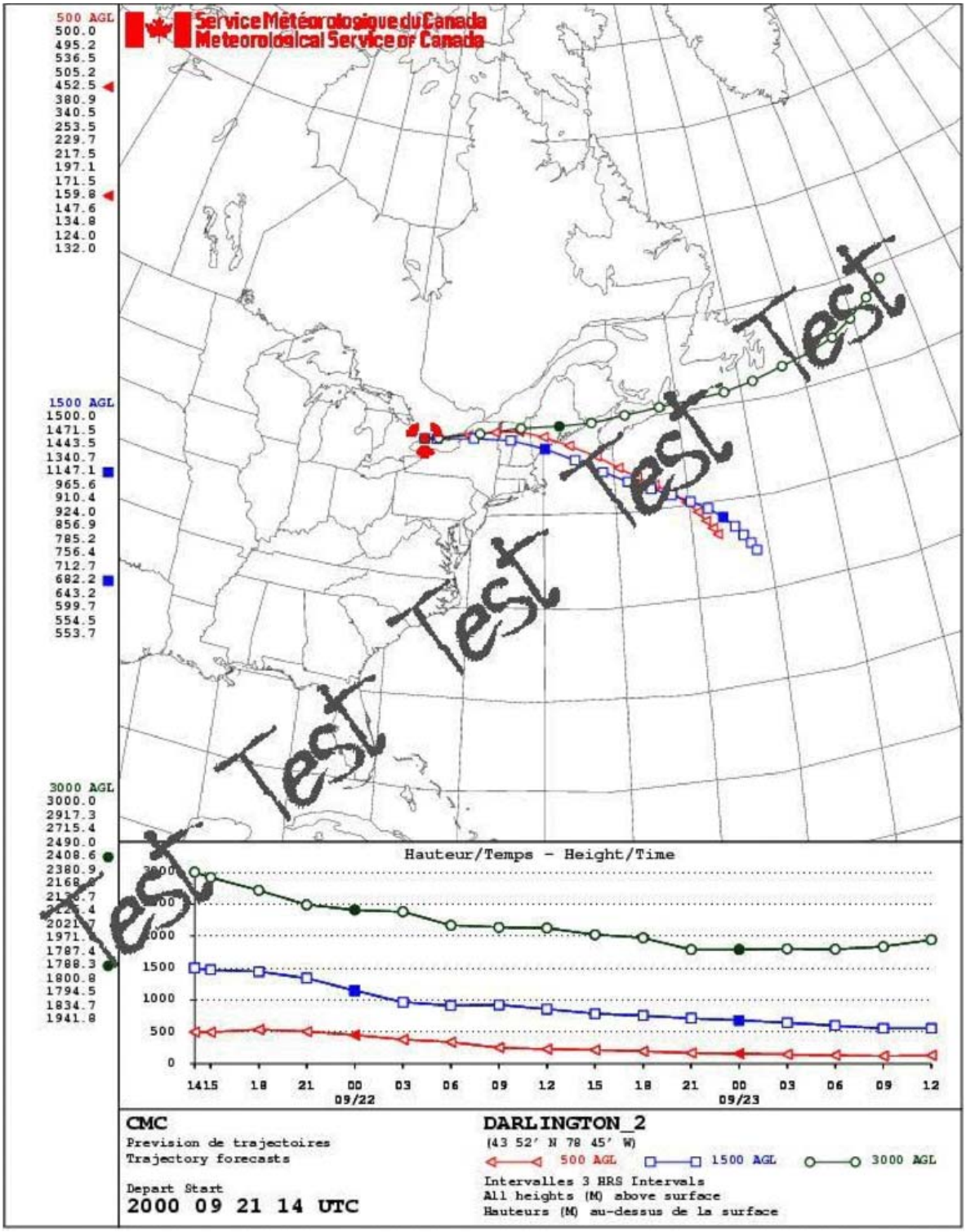
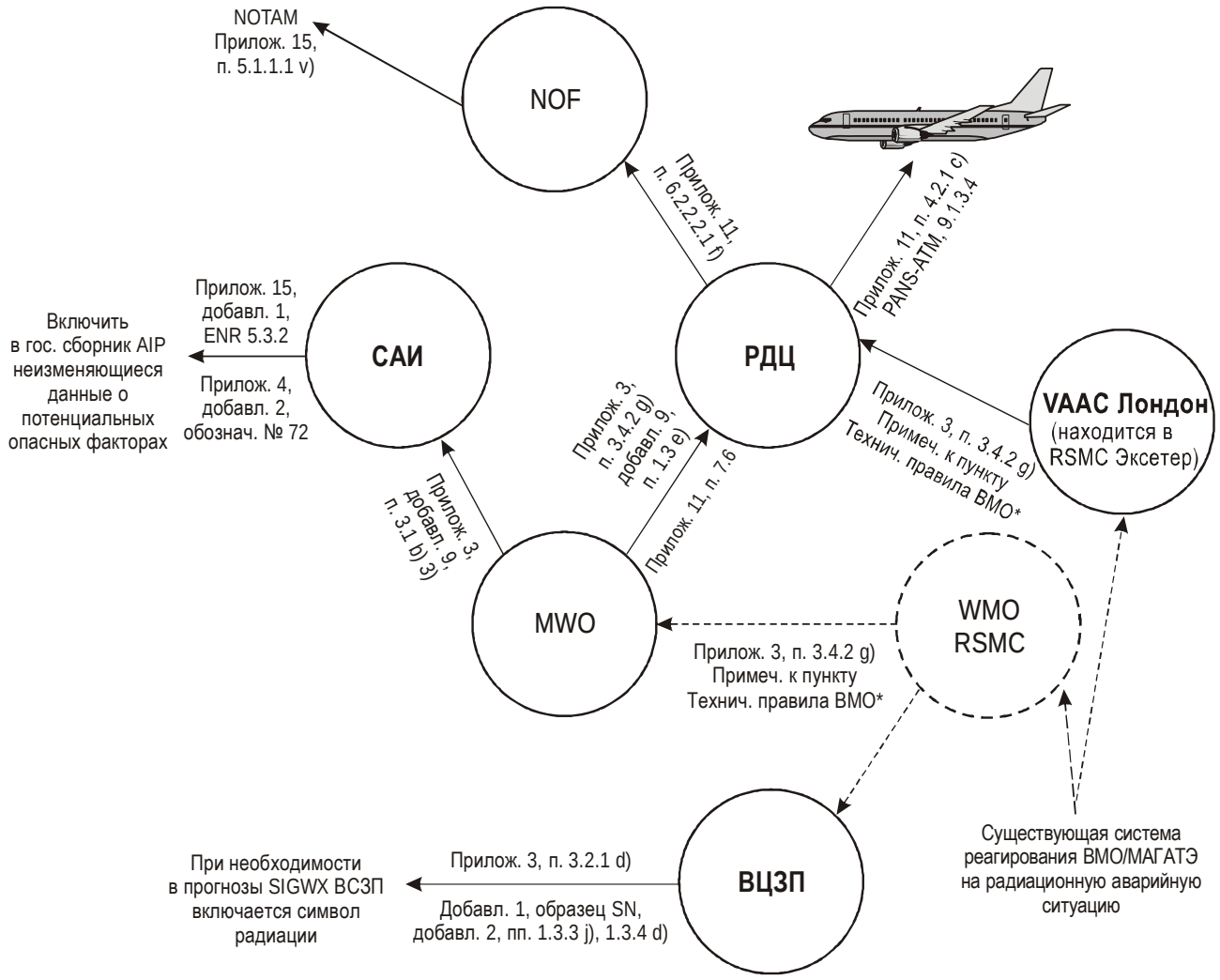


Рис. 9-1 b). Прогнозируемые траектории перемещения на высотах 500 м, 1400 м и 3000 м. (Предоставлено Метеорологической службой Канады)



*На практике эта информация направляется MWO через NMC.

Рис. 9-2. Схема предоставления пилотам информации о выбросах радиоактивных материалов в атмосферу. (Пунктирные линии обозначают не принадлежащие ИКАО системы.)

Общий справочный материал для рисунков и таблиц

Bursik, M.I., Sparks, R.S.J, Carey, S.N and Gilbert, J.S., “The Concentration of Ash in Volcanic Plumes, Inferred from Dispersal Data”, *Proceedings of the First International Symposium on Volcanic Ash and Aviation Safety*,1991, U.S. Geological Survey Bulletin 2047 (1994), p. 19.

Casadevall, T.J., “Lessons from the Past Decade”, *Aviation Safety Journal*, U.S. Federal Aviation Administration, 1993, p. 5.

Heiken, G., “Volcanic Ash: What It Is and How It Forms”, *Proceedings of the First International Symposium on Volcanic Ash and Aviation Safety*, 1991, U.S. Geological Survey Bulletin 2047 (1994), p. 42.

Prata, A.J. and Barton, I.J., “Detection and Discrimination of Volcanic Ash Clouds by Infrared Radiometry—I: Theory”, *Proceedings of the First International Symposium on Volcanic Ash and Aviation Safety*, 1991, U.S. Geological Survey Bulletin 2047 (1994), p. 305.

Prata, A.J., “Volcanic Ash Detection and Air Safety”, Final Report of the CSIRO, COSSA Publication 024, Australia, 1990.

Przedpelski, Z.J. and Casadevall, T.J., “Impact of Volcanic Ash from 15 December 1989 Redoubt Volcano Eruption on GE CF6-80C2 Turbofan Engines”, *Proceedings of the First International Symposium on Volcanic Ash and Aviation Safety*, 1991, U.S. Geological Survey Bulletin 2047 (1994), p. 129.

Self, S. and Walker, G.P.L., “Ash Clouds: Characteristics of Eruption Columns”, *Proceedings of the First International Symposium on Volcanic Ash and Aviation Safety*, 1991, U.S. Geological Survey Bulletin 2047 (1994), p. 71.

Service Project Report: British Airways B747 Volcanic Cloud Encounter, SPA 60322, 24 June 1982, Rolls Royce Limited.

Simkin T. and Siebert, L., *Volcanoes of the World*, 2nd Edition, Smithsonian Institution,1994.

Stunder, B.J.B. and Heffter, J.L., “Volcanic Ash Encounter Probabilities”, Eighth Conference on Aviation, Range and Aerospace Meteorology, January 1999, Dallas, United States, American Meteorological Society.

Tilling, R.I., *Volcanoes*, U.S. Geological Survey Publications, 1996.

Tilling R.I., *Monitoring Active Volcanoes*, U.S. Geological Survey Publications, 1987.

Webb F.H. and Birsik, M.I., “The Potential for Using GPS for Volcano Monitoring”, *Proceedings of the First International Symposium on Volcanic Ash and Aviation Safety*, 1991, U.S. Geological Survey Bulletin 2047 (1994), p. 429.

Woods, A.W. and Birsik, M.I., “1991, Particle Fall-out, Thermal Dis-equilibrium and Volcanic Plumes”, *Bulletin of Volcanology*, Vol. 53.

Woods, A.W. and Kienle J., “The Dynamics and Thermodynamics of Volcanic Clouds”, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 1990.

Wright, T.L. and Pierson. T.C., *Living with volcanoes*, U.S. Geological Survey Circular 1073, 1992.

_____

Добавление A

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ПРОЦЕДУРЫ ДЛЯ СМЯГЧЕНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ ВУЛКАНИЧЕСКОГО ПЕПЛА НА АЭРОПОРТЫ

Материал из доклада Дж.Р. Лабади "Смягчение воздействия вулканического пепла на бортовые системы воздушного судна и системы наземного обеспечения" Труды Первого Международного симпозиума по вулканическому пеплу и авиационной безопасности

(См. п. 5.1.3.3)

1. ВВЕДЕНИЕ

1.1 Методы уменьшения воздействия вулканического пепла могут быть объединены в три широкие категории: (1) предотвращение попадания пепла, (2) контроль за попадающим пеплом и (3) избавление от пепла. Эти категории скорее поясняют применяемую методику, а не подразделяют ее на конкретные подтипы, и некоторые из этих методов могут применяться во всех трех случаях. Действия по уменьшению воздействия пепла должны предприниматься на постоянной основе, пока присутствует пепел. Осевший пепел легко вновь поднимается в атмосферу, и слой в 2 мм может создавать такие же проблемы, как и слой в 50 мм.

1.2 Наиболее эффективным методом уменьшения связанных с пеплом ущерба или сбоев оборудования является отказ от использования этого оборудования: выключение оборудования, плотное изолирование, хранение внутри помещения либо герметизация этой зоны, пока не будет удален пепел. Такая тактика приемлема только на короткие периоды времени, поскольку в какой-то момент операции в аэропорту должны быть возобновлены. В любом случае методы избавления от пепла не могут обеспечить ликвидацию всего пепла. Определенная его часть останется на грунте и будет поднята в воздух ветром, проезжающими транспортными средствами и взлетающими воздушными судами. Таким образом, во время и после осаждения основной части пепла необходимо быстрыми темпами осуществлять интенсивную программу проверок, технического обслуживания, очистки и контроля.

1.3 Очистка окружающего воздуха (и поддержание его чистоты) играет наиболее важную роль в деле уменьшения проблем эксплуатации и технического обслуживания. Сдув пепла с монтажной платы является бесполезным, если пепел достаточно мелкий, чтобы оставаться во взвешенном состоянии в воздухе в течение нескольких минут. Трудность выполнения задач по техническому обслуживанию в уже загрязненной пеплом атмосфере очевидна. Для изолирования какой-либо зоны и предотвращения попадания в нее пепла могут быть использованы методы "чистого пространства", но только при идеальных условиях. Некоторые виды оборудования (например, авиационные двигатели) являются слишком крупными для таких процедур. В целях уменьшения общего загрязнения могут применяться палатки или брезент. Однако мелкие частицы вулканического пепла способны проникать через очень маленькие отверстия и швы; именно благодаря этому свойству вулканический пепел наносит столь большой ущерб критически важному оборудованию.

1.4 В зависимости от обстоятельств некоторые методы смягчения воздействия вулканического пепла могут создать дополнительные проблемы либо фактически ухудшить ситуацию. Например, использование дополнительного фильтра в системе ЭВМ снизит уровень загрязнения пеплом, но при этом также уменьшит поток воздуха. В результате повышенная температура может изменить эксплуатационные характеристики чувствительных компонентов либо даже привести к повреждению системы. Применение более крупного

вентилятора увеличит поток воздуха, однако не все ЭВМ, особенно меньших размеров, могут быть легко модифицированы. Еще одним примером является использование влаги для снижения уровня пепла. Увлажнение ковров увеличит относительную влажность воздуха и будет способствовать осаждению пепла; однако мокрый или даже влажный вулканический пепел обладает электропроводностью.

1.5 Никакой отдельно взятый метод не является абсолютно эффективным; практика показала, что наилучшие результаты при решении проблемы вулканического пепла достигаются путем применения одновременно нескольких методов. Для обеспечения наиболее эффективного баланса между эксплуатационными требованиями и желательным уровнем ограничения ущерба необходимо осуществлять на постоянной основе контроль и оценку результатов воздействия пепла и действенности процесса смягчения таких последствий. В последующих разделах приводится краткое описание методов смягчения воздействия пепла, применяемых в отношении отдельных бортовых систем воздушного судна и систем наземного обеспечения.

2. БОРТОВЫЕ СИСТЕМЫ ВОЗДУШНОГО СУДНА

2.1 Основным методом защиты бортовых систем от вулканического пепла является предотвращение контакта с пеплом. Аэропорты и летные полосы, обследованные после извержения вулкана Сент Хеленс, были просто закрыты на период существования проблемы с пеплом или пока пепел не был удален. Авиакомпании изменили маршруты движения воздушных судов в обход загрязненных пеплом аэропортов.

2.2 Герметизация на воздушных судах швов, входных, выходных и прочих отверстий с помощью изоляционной ленты для воздуховодов предотвратит попадание внутрь основной массы пепла, особенно если воздушное судно накрыто. Поддержание положительного давления внутри различных агрегатов воздушного судна будет способствовать предотвращению попадания в них пепла, однако создание избыточного давления в находящемся на земле воздушном судне без ущерба для наземного оборудования представляет собой трудную или вообще невыполнимую задачу. Применяемые методы предусматривают следующие действия:

a) удалить пепел струей воздуха или произвести чистку пылесосом до смыва водой, так как в противном случае пепел может вместе с водой попасть в входные и выходные отверстия или на поверхности управления;

b) смыть остатки пепла водой или струей воды; чистка щеткой или подметание не допускаются;

c) промыть шасси, нижнюю часть фюзеляжа, воздухозаборники системы кондиционирования воздуха и двигатели;

d) проверить показатель pH поверхностей воздушного судна/двигателей для определения кислотности; и

e) произвести нейтрализацию кислотного остатка путем добавления в используемую для промывки воду растворителя на основе бензина.

2.3 Все вышеперечисленные процедуры требуют большого количества времени, персонала и оборудования. Все они существенно влияют на уровень и объем дальнейших операций. Эти методы испытывались в условиях значительно пониженных эксплуатационных уровней; однако их эффективность в процессе нормального режима (или близкого к нормальному режиму) работы вызывает определенные сомнения. Например:

a) герметизация воздушного судна заняла бы 4–5 ч, а на удаление всех уплотнений и ленты потребовалось бы 1–2 ч. В связи с наличием большого числа входных и выходных отверстий, швов и стыков полная герметизация воздушного судна является очень трудной задачей;

b) накопление пепла в уплотнениях люков или вокруг них может создать проблемы при герметизации; и

c) во время заправки топливом, слива или перекачки топлива дренажные отверстия топливных баков должны быть открыты. Если дренажные отверстия закупорены пеплом или загерметизированы, то бак может обрушиться. Величина вакуума, достаточного для обрушения, составляет 4–5 фунтов на квадратный дюйм.

3. ВЗЛЕТНО-ПОСАДОЧНЫЕ ПОЛОСЫ

3.1 В тех случаях, когда полеты воздушных судов не приостановлены, необходимо непрерывно очищать ВПП, так как пепел вновь поднимается в воздух за счет ветра, взлетов воздушных судов и движения наземных транспортных средств. В отношении правильности использования воды при очистке ВПП существуют некоторые разногласия. Некоторые специалисты считают, что вода превращает пепел в грязь (или приводит к его отвердеванию), в то время как другие утверждают, что удаление пепла без предварительного его увлажнения невозможно. ВПП с пористой поверхностью в определенной степени являются самоочищающимися, поскольку струя газов двигателей при взлете выдувает пепел из трещин. Основные методы предусматривают следующие действия:

a) смочить пепел с помощью автоцистерн для орошения дорог;

b) сгрести пепел в валики;

c) убрать валики с помощью ленточных или фронтальных погрузчиков;

d) вывезти пепел в зону свалки;

e) подмести и смыть остатки пепла струей воды;

f) вначале подмести/очистить пылесосом и затем смыть остатки пепла струей воды (наиболее подходящий метод для стоянок и т.д.);

g) сгрести пепел к кромке ВПП и запахать в грунт либо покрыть связующим веществом типа Coherex или жидкого лигнина;

h) установить разбрызгиватели вдоль кромок ВПП для предотвращения повторного подъема пепла в воздух за счет струи газов двигателей или концевых вихрей крыльев воздушных судов; и

i) поддерживать остатки пепла на рулежных дорожка и стоянках во влажном состоянии.

Примечание. При маневрировании воздушного судна на земле, а также при посадке и взлете пилоты должны учитывать тот факт, что мокрый пепел является скользким веществом.

4. ПОСАДОЧНЫЕ СРЕДСТВА И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ

4.1 Для обеспечения защиты посадочных средств и систем управления воздушным движением необходимо периодически осуществлять их очистку, техническое обслуживание и контроль за их состоянием. Кроме того, отключение ненужного оборудования уменьшает общую степень подверженности воздействию пепла. Особенно уязвимым от загрязнения и повреждений являются открытые системы огней и индикации, антенны РЛС и любое оборудование, требующее воздушного охлаждения. На случай прекращения подачи электроэнергии от коммерческой сети требуются резервные генераторы, которые также уязвимы от пепла. Применяемые методы предусматривают следующие действия:

a) заменить антенны, имеющие тефлоновые изоляторы. Поскольку пепел трудно удалять и он может вызвать короткое замыкание, то следует применять керамические изоляторы;

b) загерметизировать релейные стойки и удалить блоки индикации и светотехнические системы для предотвращения попадания в них пепла;

c) производить более частые очистку и техническое обслуживание систем, которые не могут быть загерметизированы или требуют воздушного охлаждения;

d) производить очистку реле пылесосом либо струей воздуха и протирать их с использованием средства для чистки контактов;

e) промывать незащищенные от внешней среды подшипники антенны струей воды высокого давления и затем вновь производить их смазку;

f) накрыть незащищенные от внешнего воздействия соединения, швы и подшипники;

g) произвести герметизацию зданий, обеспечить контроль за доступом внутрь зданий, осуществлять чистку обуви и одежды пылесосом; и

h) снизить эксплуатационные уровни: отключить неиспользуемое оборудование, свести к минимуму широкополосную индикацию, уменьшить режим охлаждения и снизить потребление электроэнергии.

5. ОБОРУДОВАНИЕ НАЗЕМНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

5.1 Общепризнано, что оборудование наземного обеспечения играет важнейшую роль в производстве полетов. Если из-за пепла оборудование наземного обеспечения оказалось непригодным для эксплуатации, то производство полетов воздушных судов невозможно. К сожалению, в вопросах загрязнения наземного оборудования пеплом существует больше проблем, чем решений.

5.2 Работа газовых турбин, воздушных компрессоров и кондиционеров основана на всасывании больших объемов воздуха. На этом оборудовании имеются только фильтры грубой очистки (или отсутствуют вообще), и установка дополнительных фильтров без ущерба для их эксплуатации не представляется возможной. Использование кондиционеров для создания избыточного давления в отсеках воздушного судна приведет лишь к вдуванию пепла внутрь воздушного судна и к поломке кондиционеров в процессе их работы. Применяемые методы предусматривают следующие действия:

a) осуществлять очистку и техническое обслуживание на постоянной основе;

b) промывка оборудования не допускается, поскольку вода превращает пепел в грязь и смывает ее внутрь оборудования;

c) производить чистку оборудования пылесосом;

d) чаще производить замену масла и фильтров; и

e) изменить конструкцию в целях обеспечения более эффективной фильтрации.

6. ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

6.1 Наиболее широко рекомендуемая тактика предотвращения ущерба состоит в выключении всех электронно-вычислительных систем до тех пор, пока из данной зоны и из оборудования не будет полностью удален пепел. Особенно уязвимыми от воздействия пепла являются головки и диски ЭВМ, а также все высоковольтные схемы. Наличие пепла на цифровых схемах не представляет собой большой проблемы в связи с тем, что в них используется низкое напряжение. Схемы с высоким напряжением и высоким сопротивлением очень уязвимы от утечек, вызываемых полупроводящим пеплом. Кислый пепел является проводником и обладает коррозионными свойствами. Постоянная очистка и тщательная защита вычислительных систем способны обеспечить непрерывную работу этого оборудования при любых выпадениях пепла, за исключением самых сильных. Применяемые методы предусматривают следующие действия:

a) очищать и кондиционировать окружающий воздух для предотвращения попадания пепла в оборудование;

b) для фильтрации частиц наиболее эффективными были признаны ватные фильтры, однако они уменьшают поток воздуха. Решение этой проблемы заключается в использовании более крупных вентиляторов в целях поддержания требуемого потока воздуха. Установленное на стойках оборудование может быть модифицировано путем использования дополнительного более крупного вентилятора, однако в случае приборов меньших габаритов или компонентов со встроенными вентиляторами для увеличения мощности вентиляторов потребуется изменение конструкции;

c) в качестве компромиссного варианта следует применять гофрированные фильтры; это увеличивает площадь поверхности, уменьшая поток воздуха только примерно на 20 %;

d) увлажнение окружающего воздуха (например, путем увлажнения ковров) будет способствовать предотвращению повторного подъема пепла в воздух;

e) пепел с оборудования может быть удален сжатым воздухом. Если воздух слишком сухой, то статические разряды могут повредить чувствительные компоненты (например, интегральные схемы). Если воздух слишком влажный, то пепел будет прилипать к поверхностям. Для сжатого воздуха наиболее оптимальной является относительная влажность 25–30 %;

f) чистка оборудования смесью воды и моющего средства под давлением с ополаскиванием горячей водой является достаточно эффективной, однако данный процесс требует по крайней мере частичной разборки оборудования;

g) пепел может иметь высокий статический заряд и быть трудноудаляемым, и таким образом для удаления частиц потребуется очистка щеткой;

h) чаще менять фильтры, применять фильтры предварительной очистки;

i) перейти на использование абсолютных фильтров, что позволит уменьшить размер частиц, проникающих в оборудование, до 1 мкм и меньше;

j) не выключать питание, подаваемое на вычислительное оборудование, с тем чтобы обеспечивать процесс фильтрации, однако не следует выполнять на нем какие-либо операции, особенно с использованием дисководов;

k) поддерживать относительную изолированность зоны ЭВМ по принципу "комната в комнате", ограничить допуск в помещение, обеспечить рециркуляцию воздуха и ускорить очистку критически важной зоны.

7. РАДИОЛОКАЦИОННЫЕ И ОПТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

7.1 Большая часть радиолокационного оборудования, находящегося в зонах наиболее интенсивного выпадения пепла, должна быть отключена в течение всего периода сильного загрязнения пеплом. Таким образом, можно ожидать, что за исключением задач по очистке и контролю за остатками пепла, другие проблемы вряд ли возникнут. Наиболее простой тактикой смягчения воздействия пепла является прекращение операций. Необходимо применять следующие методы очистки:

a) произвести ремонт и чистку высоковольтных цепей;

b) промыть подшипники ротора антенны, произвести повторную смазку и укрыть подшипники, не защищенные от внешнего воздействия;

c) следует сдуть пепел с оптических компонентов либо промыть их большим количеством воды. Протирка, чистка щеткой или использование для данной цели заостренных предметов не допускаются, так как это повредит оптику;

d) следует проявлять осторожность, чтобы пепел не попал с водой на крепления оптических приборов на воздушном судне (например, секстант);

e) выключить не имеющее существенного значения оборудование для уменьшения нагрузки на систему охлаждения и сокращения потребностей в электроэнергии;

f) перераспределить данную зону радиолокационного обслуживания между другими средствами, объединить сектора;

g) снять и заменить подшипники камер и прочистить зубчатые передачи; и

h) обеспечить защиту видеопленки от пепла, поскольку он приводит к "потере" части записи и к царапинам.

8. ПЛАНИРОВАНИЕ МЕРОПРИЯТИЙ ПО СМЯГЧЕНИЮ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПЕПЛА

8.1 Методы уменьшения воздействия вулканического пепла в основном относятся к сфере "низких технологий" и скорее зависят от подходов процедурного характера, чем от технической оснащенности. Кроме того, они связаны с достаточно большими затратами труда и ресурсов. Стандартный запас ежедневно

используемых предметов, таких, как фильтры, смазочные материалы, запасные части, чистящие средства и т. д., может быть израсходован гораздо быстрее, чем их можно восполнить в соответствии с обычным порядком повторного заказа. Для уменьшения степени воздействия пепла требуется предварительное планирование соответствующих мероприятий. Планирование предусматривает следующие действия:

a) проведение анализа уязвимости оборудования и средств с целью определения того, какие из них наиболее пострадают от пепла, у каких имеется надлежащая защита и какие требуют долгосрочной или скорейшей модификации;

b) разработку перечня средств первостепенной важности, которые должны оставаться в эксплуатации, в отличие от тех, которые могут быть закрыты или выключены на период выпадения пепла;

c) обеспечение надлежащей связи по каналам предупреждения об опасности и информационным каналам с вулканологическими/геологическими агентствами, метеорологической службой, местными средствами массовой информации, а также с центральными и местными органами власти;

d) разработку планов и процедур, подлежащих использованию для целей аварийного оповещения и уведомлений, а также на случай сокращенного режима работы оборудования, более частого проведения технического обслуживания, обеспечения защиты критически важных средств, организации очистки от пепла и его удаления;

e) предупреждение диспетчеров УВД и персонала эксплуатационных служб аэропорта о том, чтобы они незамедлительно оповестили воздушные суда об опасности по получении сообщений или предупреждений о вулканическом пепле. Обычные радиолокаторы УВД и метеорологические РЛС не способны обнаруживать вулканический пепел; поэтому после выпуска сообщения с предупреждением об опасности в ночное время суток и при неблагоприятных условиях погоды следует устанавливать достаточно большие "запретные зоны". Необходимо также предупреждать персонал о возможности выпадения осадков из этих облаков и существовании условий для разрядов молнии, и т. д.;

f) создание резерва запасных частей для критически важного оборудования, фильтров, уплотнительных материалов, оборудования для очистки и удаления пепла;

g) разработку плана, предусматривающего увеличение продолжительности работ по очистке и техническому обслуживанию, включая круглосуточные работы, увеличение персонала и учебную подготовку бригад по уборке пепла; и

h) обеспечение достаточного количества воды и резервного источника электроснабжения для проведения очистных работ в случае отказа обычных источников снабжения.

В случае многократных извержений работы по очистке от пепла могут продолжаться в течение нескольких недель или месяцев. Эффективность мер по смягчению воздействия вулканического пепла зависит от предварительного планирования и подготовки, мобилизации ресурсов и настойчивости.

Добавление B

ПЛАН МЕРОПРИЯТИЙ НА СЛУЧАЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ В ВОЗДУШНОМ ПРОСТРАНСТВЕ АЛЯСКИ ПРИ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ИЗВЕРЖЕНИЯХ

Федеральное авиационное управление министерства транспорта США
(См. п. 5.2.4.2)

1. ЦЕЛЬ. Настоящей инструкцией изменяются процедуры, установленные инструкцией ZAN-1900.2D "План мероприятий на случай чрезвычайной ситуации в воздушном пространстве Аляски при вулканических извержениях". Данной инструкцией устанавливаются процедуры оповещения в случае усиления вулканической деятельности.

2. РАССЫЛКА. Данная инструкция направляется всем руководителям, начальникам отделов производства полетов, NATCA, NAGE, CWSU, в библиотеку руководителя службы организации воздушного движения и библиотеку пульта слежения.

3. АННУЛИРОВАНИЕ. Данная инструкция аннулирует действие документа ZAN 1900.2D от 9 июня 1993 г.

4. ВСТУПЛЕНИЕ В СИЛУ. 15 сентября 2002 г.

5. ИСХОДНАЯ ИНФОРМАЦИЯ. В предшествующий период вулканические извержения и последующее перемещение/выпадение пепла приводили к задержкам полетов и причиняли ущерб воздушным судам и оборудованию. Сохраняется возможность дальнейших извержений, особенно в таких районах штата Аляски, как залив Кука и цепь Алеутских островов. Соответствующие сообщения могут быть получены из нескольких источников, включая Вулканическую обсерваторию на Аляске (AVO), региональный оперативный центр (ROC), региональный центр по руководству полетами (RAOC), донесение пилота или иную службу ФАУ, или сообщения общественности.

6. ОБЯЗАННОСТИ. При получении сообщения об извержении или возможном извержении:

a) старший диспетчер организации воздушного движения (STMCIC) предпринимает следующие действия:

1) проверяет информацию о вулканической деятельности, обращаясь в AVO. Если это происходит за рамками обычного рабочего дня, устанавливает связь с отвечающим за эти вопросы научным сотрудником AVO. Контактный номер телефона указан в Межучрежденческом оперативном плане на случай выбросов вулканического пепла на Аляске.

Примечание. В том случае, когда AVO оповещает ZAN об усилении сейсмической деятельности, которая, согласно прогнозам, приведет к вулканическому извержению, следует выпустить консультативное сообщение NOTAM FDC (добавление A[1]) и оповестить персонал и

[1] Добавления не включены, поскольку они содержат информацию, представляющую интерес только для данной местности.

службы, перечисленные в п. 6 b) 1) настоящей инструкции. По получении уведомления координатор службы организации воздушного движения окажет необходимое содействие;

2) оповещает орган организации воздушного движения (TMU)/координатора метеорологической службы (WC);

b) если информация о вулканическом извержении подтверждается, STMCIC предпринимает следующие действия:

1) оповещает следующих лиц и службы:

a) метеоролога центрального органа метеослужбы (CWSU), который выпустит срочное донесение пилота (UUA) (см. добавление B). Если извержение происходит в то время, когда метеоролог CWSU не находится при исполнении служебных обязанностей, STMCIC/WC выпускает UUA, устанавливает связь с авиационным метеорологическим органом на Аляске (AAWU) и, при необходимости, с метеорологом CWSU для незамедлительной передачи сообщения в ARTCC в Анкоридже;

b) ответственного руководителя полетов (OSIC)/ответственного диспетчера (CIC);

c) региональный оперативный центр (ROC);

d) руководителя службы организации воздушного движения ARTCC в Анкоридже;

e) сотрудника по вопросам организации воздушного движения;

f) руководителя службы слежения FSS, наиболее близкой к источнику вулканической деятельности;

g) руководителя службы слежения на подходе к Анкориджу;

h) координационный центр обслуживания (MCC);

i) командный центр системы управления воздушным движением (ATCSCC);

j) центр по производству полетов AFB в Эльмендорфе;

2) в кратчайшие сроки выпускает NOTAM FDC об ограничении полетов (TFR) (см. добавление A);

3) при необходимости назначает координатора метеорологической службы;

4) в случае, когда известна информация о масштабах распространения и направлении дрейфа облака пепла, выпускает NOTAM FDC/международный NOTAM с консультативной информацией о вулканической деятельности (см. добавление A);

5) обеспечивает многоадресную рассылку по факсу следующей информации:

a) время вулканических извержений и цветовые коды на момент их присвоения (классификация цветовых кодов приводится в добавлении C);

b) сообщения о метеорологических последствиях (MIS) вулканических извержений, подготовленные органом CWSU ZAN;

6) по запросу AVO оказывает им содействие в передаче и/или получении информации от Камчатской группы реагирования на вулканические извержения (КГРВИ) в г. Петропавловск-Камчатский в координации с Петропавловск-Камчатским РДЦ;

c) OSIC/CIC предпринимает следующие действия:

1) обеспечивает, чтобы диспетчеры запрашивали донесения PIREP и записывали данные в формате сводки о вулканической деятельности (VAR) (см. добавление D);

2) передает ответственным диспетчерам NOTAM, PIREP, информацию о текущих условиях и TFR;

d) руководство службы организации воздушного движения предпринимает следующие действия:

1) производит оценку затронутых вулканической деятельностью районов в целях определения необходимости предпринятия каких-либо действий по организации воздушного движения (TMI);

2) заранее уведомляет STMCIC и OSIC/CIC о предпринятии действий по организации воздушного движения;

3) координирует TMI с заинтересованными службами и ATCSCC;

4) осуществляет контроль за новыми маршрутами и загрязненными районами;

e) диспетчеры предпринимают следующие действия:

1) обеспечивают все воздушные суда в затронутых районах самой последней имеющейся информацией, касающейся местоположения/высоты облака пепла;

2) по согласованию с пилотом предлагают измененный курс или измененные маршруты для обхода известных или возможных районов нахождения облака пепла/скопления пепла;

3) оказывают максимально возможную помощь воздушным судам, выполняющим полет по ПВП, для обхода районов нахождения облака пепла/скопления пепла;

4) запрашивают PIREP и записывают данные в формате сводок о вулканической деятельности (см. добавление D). Направляют эти сводки руководителю полетов;

5) в случае соответствующего запроса обеспечивают широковещательную передачу полученной информации, касающейся направления дрейфа вулканического пепла.

Добавление C

ПРАВИЛА УКЛОНЕНИЯ ОТ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ МЕТЕОУСЛОВИЙ В ОКЕАНИЧЕСКОМ КОНТРОЛИРУЕМОМ ПРОСТРАНСТВЕ

Служба ОВД Австралии
(См. п. 5.2.4.3)

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Служба ОВД Австралии совместно с другими региональными поставщиками обслуживания ОВД и пользователями воздушного пространства разработала правила на случай непредвиденных обстоятельств, применяемые для уклонения от неблагоприятных метеоусловий в океаническом воздушном пространстве, особенно в районах, находящихся за пределами дальности действия прямой ОВЧ-связи "диспетчер – пилот".

1.2 Настоящие дополнительные процедуры представляют собой правила уклонения от неблагоприятных метеоусловий, применяемые в тех частях австралийских РПИ, которые относятся к океаническим контролируемым районам (ОСА). Эти процедуры предназначены для усиления *Дополнительных региональных правил ИКАО* (Doc 7030). В документе не могут быть предусмотрены все возможные обстоятельства. В конечном итоге решение о предпринимаемых действиях принимает пилот, а УВД оказывает любое возможное содействие.

1.3 Если воздушному судну необходимо отклониться от воздушной трассы для обхода зоны неблагоприятных метеоусловий и при этом предварительное получение диспетчерского разрешения не представляется возможным, разрешение УВД следует получить в ближайшие возможные сроки. Тем временем воздушное судно должно передавать по радио координаты своего местоположения (включая, в соответствующих случаях, указатель маршрута ОВД или код воздушной трассы) и информацию о предполагаемых маневрах на частоте 121,5 Мгц через приемлемые интервалы времени до тех пор, пока не будет получено диспетчерское разрешение.

1.4 Когда уклонение от неблагоприятных метеоусловий более не требуется или когда маневр обхода зоны неблагоприятных метеоусловий завершен и воздушное судно вернулось на разрешенную воздушную трассу, пилот должен сообщить об этом службе УВД.

2. ПОЛУЧЕНИЕ ПРАВА НА ПЕРВООЧЕРЕДНОЕ ДИСПЕТЧЕРСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ПРИ НЕОБХОДИМОСТИ УКЛОНЕНИЯ ОТ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ МЕТЕОУСЛОВИЙ

2.1 При установлении пилотом связи с органом УВД быстрый ответ можно получить путем передачи фразы "ТРЕБУЕТСЯ УКЛОНЕНИЕ ОТ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ МЕТЕОУСЛОВИЙ" для указания того, что пилоту необходимы первоочередное обслуживание на данной частоте и ответ органа УВД.

2.2 Пилот имеет также возможность установить такую связь, передав трижды сигнал срочного вызова "ПАН-ПАН", чтобы обратить внимание всех, кто прослушивает данную частоту, на особые условия

обслуживания, что обеспечит ему первоочередность в выдаче органом УВД диспетчерского разрешения или оказании содействия.

3. ТРЕБУЕМЫЕ ДЕЙСТВИЯ: СВЯЗЬ "ПИЛОТ – ДИСПЕТЧЕР"

3.1 Связь установлена

3.1.1 В тех случаях когда, поддерживается двусторонняя связь "пилот – диспетчер" и пилот счел необходимым отклониться от воздушной трассы для обхода зоны неблагоприятных метеоусловий, он должен уведомить об этом орган УВД и запросить разрешение на отклонение от воздушной трассы, сообщив, по возможности, параметры предполагаемого отклонения.

3.1.2 После этого орган УВД предпринимает одно из следующих действий:

a) при отсутствии воздушных судов, создающих помеху в горизонтальной плоскости, орган УВД выдает разрешение отклониться от линии пути;

b) при наличии воздушных судов, создающих помеху в горизонтальной плоскости, УВД обеспечивает эшелонирование воздушных судов путем установления соответствующего интервала эшелонирования по высоте (2000 фут выше ЭП 290 или 1000 фут ниже ЭП 290) и выдает разрешение отклониться от линии пути;

c) при наличии воздушных судов, создающих помеху в горизонтальной плоскости, и при невозможности для УВД установить интервал эшелонирования по высоте, УВД сообщает об этом пилоту и предоставляет информацию о всех других воздушных судах, с которыми данное воздушное судно может потенциально оказаться в конфликтной ситуации.

3.1.3 Пилот должен соблюдать инструкции, содержащиеся в диспетчерском разрешении на отклонение от линии пути, или, если УВД не может выдать пересмотренное разрешение, пилот должен, после оценки сложившейся ситуации, выполнить процедуры, подробно изложенные в разделе 3.2 ниже. Пилот должен незамедлительно информировать УВД о предполагаемых маневрах, и УВД передаст "важную информацию о воздушном движении" всем воздушным судам, которых касается данная ситуация.

3.1.4 Пилот должен сообщать УВД через регулярные промежутки времени о параметрах и ходе выполнения маневра отклонения для обеспечения того, чтобы установленный интервал эшелонирования не нарушался или для того, чтобы позволить УВД обновить "важную информацию о воздушном движении".

3.2 Связь не установлена или отсутствует диспетчерское разрешение

3.2.1 В случае необходимости отклонения от воздушной трассы для обхода зоны неблагоприятных метеоусловий и при невозможности установления контакта с УВД или отсутствии пересмотренного диспетчерского разрешения пилот должен предпринять следующие действия:

a) по возможности, отклониться от системы организованных воздушных трасс или маршрутов;

b) передавать по радио координаты местоположения воздушного судна и информацию о предполагаемых маневрах на частоте 121,5 МГц через приемлемые интервалы времени с указанием следующих данных:

1) опознавательный индекс рейса (позывной оператора);

2) эшелон полета;

3) код воздушной трассы или указатель маршрута ОВД;

4) параметры предполагаемого отклонения;

c) следить за появлением создающих помеху воздушных судов как визуальным способом, так и с помощью системы TCAS (если таковая установлена);

d) включить наружные огни воздушного судна;

e) когда воздушное судно будет находиться приблизительно в 10 м. милях в стороне от воздушной трассы, приступить к снижению и выдерживать:

1) эшелон полета 1000 фут ниже назначенного, когда полет выполняется на высоте выше ЭП 290; или

2) эшелон полета или абсолютную высоту на 500 фут ниже назначенных, когда полет выполняется на высоте ЭП 290 или ниже;

f) при возвращении на воздушную трассу занять назначенные эшелон полета или абсолютную высоту, когда воздушное судно будет находиться приблизительно в 10 м. милях от воздушной трассы;

3.2.2 Если до начала маневра отклонения контакт с УВД не был установлен, следует продолжать попытки установления связи с УВД для получения диспетчерского разрешения. Если контакт установлен, необходимо продолжать информировать УВД о предполагаемых маневрах и получать необходимую информацию о воздушном движении.

4. АННУЛИРОВАНИЕ

Настоящие дополнительные процедуры остаются в силе до тех пор, пока их положения не будут включены в соответствующие документы.

5. РАССЫЛКА

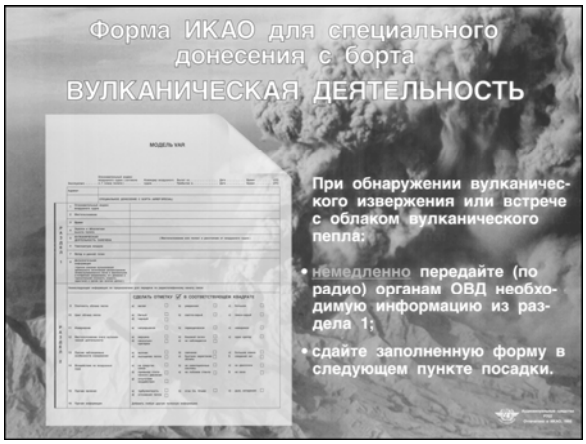
Всем владельцам AIP последний выпуск H12/96
Всем владельцам MATS последний выпуск H11/96

Добавление D

ПОДРОБНАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ПЛАКАТАХ И ВИДЕОКАССЕТАХ, КАСАЮЩИХСЯ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЙ О ВУЛКАНИЧЕСКОМ ПЕПЛЕ (VAW)

(см. п.6.7.2)

На плакате 701 описываются общие признаки случайного попадания в облако пепла и приводятся общие рекомендации о том, какие действия должен предпринимать в таких случаях пилот.



На плакате 702 приводятся инструкции по подготовке таких донесений и образец формы специального донесения с борта.

Видеокассета 703: Осторожно: вулканический пепел

В этом отснятом самолетостроительной компанией "Боинг" видеофильме идет речь о потенциальной опасности полетов воздушных судов вблизи облаков вулканического пепла. При этом описываются процедуры предотвращения попадания в облака вулканического пепла и действия, которые рекомендуется предпринимать при случайном попадании в них.

Добавление E

ВУЛКАНИЧЕСКИЕ ИЗВЕРЖЕНИЯ ЗА ПЕРИОД 1980–2004 гг, СОПРОВОЖДАВШИЕСЯ ОБРАЗОВАНИЕМ ШЛЕЙФА ПЕПЛА, ПРЕДСТАВЛЯЮЩЕГО ОПАСНОСТЬ ДЛЯ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

(См. п. 6.8.1)

Год	*Дата*	*Вулкан*	*Местоположение*
1980	Январрт	Langila	Папуа-Новая Гвинея
		Ключевской	Камчатка (Российская Федерация)
	30 января	Nyamuragira	Дем. Респ. Конго
	2 февраля	Bulusan	Филиппины
	15 апреля	Lopevi	Вануату
	18 апреля	Безымянный	Камчатка (Российская Федерация)
	18, 26 мая	St. Helens*	Соед. Штаты Америки
	12 июня	St. Helens*	Соед. Штаты Америки
	22 июля	St. Helens*	Соед. Штаты Америки
	23 июля	Ambrym	Вануату
	31 июля	Горелый	Камчатка (Российская Федерация)
	17 августа	Hekla	Исландия
	1 сентября	Etna	Италия
	6 октября	Ulawun	о. Новая Британия
	16 октября	St. Helens	Соед. Штаты Америки
	11 ноября	Pavlof	Соед. Штаты Америки
1981	9 апреля	Bulusan	Филиппины
	27 апреля	Алаид *	Курил. о-ва (Российская Федерация)
	30 апреля	Алаид	Курил. о-ва (Российская Федерация)
	8 мая	Ambrym*	Вануату
	15 мая	Pagan*	Марианские о-ва (Соед. Штаты Америки)
	12 июня	Безымянный	Камчатка (Российская Федерация)
	25 сентября	Pavlof	Соед. Штаты Америки
	25 декабря	Nyamuragira	Дем. Респ. Конго
1982	15 января	Gareloi	Алеутские о-ва (Соед. Штаты Америки)
	13 февраля	Langila	Папуа-Новая Гвинея
	19 марта	St. Helens	Соед. Штаты Америки
	27 марта	Manam	Папуа-Новая Гвинея
	29 марта	El Chichon*	Мексика
	5 апреля	Galunggung	Индонезия
	17 мая	Galunggung	Индонезия
	24 июня	Galunggung*	Индонезия
	13 июля	Galunggung*	Индонезия
	18 июля	Raung	Индонезия
	27 августа	Soputan*	Индонезия
1983	18 апреля	Langila	Папуа-Новая Гвинея
	17 июня	Langila	Папуа-Новая Гвинея
	22 мая	Безымянный	Камчатка (Российская Федерация)
	2 июня	Veniaminof	Соед. Штаты Америки
	23 июля	Colo*	Индонезия
	9 августа	Gamalama	Индонезия
	3 октября	Miyake-jima*	Япония
	14 ноября	Pavlof	Соед. Штаты Америки
1984	7 января	Langila	Папуа-Новая Гвинея
	февраль	Manam	Папуа-Новая Гвинея
	25 мая	Soputan*	Индонезия
	15 июня	Merapi	Индонезия
	31 августа	Soputan	Индонезия
	5 сентября	Krafla*	Исландия (VEI<3)
	5 сентября	Karangetang	Индонезия
	9 сентября	Mayon	Филиппины
	13 октября	Безымянный	Камчатка (Российская Федерация)
	13 ноября	Ключевской	Камчатка (Российская Федерация)
		Augustine*	Соед. Штаты Америки
1985	29 января	Langila	Папуа-Новая Гвинея
	29 июня	Безымянный	Камчатка (Российская Федерация)
	30 июня	Sangeang Api	Индонезия
	13 ноября	Ruiz	Колумбия
	20 ноября	Ulawun	Папуа-Новая Гвинея
	2 декабря	Ключевской	Камчатка (Российская Федерация)
1986	27 марта	Augustine	Соед. Штаты Америки
	18 апреля	Pavlof	Соед. Штаты Америки
	4 августа	Шевелуч	Камчатка (Российская Федерация)
	16 сентября	Lascar	Чили
	20 ноября	Чикурачки	Курил. о-ва (Рос. Федер.)
	21 ноября	Oshima	Япония
	16 декабря	Безымянный	Камчатка (Российская Федерация)
1987	21 января	Pacaya	Гватемала
	6 февраля	Karangetang	Индонезия
	19 февраля	Ключевской	Камчатка (Российская Федерация)
	10 июня	Pacaya	Гватемала
	19 июля	Шевелуч	Камчатка (Российская Федерация)
	28 августа	Cleveland	Алеутские о-ва (Соед. Штаты Америки)
	16 ноября	Oshima	Япония
1988	13 января	Ranakah, Gunung	Индонезия
	12 февраля	Ambrym	Вануату

*Служба IAWV была задействована.

Год	*Дата*	*Вулкан*	*Местоположение*
	14 марта	White Island	Новая Зеландия
	29 июля	Makian	Индонезия
	27 декабря	Lonquimay	Чили
1989	7 марта	Pacaya	Гватемала
	24 апреля	Nyamuragira	Дем. Респ. Конго
	19 июля	Santa Maria	Гватемала
	15 декабря	Redoubt*	Соед. Штаты Америки
1990	2 января	Redoubt	Соед. Штаты Америки
	8 января	Redoubt*	Соед. Штаты Америки
	1 февраля	Ключевской	Камчатка (Российская Федерация)
	20 февраля	Lascar	Чили
	21 и 28 февраля	Redoubt*	Соед. Штаты Америки
	10 марта	Безымянный	Камчатка (Российская Федерация)
	11 марта	Sakurajima*	Япония
	25 апреля	Gamalama	Индонезия
	5 июня	Sabancaya	Перу
	13 июля	Santa Maria	Гватемала
	4 августа	Шевелуч	Камчатка (Российская Федерация)
1991	13 января	Авачинский	Камчатка (Российская Федерация)
	17 января	Hekla	Исландия
	8 апреля	Шевелуч	Камчатка (Российская Федерация)
	16 апреля	Colima*	Мексика
	15 июня	Pinatubo	Филиппины
	27 июля	Pacaya	Гватемала
	8 августа	Hudson*	Чили
	12 августа	Hudson	Чили
	16 сентября	White Island	Новая Зеландия
	15 октября	Nyamuragira	Дем. Респ. Конго
	24 октября	Lokon*	Индонезия (VAI 2)
	29 ноября	Westdahl	Алеутские о-ва (Соед. Штаты Америки)
1992	9 апреля	Cerro Negro*	Никагаруа
	6 июня	Sakurajima*	Япония
	27 июня	Spurr	Соед. Штаты Америки
	6 июля	Bogoslof	Алеутские о-ва (Соед. Штаты Америки)
	18 августа	Spurr*	Соед. Штаты Америки
	31 августа	Manam	Папуа-Новая Гвинея
	17 сентября	Spurr	Соед. Штаты Америки
	19 апреля	Lascar*	Чили
1993	22 апреля	Шевелуч*	Камчатка (Российская Федерация)
	7 июня	Galeras*	Колумбия
	14 июня	Myanan	Папуа-Новая Гвинея
	21 октября	Безымянный	Камчатка (Российская Федерация)
1994	4 января	Безымянный *	Камчатка (Российская Федерация)
	5 января	Manam	Папуа-Новая Гвинея
	Январь	Langila	Папуа-Новая Гвинея
	10 мая	Cleveland*	Алеутские о-ва (Соед. Штаты Америки)
	17 мая	Llaima*	Чили
	3 июня (и июля)	Rinjani*	Индонезия
	29 июня	Veniaminof	Соед. Штаты Америки

Год	*Дата*	*Вулкан*	*Местоположение*
	5–10 июля	Nyamuragira	Дем. Респ. Конго
	7 июля	Шевелуч	Камчатка (Российская Федерация)
	26 июля	Lascar*	Чили
	5 августа	Gamalama	Индонезия
	18 августа	Kanaga*	Алеутские о-ва (Соед. Штаты Америки)
	22 августа	Poas*	Коста-Рика
	12 сентября (и 1 октября)	Ключевской	Камчатка (Российская Федерация)
	19 сентября	Rabaul*	Папуа-Новая Гвинея
	26 декабря	Popocatepetl*	Мексика
	1 декабря	Dukono	Индонезия
1995	7 января	Dukono*	Индонезия
	13 февраля	Popocatepetl	Мексика
	14 марта	Barren Islands*	Андаманские о-ва (Индия)
	10 мая	Sabancaya*	Перу
	1 июня	Pacaya*	Гватемала
	15 августа	Raung*	Индонезия
	12 сентября	Rinjani*	Индонезия
	25 сентября	Dukono*	Индонезия
	12 октября	Ruapehu*	Новая Зеландия
	7 ноября	Soputan*	Индонезия
	19 ноября	Cerro Negro*	Никарагуа
	23 декабря	Shishaldin*	Алеутские о-ва (Соед. Штаты Америки)
1996	3 января	Карымский	Камчатка (Российская Федерация)
	10 марта	Popocatepetl*	Мексика
	5 мая	Semeru*	Индонезия
	2 июня	Suwanose-Jima*	Япония
	10 июня	Soputan*	Индонезия
	17 июня	Ruapehu	Новая Зеландия
	27 июня	Ruang*	Индонезия
	29 июня	Atka*	Алеутские о-ва (Соед. Штаты Америки)
	Июль	Карымский	Камчатка (Российская Федерация)
	10 августа	Can laon	Филиппины
	13 сентября	Merapi*	Индонезия
	17 сентября	Soufriere Hills*	Монтсеррат (Соед. Королевство)
	27 сентября	Gareloi	Соед. Штаты Америки
	29 сентября	Krakatau*	Индонезия
	2 октября	Vatnajökull*	Исландия
	октябрь	Rabaul*	Папуа-Новая Гвинея
	28 октября и 25 декабря	Popocatepetl*	Мексика
	3 декабря	Алаид	Курил. о-ва (Российская Федерация)
	11 декабря	Pavlof*	Соед. Штаты Америки
1997	1–20 января	Ключевской	Камчатка (Российская Федерация)
	5 января	Heard Is.*	Антарктика
	16 января	Kavachi*	Соломоновы о-ва
	5 февраля, 30 июня, 12 августа	Popocatepetl*	Мексика
	11–12 февраля, 22 марта и 14 сентября	Langila*	Папуа-Новая Гвинея
	12 апреля	Rabaul*	Папуа-Новая Гвинея

* Служба IAWV была задействована.

Год	*Дата*	*Вулкан*	*Местоположение*
	14 апреля	Карымский*	Камчатка (Российская Федерация)
	9 мая и 5–7 декабря	Безымянный *	Камчатка (Российская Федерация)
	13 мая и 26 декабря	Soufriere Hills*	Монтсеррат (Соед. Королевство)
	19–20 мая	San Cristobal	Никарагуа
	22 мая	Langila*	Папуа-Новая Гвинея
	24–27 мая	Popocatepetl*	Мексика
	21 марта – 30 мая, августа, октября и ноября	Semeru*	Индонезия
	1 июня	Raung*	Индонезия
	7 июня	Barren Islands	Индийский океан
	31 июля	Шевелуч	Камчатка (Российская Федерация)
	11 августа и 14 ноября	Pacaya	Гватемала
1998	26 января, 21 апреля и 24 ноября	Карымский	Камчатка (Российская Федерация)
	3 февраля, мая и 20 августа	Rabaul	Папуа-Новая Гвинея
	15 февраля	Sakurajima	Япония
	7–22 апреля	Langila	Папуа-Новая Гвинея
	27 апреля	Peuet Sague*	Индонезия
	20 мая	Pacaya*	Гватемала
	30 мая	Шевелуч	Камчатка (Российская Федерация)
	30 июня	Коровин	Камчатка (Российская Федерация)
	11 июля	Merapi*	Индонезия
	2 сентября	Ключевской*	Камчатка (Российская Федерация)
	22 сентября, 17 октября и 26 ноября	Popocatepetl*	Мексика
	3 ноября	Guagua Pichincha*	Эквадор
	18 декабря	Grimsvotn*	Исландия
1999	27–29 января и 8 марта	Popocatepetl*	Мексика
	10 февраля	Карымский*	Камчатка (Российская Федерация)
	25 февраля	Безымянный *	Камчатка (Российская Федерация)
	19 апреля и 24 мая	Shishaldin*	Алеутские о-ва (Соед. Штаты Америки)
	19 апреля, 13 июня, 9 июля, 16 июля, 5 августа и 23 августа	Semeru*	Индонезия
	10 мая и 17 июля	Colima*	Мексика
	21 мая	Pacaya	Гватемала
	11 июня	Guagua Pichincha	Эквадор
	18–26 июня, 12–18 июля и 29 ноября	Ключевской *	Камчатка (Российская Федерация)
	22 июня	Mayon*	Филиппины
	21–29 июля	Fuego*	Гватемала
	5 августа	Cerro Negro*	Никарагуа
	август и октябрь	Poas	Коста-Рика
	4 сентября	Etna*	Италия
	21–30 сентября	Langila	Папуа-Новая Гвинея
	28 сентября	Rabaul	Папуа-Новая Гвинея
	1, 31 октября	Tungurahua	Эквадор
	3 октября	Popocatepetl*	Мексика
	5 октября, 18 ноября и 11 декабря	Guagua Pichincha*	Эквадор
	12 октября, первые две недели ноября	Colima	Мексика
	27 ноября и 2 декабря	Шевелуч	Камчатка (Российская Федерация)
	10 декабря	Ambrym	Вануату
	29 декабря	Telica	Никарагуа
2000	12, 15, 17, 30 января и 3, 8, 12, 18 февраля	Tungurahua*	Эквадор
	16 января	Pacaya*	Гватемала
	16 января и 28 февраля	Guagua Pichincha*	Эквадор
	19, 24–25 января	Fuego*	Гватемала
	23 января	Santa Maria*	Гватемала
	Конец января, час. марта, нач. мая и середина июня	Tungurahua*	Эквадор
	3 февраля, 28 июля и 22 сентября	Ключевской *	Российская Федерация
	3, 18, 19 февраля, 22 марта и 24 апреля	Lopevi*	Вануату
	7, 15 февраля, 16, 26 апреля, 15 мая, 18 августа, 19, 22, 23 сентября и 14, 29 октября	Etna*	Италия
	7 февраля, 9,17 марта, 30 июня и 1 июля 23, 28, 29 августа	Шевелуч *	Камчатка (Российская Федерация)
	20, 21 февраля	Карымский*	Камчатка (Российская Федерация)
	21 февраля	San Cristobal*	Никарагуа
	24, 29 февраля и 1 марта	Mayon	Филиппины
	26, 29 февраля и 8 марта	Hekla*	Исландия
	29 февраля	Pacaya*	Гватемала
	11, 12 марта	Marapi	Индонезия
	13, 14, 16 апреля и 5 июня		
	14, 18 марта и 2, 3 ноября	Безымянный *	Камчатка (Российская Федерация)
	20 марта	Soufriere Hills*	Монтсеррат (Соед. Королевство)
	31 марта и 1 апреля	Usu*	Япония

* Служба IAWV была задействована.

Год	*Дата*	*Вулкан*	*Местоположение*
	1, 15, 26 апреля, 5,17 мая и 1, 5, 14, 24 июня	Etna*	Италия
	5, 9 апреля	Langila	Папуа-Новая Гвинея
	22, 23 апреля, 2 мая, 12, 22 июля	White Island*	Новая Зеландия
	3 июня	Manam	Папуа-Новая Гвинея
	2, 9, 12 июня и 23–24 июля	Guagua Pichincha*	Эквадор
	9 извержений между 13 июня и 20 августа, 15 августа – 4 сентября, 12–25 сентября, 10–16 октября, 31 октября – 16 ноября 26 декабря	Semeru*	Индонезия
	1, 25 июля	Copahue*	Аргентина
	3, 14 июля, 4, 10, 23 августа и 24 декабря	Popocatepetl*	Мексика
	8 июля и 10, 18, 28, 29 августа	Miyake-Jima*	Япония
	9 июля	Raung*	Индонезия
	20–21 июля	Lascar*	Чили
	25, 26 июля	Soputan*	Индонезия
	19, 21, 23 августа	Copahue	Чили
	29 августа и 8 сентября	Rabaul	Папуа-Новая Гвинея
	29 сентября	Ulawun*	Папуа-Новая Гвинея
	7 октября	Sakura-jima*	Япония
	29 октября, 2 ноября и 7 декабря	Fuego	Гватемала
	15–25 декабря	Karangetang	Индонезия
2001	2 января	Karangetang	Индонезия
	27 января и 10 февраля	Merapi*	Индонезия
	1, 13 февраля	Карымский*	Камчатка (Российская Федерация)
	15 извержений между 1 февраля – 17 августа	Popocatepetl*	Мексика
	19–21 февраля и 11, 19 марта	Cleveland*	Соед. Штаты Америки
	7 марта, 19 июля, 30 сентября и 1 октября	Шевелуч *	Камчатка (Российская Федерация)
	13, 15, 16, 22, 23, 29 марта, 2, 25 апреля, 15, 17, 19, 26, 31 мая, 5, 17, 22, 28 июня, 5, 12, 20, 25 июля и 5, 6, 13, 14, 15 августа (30 извержений между августом–декабрем)	Tungurahua*	Эквадор
	18, 31 марта и 25 мая	Guagua Pichincha	Эквадор
	19 марта, 27 мая, 26, 27 сентября и 16 октября	Miyake-Jima*	Япония
	26 марта, 20 мая и 18 августа	Lokong-Empung	Индонезия
	31 марта – 3 апреля	Usu	Япония
	30 апреля	Ulawun*	Папуа-Новая Гвинея
	11 мая и 26 июля	Suwanose-Jima	Япония
	8 июня	Lopevi*	Вануату
	1, 2, 6, 14, 18, 19 июня и 28 августа	Rabaul	Папуа-Новая Гвинея
	11, 22, 24, 29 июня, 4, 13, 21, 23, 18 июля и 1 августа	Etna*	Италия
	18 июня и 29 августа	Suwanose-Jima	Япония
	21 июня	San Cristobal	Никарагуа
	24 июня	Mayon	Филиппины
	8, 9 июля	Semeru*	Индонезия
	15 июля	Ijen	Индонезия
	22, 27 июля	Etna*	Италия
	31 извержение между 26 августа – 29 декабря и 30 октября	Soufriere Hills*	Монтсеррат (Соед. Королевство)
	7 августа и 16 декабря	Безымянный *	Камчатка (Российская Федерация)
	25 октября 10, 21 ноября и 11, 17, 18, 22 декабря	Popocatepetl*	Мексика
2002	7, 11, 13, 23 января, 23 февраля, 21 мая, 17, 27, 29 июня и 1, 2 июля	Popocatepetl*	Мексика
	8 января и 1 февраля	Fuego*	Гватемала
	Середина января	Nyiragongo*	Центр. Африка

* Служба IAWV была задействована.

Год	*Дата*	*Вулкан*	*Местоположение*
	Конец января – первая половина февраля, 21 февраля, 30, 31 марта, 10, 15, 20 апреля, 5, 8, 10, 12, 16, 17, 21 мая, 1, 2, 7 июня, 6, 8 10 июля, 6, 7 августа и 8, 9 сентября	Шевелуч *	Камчатка (Российская Федерация)
	10 января и 11 марта	Santa Maria*	Гватемала
	13 января и 15, 17, 20, 22, 27 марта	Manam*	Индонезия
	Январь, 14, 24 февраля, последняя неделя марта, 22, 23 апреля, 13, 28-30 мая, первая неделя июля и 13–21 сентября	Tungurahua*	Эквадор
	9 февраля	Lokong-Empung	Индонезия
	8, 25 марта	Colima*	Мексика
	15 апреля, 10 мая и 9 июля	Карымский *	Камчатка (Российская Федерация)
	30 мая и 5 июля	Pacaya*	Гватемала
	2 июня и 9 июля	Raung*	Индонезия
	3, 26 июня, 5–7 июля и 26 октября – 1 ноября	Etna*	Италия
	11 июля	Langila*	Папуа-Новая Гвинея
	25, 26 июля	Nyamuragira	Центр. Африка
	3, 5, 14 августа и 7 сентября	Pago	Папуа-Новая Гвинея
	22, 27, 28 августа, 12, 19, 28 сентября и 2, 16 октября	Ulawun*	Папуа-Новая Гвинея
	1 сентября	Semeru*	Индонезия
	25 сентября	Ruang*	Индонезия
	20 октября, 30 ноября и 3 декабря	Rabaul*	Папуа-Новая Гвинея
	27 октября	Lascar	Чили
	31 октября	Manam*	Папуа-Новая Гвинея
	3–7 ноября	Reventador	Эквадор
	3 ноября, 7 декабря	Guagua Pichincha	Эквадор
	14, 15, 17, 20, 25, 26 ноября	Papandayan*	Индонезия
2003	18 января	Langila	Папуа-Новая Гвинея
	20, 26 января, 5-24 февраля, 7-12 мая и 29 августа – 11 сентября	Rabaul	Папуа-Новая Гвинея
	Февраль, 8 июня и 8 декабря	Dukono*	Индонезия
	16 февраля, 23 июля, 14 августа и 21, 24 октября	Santa Maria*	Гватемала
	9 марта, 7, 16 апреля, 6, 27 июня, 27 августа и 28 декабря	Tungurahua*	Эквадор
	20, 25 марта, 22 апреля и 1 мая	Soufriere Hills*	Монтсеррат (Соед. Королевство)
	30 марта	Pacaya*	Гватемала
	Апрель, 25 сентября и 9 ноября	Etna*	Италия
	11 апреля – 22 июля (несколько извержений)	Ulawun*	Папуа-Новая Гвинея
	18 апреля, 5–29 мая (несколько извержений) и 6, 9 июня	Чикурачки*	Курил. о-ва (Рос. Федер.)
	21 апреля, 10–16 мая, 16 октября, 28 ноября – 5 декабря и 16 декабря	Карымский*	Камчатка (Российская Федерация)
	28 апреля, 29 июня, 9 июля и 28 сентября	Fuego*	Гватемала
	6, 9, 14, 15 мая	Nyiragongo*	Центр. Африка
	10, 11, 21 мая и 14, 16 июня	Anatahan*	Марианские о-ва (Соед. Штаты Америки)
	8, 14 июня	Lopevi*	Вануату
	26 июня и 26 июля	Безымянный *	Камчатка (Российская Федерация)
	28 июня и 4, 6, 15, 16 июля	Шевелуч *	Камчатка (Российская Федерация)
	12, 13 июля	Soufriere Hills*	Монтсеррат (Соед. Королевство)
	17 июля и 2 августа	Popocatepetl*	Мексика
	18 июля	Karangetang*	Индонезия
	29 июля	Leroboleng*	Индонезия
	6 сентября, 16, 18 октября, 18 ноября и 1, 2 декабря	Colima*	Мексика
	8 сентября и 24 октября	Ключевской *	Камчатка (Российская Федерация)
	9 сентября	Semeru*	Индонезия
	31 октября и 17 ноября	Santa Maria	Гватемала
	7, 8 ноября и 15, 21, 27, 28 декабря	Suwanose-Jima*	Япония
	7, 11 ноября и 10 декабря	Stromboli	Италия

* Служба IAWV была задействована.

Год	*Дата*	*Вулкан*	*Местоположение*
	3 декабря	Sakurajima	Япония
2004	Январь – середина апреля	Карымский*	Камчатка (Российская Федерация)
	1 января – 9 апреля и 10 мая	Шевелуч*	Камчатка (Российская Федерация)
	2, 4, 21, 22 января	Suwanose-Jima*	Япония
	1–17 февраля	Rabaul	Папуа-Новая Гвинея
	10 февраля	Stromboli*	Италия
	12–14 февраля	Etna*	Италия
	19 февраля	Veniaminof*	Аляска
	Середина марта – апрель	Ключевской *	Камчатка (Российская Федерация)
	3, 15 марта	Soufriere Hills*	Монтсеррат (Соед. Королевство)
	3 апреля	Ambrym	Вануату
	12, 13, 14 апреля	Ulawun*	Папуа-Новая Гвинея
	20 апреля и 23 мая	Semeru*	Индонезия
	24 апреля 7, 8 июня и 3, 24 июля	Anatahan	Марианские о. (Соед. Штаты Америки)
	21 мая	Nyiragongo*	Центр. Африка
	8 июня	Awu*	Индонезия
	8 июня	Bromo*	Индонезия
	12 июня	Colima*	Мексика
	14, 19 июня	Безымянный *	Камчатка (Российская Федерация)
	22 июня и 24, 31 июля	Kerinci*	Индонезия
	1 сентября	Asama*	Япония

* Служба IAWV была задействована.

Добавление F

ПЕРЕЧЕНЬ ВУЛКАНОВ И НАВИГАЦИОННЫХ СРЕДСТВ С ПЕРЕКРЕСТНЫМИ ССЫЛКАМИ

(См. п. 6.8.1)

Название вулкана	Страна/штат/ регион	Номер вулкана	Широта-долгота вулкана		Радиал (маг. азимут) и расстояние от опорного навигационного средства	
ЕВРОПА-АФРИКА-БЛИЖНИЙ ВОСТОК-ИНДИЙСКИЙ ОКЕАН						
ALAYTA	ЭФИОПИЯ	201-112	C12 52,5	B040 33,4	297°/168M.M.	DJIBOUTI (DTI) VOR/DME
ARDOUKOBA	ДЖИБУТИ	201-126	C11 36,4	B042 27,4	274°/37M.M.	DJIBOUTI (DTI) VOR/DME
CAMPI FLEGREI	ИТАЛИЯ	101-01	C40 49,4	B014 08,2	327°/17M.M.	SORRENTO (SOR) VOR/DME
CAMPI FLEGREI MAR SICILY	ИТАЛИЯ	101-07	C37 06,0	B012 42,0	064°/39M.M.	PANTELLERIA (PAN) VOR/DME
CHYULU HILLS	АФРИКА–B	202-13	Ю02 40,5	B037 52,5	269°/17M.M.	MTITO ANDEI (MTA) VOR/DME
DALLOL	ЭФИОПИЯ	201-041	C14 14,3	B040 18,0	124°/102M.M.	ASMARA (ASM) VOR/DME
DAMA ALI	ЭФИОПИЯ	201-141	C11 16,3	B041 37,3	258°/88M.M.	DJIBOUTI (DTI) VOR/DME
DJEBEL TEYR	КРАСНОЕ МОРЕ	201-01	C15 42,0	B041 44,3	212°/86M.M.	JAZAN (GIZ) VORTAC
DUBBI	ЭФИОПИЯ	201-10	C13 34,5	B041 48,3	222°/99M.M.	HODEIDAH (HDH) VOR/DME
EMURUANGOGOLAK	АФРИКА–B	202-051	C01 30,0	B036 19,5	155°/105M.M.	LODWAR (LOV) VOR/DME
ERTA ALE	ЭФИОПИЯ	201-08	C13 36,0	B040 40,1	131°/144M.M.	ASMARA (ASM) VOR/DME
ES SAFA	СИРИЯ	300-05	C33 04,5	B037 09,0	113°/38M.M.	DAMASCUS (DAM) VOR/DME
ETNA	ИТАЛИЯ	101-06	C37 44,0	B015 00,1	004°/16M.M.	CATANIA (CAT) VOR/DME
FENTALE	ЭФИОПИЯ	201-19	C08 58,3	B039 55,5	087°/67M.M.	ADDIS (ADS) VOR/DME
HARRAS OF DHAMAR	АРАВ. П-ОВ–Ю	302-06	C14 34,1	B044 40,1	029°/60M.M.	TAIZ (TAZ) VOR/DME
HEARD VOLCANO	ИНД. ОКЕАН–Ю	304-01	Ю53 06,2	B073 30,4	181°/2091M.M.	PLAISANCE (MAURITIUS) (PLS) VOR/DME
JABAL YAR	АРАБ. П-ОВ–Ю	302-01	C17 03,0	B042 49,5	058°/16M.M.	JAZAN (GIZ) VORTAC
JEBEL ZUBAYR	КРАСНОЕ МОРЕ	201-02	C15 04,5	B042 09,4	289°/51M.M.	HODEIDAH (HDH) VOR/DME
KARTHALA	ИНД. ОКЕАН–З	303-01	Ю11 45,0	B043 22,5	161°/15M.M.	MORONI (HAI) VOR
KIEYO	АФРИКА–B	202-17	Ю09 13,5	B033 46,5	355°/43M.M.	KARONGA (VKA) VOR/DME
KONE	ЭФИОПИЯ	201-20	C08 48,0	B039 41,3	099°/54M.M.	ADDIS (ADS) VOR/DME
LONGONOT	АФРИКА-E	202-10	Ю00 55,1	B036 27,0	308°/37M.M.	NAIROBI (NV) VOR/DME
MANDA-INAKIR	ЭФИОПИЯ	201-122	C12 22,5	B042 12,0	313°/72M.M.	DJIBOUTI (DTI) VOR/DME
MARION ISLAND	ИНД. ОКЕАН-Ю	304-08	Ю46 54,0	B037 45,0	177°/947M.M.	EAST LONDON (ELV) VOR/DME
MERU	АФРИКА-B	202-16	Ю03 15,0	B036 45,0	297°/23M.M.	KILIMANJARO (KV) VOR/DME
METHANA	ГРЕЦИЯ	102-02	C37 36,5	B023 20,1	033°/9M.M.	DIDIMON (DDM) VOR/DME
MOUNT CAMEROON	АФРИКА-З	204-01	C04 12,1	B009 10,1	293°/36M.M.	DOUALA (DLA) VOR/DME
NISYROS	ГРЕЦИЯ	102-05	C36 34,5	B027 10,5	200°/45M.M.	MILAS (BODRUM) (GML) VOR/DME
NYAMURAGIRA	АФРИКА-Ц	203-02	Ю01 24,3	B029 12,0	354°/16M.M.	GOMA (GOM) VOR/DME
NYIRAGONGO	АФРИКА-Ц	203-03	Ю01 31,1	B029 15,0	006°/9M.M.	GOMA (GOM) VOR/DME
OKU VOLCANO FIELD	АФРИКА-З	204-003	C06 15,0	B010 30,0	065°/25M.M.	BAMENDA (BND) VOR/DME
OL DOINYO LENGAI	АФРИКА-B	202-12	Ю02 45,0	B035 54,1	300°/82M.M.	KILIMANJARO (KV) VOR/DME
OLKARIA	АФРИКА-B	202-09	Ю00 54,1	B036 17,3	302°/46M.M.	NAIROBI (NV) VOR/DME
PANTELLERIA	ИТАЛИЯ	101-071	C36 45,4	B012 00,4	147°/3M.M.	PANTELLERIA (PAN) VOR/DME
PITON DE FOURNAISE	ИНД. ОКЕАН-З	303-02	Ю21 13,4	B055 42,5	171°/24M.M.	ST DENIS (SDG) VOR/DME
SANTA ISABEL	АФРИКА-З	204-02	C03 34,3	B008 45,0	175°/11M.M.	MALABO (MBO) VOR/DME
SANTORINI	ГРЕЦИЯ	102-04	C36 24,1	B025 23,5	113°/47M.M.	MILOS (MIL) VOR/DME
SOUTH ISLAND	АФРИКА-B	202-02	C02 37,3	B036 36,0	115°/66M.M.	LODWAR (LOV) VOR/DME
ST PAUL	ИНД. ОКЕАН-Ю	304-03	Ю38 42,4	B077 31,5	159°/1502M.M.	PLAISANCE (MAURITIUS) (PLS) VOR/DME
STROMBOLI	ИТАЛИЯ	101-04	C38 47,2	B015 12,5	271°/54M.M.	CARAFFA (CDC) VORTAC
THE BARRIER	АФРИКА-B	202-03	C02 19,1	B036 34,1	129°/74M.M.	LODWAR (LOV) VOR/DME
TULLU MOJE	ЭФИОПИЯ	201-25	C08 09,3	B039 07,5	155°/52M.M.	ADDIS (ADS) VOR/DME
VESUVIO	ИТАЛИЯ	101-02	C40 49,2	B014 25,3	015°/14M.M.	SORRENTO (SOR) VOR/DME
VISOKE	АФРИКА-Ц	203-05	Ю01 28,1	B029 29,3	051°/20M.M.	GOMA (GOM) VOR/DME
VULCANO	ИТАЛИЯ	101-05	C38 24,1	B014 57,4	358°/56M.M.	CATANIA (CAT) VOR/DME

Название вулкана	Страна/штат/ регион	Номер вулкана	Широта-долгота вулкана		Радиал (маг. азимут) и расстояние от опорного навигационного средства	
НОВАЯ ЗЕЛАНДИЯ—ЮГО-ЗАПАДНАЯ ЧАСТЬ ТИХОГО ОКЕАНА						
AMBRYM	ВАНУАТУ–ЮЗ ЧАСТЬ ТИХОГО ОКЕАНА	507-04	Ю16 15,0	В168 07,1	343°/84M.M.	PORT VILA (VLI) VOR/DME
AOBA	ВАНУАТУ–ЮЗ ЧАСТЬ ТИХОГО ОКЕАНА	507-03	Ю15 24,0	В167 49,5	338°/137M.M.	PORT VILA (VLI) VOR/DME
AUCKLAND FIELD	НОВАЯ ЗЕЛАНДИЯ	401-02	Ю36 54,0	В174 52,1	003°/6M.M.	AUCKLAND (AA) VOR/DME
BAGANA	БУГЕНВИЛЬ–ЮЗ ТИХОГО ОКЕАНА	505-02	Ю06 08,2	В155 11,4	114°/198M.M.	TOKUA (TOK) VOR/DME
BAM	НОВАЯ ГВИНЕЯ–СВ	501-01	Ю03 36,0	В144 51,0	085°/70M.M.	WEWAK (WK) VOR/DME
BAMUS	НОВАЯ БРИТАНИЯ – ЮЗ ТИХ.ОКЕАНА	502-11	Ю05 12,0	В151 13,5	225°/86M.M.	TOKUA (TOK) VOR/DME
BILLY MITCHELL	БУГЕНВИЛЬ-ЮЗ ТИХОГО ОКЕАНА	505-011	Ю06 05,3	В155 13,3	113°/198M.M.	TOKUA (TOK) VOR/DME
BRIMSTONE ISLAND	О-ВА КЕРМАДЕК	402-02	Ю30 13,5	3178 54,4	022°/508M.M.	WHENUAPAI (AUCKLAND) (WP) VORTAC
CURACOA	ТОНГА-ЮЗ ТИХ.ОК.	403-101	Ю15 36,4	3173 39,4	210°/143M.M.	FALEOLO (UPOLU I.) (FA) VOR/DME
DAKATAUA	НОВАЯ БРИТАНИЯ – ЮЗ ТИХ.ОКЕАНА	502-04	Ю05 03,2	В150 06,3	244°/143M.M.	TOKUA (TOK) VOR/DME
EAST EPI	ВАНУАТУ-ЮЗ ЧАСТЬ ТИХОГО ОКЕАНА	507-06	Ю16 40,5	В168 22,1	355°/59M.M.	PORT VILA (VLI) VOR/DME
FALCON ISLAND	ТОНГА-ЮЗ ТИХ.ОК.	403-05	Ю20 18,4	3175 24,4	331°/57M.M.	FUA'AMOTU (TBU) VOR/DME
FONUALEI	ТОНГА-ЮЗ ТИХ.ОК.	403-10	Ю18 00,4	3174 19,3	359°/198M.M.	FUA'AMOTU (TBU) VOR/DME
GAUA	ВАНУАТУ-ЮЗ ЧАСТЬ ТИХОГО ОКЕАНА	507-02	Ю14 16,1	В167 30,0	336°/207M.M.	PORT VILA (VLI) VOR/DME
HOME REEF	ТОНГА-ЮЗ ТИХ.ОК.	403-08	Ю18 59,3	3174 46,3	354°/136M.M.	FUA'AMOTU (TBU) VOR/DME
HUNTER ISLAND	ТИХ. ОКЕАН–ЮЗ	508-02	Ю22 24,0	В172 03,0	099°/285M.M.	LIFOU (LFU) VOR
KARKAR	НОВАЯ ГВИНЕЯ-СВ	501-03	Ю04 38,6	В145 57,5	011°/34M.M.	MADANG (MD) VOR/DME
KAVACHI	СОЛОМОНОВЫ О-ВА–ЮЗ ТИХ. ОКЕАНА	505-06	Ю09 01,1	В157 57,0	272°/125M.M.	HONIARA (HN) VOR/DME
KUWAE	ВАНУАТУ-ЮЗ ТИХОГО ОКЕАНА	507-07	Ю16 49,4	В168 32,1	007°/52M.M.	PORT VILA (VLI) VOR/DME
LAMINGTON	НОВАЯ ГВИНЕЯ	503-01	Ю08 57,0	В148 09,0	055°/63M.M.	PORT MORESBY (PY) VOR/DME
LANGILA	НОВАЯ БРИТАНИЯ – ЮЗ ТИХ.ОК.	502-01	Ю05 31,3	В148 25,1	052°/119M.M.	NADZAB (NZ) VOR/DME
LATE	ТОНГА–ЮЗ ТИХ.ОК.	403-09	Ю18 48,2	3174 39,0	357°/148M.M.	FUA'AMOTU (TBU) VOR/DME
LOLOBAU	НОВАЯ БРИТАНИЯ – ЮЗ ТИХ.ОКЕАНА	502-13	Ю04 55,1	В151 09,3	237°/81M.M.	TOKUA (TOK) VOR/DME
LONG ISLAND	НОВАЯ ГВИНЕЯ-СВ	501-05	Ю05 21,3	В147 07,1	012°/76M.M.	NADZAB (NZ) VOR/DME
LOPEVI	ВАНУАТУ-ЮЗ ТИХОГО ОКЕАНА	507-05	Ю16 30,3	В168 20,5	353°/69M.M.	PORT VILA (VLI) VOR/DME
MANAM	НОВАЯ ГВИНЕЯ-СВ	501-02	Ю04 06,0	В145 03,4	321°/79M.M.	MADANG (MD) VOR/DME
MATTHEW ISLAND	ТИХ. ОКЕАН–ЮЗ	508-01	Ю22 19,5	В171 19,1	100°/246M.M.	LIFOU (LFU) VOR
METIS SHOAL	ТОНГА–ЮЗ ТИХ.ОК.	403-07	Ю19 10,5	3174 51,4	353°/124M.M.	FUA'AMOTU (TBU) VOR/DME
MONOWAI SEAMOUNT	О-ВА КЕРМАДЕК	402-05	Ю25 53,2	3177 11,2	187°/299M.M.	FUA'AMOTU (TBU) VOR/DME
MOUNT EGMONT	НОВАЯ ЗЕЛАНДИЯ	401-03	Ю39 18,0	В174 03,4	176°/18M.M.	NEW PLYMOUTH (NP) VOR/DME
NIUAFO'OU	ТОНГА–ЮЗ ТИХ.ОК.	403-11	Ю15 36,0	3175 37,5	154°/144M.M.	HIHIFO (UVEA I., WALLIS IS.) (HOI) VOR/ DME
OFU-OLOSEGA	САМОА-ЮЗ ТИХОГО ОКЕАНА	404-01	Ю14 10,3	3169 37,1	069°/64M.M.	PAGO PAGO (TUT) VORTAC
PAGO WITORI	НОВАЯ БРИТАНИЯ – ЮЗ ТИХ.ОКЕАНА	502-08	Ю05 34,5	В150 31,1	228°/134M.M.	TOKUA (TOK) VOR/DME
RABAUL	НОВАЯ БРИТАНИЯ – ЮЗ ТИХ.ОКЕАНА	502-14	Ю04 16,2	В152 12,1	283°/12M.M.	TOKUA (TOK) VOR/DME
RAOUL ISLAND	О-ВА КЕРМАДЕК	402-03	Ю29 15,4	3177 54,4	182°/502M.M.	FUA'AMOTU (TBU) VOR/DME
RITTER ISLAND	НОВАЯ ГВИНЕЯ-СВ	501-07	Ю05 31,1	В148 07,2	047°/105M.M.	NADZAN (NZ) VOR/DME
RUAPEHU	НОВАЯ ЗЕЛАНДИЯ	401-10	Ю39 16,5	В175 34,1	027°/42M.M.	MAXWELL (MX) VOR/DME
RUMBLE III	НОВАЯ ЗЕЛАНДИЯ	401-13	Ю35 44,4	В178 28,4	017°/175M.M.	ROTORUA (RO) VOR/DME
SAVAI'I	САМОА–ЮЗ ТИХОГО ОКЕАНА	404-04	Ю13 36,4	3172 31,3	280°/33M.M.	FALEOLO (UPOLU I.) (FA) VOR/DME
SAVO	СОЛОМОНОВЫ О-ВА – ЮЗ ТИХ. ОКЕАНА	505-07	Ю09 07,5	В159 49,1	318°/22M.M.	HONIARA (HN) VOR/DME
SORETIMEAT	ВАНУАТУ–ЮЗ ТИХОГО ОКЕАНА	507-01	Ю13 48,0	В167 28,1	337°/235M.M.	PORT VILA (VLI) VOR/DME
ST ANDREW STRAIT	О-ВА АДМИРАЛТ.–ЮЗ ТИХ. ОКЕАНА	500-01	Ю02 22,5	В147 21,0	024°/192M.M.	MADANG (MD) VOR/DME
TARAWERA	НОВАЯ ЗЕЛАНДИЯ	401-06	Ю38 13,4	В176 30,3	108°/11M.M.	ROTORUA (RO) VOR/DME
TINAKULA	О-ВА САНТА-КРУС –ЮЗ ТИХ. ОКЕАНА	506-01	Ю10 22,5	В165 48,0	090°/346M.M.	HONIARA (HN) VOR/DME

Название вулкана	Страна/штат/ регион	Номер вулкана	Широта-долгота вулкана		Радиал (маг. азимут) и расстояние от опорного навигационного средства	
TOFUA	ТОНГА–ЮЗ ТИХ.ОК.	403-06	Ю19 45,0	З176 04,5	315°/103М.М.	FUA'AMOTU (TBU) VOR/DME
TONGARIRO	НОВАЯ ЗЕЛАНДИЯ	401-08	Ю39 07,5	В175 38,3	095°/43М.М.	OHURA (OR) VOR/DME
TRAITOR'S HEAD	ВАНУАТУ–ЮЗ ТИХОГО ОКЕАНА	507-09	Ю18 45,0	В169 13,5	126°/86М.М.	PORT VILA (VLI) VOR/DME
ULAWUN	НОВАЯ БРИТАНИЯ – ЮЗ ТИХ.ОКЕАНА	502-12	Ю05 03,0	В151 19,5	228°/76М.М.	TOKUA (TOK) VOR/DME
БЕЗЫМЯННЫЙ	ТОНГА–ЮЗ ТИХ.ОК.	403-01	Ю21 27,3	З175 46,1	235°/37М.М.	FUA'AMOTU (TBU) VOR/DME
БЕЗЫМЯННЫЙ	ТОНГА–ЮЗ ТИХ.ОК.	403-03	Ю20 51,0	З175 31,5	303°/32М.М.	FUA'AMOTU (TBU) VOR/DME
БЕЗЫМЯННЫЙ	ТОНГА–ЮЗ ТИХ.ОК.	403-04	Ю20 33,4	З175 22,5	328°/42М.М.	FUA'AMOTU (TBU) VOR/DME
БЕЗЫМЯННЫЙ	ТИХ. ОКЕАН–ЮЗ	508-03	Ю25 46,5	В168 37,5	356°/199М.М.	NORFOLK I. (NF) VOR/DME
БЕЗЫМЯННЫЙ	О-ВА АДМИРАЛТ.–ЮЗ ТИХ. ОКЕАНА	500-03	Ю03 01,5	В147 46,5	037°/176М.М.	MADANG (MD) VOR/DME
БЕЗЫМЯННЫЙ	О-ВА КЕРМАДЕК	402-04	Ю29 10,5	З177 52,1	182°/497М.М.	FUA'AMOTU (TBU) VOR/DME
VICTORY	НОВАЯ ГВИНЕЯ	503-03	Ю09 12,0	В149 04,1	304°/101М	GURNEY (GNY) VOR/DME
WAIOWA	НОВАЯ ГВИНЕЯ	503-04	Ю09 34,1	В149 04,3	293°/88М.М.	GURNEY (GNY) VOR/DME
WHITE ISLAND	НОВАЯ ЗЕЛАНДИЯ	401-04	Ю37 31,1	В177 10,5	029°/54М.М.	ROTORUA (RO) VOR/DME
YASUR	ВАНУАТУ–ЮЗ ТИХОГО ОКЕАНА	507-10	Ю19 31,1	В169 25,3	136°/129М.М.	PORT VILA (VLI) VOR/DME
			ИНДОНЕЗИЯ			
AGUNG	М.ЗОНДСКИЕ О–ВА	604-02	Ю08 20,3	В115 30,3	039°/31М.М.	BALI (DEN PASAR) (BLI) VOR/DME
AMBANG	О.СУЛАВЕСИ–ИНДОНЕЗИЯ	606-02	С00 45,0	В124 25,1	218°/45М.М.	MANADO (TDO) VOR/DME
API SIAU	О-ВА САНГИХЕ–ИНДОНЕЗИЯ	607-02	С02 46,5	В125 28,5	022°/80М.М.	MANADO (MNO) VOR/DME
ARJUNO-WELIRANG	О. ЯВА	603-29	Ю07 43,3	В112 34,5	210°/24М.М.	SURABAYA (SBY) VOR/DME
AWU	О-ВА САНГИХЕ-ИНДОНЕЗИЯ	607-04	С03 40,1	В125 30,0	013°/130М.М.	MANADO (MNO) VOR/DME
BANDA API	МОРЕ БАНДА	605-09	Ю04 31,3	В129 52,2	116°/114М.М.	AMBON (AMN) VOR/DME
BANUA WUHU	О-ВА САНГИХЕ-ИНДОНЕЗИЯ	607-03	С03 08,2	В125 29,3	017°/100М.М.	MANADO (MNO) VOR/DME
BARREN ISLAND	АНДАМАНСКИЕ О-ВА ИНД. ОКЕАН	600-01	С12 15,0	В093 49,5	061°/73М.М.	PORT BLAIR (PPB) VOR/DME
BATU TARA	М.ЗОНДСКИЕ О-ВА	604-26	Ю07 47,3	В123 34,4	288°/124М.М.	DILI (DIL) VOR/DME
BATUR	М.ЗОНДСКИЕ О-ВА	604-01	Ю08 14,3	В115 22,3	021°/32М.М.	BALI (DEN PASAR) (BLI) VOR/DME
BUR NI TELONG	О.СУМАТРА	601-05	С04 45,4	В096 48,3	233°/33М.М.	LHOK SUKON (LSN) VOR
CEREME	О.ЯВА	603-17	Ю06 53,3	В108 24,0	174°/35М.М.	INDRAMAYU (IMU) VOR/DME
COLO UNA UNA	О.СУЛАВЕСИ-ИНДОНЕЗИЯ	606-01	Ю00 10,1	В121 36,3	066°/111М.М.	PALU (PAL) VOR/DME
DEMPO	О.СУМАТРА	601-23	Ю04 01,5	В103 07,5	232°/114М.М.	PALEMBANG (PLB) VOR/DME
DIENG VOLCANO COMPLEX	О.ЯВА	603-20	Ю07 12,0	В109 55,1	242°/30М.М.	ACHMAD YANI (SEMARANG) (ANY) VOR/ DME
DUKONO	О.ХАЛЬМАХЕРА-ИНДОНЕЗИЯ	608-01	С01 42,0	В127 52,1	085°/177М.М.	MANADO (MNO) VOR/DME
EBULOBO	М.ЗОНДСКИЕ О-ВА	604-10	Ю08 48,3	В121 10,5	296°/168М.М.	KUPANG (KPG) VOR/DME
EGON	М.ЗОНДСКИЕ О-ВА	604-16	Ю08 39,4	В122 27,0	319°/115М.М.	KUPANG (KPG) VOR/DME
GALUNGGUNG	О.ЯВА	603-14	Ю07 15,0	В108 03,0	123°/38М.М.	BANDUNG (BND) VOR/DME
GAMALAMA	О.ХАЛЬМАХЕРА-ИНДОНЕЗИЯ	608-06	С00 48,0	В127 19,3	101°/148М.М.	MANADO (TDO) VOR/DME
GAMKONORA	О.ХАЛЬМАХЕРА-ИНДОНЕЗИЯ	608-04	С01 22,3	В127 31,1	091°/156М.М.	MANADO (MNO) VOR/DME
GEDE	О.ЯВА	603-06	Ю06 46,5	В106 58,5	169°/30М.М.	HALIM (JAKARTA) (HLM) VOR/DME
GUNTUR	О.ЯВА	603-13	Ю07 07,5	В107 49,5	127°/24М.М.	BANDUNG (BND) VOR/DME
GUNUNG BESAR	О.СУМАТРА	601-25	Ю04 25,5	В103 39,4	298°/104М.М.	BANDAR LAMPUNG (TKG) VOR/DME
GUNUNG RANAKAH	М.ЗОНДСКИЕ О-ВА	604-071	Ю08 37,1	В120 31,1	294°/207М.М.	KUPANG (KPG) VOR/DME
GUNUNGAPI WETAR	МОРЕ БАНДА	605-03	Ю06 38,3	В126 39,0	027°/131М.М.	DILI (DIL) VOR/DME
IBU	О.ХАЛЬМАХЕРА-ИНДОНЕЗИЯ	608-03	С01 28,5	В127 37,5	089°/162М.М.	MANADO (MNO) VOR/DME
IJEN	О.ЯВА	603-35	Ю08 03,3	В114 14,3	306°/68М.М.	BALI (DEN PASAR) (BLI) VOR/DME
ILIBOLENG	М.ЗОНДСКИЕ О-ВА	604-22	Ю08 20,3	В123 15,3	345°/111М.М.	KUPANG (KPG) VOR/DME
ILIWERUNG	М.ЗОНДСКИЕ О-ВА	604-25	Ю08 32,2	В123 35,2	355°/97М.М.	KUPANG (KPG) VOR/DME
INIELIKA	М.ЗОНДСКИЕ О-ВА	604-09	Ю08 43,5	В120 58,5	296°/180М.М.	KUPANG (KPG) VOR/DME
IYA	М.ЗОНДСКИЕ О-ВА	604-11	Ю08 52,5	В121 37,5	300°/142М.М.	KUPANG (KPG) VOR/DME

Название вулкана	Страна/штат/регион	Номер вулкана	Широта-долгота вулкана		Радиал (маг. азимут) и расстояние от опорного навигационного средства	
KABA	О.СУМАТРА	601-22	Ю03 30,4	В102 36,4	209°/128М.М.	JAMBI (JMB) VOR/DME
KELIMUTU	М.ЗОНДСКИЕ О-ВА	604-14	Ю08 45,3	В121 49,5	305°/137М.М.	KUPANG (KPG) VOR/DME
KELUT	О.ЯВА	603-28	Ю07 55,5	В112 18,3	220°/43М.М.	SURABAYA (SBY) VOR/DME
KERINCI	О.СУМАТРА	601-17	Ю01 41,3	В101 15,4	132°/73М.М.	PADANG (PDG) VOR/DME
KIARABERES-GAGAK	О.ЯВА	603-03	Ю06 43,5	В106 39,0	168°/26М.М.	BUDIARTO (TANGERANG) (BTO) VOR/ DME
KRAKATAU	ИНДОНЕЗИЯ	602-00	Ю06 06,1	В105 25,2	164°/52М.М.	BANDAR LAMPUNG (TKG) VOR/DME
LAMONGAN	О.ЯВА	603-32	Ю08 00,0	В113 20,3	137°/49М.М.	SURABAYA (SBY) VOR/DME
LEREBOLENG	М.ЗОНДСКИЕ О-ВА	604-20	Ю08 21,3	В122 50,3	333°/118М.М.	KUPANG (KPG) VOR/DME
LEWOTOBI	М.ЗОНДСКИЕ О-ВА	604-18	Ю08 31,5	В122 46,3	329°/110М.М.	KUPANG (KPG) VOR/DME
LEWOTOLO	М.ЗОНДСКИЕ О-ВА	604-23	Ю08 16,2	В123 30,2	353°/113М.М.	KUPANG (KPG) VOR/DME
LOKON-EMPUNG	О.СУЛАВЕСИ-ИНДОНЕЗИЯ	606-10	С01 21,3	В124 47,3	283°/7М.М.	MANADO (TDO) VOR/DME
MAHAWU	О.СУЛАВЕСИ-ИНДОНЕЗИЯ	606-11	С01 21,3	В124 51,3	297°/3М.М.	MANADO (TDO) VOR/DME
MAKIAN	О.ХАЛЬМАХЕРА-ИНДОНЕЗИЯ	608-07	С00 19,1	В127 24,О	110°/161М.М.	MANADO (TDO) VOR/DME
MARAPI	О.СУМАТРА	601-14	Ю00 22,5	В100 28,2	013°/30М.М.	PADANG (PDG) VOR/DME
MERAPI	О.ЯВА	603-25	Ю07 32,3	В110 26,3	026°/17М.М.	YOGYAKARTA (JOG) VOR/DME
MERBABU	О.ЯВА	603-24	Ю07 27,0	В110 25,5	279°/22М.М.	SOLO (SLO) VOR/DME
NILA	МОРЕ БАНДА	605-06	Ю06 43,5	В129 30,0	152°/198М.М.	AMBON (PMA) VOR/DME
PALUWEH	М.ЗОНДСКИЕ О-ВА	604-15	Ю08 19,1	В121 42,3	311°/159М.М.	KUPANG (KPG) VOR/DME
PAPANDAYAN	О.ЯВА	603-10	Ю07 18,4	В107 43,5	152°/28М.М.	BANDUNG (BND) VOR/DME
PEUET SAGUE	О.СУМАТРА	601-03	С04 55,3	В096 19,5	260°/56М.М.	LHOK SUKON (LSN) VOR
RAUNG	О.ЯВА	603-34	Ю08 07,3	В114 02,3	298°/76М.М.	BALI (DEN PASAR) (BLI) VOR/DME
RINJANI	М.ЗОНДСКИЕ О-ВА	604-03	Ю08 24,4	В116 27,4	067°/24М.М.	MATARAM (MTM) VOR/DME
RUANG	О-ВА САНГИХЕ-ИНДОНЕЗИЯ	607-01	С02 16,5	В125 25,3	032°/52М.М.	MANADO (MNO) VOR/DME
SALAK	О.ЯВА	603-05	Ю06 42,4	В106 43,5	157°/26М.М.	BUDIARTO (TANGERANG) (BTO) VOR/ DME
SANGEANG API	М.ЗОНДСКИЕ О-ВА	604-05	Ю08 10,5	В119 03,3	081°/178М.М.	MATARAM (MTM) VOR/DME
SEMERU	О.ЯВА	603-30	Ю08 06,3	В112 55,1	169°/44М.М.	SURABAYA (SBY) VOR/DME
SERUA	МОРЕ БАНДА	605-07	Ю06 18,0	В130 00,0	141°/192М.М.	AMBON (PMA) VOR/DME
SIBAYAK	О.СУМАТРА	601-07	С03 12,3	В098 28,1	207°/19М.М.	MEDAN (MDN) VOR/DME
SIRUNG	М.ЗОНДСКИЕ О-ВА	604-27	Ю08 30,4	В124 08,5	268°/82М.М.	DILI (DIL) VOR/DME
SLAMET	О.ЯВА	603-18	Ю07 14,3	В109 12,3	023°/26М.М.	CILACAP (CLP) VOR/DME
SOPUTAN	О.СУЛАВЕСИ-ИНДОНЕЗИЯ	606-03	С01 06,3	В124 43,3	219°/17М.М.	MANADO (TDO) VOR/DME
SORIKMARAPI	О.СУМАТРА	601-12	С00 41,1	В099 32,1	026°/112М.М.	ESMERALDAS (TACHINA) (ESV) VOR/DME
SUMBING	О.СУМАТРА	601-18	Ю02 24,4	В101 43,5	138°/123М.М.	PADANG (PDG) VOR/DME
SUMBING	О.ЯВА	603-22	Ю07 22,5	В110 03,3	328°/29М.М.	YOGYAKARTA (JOG) VOR/DME
SUNDORO	О.ЯВА	603-21	Ю07 18,0	В109 59,3	228°/30М.М.	ACHMAD YANI (SEMARANG) (ANY) VOR/ DME
SUOH	О.СУМАТРА	601-27	Ю05 15,0	В104 15,4	270°/55М.М.	BANDAR LAMPUNG (TKG) VOR/DME
TALANG	О.СУМАТРА	601-16	Ю00 58,4	В100 40,4	161°/142М.М.	AMBATO (AMB) VOR/DME
TAMBORA	М.ЗОНДСКИЕ О-ВА	604-04	Ю08 15,0	В118 00,0	079°/116М.М.	MATARAM (MTM) VOR/DME
TANDIKAT	О.СУМАТРА	601-15	Ю00 25,6	В100 19,0	355°/26М.М.	PADANG (POG) VOR/DME
TANGKUBANPARAHU	О.ЯВА	603-09	Ю06 46,1	В107 36,0	037°/8М.М.	BANDUNG (BND) VOR/DME
TENGGER CALDERA	О.ЯВА	603-31	Ю07 56,3	В112 57,0	163°/34М.М.	SURABAYA (SBY) VOR/DME
TEON	МОРЕ БАНДА	605-05	Ю06 54,4	В129 07,3	160°/200М.М.	AMBON (PMA) VOR/DME
TONGKOKO	О.СУЛАВЕСИ-ИНДОНЕЗИЯ	606-13	С01 31,1	В125 12,0	095°/16М.М.	MANADO (MNO) VOR/DME
WURLALI	МОРЕ БАНДА	605-04	Ю07 07,3	В128 40,3	062°/205М.М.	DILI (DIL) VOR/DME

ФИЛИППИНЫ-ЯПОНИЯ-МАРИАНСКИЕ ОСТРОВА-ЮГОВОСТОЧНАЯ АЗИЯ

ADATARA	О.ХОНСЮ-ЯПОНИЯ	803-17	С37 37,1	В140 16,5	349°/24М.М.	FUKUSHIMA (FKE) VOR/DME
AGRIGAN	МАРИАНСКИЕ О-ВА Ц.ЧАСТЬ ТИХ.ОК.	804-16	С18 46,1	В145 40,1	007°/322М.М.	NIMITZ (UNZ) VORTAC
AKAGI	О.ХОНСЮ-ЯПОНИЯ	803-13	С36 31,5	В139 10,5	256°/44М.М.	NASU (NZE) VOR/DME
AKAN	ХОККАЙДО-ЯПОНИЯ	805-07	С43 22,5	В144 01,1	347°/22М.М.	KUSHIRO (KSE) VOR/DME
AKITA-KOMAGA-TAKE	О.ХОНСЮ-ЯПОНИЯ	803-23	С39 45,0	В140 48,0	328°/24М.М.	HANAMAKI (HPE) VOR/DME
AKITA-YAKE-YAMA	О.ХОНСЮ-ЯПОНИЯ	803-26	С39 58,1	В140 46,1	134°/23М.М.	ODATE-NOSHIRO (ODE) VOR/DME
ALAMAGAN	МАРИАНСКИЕ О-ВА Ц.ЧАСТЬ ТИХ.ОК.	804-18	С17 36,0	В145 49,5	012°/255М.М.	NIMITZ (UNZ) VORTAC
AOGA-SHIMA	О-ВА ИДЗУ-ЯПОНИЯ	804-06	С32 27,0	В139 46,1	187°/39М.М.	HACHIJO JIMA (HCE) VOR/DME

Название вулкана	Страна/штат/ регион	Номер вулкана	Широта-долгота вулкана		Радиал (маг. азимут) и расстояние от опорного навигационного средства	
ASAMA	О.ХОНСЮ-ЯПОНИЯ	803-11	С36 24,0	В138 31,5	070°/33М.М.	MATSUMOTO (MBE) VOR/DME
ASO	О.КЮСЮ-ЯПОНИЯ	802-11	С32 52,5	В131 06,0	084°/13М.М.	KUMAMOTO (KUE) VOR/DME
ASUNCION	МАРИАНСКИЕ О-ВА Ц.ЧАСТЬ ТИХ.ОК.	804-15	С19 39,4	В145 24,0	004°/372М.М.	NIMITZ (UNZ) VORTAC
AZUMA	О.ХОНСЮ-ЯПОНИЯ	803-18	С37 43,5	В140 15,0	196°/27М.М.	ZAO-YAMADA (ZMO) VOR
BABUYAN CLARO	О.ЛУСОН - С	704-03	С19 31,2	В121 56,2	044°/113М.М.	LAOAG (LAO) VOR/DME
BANDAI	О.ХОНСЮ-ЯПОНИЯ	803-16	С37 36,0	В140 04,5	329°/28М.М.	FUKUSHIMA (FKE) VOR/DME
BAYONNAISE ROCKS	О-ВА ИДЗУ-ЯПОНИЯ	804-07	С31 55,1	В139 55,1	180°/71М.М.	HACHIJO JIMA (HCE) VOR/DME
BILIRAN	ФИЛИППИНЫ-Ц	702-08	С11 31,2	В124 32,0	133°/73М.М.	MASBATE (MBT) VOR
BUD DAJO	О.СУЛУ-ФИЛИППИНЫ	700-01	С05 57,0	В121 04,1	224°/82М.М.	ZAMBOANGA (ZAM) VOR/DME
BULUSAN	О.ЛУСОН - ФИЛИПП.	703-01	С12 46,1	В124 03,0	140°/29М.М.	LEGAZPI (LP) VOR/DME
CALAYO	О.МИНДАНАО – ФИЛИППИНЫ	701-07	С07 52,4	В125 04,1	139°/42М.М.	CAGAYAN DE ORO (CGO) VOR/DME
CAMIGUIN DE BABUYANE	О.ЛУСОН – С	704-01	С18 49,5	В121 51,4	006°/71М.М.	TUGUEGARAO (TUG) VOR
CANLAON	ФИЛИППИНЫ – Ц	702-02	С10 24,4	В123 07,6	116°/39М.М.	ILOILO (IOO) VOR/DME
CHOKAI	О.ХОНСЮ-ЯПОНИЯ	803-22	С39 04,5	В140 01,5	041°/19М.М.	SHONAI (YSE) VOR/DME
DIDICAS	О.ЛУСОН - С	704-02	С19 04,3	В122 12,0	018°/90М.М.	TUGUEGARAO (TUG) VOR
E-SAN	ХОККАЙДО-ЯПОНИЯ	805-012	С41 48,0	В141 09,4	091°/14М.М.	HAKODATE (HWE) VOR/DME
FARALLON DE PAJAROS	МАРИАНСКИЕ О-ВА Ц.ЧАСТЬ ТИХ.ОК.	804-14	С20 31,5	В144 54,0	359°/422М.М.	NIMITZ (UNZ) VORTAC
FUJI	О.ХОНСЮ-ЯПОНИЯ	803-03	С35 21,0	В138 43,5	283°/42М.М.	YOKOSUKA (HYE) VOR/DME
FUKUJIN	О.ВОЛКАНО-ЯПОНИЯ	804-133	С21 55,3	В143 26,3	350°/511М.М.	NIMITZ (UNZ) VORTAC
GUGUAN	МАРИАНСКИЕ О-ВА Ц.ЧАСТЬ ТИХ.ОК.	804-19	С17 18,4	В145 51,0	013°/239М.М.	NIMITZ (UNZ) VORTAC
HACHIJO-JIMA	О-ВА ИДЗУ-ЯПОНИЯ	804-05	С33 07,5	В139 46,1	321°/1М.М.	HACHIJO JIMA (HCE) VOR/DME
HAKU-SAN	О.ХОНСЮ-ЯПОНИЯ	803-05	С36 09,0	В136 46,5	135°/23М.М.	KOMATSU (KMC) VORTAC
HIBOK-HIBOK	О.МИНДАНАО ФИЛИППИНЫ	–701-08	С09 12,1	В124 40,2	003°/46М.М.	CAGAYAN DE ORO (CGO) VOR/DME
IBUSUKI VOLCANO FIELD	О.КЮСЮ-ЯПОНИЯ	802-07	С31 13,1	В130 34,1	187°/28М.М.	KAGOSHIMA (HKC) VORTAC
ILE DES CENDRES	Ю-В АЗИЯ	705-06	С10 09,3	В109 00,5	129°/72М.М.	PHANTHIET (PTH) VOR/DME
IRIGA	О.ЛУСОН - ФИЛИПП.	703-041	С13 27,3	В123 27,3	319°/24М.М.	LEGAZPI (LP) VOR/DME
IRIOMOTE-JIMA	АРХ.РЮКЮ	802-01	С24 33,3	В124 00,0	326°/16М.М.	ISHIGAKI (GKE) VOR/DME
IWAKI	О.ХОНСЮ-ЯПОНИЯ	803-27	С40 39,0	В140 18,0	262°/19М.М.	AOMORI (MRE) VOR/DME
IWATE	О.ХОНСЮ-ЯПОНИЯ	803-24	С39 51,0	В141 00,0	353°/25М.М.	HANAMAKI (HPE) VOR/DME
IWO-JIMA	О.ВОЛКАНО-ЯПОНИЯ	804-12	С24 45,0	В141 19,5	175°/507М.М.	HACHIJO JIMA (HCE) VOR/DME
IZU-TOBU	О.ХОНСЮ-ЯПОНИЯ	803-01	С34 55,1	В139 07,1	316°/19М.М.	OSHIMA (XAC) VORTAC
KAITOKU SEAMOUNT	О.ВОЛКАНО-ЯПОН.	804-10	С26 03,2	В141 07,1	176°/428М.М.	HACHIJO JIMA (HCE) VOR/DME
KIKAI	АРХ.РЮКЮ	802-06	С30 46,5	В130 16,5	325°/31М.М.	YAKUSHIMA (YKE) VOR/DME
KIRISHIMA	О.КЮСЮ-ЯПОНИЯ	802-09	С31 55,5	В130 52,1	048°/10М.М.	KAJIKI (KAGOSHIMA) (KGE) VOR/DME
KITA-IWO-JIMA	О.ВОЛКАНО-ЯПОН.	804-11	С25 25,5	В141 13,5	176°/466М.М.	HACHIJO JIMA (HCE) VOR/DME
KOMAGA-TAKE	ХОККАЙДО-ЯПОНИЯ	805-02	С42 04,1	В140 40,5	347°/19М.М.	HAKODATE (HWE) VOR/DME
KUCHINOERABU-JIMA	АРХ.РЮКЮ	802-05	С30 25,5	В130 13,1	282°/23М.М.	YAKUSHIMA (YKE) VOR/DME
KUJU GROUP	О.КЮСЮ-ЯПОНИЯ	802-12	С33 04,5	В131 15,0	255°/24М.М.	OITA (TAE) VOR/DME
KURIKOMA	О.ХОНСЮ-ЯПОНИЯ	803-21	С38 57,0	В140 46,5	218°/33М.М.	HANAMAKI (HPE) VOR/DME
KUSATSU-SHIRANE	О.ХОНСЮ-ЯПОНИЯ	803-12	С36 37,1	В138 33,0	054°/41М.М.	MATSUMOTO (MBE) VOR/DME
KUTTARA	ХОККАЙДО-ЯПОНИЯ	805-034	С42 30,0	В141 10,5	251°/25М.М.	CHITOSE (CHE) VOR/DME
MALINAO	О.ЛУСОН – ФИЛИПП.	703-04	С13 25,2	В123 35,5	334°/17М.М.	LEGAZPI (LP) VOR/DME
MAYON	О.ЛУСОН – ФИЛИПП.	703-03	С13 15,3	В123 41,1	338°/6М.М.	LEGAZPI (LP) VOR/DME
MINAMI-HIYOSHI	О.ВОЛКАНО-ЯПОН.	804-131	С23 30,2	В141 54,2	174°/585М.М.	HACHIJO JIMA (HCE) VOR/DME
MIYAKE-JIMA	О-ВА ИДЗУ-ЯПОНИЯ	804-04	С34 04,5	В139 31,5	152°/2М.М.	MIYAKEJIMA (MJE) VOR/DME
MOUNT PAGAN	МАРИАНСКИЕ О-ВА Ц.ЧАСТЬ ТИХ.ОК.	804-17	С18 07,5	В145 48,0	010°/286М.М.	NIMITZ (UNZ) VORTAC
MOUNT PINATUBO	О.ЛУСОН – ФИЛИПП.	703-083	С15 07,5	В120 21,0	255°/12М.М.	CLARK (ANGELES (CIA) VOR/DME
NAKANO-SHIMA	АРХ.РЮКЮ	802-04	С29 51,0	В129 52,1	237°/52М.М.	YAKUSHIMA (YKE) VOR/DME
NASU	О.ХОНСЮ-ЯПОНИЯ	803-15	С37 07,1	В139 58,1	357°/20М.М.	NASU (NZE) VOR/DME
NIIGATA-YAKE-YAMA	О.ХОНСЮ-ЯПОНИЯ	803-09	С36 55,1	В138 01,5	075°/43М.М.	TOYAMA (TOE) VOR/DME
NIKKO-SHIRANE	О.ХОНСЮ-ЯПОНИЯ	803-14	С36 48,0	В139 22,5	278°/31М.М.	NASU (NZE) VOR/DME
NIPESOTSU-UPEPESANKE	ХОККАЙДО-ЯПОНИЯ	805-051	С43 27,0	В143 01,5	126°/28М.М.	ASAHIKAWA (AWE) VOR/DME
NISHINO-SHIMA	О.ВОЛКАНО-ЯПОН.	804-092	С27 14,4	В140 52,4	176°/356М.М.	HACHIJO JIMA (HCE) VOR/DME
OKINAWA-TORI-SHIMA	АРХ.РЮКЮ	802-02	С27 51,0	В128 15,0	279°/33М.М.	TOKUNOSHIMA (TKE) VOR/DME
ON-TAKE	О.ХОНСЮ-ЯПОНИЯ	803-04	С35 54,0	В137 28,5	241°/26М.М.	MATSUMOTO (MBE) VOR/DME
OSHIMA	О-ВА ИДЗУ-ЯПОНИЯ	804-01	С34 43,5	В139 22,5	308°/2М.М.	OSHIMA (XAC) VORTAC
OSHIMA-OSHIMA	ХОККАЙДО-ЯПОНИЯ	805-01	С41 30,0	В139 22,1	194°/34М.М.	OKUSHIRI (ORE) VOR/DME

Название вулкана	Страна/штат/регион	Номер вулкана	Широта-долгота вулкана		Радиал (маг. азимут) и расстояние от опорного навигационного средства	
OSORE-YAMA	О.ХОНСЮ-ЯПОНИЯ	803-29	C41 19,1	B141 04,5	165°/29M.M.	HAKODATE (HWE) VOR/DME
RAGANG	О.МИНДАНАО ФИЛИППИНЫ	–701-06	C07 40,1	B124 30,0	029°/34M.M.	COTABATO (DINAIG) (COT) VOR/DME
RUBY	МАРИАНСКИЕ О-ВА Ц.ЧАСТЬ ТИХ.ОК.	804-201	C15 36,4	B145 33,4	018°/137M.M.	NIMITZ (UNZ) VORTAC
SAKURA-JIMA	О.КЮСЮ-ЯПОНИЯ	802-08	C31 34,5	B130 40,1	153°/8M.M.	KAGOSHIMA (HKC) VORTAC
SHIN-IWO-JIMA	О.ВОЛКАНО-ЯПОН.	804-13	C24 16,5	B141 31,1	175°/536M.M.	MIYAKEJIMA (MJE) VOR/DME
SHIRETOKO-IWO-ZAN	ХОККАЙДО-ЯПОНИЯ	805-09	C44 07,5	B145 10,1	025°/34M.M.	NAKASHIBETSU (NSE) VOR/DME
SMITH ROCK	О-ВА ИДЗУ-ЯПОНИЯ	804-08	C31 16,5	B139 46,1	186°/109M.M.	HACHIJO JIMA (HCE) VOR/DME
SUPPLY REEF	МАРИАНСКИЕ О-ВА Ц.ЧАСТЬ ТИХ.ОК.	804-142	C20 07,5	B145 06,0	001°/399M.M.	NIMITZ (UNZ) VORTAC
SUWANOSE-JIMA	АРХ.РЮКЮ	802-03	C29 31,5	B129 43,1	011°/65M.M.	AMAMI (ALC) VORTAC
TAAL	О.ЛУСОН – ФИЛИПП.	703-07	C14 00,1	B120 59,4	288°/8M.M.	LIPA (LIP) VOR
TARUMAI	ХОККАЙДО-ЯПОНИЯ	805-04	C42 40,5	B141 22,5	274°/13M.M.	CHITOSE (CHE) VOR/DME
TATE-YAMA	О.ХОНСЮ-ЯПОНИЯ	803-08	C36 34,1	B137 36,0	110°/20M.M.	TOYAMA (TOE) VOR/DME
TENGCHONG	КИТАЙ-Ю	705-11	C25 18,4	B098 27,4	292°/41M.M.	BAOSHAN (BSD) VOR
TOKACHI	ХОККАЙДО-ЯПОНИЯ	805-05	C43 25,1	B142 40,5	155°/17M.M.	ASAHIKAWA (AWE) VOR/DME
TORI-SHIMA	О-ВА ИДЗУ-ЯПОНИЯ	804-09	C30 28,5	B140 19,1	176°/160M.M.	HACHIJO JIMA (HCE) VOR/DME
UNNAMED	О.ЛУСОН – С	704-05	C20 19,5	B121 45,0	153°/108M.M.	HENGCHUN (HCN) VORTAC
UNNAMED	ТАЙВАНЬ-В	801-02	C21 49,5	B121 10,5	109°/19M.M.	HENGCHUN (HCN) VORTAC
UNNAMED	ТАЙВАНЬ-В	801-03	C24 00,0	B121 49,5	099°/10M.M.	HUALIEN (HLN) VOR/DME
UNNAMED	ТАЙВАНЬ-С	801-04	C25 24,4	B122 19,5	075°/46M.M.	ANPU (TAIPEI) (APU) VOR/DME
UNZEN	О.КЮСЮ-ЯПОНИЯ	802-10	C32 45,0	B130 18,0	121°/21M.M.	NAGASAKI (OLE) VOR/DME
USU	ХОККАЙДО-ЯПОНИЯ	805-03	C42 31,5	B140 49,5	264°/39M.M.	CHITOSE (CHE) VOR/DME
YAKE-DAKE	О.ХОНСЮ-ЯПОНИЯ	803-07	C36 13,1	B137 34,5	290°/16M.M.	MATSUMOTO (MBE) VOR/DME
ZAO	О.ХОНСЮ-ЯПОНИЯ	803-19	C38 09,0	B140 27,0	121°/5M.M.	ZAO-YAMADA (ZMO) VOR
ZENGYU	ТАЙВАНЬ-С	801-05	C26 10,5	B122 27,3	043°/78M.M.	ANPU (TAIPEI) (APU) VOR/DME

КОНТИНЕТАЛЬНАЯ АЗИЯ-КУРИЛЬСКИЕ ОСТРОВА-ПОЛУОСТРОВ КАМЧАТКА

ALAID	КУРИЛЬСКИЕ О-ВА	900-39	C50 48,0	B155 30,0	050°/610M.M.	NAKASHIBETSU (NSE) VOR/DME
ANJUISKY	РОССИЯ	1001-02	C67 10,1	B165 12,0	286°/639M.M.	KUKULIAK (SAVOONGA) (ULL) VOR/DME
ATSONUPURI	КУРИЛЬСКИЕ О-ВА	900-05	C44 49,1	B147 07,3	059°/119M.M.	NAKASHIBETSU (NSE) VOR/DME
AVACHINSKY	П-ОВ КАМЧАТКА	1000-10	C53 15,0	B158 51,0	276°/551M.M.	SHEMYA (SYA) VORTAC
BAITOUSHAN	КИТАЙ-В	1005-07	C41 58,5	B128 04,5	236°/83M.M.	YANJI (YNJ) VOR/DME
BALAGAN-TAS	РОССИЯ	1001-03	C66 25,5	B143 43,5	048°/780M.M.	CHULMAN (NERUNGRI) (NRG) VOR/DME
BARANSKY	КУРИЛЬСКИЕ О-ВА	900-08	C45 06,0	B148 01,5	063°/161M.M.	NAKASHIBETSU (NSE) VOR/DME
BEZYMIANNY	П-ОВ КАМЧАТКА	1000-25	C55 58,1	B160 36,0	294°/510M.M.	SHEMYA (SYA) VORTAC
CHIKURACHKI-TATARINO	КУРИЛЬСКИЕ О-ВА	900-36	C50 19,3	B155 27,3	052°/591M.M.	NAKASHIBETSU (NSE) VOR/DME
CHIRINKOTAN	КУРИЛЬСКИЕ О-ВА	900-26	C48 58,5	B153 28,5	053°/480M.M.	NAKASHIBETSU (NSE) VOR/DME
CHIRIP PENINSULA GROUP	КУРИЛЬСКИЕ О-ВА	900-09	C45 22,5	B147 55,1	057°/167M.M.	NAKASHIBETSU (NSE) VOR/DME
CHIRPOI	КУРИЛЬСКИЕ О-ВА	900-15	C46 31,3	B150 52,3	061°/307M.M.	NAKASHIBETSU (NSE) VOR/DME
EBEKO	КУРИЛЬСКИЕ О-ВА	900-38	C50 40,1	B155 55,5	051°/618M.M.	NAKASHIBETSU (NSE) VOR/DME
EKARMA	КУРИЛЬСКИЕ О-ВА	900-27	C48 57,0	B153 56,3	055°/493M.M.	NAKASHIBETSU (NSE) VOR/DME
FUSS PEAK	КУРИЛЬСКИЕ О-ВА	900-34	C50 13,1	B155 12,0	051°/579M.M.	NAKASHIBETSU (NSE) VOR/DME
GOLOVNIN	КУРИЛЬСКИЕ О-ВА	900-01	C43 48,4	B145 33,0	070°/29M.M.	NAKASHIBETSU (NSE) VOR/DME
GORELY	П-ОВ КАМЧАТКА	1000-07	C52 33,3	B158 01,5	272°/584M.M.	SHEMYA (SYA) VORTAC
GORIASCHAIA SOPKA	КУРИЛЬСКИЕ О-ВА	900-17B	C46 49,5	B151 45,0	062°/348M.M.	NAKASHIBETSU (NSE) VOR/DME
GROZNY GROUP	КУРИЛЬСКИЕ О-ВА	900-07	C45 01,1	B147 52,1	063°/152M.M.	NAKASHIBETSU (NSE) VOR/DME
HARIMKOTAN	КУРИЛЬСКИЕ О-ВА	900-30	C49 03,0	B154 25,5	055°/512M.M.	NAKASHIBETSU (NSE) VOR/DME
ILYINSKY	П-ОВ КАМЧАТКА	1000-03	C51 30,0	B157 12,0	267°/626M.M.	SHEMYA (SYA) VORTAC
KARPINSKY GROUP	КУРИЛЬСКИЕ О-ВА	900-35	C50 09,0	B155 22,1	052°/581M.M.	NAKASHIBETSU (NSE) VOR/DME
KARYMSKY	П-ОВ КАМЧАТКА	1000-13	C54 04,5	B159 25,5	281°/530M.M.	SHEMYA (SYA) VORTAC
KETOI	КУРИЛЬСКИЕ О-ВА	900-20	C47 21,0	B152 28,3	060°/389M.M.	NAKASHIBETSU (NSE) VOR/DME
KIKHPINYCH	П-ОВ КАМЧАТКА	1000-18	C54 28,5	B160 13,5	284°/504M.M.	SHEMYA (SYA) VORTAC
KIZIMEN	П-ОВ КАМЧАТКА	1000-23	C55 09,4	B160 31,5	289°/500M.M.	SHEMYA (SYA) VORTAC
KLIUCHEVSKOI	П-ОВ КАМЧАТКА	1000-26	C56 03,3	B160 38,2	295°/510M.M.	SHEMYA (SYA) VORTAC
KOLOKOL GROUP	КУРИЛЬСКИЕ О-ВА	900-12	C46 03,0	B150 03,3	063°/263M.M.	NAKASHIBETSU (NSE) VOR/DME
KORYAKSKY	П-ОВ КАМЧАТКА	1000-09	C53 18,4	B158 42,4	276°/556M.M.	SHEMYA (SYA) VORTAC
KOSHELEV	П-ОВ КАМЧАТКА	1000-02	C51 21,0	B156 43,5	266°/645M.M.	SHEMYA (SYA) VORTAC
KRASHENINNIKOV	П-ОВ КАМЧАТКА	1000-19	C54 36,0	B160 16,5	285°/503M.M.	SHEMYA (SYA) VORTAC
KRONOTSKY	П-ОВ КАМЧАТКА	1000-20	C54 45,0	B160 31,5	286°/496M.M.	SHEMYA (SYA) VORTAC
KSUDACH	П-ОВ КАМЧАТКА	1000-05	C51 48,0	B157 31,5	268°/610M.M.	SHEMYA (SYA) VORTAC

Название вулкана	Страна/штат/ регион	Номер вулкана	Широта-долгота вулкана		Радиал (маг. азимут) и расстояние от опорного навигационного средства	
KUNLUN VOLCANO GROUP	КИТАЙ-З	1004-03	С35 30,4	В080 12,0	167/92M.M.	SHACHE (SCH) VOR/DME
LONGGANG GROUP	КИТАЙ-В	1005-06	С42 19,5	В126 30,0	157°/110M.M.	CHANGCHUN (CGQ) VOR/DME
MALY SEMIACHIK	П-ОВ КАМЧАТКА	1000-14	С54 07,5	В159 40,5	282°/522M.M.	SHEMYA (SYA) VORTAC
MEDVEZHIA	КУРИЛЬСКИЕ О-ВА	900-10	С45 22,5	В148 48,0	064°/197M.M.	NAKASHIBETSU (NSE) VOR/DME
MENDELEEV	КУРИЛЬСКИЕ О-ВА	900-02	С43 54,0	В145 42,0	068°/37M.M.	NAKASH BETSU (NSE) VOR/DME
MUTNOVSKY	П-ОВ КАМЧАТКА	1000-06	С52 27,0	В158 10,5	271°/580M.M.	SHEMYA (SYA) VORTAC
NEMO PEAK	КУРИЛЬСКИЕ О-ВА	900-32	С49 33,4	В154 48,3	054°/542M.M.	NAKASHIBETSU (NSE) VOR/DME
OPALA	П-ОВ КАМЧАТКА	1000-08	С52 32,4	В157 20,1	272°/610M.M.	SHEMYA (SYA) VORTAC
PREVO PEAK	КУРИЛЬСКИЕ О-ВА	900-19	С47 00,4	В152 06,4	062°/366M.M.	NAKASHIBETSU (NSE) VOR/DME
RAIKOKE	КУРИЛЬСКИЕ О-ВА	900-25	С48 15,0	В153 15,0	057°/446M.M.	NAKASHIBETSU (NSE) VOR/DME
RASSHUA	КУРИЛЬСКИЕ О-ВА	900-22	С47 46,1	В153 01,1	059°/422M.M.	NAKASHIBETSU (NSE) VOR/DME
SARYCHEV PEAK	КУРИЛЬСКИЕ О-ВА	900-24	С48 05,3	В153 12,0	058°/439M.M.	NAKASHIBETSU (NSE) VOR/DME
SHEVELUCH	П-ОВ КАМЧАТКА	1000-27	С56 39,0	В161 21,0	300°/500M.M.	SHEMYA (SYA) VORTAC
SINARKA	КУРИЛЬСКИЕ О-ВА	900-29	С48 52,3	В154 10,3	056°/498M.M.	NAKASHIBETSU (NSE) VOR/DME
TAO-RUSYR CALDERA	КУРИЛЬСКИЕ О-ВА	900-31	С49 21,3	В154 42,3	054°/532M.M.	NAKASHIBETSU (NSE) VOR/DME
TIATIA	КУРИЛЬСКИЕ О-ВА	900-03	С44 21,0	В146 15,0	059°/72M.M.	NAKASHIBETSU (NSE) VOR/DME
TOLBACHIK	П-ОВ КАМЧАТКА	1000-24	С55 49,5	В160 19,5	293°/516M.M.	SHEMYA (SYA) VORTAC
UNNAMED	КУРИЛЬСКИЕ О-ВА	900-23	С48 04,5	В153 19,5	058°/443M.M.	NAKASHIBETSU (NSE) VOR/DME
UNNAMED	КУРИЛЬСКИЕ О-ВА	900-16	С46 30,0	В151 00,0	062°/311M.M.	NAKASHIBETSU (NSE) VOR/DME
USHISHIR CALDERA	КУРИЛЬСКИЕ О-ВА	900-21	С47 30,4	В152 48,4	060°/406M.M.	NAKASHIBETSU (NSE) VOR/DME
USHKOVSKY	П-ОВ КАМЧАТКА	1000-261	С56 06,4	В160 30,4	295°/515M.M.	SHEMYA (SYA) VORTAC
VEER	П-ОВ КАМЧАТКА	1000-102	С53 37,5	В158 34,5	278°/560M.M.	SHEMYA (SYA) VORTAC
WUDALIANCHI	КИТАЙ-В	1005-04	С48 42,4	В126 06,4	054°/124M.M.	QIQIHAER (NDG) VOR
XIANJINDAO	КОРЕЯ	1006-01	С41 19,5	В128 00,0	223°/116M.M.	PYONGYANG (SUNAN) (GK) VOR/DME
ZAVARITZKI CALDERA	КУРИЛЬСКИЕ О-ВА	900-18	С46 55,3	В151 57,0	062°/358M.M.	NAKASHIBETSU (NSE) VOR/DME
ZHELTOVSKY	П-ОВ КАМЧАТКА	1000-04	С51 34,1	В157 15,0	267°/623M.M.	SHEMYA (SYA) VORTAC
ZHUPANOVSKY	П-ОВ КАМЧАТКА	1000-12	С53 35,2	В159 08,5	278°/540M.M.	SHEMYA (SYA) VORTAC

АЛЕУТСКИЕ ОСТРОВА-ТИХИЙ ОКЕАН-СЕВЕРНАЯ АМЕРИКА

AKUTAN	АЛЕУТСКИЕ О-ВА	1101-32	С54 07,5	3165 58,1	222°/130M.M.	COLD BAY (COB) VORTAC
AMAK	АЛЕУТСКИЕ О-ВА	1101-39	С55 24,4	3163 09,0	286°/15M.M.	COLD BAY (CDB) VORTAC
AMUKTA	АЛЕУТСКИЕ О-ВА	1101-19	С52 30,0	3171 15,0	227°/343M.M.	COLD BAY (CDB) VORTAC
ANIAKCHAK	П-ОВ АЛЯСКА	1102-09	С56 52,5	3158 09,0	086°/16M.M.	TURNBULL (PORT HEIDEN) (PTH) VOR/ DME
ATKA	АЛЕУТСКИЕ О-ВА	1101-16	С52 22,5	3174 09,0	085°/431M.M.	SHEMYA (SYA) VORTAC
AUGUSTINE	АЛЯСКА-ЮЗ	1103-01	С59 21,4	3153 24,4	227°/63M.M.	HOMER (HOM) VORTAC
BOGOSLOF	АЛЕУТСКИЕ О-ВА	1101-30	С53 55,5	3168 01,5	231°/200M.M.	COLD BAY (CDB) VORTAC
CARLISLE	АЛЕУТСКИЕ О-ВА	1101-23	С52 54,0	3170 03,0	227°/293M.M.	COLD BAY (CDB) VORTAC
CHIGINAGAK	П-ОВ АЛЯСКА	1102-11	С57 07,5	3157 00,0	060°/54M.M.	TURNBULL (PORT HEIDEN) (PTH) VOR/ DME
CLEVELAND	АЛЕУТСКИЕ О-ВА	1101-24	С52 48,4	3169 57,0	225°/293M.M.	COLD BAY (CDB) VORTAC
FISHER	АЛЕУТСКИЕ О-ВА	1101-35	С54 39,4	3164 21,0	219°/65M.M.	COLD BAY (CDB) VORTAC
GARELOI	АЛЕУТСКИЕ О-ВА	1101-07	С51 46,5	3178 48,0	096°/269M.M.	SHEMYA (SYA) VORTAC
GLACIER PEAK	США-ВАШИНГТОН	1201-02	С48 06,4	3121 06,4	027°/63M.M.	SEATTLE (SEA) VORTAC
GREAT SITKIN	АЛЕУТСКИЕ О-ВА	1101-12	С52 04,5	3176 07,5	089°/362M.M.	SHEMYA (SYA) VORTAC
HALEAKALA	ГАВАЙСКИЕ О-ВА	1302-06	С20 42,3	3156 15,0	127°/15M.M.	MAUI (KAHULUI) (OGG) VORTAC
HUALALAI	ГАВАЙСКИЕ О-ВА	1302-04	С19 41,3	3155 51,4	065°/9M.M.	KONA (KAILUA-KONA) (IAI) VORTAC
ILIAMNA	АЛЯСКА-ЮЗ	1103-02	С60 01,5	3153 04,5	268°/52M.M.	HOMER (HOM) VORTAC
ISANOTSKI	АЛЕУТСКИЕ О-ВА	1101-37	С54 45,0	3163 43,5	210°/45M.M.	COLD BAY (CDB) VORTAC
ISKUT-UNUK RIVER GROUP	КАНАДА	1200-10	С56 34,5	3130 33,0	056°/84M.M.	LEVEL ISLAND (LVD) VOR/ DME
KAGAMIL	АЛЕУТСКИЕ О-ВА	1101-26	С52 57,4	3169 42,4	226°/281M.M.	COLD BAY (CDB) VORTAC
KANAGA	АЛЕУТСКИЕ О-ВА	1101-11	С51 54,4	3177 09,4	092°/326M.M.	SHEMYA (SYA) VORTAC
KASATOCHI	АЛЕУТСКИЕ О-ВА	1101-13	С52 10,5	3175 30,0	087°/384M.M.	SHEMYA (SYA) VORTAC
KATMAI	П-ОВ АЛЯСКА	1102-17	С58 16,1	3154 58,5	094°/62M.M.	KING SALMON (AKN) VORTAC
KILAUEA	ГАВАЙСКИЕ О-ВА	1302-01	С19 25,3	3155 17,3	211°/23M.M.	HILO (ITO) VORTAC
KISKA	АЛЕУТСКИЕ О-ВА	1101-02	С52 06,0	В177 36,0	101°/135M.M.	SHEMYA (SYA) VORTAC
KUPREANOF	П-ОВ АЛЯСКА	1102-06	С56 00,4	3159 48,0	196°/68M.M.	TURNBULL (PORT HEIDEN) (PTH) VOR/ DME
LASSEN	США-КАЛИФОРНИЯ	1203-07	С40 29,3	3121 30,3	036°/40M.M.	RED BLUFF (RBL) VORTAC
LITTLE SITKIN	АЛЕУТСКИЕ О-ВА	1101-05	С51 57,0	В178 31,5	100°/170M.M.	SHEMYA (SYA) VORTAC
MACDONALD	ТИХ.ОКЕАН - Ц	1303-07	Ю28 58,5	3140 15,0	176°/436M.M.	MURUROA (MRA) VOR/DME
MAGEIK	П-ОВ АЛЯСКА	1102-15	С58 12,0	3155 15,0	102°/56M.M.	KING SALMON (AKN) VORTAC
MAKUSHIN	АЛЕУТСКИЕ О-ВА	1101-31	С53 54,0	3166 55,5	225°/166M.M.	COLD BAY (CDB) VORTAC
MARTIN	П-ОВ АЛЯСКА	1102-14	С58 09,4	3155 21,0	105°/55M.M.	KING SALMON (AKN) VORTAC

Название вулкана	Страна/штат/регион	Номер вулкана	Широта-долгота вулкана		Радиал (маг. азимут) и расстояние от опорного навигационного средства	
MAUNALOA	ГАВАЙСКИЕ О-ВА	1302-02	C19 28,3	3155 36,3	103°/25M.M.	KONA (KAILUA-KONA) (IAI) VORTAC
MEDICINE LAKE	США-КАЛИФОРНИЯ	1203-02	C41 31,5	3121 31,5	149°/38M.M.	KLAMATH FALLS (LMT) VORTAC
MONO LAKE VOLCANO FIELD	США-КАЛИФОРНИЯ	1203-11	C38 01,5	3119 00,4	218°/56M.M.	MINA (MVA) VORTAC
MOUNT BAKER	США-ВАШИНГТОН	1201-01	C48 47,1	3121 48,4	087°/31M.M.	BELLINGHAM (BLI) VORTAC
MOUNT HOOD	США-ОРЕГОН	1202-01	C45 21,4	3121 42,0	209°/33M.M.	KLICKITAT (THE DALLES) (LTJ) VORTAC
MOUNT RAINIER	США-ВАШИНГТОН	1201-03	C46 51,4	3121 45,3	124°/41M.M.	SEATTLE (SEA) VORTAC
MOUNT SHASTA	США-КАЛИФОРНИЯ	1203-01	C41 24,0	3122 10,5	187°/49M.M.	KLAMATH FALLS (LMT) VORTAC
MOUNT ST HELENS	США-ВАШИНГТОН	1201-05	C46 12,0	3122 10,5	011°/32M.M.	BATTLE GROUND (BTG) VORTAC
MOUNT WRANGELL	П-ОВ АЛЯСКА-В	1105-02	C62 00,0	3144 00,4	074°/41M.M.	GULKANA (GKN) VORTAC
NOVARUPTA KATMAI	П-ОВ АЛЯСКА	1102-18	C58 16,1	3155 09,4	096°/57M.M.	KING SALMON (AKN) VORTAC
OKMOK	АЛЕУТСКИЕ О-ВА	1101-29	C53 24,4	3168 07,5	224°/218M.M.	COLD BAY (CDB) VORTAC
PAVLOF	П-ОВ АЛЯСКА	1102-03	C55 25,1	3161 54,0	055°/31M.M.	COLD BAY (CDB) VORTAC
PAVLOF SISTER	П-ОВ АЛЯСКА	1102-04	C55 27,0	3161 51,4	053°/33M.M.	COLD BAY (CDB) VORTAC
PROSPECT PEAK	США-КАЛИФОРНИЯ	1203-08	C40 33,0	3121 19,1	039°/50M.M.	RED BLUFF (RBL) VORTAC
REDOUBT	АЛЯСКА-ЮЗ	1103-03	C60 28,5	3152 45,0	235°/46M.M.	KENAI (ENA) VOR/DME
SEGUAM	АЛЕУТСКИЕ О-ВА	1101-18	C52 18,4	3172 30,4	229°/388M.M.	COLD BAY (CDB) VORTAC
SEMISOPOCHNOI	АЛЕУТСКИЕ О-ВА	1101-06	C51 55,5	B179 36,0	097°/209M.M.	SHEMYA (SYA) VORTAC
SHISHALDIN	АЛЕУТСКИЕ О-ВА	1101-36	C54 45,0	3163 57,4	216°/51M.M.	COLD BAY (CDB) VORTAC
SOUTH SISTER	США-ОРЕГОН	1202-08	C44 06,0	3121 45,4	227°/21M.M.	DESCHUTES (REDMOND) (DSD) VORTAC
SPURR	АЛЯСКА-ЮЗ	1103-04	C61 18,0	3152 15,0	298°/51M.M.	KENAI (ENA) VOR/DME
TANAGA	АЛЕУТСКИЕ О-ВА	1101-08	C51 52,5	3178 07,5	093°/291M.M.	SHEMYA (SYA) VORTAC
TRIDENT	П-ОВ АЛЯСКА	1102-16	C58 13,5	3155 04,5	097°/60M.M.	KING SALMON (AKN) VORTAC
TSEAX RIVER CONE	КАНАДА	1200-12	C55 06,4	3128 51,4	273°/86M.M.	HOUSTON (SMITHERS) (YYD) VOR/DME
UGASHIK-PEULIK	П-ОВ АЛЯСКА	1102-13	C57 45,0	3156 21,4	146°/59M.M.	KING SALMON (AKN) VORTAC
UKINREK MAARS	П-ОВ АЛЯСКА	1102-13	C57 49,5	3156 30,4	150°/54M.M.	KING SALMON (AKN) VORTAC
БЕЗЫМЯННЫЙ	ТИХ.ОКЕАН - Ц	1303-01	C09 49,1	3104 18,0	198°/107M.M.	PHNOM PENH (PNH) VOR/DME
БЕЗЫМЯННЫЙ	ТИХ.ОКЕАН - С	1301-02	C45 01,5	3130 12,0	259°/263M.M.	NEWPORT (ONP) VORTAC
БЕЗЫМЯННЫЙ	ТИХ.ОКЕАН - С	1301-01	C46 33,0	3129 34,3	246°/225M.M.	HOQUIAM (HQM) VORTAC
БЕЗЫМЯННЫЙ	ГАВАЙСКИЕ О-ВА	1302-09	C23 34,5	3163 49,5	282°/258M.M.	SOUTH KAUAI (SOK) VORTAC
VENIAMINOF	П-ОВ АЛЯСКА	1102-07	C56 09,4	3159 22,5	189°/53M.M.	TURNBULL (PORT HEIDEN) (PTH) VOR/ DME
VSEVIDOF	АЛЕУТСКИЕ О-ВА	1101-27	C53 07,5	3168 40,5	223°/244M.M.	COLD BAY (CDB) VORTAC
WESTDAHL	АЛЕУТСКИЕ О-ВА	1101-34	C54 30,0	3164 39,0	218°/79M.M.	COLD BAY (CDB) VORTAC
YUNASKA	АЛЕУТСКИЕ О-ВА	1101-21	C52 37,5	3170 37,5	226°/320M.M.	COLD BAY (CDB) VORTAC

МЕКСИКА-ЦЕНТРАЛЬНАЯ АМЕРИКА

ACATENANGO	ГВАТЕМАЛА	1402-08	C14 30,0	3090 52,3	251°/20M.M.	LA AURORA (GUAT. CITY) (AUR) VOR/ DME
ALMOLONGA	ГВАТЕМАЛА	1402-04	C14 48,4	3091 28,5	083°/52M.M.	TAPACHULA (TAP) VOR/DME
ARENAL	КОСТА-РИКА	1405-033	C10 27,5	3084 42,1	313°/39M.M.	EL COCO (SAN JOSE) (TIO) VOR/DME
ATITLAN	ГВАТЕМАЛА	1402-06	C14 34,6	3091 11,1	265°/38M.M.	LA AURORA (GUAT. CITY) (AUR) VOR/ DME
BARCENA	МЕКСИКА-О.	1401-02	C19 15,4	3110 48,0	185°/240M.M.	CABOS (SAN JOSE DEL CABO) (SJD) VOR/ DME
BARU	ПАНАМА	1407-01	C08 48,0	3082 33,3	342°/25M.M.	DAVID (DAV) VOR/DME
BARVA	КОСТА-РИКА	1405-05	C10 08,1	3084 06,0	040°/12M.M.	EL COCO (SAN JOSE) (TIO) VOR/DME
CERRO NEGRO	НИКАРАГУА	1404-07	C12 30,2	3086 42,1	157°/96M.M.	TONCONTIN (TEGUCIGALPA) (TNT) VOR/ DME
COLIMA VOLCANO COMPLEX	МЕКСИКА	1401-04	C19 30,5	3103 37,1	342°/14M.M.	COLIMA (COL) VOR/DME
CONCEPCION	НИКАРАГУА	1404-12	C11 32,2	3085 37,2	353°/56M.M.	LIBERIA (LIB) VOR/DME
CONCHAGUITA	САЛЬВАДОР	1403-12	C13 12,4	3087 45,5	209°/58M.M.	TONCONTIN (TEGUCIGALPA) (TNT) VOR/ DME
COSIGUINA	НИКАРАГУА	1404-01	C12 58,5	3087 33,4	193°/65M.M.	TONCONTIN (TEGUCIGALPA) (TNT) VOR/ DME
EL CHICHON	МЕКСИКА	1401-12	C17 21,4	3093 13,4	005°/36M.M.	TUXTLA (TUXTLA GUTIERREZ) (TGZ) VOR/DME
FUEGO	ГВАТЕМАЛА	1402-09	C14 28,2	3090 52,5	247°/21M.M.	LA AURORA (GUAT. CITY) (AUR) VOR/ DME
ILOPANGO	САЛЬВАДОР	1403-06	C13 40,2	3089 03,1	102°/3M.M.	ILOPANGO (SAN SALVADOR) (YSV) VOR/ DME
IRAZU	КОСТА-РИКА	1405-06	C09 58,4	3083 51,1	089°/22M.M.	EL COCO (SAN JOSE) (TIO) VOR/DME
IZALCO	САЛЬВАДОР	1403-03	C13 48,4	3089 37,6	280°/31M.M.	ILOPANGO (SAN SALVADOR) (YSV) VOR/ DME
LA YEGUADA	ПАНАМА	1407-02	C08 31,2	3080 54,4	004°/26M.M.	SANTIAGO (STG) VOR
LAGUNA VERDE	САЛЬВАДОР	1403-01	C13 53,3	3089 47,1	283°/40M.M.	ILOPANGO (SAN SALVADOR) (YSV) VOR/ DME
LAS PILAS	НИКАРАГУА	1404-08	C12 29,4	3086 41,2	156°/96M.M.	TONCONTIN (TEGUCIGALPA) (TNT) VOR/ DME
MASAYA	НИКАРАГУА	1404-10	C11 59,0	3086 09,4	334°/90M.M.	LIBERIA (LIB) VOR/DME
MICHOACAN-GUANAJUATO	МЕКСИКА	1401-06	C19 28,5	3102 15,0	285°/12M.M.	URUAPAN (UPN) VOR/DME
MIRAVALLES	КОСТА-РИКА	1405-03	C10 44,5	3085 09,1	066°/25M.M.	LIBERIA (LIB) VOR/DME
MOMOTOMBO	НИКАРАГУА	1404-09	C12 25,2	3086 32,2	153°/104M.M.	TONCONTIN (TEGUCIGALPA) (TNT) VOR/ DME
PACAYA	ГВАТЕМАЛА	1402-11	C14 22,5	3090 36,0	194°/13M.M.	LA AURORA (GUAT. CITY) (AUR) VOR/ DME

Название вулкана	Страна/штат/ регион	Номер вулкана	Широта-долгота вулкана		Радиал (маг. азимут) и расстояние от опорного навигационного средства	
PICO DE ORIZABA	МЕКСИКА	1401-10	С19 01,5	3097 16,1	256°/61M.M.	VERACRUZ (VER) VOR/DME
PINACATE PEAKS	МЕКСИКА	1401-001	С31 46,2	3113 29,5	349°/25M.M.	PENASCO (PUNTA PENASCO) (PPE) VOR/ DME
POAS	КОСТА-РИКА	1405-04	С10 12,0	3084 13,6	360°/12M.M.	EL COCO (SAN JOSE) (TIO) VOR/DME
POPOCATEPETL	МЕКСИКА	1401-09	С19 01,2	3098 37,2	233°/16M.M.	PUEBLA (PBC) VOR/DME
RINCON DE LA VIEJA	КОСТА-РИКА	1405-02	С10 49,5	3085 19,3	040°/19M.M.	LIBERIA (LIB) VOR/DME
SAN CRISTOBAL	НИКАРАГУА	1404-02	С12 42,1	3087 00,1	166°/80M.M.	TONCONTIN (TEGUCIGALPA) (TNT) VOR/ DME
SAN MIGUEL	САЛЬВАДОР	1403-10	С13 25,5	3088 16,2	087°/45M.M.	EL SALVADOR (SAN SALVADOR) (CAT) VOR/DME
SAN SALVADOR	САЛЬВАДОР	1403-05	С13 44,1	3089 17,1	282°/10M.M.	ILOPANGO (SAN SALVADOR) (YSV) VOR/ DME
SANTA ANA	САЛЬВАДОР	1403-02	С13 51,1	3089 37,5	284°/31M.M.	ILOPANGO (SAN SALVADOR) (YSV) VOR/ DME
SANTA MARIA	ГВАТЕМАЛА	1402-03	С14 45,2	3091 33,1	087°/47M.M.	TAPACHULA (TAP) VOR/DME
SOCORRO	МЕКСИКА-О.	1401-021	С18 45,0	3110 57,0	184°/271M.M.	CABOS (SAN JOSE DEL CABO) (SJD) VOR/ DME
TACANA	МЕКСИКА	1401-13	С15 07,5	3092 06,5	032°/25M.M.	TAPACHULA (TAP) VOR/DME
TELICA	НИКАРАГУА	1404-04	С12 36,1	3086 50,4	161°/88M.M.	TONCONTIN (TEGUCIGALPA) (TNT) VOR/ DME
TRES VIRGENES	МЕКСИКА	1401-01	С27 28,1	3112 35,3	289°/19M.M.	ROSALIA (SANTA ROSALIA) (SRL) VOR/ DME
TURRIALBA	КОСТА-РИКА	1405-07	С10 01,5	3083 46,1	083°/27M.M.	EL COCO (SAN JOSE) (TIO) VOR/DME
VOLCANO CEBORUCO	МЕКСИКА	1401-03	С21 07,3	3104 30,0	124°/25M.M.	TEPIC (TNY) VOR/DME
VOLCANO DE SAN MARTIN	МЕКСИКА	1401-11	С18 34,2	3095 10,1	304°/43M.M.	MINATITLAN (MTT) VOR/DME

ЮЖНАЯ АМЕРИКА-КАРИБСКОЕ МОРЕ

ANTISANA	ЭКВАДОР	1502-03	Ю00 28,5	3078 08,2	047°/39M.M.	LATACUNGA (LTV) VOR/DME
ANTUCO	ЧИЛИ-Ц	1507-08	Ю37 24,2	3071 20,6	081°/51M.M.	LOS ANGELES (MAD) VOR
ARACAR	АРГЕНТИНА	1505-107	Ю24 16,1	3067 46,1	152°/122M.M.	EL LOA (CALAMA) (LOA) VOR/DME
CALBUCO	ЧИЛИ-Ю	1508-02	Ю41 18,4	3072 36,0	061°/23M.M.	PUERTO MONTT (MON) VOR/DME
CALLAQUI	ЧИЛИ-Ц	1507-081	Ю37 54,4	3071 24,4	113°/57M.M.	LOS ANGELES (MAD) VOR
CARRAN-LOS VENADOS	ЧИЛИ-Ц	1507-14	Ю40 21,0	3072 04,1	239°/48M.M.	SAN MARTIN DE LOS ANDES (CHP) VOR/ DME
CERRO QUIZAPU AZUL	ЧИЛИ-Ц	1507-06	Ю35 39,1	3070 45,4	144°/46M.M.	CURICO ([CO) VOR/DME
CERRO AZUL	О-ВА ГАЛАПАГОС	1503-06	Ю00 54,0	3091 25,1	274°/631M.M.	SALINAS (SAV) VOR/DME
CERRO BRAVO	КОЛУМБИЯ	1501-011	С05 05,3	3075 18,0	255°/23M.M.	MARIQUITA (MQU) VOR
CERRO HUDSON	ЧИЛИ-Ю	1508-057	Ю45 54,0	3072 58,1	137°/50M.M.	PUERTO (PAR) VOR/DME
CERRO YANTELES	ЧИЛИ-Ю	1508-051	Ю43 25,1	3072 49,3	236°/82M.M.	ESQUEL (ESQ) VOR
CHACANA	ЭКВАДОР	1502-022	Ю00 22,3	3078 15,0	033°/39M.M.	LATACUNGA (LTV) VOR/DME
CORCOVADO	ЧИЛИ-Ю	1508-05	Ю43 10,5	3072 48,0	246°/76M.M.	ESQUEL (ESQ) VOR
CORDON CAULLE	ЧИЛИ-Ц	1507-141	Ю40 30,4	3072 12,0	232°/57M.M.	SAN MARTIN DE LOS ANDES (CHP) VOR/ DME
COTOPAXI	ЭКВАДОР	1502-05	Ю00 40,4	3078 26,1	036°/18M.M.	LATACUNGA (LTV) VOR/DME
CUMBAL	КОЛУМБИЯ	1501-10	С00 58,5	3077 52,5	236°/43M.M.	PASTO (PST) VOR/DME
DESCABEZADO GRANDE	ЧИЛИ-Ц	1507-05	Ю35 34,5	3070 45,0	141°/43M.M.	CURICO (ICO) VOR/DME
DONA JUANA	КОЛУМБИЯ	1501-07	С01 28,1	3076 55,1	085°/22M.M.	PASTO (PST) VOR/DME
EL MISTI	ПЕРУ	1504-01	Ю16 17,4	3071 24,3	079°/11M.M.	AREQUIPA (EQU) VOR/DME
FERNANDINA	О-ВА ГАЛАПАГОС	1503-01	Ю00 22,1	3091 33,0	266°/76M.M.	GALAPAGOS (ISLA BALTRA) (GLV) VOR/ DME
GALERAS	КОЛУМБИЯ	1501-08	С01 13,1	3077 22,1	204°/11M.M.	PASTO (PST) VOR/DME
GUAGUA PICHINCHA	ЭКВАДОР	1502-02	Ю00 10,2	3078 35,5	001°/45M.M.	LATACUNGA (LTV) VOR/DME
GUALLATIRI	ЧИЛИ-С	1505-02	Ю18 25,1	3069 10,1	107°/67M.M.	TACNA (TCA) VOR/DME
HUAYNAPUTINA	ПЕРУ	1504-03	Ю16 36,3	3070 51,0	111°/46M.M.	AREQUIPA (EQU) VOR/DME
HUEQUI	ЧИЛИ-Ю	1508-03	Ю42 21,4	3072 34,5	146°/601M.M.	PUERTO MONTT (MON) VOR/DME
HUILA	КОЛУМБИЯ	1501-05	С02 55,1	3076 03,0	1465°/36M.M.	CALI (CLO) VOR/DME
ISLUGA	ЧИЛИ-С	1505-03	Ю19 09,0	3068 49,5	12019°/98M.M.	ARICA (ARI) VOR/DME
KICK-'EM-JENNY	ВЕСТ-ИНДИЯ	1600-16	С12 18,0	3061 37,5	040°/20M.M.	POINT SALINES (ST GEORGE'S) (GND) VOR/DME
LASCAR	ЧИЛИ-С	1505-10	Ю23 22,1	3067 43,5	131°/82M.M.	EL LOA (CALAMA) (LOA) VOR/DME
LAUTARO	ЧИЛИ-Ю	1508-06	Ю49 00,4	3073 33,0	128°/95M.M.	ISLOTE SAN PEDRO (ISP) VOR/DME
LLAIMA	ЧИЛИ-Ц	1507-11	Ю38 42,0	3071 42,0	075°/43M.M.	TEMUCO (TCO) VOR/DME
LLULLAILLACO	ЧИЛИ-С	1505-11	Ю24 43,1	3068 31,5	125°/129M.M.	ANTOFAGASTA (FAG) VOR/DME
LONQUIMAY	ЧИЛИ-Ц	1507-10	Ю38 22,1	3071 34,5	055°/54M.M.	TEMUCO (TCO) VOR/DME
MAIPO	ЧИЛИ-Ц	1507-021	Ю34 09,4	3069 49,4	127°/58M.M.	LOS CERRILLOS (SANTIAGO) (SCL) VOR/ DME
MARCHENA	О-ВА ГАЛАПАГОС	1503-08	С00 19,5	3090 28,1	046°/497M.M.	BANDA ACEH (BAC) VOR/DME
MICOTRIN	ВЕСТ-ИНДИЯ	1600-10	С15 19,5	3061 19,5	351°/47M.M.	FORT DE FRANCE (FOF) VOR/DME
MINCHINMAVIDA	ЧИЛИ-Ю	1508-04	Ю42 46,5	3072 25,5	265°/58M.M.	ESQUEL (ESQ) VOR
MOCHO-CHOSHUENCO	ЧИЛИ-Ц	1507-13	Ю39 55,4	3072 01,5	270°/43M.M.	SAN MARTIN DE LOS ANDES (CHP) VOR/ DME
MONTAGNE PELEE	ВЕСТ-ИНДИЯ	1600-12	С14 49,1	3061 10,1	341°/16M.M.	FORT DE PRANCE (FOF) VOR/DME
MONTE BURNEY	ЧИЛИ-Ю	1508-07	Ю52 19,5	3073 24,0	208°/50M.M.	PUERTO NATALES (PNT) VOR/DME

Название вулкана	Страна/штат/регион	Номер вулкана	Широта-долгота вулкана		Радиал (маг. азимут) и расстояние от опорного навигационного средства	
MORNE PATATES	ВЕСТ-ИНДИЯ	1600-11	С15 13,1	З061 22,1	344°/42М.М.	FORT DE FRANCE (FOF) VOR/DME
MOUNT LIAMUIGA	ВЕСТ-ИНДИЯ	1600-03	С17 22,1	З062 48,0	167°/43М.М.	SAINT MAARTEN (PJM) VOR/DME
NEGRO DE MAYASQUER	КОЛУМБИЯ	1501-11	С00 49,4	З077 57,3	262°/17М.М.	IPIALES (IPI) VOR
NEVADOS DE CHILLAN	ЧИЛИ-Ц	1507-07	Ю36 51,5	З071 22,3	110°/36М.М.	CHILLAN (CHI) VOR/DME
OLCA-PARUMA	ЧИЛИ-С	1505-05	Ю20 55,5	З068 28,5	015°/96М.М.	EL LOA (CALAMA) (LOA) VOR/DME
OSORNO	ЧИЛИ-Ю	1508-01	Ю41 06,0	З072 30,0	042°/33М.М.	PUERTO MONTT (MON) VOR/DME
PINTA	О-ВА ГАЛАПАГОС	1503-07	С00 34,5	З090 45,0	328°/67М.М.	BANDA ACEH (BAC) VOR/DME
PLANCHON-PETEROA	ЧИЛИ-Ц	1507-04	Ю35 14,2	З070 34,1	110°/35М.М.	CURICO (ICO) VOR/DME
PUNTIAGUDO-CORDON CEN	ЧИЛИ-Ц	1507-16	Ю40 57,0	З072 15,4	042°/47М.М.	PUERTO MONTT (MON) VOR/DME
PURACE	КОЛУМБИЯ	1501-06	С02 18,0	З076 24,0	058°/54М.М.	MERCADERES (MER) VOR
PUTANA	ЧИЛИ-С	1505-09	Ю22 33,4	З067 51,4	095°/56М.М.	EL LOA (CALAMA) (LOA) VOR/DME
QUALIBOU	ВЕСТ-ИНДИЯ	1600-14	С13 49,5	З061 03,0	336°/7М.М.	HEWANORRA (SAINT LUCIA) (BNE) VOR/ DME
QUILOTOA	ЭКВАДОР	1502-06	Ю00 51,0	З078 54,0	284°/17М.М.	LATACUNGA (LTV) VOR/DME
REVENTADOR	ЭКВАДОР	1502-01	Ю00 04,4	З077 39,2	048°/76М.М.	LATACUNGA (LTV) VOR/DME
ROBINSON CRUSOE	ЧИЛИ-О.	1506-02	Ю33 39,2	З078 51,0	292°/340М.М.	CONCEPCION (CAR) VOR/DME
RUIZ	КОЛУМБИЯ	1501-02	С04 53,4	З075 19,2	234°/30М.М.	MARIQUITA (MQU) VOR
SABA	ВЕСТ-ИНДИЯ	1600-01	С17 37,5	З063 13,5	206°/25М.М.	SAINT MAARTEN (PJM) VOR/DME
SABANCAYA	ПЕРУ	1504-003	Ю15 46,5	З071 51,0	338°/36М.М.	AREQUIPA (EQU) VOR/DME
SAN JOSE	ЧИЛИ-Ц	1507-02	Ю33 46,6	З069 53,5	107°/43М.М.	LOS CERRILLOS (SANTIAGO) (SCL) VOR/ DME
SAN PEDRO	ЧИЛИ-С	1505-07	Ю21 52,5	З068 24,0	037°/45М.М.	EL LOA (CALAMA) (LOA) VOR/DME
SANGAY	ЭКВАДОР	1502-09	Ю02 01,5	З078 19,5	210°/36М.М.	PASTAZA (SHELL MERA) (PAV) VOR/DME
SANTIAGO	О-ВА ГАЛАПАГОС	1503-09	Ю00 13,1	З090 46,1	287°/31М.М.	GALAPAGOS (ISLA BALTRA) (GLV) VOR/ DME
SIERRA NEGRA	О-ВА ГАЛАПАГОС	1503-05	Ю00 49,5	З091 10,1	275°/617М.М.	SALINAS (SAV) VOR/DME
SOUFRIERE GUADELOUPE	ВЕСТ-ИНДИЯ	1600-06	С16 03,0	З061 40,1	224°/15М.М.	POINTE A PITRE (PPR) VOR/DME
SOUFRIERE HILLS	ВЕСТ-ИНДИЯ	1600-05	С16 43,1	З062 10,5	235°/32М.М.	V.C. BIRD (SAINT JOHNS) (ANU) VOR/DME
SOUFRIERE ST VINCENT	ВЕСТ-ИНДИЯ	1600-15	С13 19,5	З061 10,5	219°/26М.М.	HEWANORRA (SAINT LUCIA) (BNE) VOR/ DME
SUMACO	ЭКВАДОР	1502-04	Ю00 33,4	З077 39,0	021°/60М.М.	PASTAZA (PAV) VOR/DME
TINGUIRIRICA	ЧИЛИ-Ц	1507-03	Ю34 48,5	З070 21,1	071°/43М.М.	CURICO (ICO) VOR/DME
TOLIMA	КОЛУМБИЯ	1501-03	С04 40,1	З075 19,5	324°/21М.М.	IBAGUE (BG) VOR/DME
TUNGURAHUA	ЭКВАДОР	1502-08	Ю01 27,6	З078 26,3	149°/12М.М.	AMBATO (AMV) VOR/DME
TUPUNGATITO	ЧИЛИ-Ц	1507-01	Ю33 24,0	З069 48,0	077°/45М.М.	LOS CERRILLOS (SANTIAGO) (SCL) VOR/ DME
TUTUPACA	ПЕРУ	1504-04	Ю17 01,3	З070 21,3	359°/65М.М.	TACNA (TCA) VOR/DME
UBINAS	ПЕРУ	1504-02	Ю16 21,2	З070 54,1	093°/39М.М.	AREQUIPA (EQU) VOR/DME
VILLARRICA	ЧИЛИ-Ц	1507-12	Ю38 25,1	З071 57,0	132°/50М.М.	TEMUCO (TCO) VOR/DME
VOLCANO ALCEDO	О-ВА ГАЛАПАГОС	1503-04	Ю00 25,5	З091 07,1	264°/50М.М.	GALAPAGOS (ISLA BALTRA) (GLV) VOR/ DME
VOLCANO VIEDMA	ЧИЛИ-Ю	1508-061	Ю49 25,1	З073 16,5	131°/121М.М.	ISLOTE SAN PEDRO (ISP) VOR/DME
VOLCANO WOLF	О-ВА ГАЛАПАГОС	1503-02	С00 01,1	З091 21,0	052°/524М.М.	GALAPAGOS (ISLA BALTRA) (GLV) VOR/ DME
YUCAMANE	ПЕРУ	1504-05	Ю17 10,5	З070 12,0	007°/56М.М.	TACNA (TCA) VOR/DME

ИСЛАНДИЯ-АТЛАНТИКА-АНТАРКТИКА

AGUA DE PAU	АЗОРСКИЕ О-ВА	1802-09	С37 46,1	З025 28,1	120°/14М.М.	SAN MIGUEL (VMG) VORTAC
ASKJA	ИСЛАНДИЯ-СВ	1703-06	С65 01,5	З016 45,0	162°/54М.М.	AKUREYRI (AKI) VOR/DME
BARDARBUNGA	ИСЛАНДИЯ-СВ	1703-03	С64 37,5	З017 31,5	352°/55М.М.	INGO (ING) VOR/DME
BOUVET	Ю.АТЛАНТИКА	1806-02	Ю54 24,4	В 003 21,0	227°/1385М.М.	CAPE TOWN (CTV) VOR/DME
BRISTOL ISLAND	АНТАРКТИКА	1900-08	Ю59 01,5	З026 34,5	072°/905М.М.	MARAMBIO (MBI) VOR/DME
BUCKLE ISLAND	АНТАРКТИКА	1900-01	Ю66 48,0	В163 15,0	160°/1236М.М.	INVERCARGILL (NV) VOR/DME
CANDLEMAS ISLAND	АНТАРКТИКА	1900-10	Ю57 04,5	З026 42,4	066°/970М.М.	MARAMBIO (MBI) VOR/DME
DECEPTION ISLAND	АНТАРКТИКА	1900-03	Ю62 58,1	З060 39,0	211°/65М.М.	ISLA REY JORGE (IRJ) VOR/DME
DON JOAO DE CASTRO BANK	АЗОРСКИЕ О-ВА	1802-07	С38 13,5	З026 37,5	159°/40М.М.	LAJES (LM) VOR
ESJUFJOLL	ИСЛАНДИЯ-ЮВ	1704-02	С64 16,1	З016 34,1	020°/28М.М.	INGO (ING) VOR/DME
EYJAFJOLL	ИСЛАНДИЯ-Ю	1702-02	С63 37,5	З019 36,4	280°/80М.М.	INGO (ING) VOR/DME
FAYAL	АЗОРСКИЕ О-ВА	1802-01	С38 36,0	З028 43,5	326°/7М.М.	HORTA (VFL) VORTAC
FOGO	О-ВА ЗЕЛ.МЫСА	1804-01	С14 57,0	З024 21,0	230°/134М.М.	SAL (CVS) VOR/DME
FREMRINAMUR	ИСЛАНДИЯ-СВ	1703-07	С65 25,3	З016 39,0	139°/39М.М.	AKUREYRI (AKI) VOR/DME
FURNAS	АЗОРСКИЕ О-ВА	1802-10	С37 46,1	З025 19,1	114°/21М.М.	SAN MIGUEL (VMG) VORTAC
GRIMSVOTN	ИСЛАНДИЯ-СВ	1703-01	С64 25,1	З017 19,5	351°/41М.М.	INGO (ING) VOR/DME
HEKLA	ИСЛАНДИЯ-Ю	1702-07	С63 58,5	З019 42,0	110°/77М.М.	KEFLAVIK (KEF) VORTAC
HIERRO	КАНАРСКИЕ О-ВА	1803-02	С27 43,5	З018 00,0	265°/71М.М.	TENERIFE-SOUTH (TFS) VOR/DME
JAN MAYEN	С.АТЛАНТИКА	1706-01	С71 04,5	З008 10,1	048°/386М.М.	AKUREYRI (AKI) VOR/DME
KATLA	ИСЛАНДИЯ-Ю	1702-03	С63 37,5	З019 01,5	278°/64М.М.	INGO (ING) VOR/DME
KOLBEINSEY RIDGE	ИСЛАНДИЯ-С	1705-01	С67 07,1	З018 36,0	009°/83М.М.	AKUREYRI (AKI) VOR/DME

Название вулкана	Страна/штат/ регион	Номер вулкана	Широта-долгота вулкана		Радиал (маг. азимут) и расстояние от опорного навигационного средства	
KRAFLA	ИСЛАНДИЯ-СВ	1703-08	С65 43,5	3016 46,5	111°/30M.M.	AKUREYRI (AKI) VOR/DME
KRAKAGIGAR	ИСЛАНДИЯ-Ю	1702-09	С64,00,4	3019 27,4	297°/75M.M.	INGO (ING) VOR/DME
KVERKFJOLL	ИСЛАНДИЯ-СВ	1703-05	С64 39,0	3016 43,1	014°/51M.M.	INGO (ING) VOR/DME
LA PALMA	КАНАРСКИЕ О-ВА	1803-01	С28 34,5	3017 49,5	308°/69M.M.	TENERIFE-SOUTH (TFS) VOR/DME
LANZAROTE	КАНАРСКИЕ О-ВА	1803-06	С29 01,5	3013 37,5	359°/5M.M.	LANZAROTE (LT) VOR/DME
LOKI-FOGRUFJOLL	ИСЛАНДИЯ СВ	1703-02	С64 28,3	3017 48,0	340°/50M.M.	INGO (ING) VOR/DME
MONACO BANK	АЗОРСКИЕ О-ВА	1802-11	С37 36,0	3025 52,5	213°/15M.M.	SAN MIGUEL (VMG) VORTAC
MOUNT EREBUS	АНТАРКТИКА	1900-02	Ю77 31,5	В167 10,1	155°/1872M.M.	INVERCARGILL (NV) VOR/DME
MOUNT MELBOURNE	АНТАРКТИКА	1900-015	Ю74 21,0	В164 42,0	157°/1683M.M.	INVERCARGILL (NV) VOR/DME
MOUNT MICHAEL	АНТАРКТИКА	1900-09	Ю57 46,5	3026 27,0	069°/951M.M.	MARAMBIO (MBI) VOR/DME
MUNDAFELL	ИСЛАНДИЯ-Ю	1702-08	С63 58,5	3019 33,0	296°/78M.M.	INGO (ING) VOR/DME
ORAEFAJOKULL	ИСЛАНДИЯ-ЮВ	1704-01	С64 00,0	3016 39,0	015°/11M.M.	INGO (ING) VOR/DME
PENGUIN	АНТАРКТИКА	1900-031	Ю62 06,0	3057 55,5	068°/30M.M.	ISLA REY JORGE (IRJ) VOR/DME
PICO	АЗОРСКИЕ О-ВА	1802-02	С38 27,4	3028 24,0	121°/11M.M.	HORTA (VFL) VORTAC
PROTECTOR SHOAL	АНТАРКТИКА	1900-14	Ю55 54,4	3028 04,5	061°/981M.M.	MARAMBIO (MBI) VOR/DME
REYKJANES	ИСЛАНДИЯ-ЮЗ	1701-02	С63 52,3	3022 30,0	175°/7M.M.	KEFLAVIK (KEF) VORTAC
REYKJANESHRYGGUR	ИСЛАНДИЯ-ЮЗ	1701-01	С63 40,1	3023 19,3	244°/26M.M.	KEFLAVIK (KEF) VORTAC
SAN JORGE	АЗОРСКИЕ О-ВА	1802-03	С38 39,0	3028 04,5	085°/26M.M.	HORTA (VFL) VORTAC
SEAL NUNATAKS GROUP	АНТАРКТИКА	1900-05	Ю65 01,5	3060 03,0	229°/100M.M.	MARAMBIO (MBI) VOR/DME
SETE CIDADES	АЗОРСКИЕ О-ВА	1802-08	С37 52,1	3025 46,5	336°/1M.M.	SANTA MARIA (VMG) VORTAC
TENERIFE	КАНАРСКИЕ О-ВА	1803-03	С28 16,2	3016 38,3	016°/16M.M.	TENERIFE-SOUTH (TFS) VOR/DME
TERCEIRA	АЗОРСКИЕ О-ВА	1802-05	С38 43,5	3027 18,4	266°/10M.M.	LAJES (LM) VOR
TJORNES FRACTURE ZONE	ИСЛАНДИЯ-С	1703-10	С66 18,0	3017 06,0	052°/39M.M.	AKUREYRI (AKI) VOR/DME
TRISTAN DA CUNHA	Ю.АТЛАНТИКА	1806-01	Ю37 05,3	3012 16,5	276°/1508M.M.	ROBBEN ISLAND (RIV) VOR/DME
БЕЗЫМЯННЫЙ	АРКТИЧ. ОКЕАН	2001-01	С88 15,4	3065 36,0	066°/706M.M.	THULE (THT) VORTAC
БЕЗЫМЯННЫЙ	АЗОРСКИЕ О-ВА	1802-081	С37 46,5	3025 40,1	145°/5M.M.	SAN MIGUEL (VMG) VORTAC
БЕЗЫМЯННЫЙ	С.АТЛАНТИКА	1801-02	С49 00,0	3034 30,0	001°/589M.M.	FLORES (FRS) VOR/DME
БЕЗЫМЯННЫЙ	С.АТЛАНТИКА	1801-04	С38 45,0	3038 04,5	279°/323M.M.	FLORES (FRS) VOR/DME
БЕЗЫМЯННЫЙ	Ц.АТЛАНТИКА	1805-03	Ю00 34,5	3015 49,5	007°/449M.M.	ASCENSION AUX (ASI) VORTAC
VESTMANNAEYJAR	ИСЛАНДИЯ-Ю	1702-01	С63 27,4	3020 28,5	138°/6570M.M.	KEFLAVIK (KEF) VORTAC
ZAVODOVSKI	АНТАРКТИКА	1900-13	Ю56 18,0	3027 33,4	063°/978M.M.	MARAMBIO (MBI) VOR/DME

Добавление G

БАЗА ДАННЫХ ПО КОНТАКТАМ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ С ОБЛАКАМИ ПЕПЛА

Геологическая служба Соединенных Штатов Америки
(См. п. 6.8.1)

БАЗА ДАННЫХ ПО КОНТАКТАМ

В таблице 2 приведена вся имеющаяся информация о 83 случаях попадания воздушных судов в облака вулканического пепла. Указанная база данных представлена в виде таблицы в хронологическом порядке начиная с 1935 года. Класс тяжести последствий контакта, присвоенный в каждом случае, основан на показателе тяжести последствий контакта с пеплом, приведенном в таблице 1. В том случае, когда воздушному судну было нанесено повреждение во время стоянки в аэропорту, тяжесть последствий инцидента указывается в виде обозначения "воздушное судно на земле" (AOG). Тяжесть последствий контактов номер 91–16 и 91–20 была классифицирована как AOG-2, поскольку повреждение класса 2 было нанесено воздушному судну, когда оно находилось на земле. В случае контакта номер 91–04 тяжесть последствий была классифицирована как 1 (3*), поскольку повреждение класса 1 было нанесено в то время, когда воздушное судно находилось в воздухе, а повреждение класса 3 было выявлено только при попытке воздушного судна выполнить взлет через семь дней после контакта с пеплом. Контактам 91–03 и 91–14 был присвоен показатель тяжести в виде "недостаточных данных" (ISD), поскольку определить масштаб повреждения от контакта с пеплом на основе имеющихся данных не представлялось возможным.

РЕЗЮМЕ

В таблице 2 приводятся критерии определения показателя тяжести последствий (на основе показателя тяжести последствий контакта с пеплом в таблице 1) по каждому из 83 контактов вместе с присвоенной категорией тяжести последствий контактов с пеплом. В таблице 3 приводятся сводные данные, отражающие некоторые основные факты по всем зарегистрированным инцидентам, а в таблице 4 содержится выборочная информация по тем инцидентам, которым был присвоен класс тяжести 4. На основе анализа этих данных можно сделать ряд заключений.

Из 8 инцидентов с тяжестью последствий класса 4, что означает потерю мощности у реактивных двигателей, два из них произошли в Соединенных Штатах Америки: один после извержения в 1980 г. вулкана Сент Хеленс в штате Вашингтон, а другой в 1989 г. после извержения вулкана Редаут на Аляске (таблица 4). В двух случаях имели место по два контакта класса 4, связанных с одним извержением: два инцидента в 1982 г. после извержения вулкана Галунггунг в Индонезии и два инцидента в 1991 г., связанных с извержением вулкана Пинатубо на Филиппинах. Третий инцидент произошел в 1982 г. в результате более позднего извержения вулкана Галунггунг. Самый последний инцидент класса 4 имел место в Японии после извержения вулкана Ундзен в июне 1991 г.

На рис. 1 показано распределение классов показателя тяжести последствий по 81 случаю контактов. В указанный перечень не были включены два инцидента, по которым не имеется достаточных данных. При

расчете приводимых статистических данных для инцидента 91–04 был использован показатель тяжести класса 1, а четырем из указанных инцидентов была присвоена категории тяжести AOG (см. таблицу 2). Повреждение, нанесенное немногим более чем в половине всех зарегистрированных случаев, соответствовало тяжести класса 2. В рамках этого класса наиболее часто встречающимся критерием (54 % от общего числа указанных факторов класса 2) является абразивное истирание или растрескивание стекол в результате воздействия пепла, после чего следует повреждение, вызванное абразивной обработкой внешней поверхности воздушного судна, что составляет 28,6 % от приведенных факторов класса 2. Эффект абразивной обработки входного аппарата двигателя или лопаток компрессора был отмечен в 9,5 % инцидентов класса 2. Большинству воздушных судов, связанных с контактами класса 0, не было нанесено какое-либо заметное повреждение (61,1 % случаев по критериям класса 0). Электростатический разряд, вызывающий эффект "огней св. Эльма" (свечения), наблюдался в 27,8 % случаев, а наличие в воздушном судне резкого запаха отмечалось в 11,1 % случаев с показателем тяжести последствий класса 0. Наиболее распространенным критерием в категории класса 3 является общее повреждение двигателей, составляющее 61,5 % от всех факторов класса 3, после чего следует загрязнение масляной жидкости гидравлической системы двигателя, на которое приходится 23 % факторов данного класса. Из трех инцидентов, относящихся к классу тяжести 1, в двух случаях во время контакта с облаком пепла была зарегистрирована легкая пыль в кабине экипажа, и в одном случае наблюдались колебания температуры выхлопных газов с возвратом к нормальным значениям.

На рис. 2 показано общее число контактов реактивных воздушных судов с вулканическим пеплом, зарегистрированных в течение каждого года в период с 1970 по 1995 гг. Приводимый график отражает суммарные данные о 83 контактах. Большое число (25) контактов, зарегистрированных в 1991 г., связано в основном с извержением вулкана Пинатубо, на которое приходится 18 инцидентов. Все 8 контактов в 1980 г. явились результатом извержений вулкана Сент Хеленс, а все 7 контактов в 1982 г. были связаны с двумя извержениями вулкана Галунггунг. Три из 6 случаев контакта воздушных судов с пеплом в 1977 г. произошли в результате извержения вулкана Усу (Япония). Четыре из 6 контактов в 1986 г. связаны с извержением вулкана Идзу-Осима в Японии. Все 5 контактов в 1976 г. относятся к извержению вулкана Огастин (Соединенные Штаты Америки), а 4 контакта в 1979 г., зарегистрированные в течение 5 недель, явились результатом деятельности вулкана Сакурадзима.

В таблице 5 показано число контактов воздушных судов с вулканическим пеплом с распределением по вулканам, являвшимся источником соответствующих извержений. Указанный график отражает данные по 82 контактам, поскольку вулкан, который был причиной инцидента 89–01, неизвестен. К вулканам, которые как правило являются источником облаков пепла, затрагивающих установленные маршруты авиакомпаний, относятся г. Пинатубо (19 случаев контакта), г. Сакурадзима (13), г. Сент Хеленс (8), г. Огастин и г. Редаут (по 6), г. Галунггунг (5) и г. Идзу-Осима (4).

Во всех случаях контактов, связанных с извержениями вулкана Сакурадзима, воздушные суда получили повреждение класса 2. Из 13 контактов в 12 случаях сообщалось о том, что единственное повреждение, нанесенное воздушному судну в результате воздействия пепла, заключалось в абразивном истирании или растрескивании окон. Во время инцидента 91–01 воздушное судно получило дополнительное повреждение класса 2. При извержениях вулканов Огастин, Идзу-Осима и Усу наиболее часто встречающимся результатом контакта воздушных судов с вулканическим пеплом было повреждение класса 2. Показатель тяжести последствий в многочисленных случаях повреждений, нанесенных воздушным судам после извержений вулкана Пинатубо, почти равномерно распределен по классам 0–4. В результате извержений вулкана Редаут был зарегистрирован широкий спектр повреждений, полученных воздушными судами, в том числе класса 0, 2 и 4. По сравнению с извержениями вулканов, которые затронули воздушное движение, вулканическая деятельность г. Галунггунг нанесла больше повреждений класса 4 – временный отказ двигателей (3 из 8 инцидентов).

РАЗЪЯСНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ТЯЖЕСТИ ПОСЛЕДСТВИЙ КОНТАКТА С ПЕПЛОМ

Показатель тяжести последствий контакта с пеплом (таблица 1) был сформулирован для целей количественной оценки повреждений, полученных в результате контакта воздушных судов с вулканическим пеплом. Критерии, определяющие каждый класс показателя тяжести последствий, основаны на видах повреждений, указанных в донесениях, либо описывают условия, которые, согласно сообщениям, имели место во время фактических контактов воздушных судов с пеплом.

ИСТОЧНИКИ ИНФОРМАЦИИ

Опубликованные справочные материалы, использованные в качестве источников информации для каждого контакта воздушного судна с вулканическим пеплом, описанного в базе данных, указываются под заголовком "Источники" при описании каждого инцидента и приведены в списке справочных материалов в конце настоящего документа. Кроме того, при составлении указанной базы данных был использован целый ряд других неопубликованных источников ценной информации. Мы хотели бы выразить признательность следующим лицам и организациям за содействие в предоставлении информации о контактах воздушных судов с вулканическим пеплом.

Ernie Campbell, самолетостроительная компания "Боинг".
Kobus Kotze, авиакомпания "Саут эфрикан эруэйз".
P. Long, английские военно-воздушные силы.
Служба ОВД Малайзии.
Tomas Manzanares, Национальная гражданская авиация Аргентины (бывший член Аэронавигационного комитета ИКАО).
Hiroki Nakajima, служба ОВД Японии.
Zygmunt Przedpelski, компания "Дженерал электрик".
William Steelhammer, компания "Макдоннел-Дуглас".
Авиакомпания "Юнайтед эрлайнз".
Военно-морские силы Соединенных Штатов Америки.
Anthony B. Wassell, компания "Роллс-Ройс".
Al Weaver, компания "Прэтт энд Уитни".

СПРАВОЧНЫЙ МАТЕРИАЛ К ДОБАВЛЕНИЮ G

Anchorage Daily Times, 14 июля 1953 г.

Aviation Week and Space Technology, Сообщения об извержениях вулкана Сент Хеленс помещены в номерах, датированных 26 мая (с. 18–20); 2 июня (с. 18–19); 9 июня (с. 25–26); и 23 июня (с. 31–32) 1980 г.

Aviation Week and Space Technology, "Volcanic ash cloud shuts down all four engines of Boeing 747-400, causes $80 million in damage", 1 January 1990, p. 93.

Barquero, J., "Volcanoes and Aviation Safety in Costa Rica", Proceeding Volume Seattle Meeting, U.S. Geological Survey Bulletin 2047, 1994, pp. 9-12.

Barton, I. J., Prata, A. J. , Watterson, I. G. and S.A. Young, "Identification of the Mt. Hudson volcanic cloud over SE Australia", *Geophysical Research Letters*, Vol. 19, No. 12, 1992, pp. 1211-1214.

Blong, R. J., *Volcanic Hazards*, Academic Press Australia, 1984, 424 pp.

Bulletin of the Global Volcanism Network-Nyamuragira. BGVN, Vol. 16, No. 9, 1991, p. 10. Pacaya; BGVN, Vol. 18, No. 11, 1993, pp. 2-3.

Casadevall, T. J., "The 1989-1990 eruption of Redoubt volcano, Alaska: impacts on aircraft operations", *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, Vol. 62, 1994, pp. 301-316.

Casadevall, T. J. and T. B Thompson, *World map of volcanoes and principal aeronautical features*, U.S. Geological Survey Map GP-1011, 1995, scale 1:34,268,000.

Catalogue of Active Volcanoes of the World, 1951-1975, International Association of Volcanology and Chemistry of Earth's Interior, Vols. 1-22, Rome.

Diamond, J., "Down to a sunless sea, the anatomy of an incident", *The Log*, April 1986, pp. 13-16.

DiNunno, G., "The volcanic time bomb", *Air Line Pilot*, November 1991, pp. 16-20.

Eberstein, I. J., Parker, B. and J. O'Keefe, "Airborne tephra from Soputan eruption", *Eos*, Vol. 67, No. 16, 1986, p. 398.

Hanstrum, B. N. and A.S. Watson, "A case study of two eruptions of Mt. Galunggung and an investigation of volcanic eruption cloud characteristics using remote sensing techniques", *Australian Meteorological Magazine,* 31:3, сентября 1983, pp. 171-177.

Международная организация гражданской авиации, *Региональный справочник по вулканическому пеплу и производству полетов,* 1993 г., 180 с.

Johnson, R. W. and T.J. Casadevall, "Aviation Safety and volcanic-ash clouds in the Indonesia-Australia region", U.S. Geological Survey Bulletin 2047, 1994, p. 191-197.

Juhle, W. and H. Coulter, "The Mt. Spurr eruption, July 9, 1953", *Transactions*, American Geophysical Union, Vol. 36, No. 2, 1955, pp. 199-202.

Kienle, J. and G.E. Shaw, "Plume dynamics, thermal energy and long distance transport of vulcanian eruption clouds from Augustine volcano, Alaska", *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, Vol. 6, 1979, pp. 139-164.

Kienle, J. and S.E. Swanson, "Volcanic hazards from future eruptions of Augustine Volcano, Alaska", Geophysical Institute Report UAG R-275,University of Alaska, Fairbanks, 2nd ed., 1985, 122 pp.

Lloyd, A.T., "Vulcan's Blast", *Boeing Airliner*, April-June 1990, pp. 15-21.

Lockwood, J. P. and F.A. Torgerson, "Diversion of lava flows by aerial bombing: lessons from Mauna Loa Volcano, Hawaii", *Bulletin Volcanologique*, 43(4), 1980, pp. 727-741.

McClelland, L., Simkin, T., Summers, M., Nielsen, E. and T.C. Stein (eds)., *Global Volcanism 1975-1985* (SEAN Bulletin): Smithsonian Institution, Washington D.C., 1989: 3(2), 2/78, pp. 250-251; 4(1), 1/79, p. 252; 4(11), 11/79, p. 253; 5(l), 1/80, p. 253; 7(6), 6/82, pp. 206-208; 7(11), 11/82, p. 258; 8(7), 7/83, pp. 222-225.

New York Times, 25 April 1944, p. 4.

National Transportation Safety Board, Aircraft Accident Report ZAN ARTCC #100, KLM 867, H/B74F 15 December 1989, 2048 UTC: unpublished report, 1991, 726 pp.

Onodera, S. and K. Kamo, "Aviation safety measures for ash clouds in Japan and the system of Japan Air Lines for monitoring eruptions at Sakurajima volcano", U. S. Geological Survey Bulletin 2047, 1994, pp. 213-219.

Przedpelski, Z. J. and T.J. Casadevall, "Impact of volcanic ash from Redoubt Volcano on GE CF6-8OC2 turbofan engines", U.S. Geological Survey Circular 1065, 1991, pp.36-37 (abstract).

Rodgers, J. T., "Results of El Chichon, premature acrylic window crazing", *Boeing Airliner*, April-June 1984, pp. 19-25.

Rodgers, J. T., "Results of El Chichon-part 11, premature acrylic window crazing status report", *Boeing Airliner*, April-June 1985, pp. 1-5.

Scarone, H., "Volcanic ash clouds: a continuing threat to international aviation", *Earthquakes and Volcanoes*, Vol. 19, No. 2, 1987, pp. 65-73.

Simkin, T. and L. Siebert, *Volcanoes of the world*, 2nd ed., Geoscience Press, Inc., Tucson, 1991, 349 pp.

Smith, W. S., "High-altitude conk out", *Natural History*, Vol. 92, No. I 1,1983, pp. 26-34.

Steenblik, J. W., "Volcanic ash: a rain of terra", *Air Line Pilot*, June/July 1990, pp. 9-15, 56.

Sudradjat, A. and R. Tilling, "Volcanic hazards in Indonesia: the 1982-83 eruption of Galunggung", *Episodes*, Vol. 7, No. 2, June 1984, pp. 13-19.

Sullivan, W., "Volcanoes' risks to jets spur search for signs of warning", *New York Times*, 31 December 1985, p. C3.

Tootell, B., *All 4 engines have failed; the true and triumphant story of flight BA 009 and the Jakarta incident*, Hutchinson Group Ltd., Auckland, 1985, 178 pp.

Yount, M. E., Miller, T. P. and B.M. Gamble, "The 1986 eruption of Augustine volcano, Alaska: hazards and effects", U.S. Geological Survey Circular 998, 1987, pp. 4-16.

СОКРАЩЕНИЯ

AOG	воздушное судно на земле
AS	станция УВД морского базирования
GMT	всемирное гринвичское среднее время
IAVCEI	Международная ассоциация вулканологии и химии недр Земли
ISD	недостаточные данные
JA	авиакомпания "Джапэн эрлайнз"
JAS	службы ОВД Японии
LE	передняя кромка
NOTAM	извещение для пилотов
PIREP	донесение пилота (североамериканский вариант AIREP)
UTC	всемирное координированное время

Бюллетень SEAN	выпускаемый Смитсоновским институтом научный бюллетень сети оповещения о природных явлениях
ВСУ	вспомогательная силовая установка
ИКАО	Международная организация гражданской авиации
м. миля	морская миля
ОВЧ	очень высокая частота
УВД	управление воздушным движением

ВЫБОРОЧНЫЙ СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ ПО ВУЛКАНОЛОГИИ

Вулкан – жерло канала или выходное отверстие на поверхности Земли, через которое извергается магма, а также геологическое образование, возникшее в результате накопления продукта извержений вокруг жерла.

Вулканический газ – выбрасываемый при вулканическом извержении летучий материал, который был ранее растворен в магме. Основные виды вулканических газов включают водяной пар, двуокись углерода и двуокись серы.

Грязевой поток – общий термин, обозначающий поток массы, состоящей преимущественно из мелкозернистого грунта, смешанного с водой и обладающего высокой степенью текучести в процессе движения. Вместо термина "грязевой поток" часто используется индонезийский термин "лахар".

Действующий вулкан – вулкан, который извергается в настоящее время или об извержении которого существуют исторические данные.

Извержение вулканского типа – тип вулканического извержения, характеризующегося небольшой продолжительностью и мощными эксплозивными выбросами обломков лавы. При вулканских извержениях эруптивные колонны могут достичь высоты 45 000 фут (14 км) и более.

Извержение гавайского типа – извержение, характеризующееся неэксплозивным извержением жидкой лавы базальтового состава. В целом извержения гавайского типа не представляют угрозы для безопасности авиации.

Извержение плинианского типа – крупное эксплозивное извержение, при котором выбрасывается стабильный турбулентный поток из обломков лавы и магматического газа, образующих эруптивную колонну, которая может достичь высоты более 100 000 фут (30 км).

Извержение стромболианского типа – извержение, состоящее из коротких отдельных взрывов, во время которых в атмосферу выбрасывается пирокластика на высоту от нескольких десятков до нескольких сотен футов. Продолжительность каждого взрыва может составлять всего лишь несколько секунд, а периоды между взрывами могут длиться несколько десятков минут.

Изверженная порода – общий термин, обозначающий материал, выбрасываемый вулканом. См. также пирокластику.

Лава – расплавленная горная порода, извергаемая из вулкана.

Лапилли – пирокластические фрагменты диаметром от 2 до 64 мм.

Магма – образующаяся естественным образом в недрах Земли расплавленная горная порода, которая может извергаться в виде лавы или пирокластики.

Облако пепла – образующееся в результате вулканического извержения облако вулканического пепла и осколков пирокластики, часто содержащее газы и аэрозоли вулканического происхождения, которое сносится ветрами в сторону от эруптивной колонны. Облака пепла зачастую имеют темный цвет, изменяющийся от коричневого до серого. Облака пепла могут переноситься по воздуху на сотни и тысячи километров от источника вулканического извержения. По мере того, как облака пепла становятся все более разряженными, проведение различия между ними и метеорологическими облаками может оказаться трудной задачей. См. также эруптивное облако.

Пепел – измельченные частицы породы и минералов диаметром менее 2 мм (в случае мелкого пепла диаметр составляет менее 0,063 мм), образуемые при эксплозивном вулканическом извержении. См. также тефру, пирокластику и изверженную породу.

Пепловый поток – смесь горячих газов и пепла, которая может двигаться вниз по склонам вулкана или по поверхности земли с большой скоростью. См. также пирокластический поток.

Пирокластика – отдельная вулканическая частица, выбрасываемая во время извержения. Например, пирокластикой являются пепел, лапилли и вулканические бомбы.

Пирокластический поток – турбулентный поток массы, состоящей из кусков вулканических материалов, смешанных с горячими газами, которая может двигаться вниз по склону горы с большой скоростью. Пирокластические потоки могут образовываться в результате обрушения высоких эруптивных колонн либо переливания извергаемых материалов через края кратера вулкана. См. также пепловый поток.

Сложный вулкан – вулкан с крутыми склонами, состоящий из многочисленных слоев вулканической горной породы, образованных, как правило, в результате отложений лавы, пепла и пирокластики; известен также как стратовулкан.

Стратовулкан – вулкан, сложенный из перемежающихся слоев лавы и пирокластических осадочных пород. Известен также как сложный вулкан.

Тефра – общий термин, обозначающий любые материалы, выбрасываемые с большой силой из кратеров или жерл каналов во время вулканических извержений. Указанные материалы находятся в воздухе в течение короткого или более длительного периода времени в зависимости главным образом от силы извержения и размера выброшенных фрагментов породы. Как правило, более крупная тефра осаждается ближе к извергающему кратеру или жерлу канала, а более мелкая тефра осаждается на большем удалении от вулкана. Тефра включает вулканическую пыль, пепел, золу, лапилли, бомбы и глыбы. См. также изверженную породу.

Уснувший вулкан – вулкан, который в настоящее время не извергается, но, как считается, может извергаться в будущем.

Фреатическое извержение – вулканическое извержение либо взрыв пара, грязи или неювенильного материала, обычно вызванные нагревом и расширением подземных вод за счет находящейся ниже магмы.

Фумарола – выходное отверстие на вулкане, через которое выходят газы и пары.

Шлейф – термин, часто используемый для описания продолговатой, рассеиваемой по ветру части эруптивного облака и облака пепла.

Эруптивная колонна – вертикальный столб пепла и газа, образующийся над вулканом во время извержения. При сильных извержениях эруптивные колонны могут подниматься до высоты, превышающей 100 000 фут (30 км).

Эруптивное облако – облако вулканического пепла и других пирокластических фрагментов, а также вулканических газов и аэрозолей, образующихся в результате вулканического взрыва. Эруптивные облака, как правило, имеют темный цвет, изменяющийся от коричневого до серого. Часто с этим значением используются термины "шлейф" и "облако пепла".

Таблица 1. Показатель тяжести последствий контактов с пеплом

Класс	*Критерии*
0	+ серный запах, отмечаемый в кабине экипажа; + электростатические разряды ("огни св. Эльма") на лобовом стекле, носовой части фюзеляжа или капоте двигателей; + донесения или предположения о наличии пепла, однако других последствий или повреждений не отмечается
1	+ наблюдается легкая запыленность кабины экипажа; + осаждение пепла на внешней поверхности воздушного судна; + колебания температуры выхлопных газов (EGT) с возвратом к нормальным величинам
2	+ сильная запыленность кабины экипажа; условия "ночной тьмы" в кабине экипажа; + загрязнение систем подачи и кондиционирования воздуха, требующее использование кислорода; + абразивное истирание внешних поверхностей, входного аппарата двигателей и лопаток компрессора; + выкрашивание, абразивное истирание или растрескивание лобового стекла или иллюминаторов; + незначительное засорение системы полного и статического давления, не оказывающее влияния на показания прибора; + наплавление пепла в двигателе
3	+ вибрация или помпаж двигателей; + засорение системы полного и статического давления, вызывающее ошибочные показания прибора; + загрязнение жидкости в масляной гидросистеме двигателя; + повреждение электрических компьютерных систем; + повреждение двигателей
4	+ временный отказ двигателей, требующий повторного запуска в полете
5	+ отказ двигателей или иные повреждения, приводящие к катастрофе

Таблица 2. Факторы, определяющие показатель тяжести, и тяжесть последствий контакта воздушного судна с пеплом за период 1953–2008 гг.

Номер инцидента	КЛАСС 0			КЛАСС 1			КЛАСС 2					КЛАСС 3					КЛАСС 4	КЛАСС 5	Тяжесть последствий контакта
	Едкий запах	Электростатический разряд	Отсутствие существенных повреждений	Легкая пыль в кабине экипажа	Колебания EGT с возвратом к нормальным значениям	Сильная запыленность кабины экипажа	Загрязнение систем подачи воздуха	Абразивное истирание внешней поверхности	Абразивное истирание входного аппарата двигателя и лопаток компрессора	Абразивное истирание или растрескивание окон	Осаждение пепла в двигателе	Вибрация или помпаж двигателей	Засорение приемника воздушного давления	Загрязнение жидкости в масляной гидросистеме двигателя	Повреждение электрической системы	Повреждение двигателей	Отказ двигателей	Отказ двигателей, приводящий к катастрофе	
1953-01								X		X									2
1963-01										X									2
1973-01										X									2
1975-01										X									2
1976-01						X		X		X									2
1976-02						X		X		X									2
1976-03				X				X		X									2
1976-04				X				X											2
1976-05				X				X											2
1977-01										X									2
1977-02										X									2
1977-03										X									2
1977-04										X									2
1977-05										X									2
1977-06										X									2
1978-01										X									2
1978-02	X							X		X									2
1979-01										X									2
1979-02										X									2
1979-03										X									2
1979-04										X									2
1980-01	X							X	X	X					X				3
80-02 исключено																			
1980-03	X					X	X	X	X	X		X	X			X	X		4
1980-04	X								X							X			3

Номер инцидента	КЛАСС 0			КЛАСС 1		КЛАСС 2							КЛАСС 3				КЛАСС 4	КЛАСС 5	
	Едкий запах	Электростатический разряд	Отсутствие существенных повреждений	Легкая пыль в кабине экипажа	Колебания EGT с возвратом к нормальным значениям	Сильная запыленность кабины экипажа	Загрязнение систем подачи воздуха	Абразивное истирание внешней поверхности	Абразивное истирание входного аппарата двигателя и лопаток компрессора	Абразивное истирание или растрескивание окон	Осаждение пепла в двигателе	Вибрация или помпаж двигателей	Засорение приемника воздушного давления	Загрязнение жидкости в масляной гидросистеме двигателя	Повреждение электрической системы	Повреждение двигателей	Отказ двигателей	Отказ двигателей, приводящий к катастрофе	Тяжесть последствий контакта
1980-05	X															X			3
1980-06														X					3
1980-07								X		X	X								2
1980-08								X	X	X				X					3
1980-09										X									2
1982-01										X									2
1982-02										X									2
1982-03	X	X				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		4
1982-04								X		X		X				X	X		4
1982-05				X							X								2
1982-06		X			X			X	X		X	X		X		X	X		4
1982-07										X									2
1983-01	X	X																	0
1983-02			X																ISD
1985-01		X				X				X		X				X			3
1985-02	X					X				X									2
1986-01									X	X									2
1986-02										X									2
1986-03	X	X																	0
1986-04	X			X															1
1986-05		X						X			X								2
1986-06								X	X	X									2
1987-01								X		X									2
1989-01								X	X	X									2
1989-02								X		X	X								2
1989-03	X	X						X		X									2
1989-04								X		X									2

Номер инцидента	КЛАСС 0			КЛАСС 1		КЛАСС 2						КЛАСС 3					КЛАСС 4	КЛАСС 5	
	Едкий запах	Электростатический разряд	Отсутствие существенных повреждений	Легкая пыль в кабине экипажа	Колебания EGT с возвратом к нормальным значениям	Сильная запыленность кабины экипажа	Загрязнение систем подачи воздуха	Абразивное истирание внешней поверхности	Абразивное истирание входного аппарата двигателя и лопаток компрессора	Абразивное истирание или растрескивание окон	Осаждение пепла в двигателе	Вибрация или помпаж двигателей	Засорение приемника воздушного давления	Загрязнение жидкости в масляной гидросистеме двигателя	Повреждение электрической системы	Повреждение двигателей	Отказ двигателей	Отказ двигателей, приводящий к катастрофе	Тяжесть последствий контакта
1989-05	X	X				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		4
1989-06										X									2
1989-07			X																0
1990-01								X		X									2
1991-01								X	X	X									2
1991-02			X																0
1991-03																			ISD
1991-04	X			X								X			X				3
1991-05		X																	0
1991-06	X	X																	0
1991-07		X																	0
1991-08	X	X		X				X		X	X		X			X			3
1991-09		X																	0
1991-10				X															1
1991-11		X	X		X														1
1991-12								X	X		X								2
1991-13									X							X			3
1991-14																			ISD
1991-15								X								X			3
91-16 исключено																			
1991-17												X				X	X		4
1991-18											X						X		4
1991-19				X				X	X										2
91-20 исключено																			
1991-21		X		X								X					X		4
1991-22										X									2
91-23 исключено																			

Номер инцидента	КЛАСС 0			КЛАСС 1		КЛАСС 2					КЛАСС 3					КЛАСС 4	КЛАСС 5	
	Едкий запах	Электростатический разряд	Отсутствие существенных повреждений	Легкая пыль в кабине экипажа	Колебания EGT с возвратом к нормальным значениям	Сильная запыленность кабины экипажа	Загрязнение систем подачи воздуха	Абразивное истирание внешней поверхности	Абразивное истирание входного аппарата двигателя и лопаток компрессора	Абразивное истирание или растрескивание окон	Осаждение пепла в двигателе	Вибрация или помпаж двигателей	Засорение приемника воздушного давления	Загрязнение жидкости в масляной гидросистеме двигателя	Повреждение электрической системы	Повреждение двигателей	Отказ двигателей	Отказ двигателей, приводящий к катастрофе	Тяжесть последствий контакта
1991-24	X																		0
91-25 исключено																			
1992-01			X																0
1993-01																X			3
1993-02		X		X															1
1993-03									X	X									2
1994-01																			ISD
1994-02																			ISD
1995-01																			ISD
1995-02																			ISD
1995-03																			ISD
1996-01			X																0
1996-02			X																0
1996-03	X	X		X					X	X									2
1997-01	X		X																0
1997-02										X									2
1998-01										X									2
1998-02																			ISD
1998-03																			ISD
1998-04																			ISD
1999-01																			ISD
1999-02		X					X	X		X					X	X			3
1999-03																			ISD
1999-04																			ISD
1999-05																			ISD
2000-01									X		X								2
2000-02										X									2

Номер инцидента	КЛАСС 0			КЛАСС 1		КЛАСС 2							КЛАСС 3				КЛАСС 4	КЛАСС 5	
	Едкий запах	Электростатический разряд	Отсутствие существенных повреждений	Легкая пыль в кабине экипажа	Колебания EGT с возвратом к нормальным значениям	Сильная запыленность кабины экипажа	Загрязнение систем подачи воздуха	Абразивное истирание внешней поверхности	Абразивное истирание входного аппарата двигателя и лопаток компрессора	Абразивное истирание или растрескивание окон	Осаждение пепла в двигателе	Вибрация или помпаж двигателей	Засорение приемника воздушного давления	Загрязнение жидкости в масляной гидросистеме двигателя	Повреждение электрической системы	Повреждение двигателей	Отказ двигателей	Отказ двигателей, приводящий к катастрофе	Тяжесть последствий контакта
2000-03						X		X	X	X			X		X	X			3
2000-04										X						X			3
2000-05		X																	0
2000-06	X																		0
2001-01	X			X															1
2001-02																	X		4
2001-03		X																	ISD
2002-01	X	X							X		X								2
2002-02	X																		0
2003-01			X																0
2003-02	X																		0
2003-03																			ISD
2003-04									X	X									2
2005-01	X																		0
2006-01	X																		0
2006-02		X		X															1
2006-03											X						X		4
2008-01																X			3
2008-02																X			3
2008-03											X								2
2008-04	X			X															
2008-05				X															1
2008-06										X						X			3
2008-07		X		X															1
2008-08	X			X															1

ISD – недостаточно данных для присвоения показателя тяжести.

Таблица 3. Сводные данные о контактах воздушных судов в полете с вулканическим пеплом, 1953–2008 гг.

ID инцидента	*Тяжесть последствий контакта*	*Дата контакта*	*Дата извержения*	*Источник вулканического извержения, страна*	*Тип воздушного судна*
1953-01	2	9 июля 1953 г.	9 июля 1953 г.	Spurr, США	F-94
1963-01	2	1963 г.	1963-1965 гг.	Irazu, Коста-Рика	DC6
1973-01	2	3 февраля 1973 г.	1 февр. -24 мая 1973 г.	Asama, Япония	DC8
1975-01	2	8 апреля 1975 г.	8 апреля 1975 г.	Sakurajima, Япония	L1011
1976-01	2	22 января 1976 г.	22-26 января 1976 г.	Augustine, США	F-4E Phantom
1976-02	2	22 января 1976 г.	22-26 января 1976 г.	Augustine, США	F-4E Phantom
1976-03	2	25 января 1976 г.	22-26 января 1976 г.	Augustine, США	DC8 груз.
1976-04	2	25 января 1976 г.	22-26 января 1976 г.	Augustine, США	B747
1976-05	2	25 января 1976 г.	22-26 января 1976 г.	Augustine, США	DC8
1977-01	2	7 августа 1977 г.	не определена	Sakurajima, Япония	L1011
1977-02	2	7 августа 1977 г.	7 августа 1977 г.	Usu, Япония	DC8
1977-03	2	7августа 1977 г.	7 августа 1977 г.	Usu, Япония	DC8
1977-04	2	7 августа 1977 г.	7 августа 1977 г.	Usu, Япония	L1011
1977-05	2	19 ноября 1977 г.	не определена	Sakurajima, Япония	DC8
1977-06	2	25 декабря 1977 г.	25 декабря 1977 г.	Sakurajima, Япония	L1011
1978-01	2	4 декабря 1978 г.	4 декабря 1978 г.	Sakurajima, Япония	L1011
1978-02	2	9 мая 1978 г.	9 мая 1978 г.	Ulawun, Папуа-Новая Гвинея	F27
1979-01	2	18 ноября 1979 г.	18 ноября 1979 г.	Sakurajima, Япония	L1011
1979-02	2	18 ноября 1979 г.	18 ноября 1979 г.	Sakurajima, Япония	L1011
1979-03	2	18 декабря 1979 г.	18 декабря 1979 г.	Sakurajima, Япония	L1011
1979-04	2	24 декабря 1979 г.	24 декабря 1979 г.	Sakurajima, Япония	YS11
1980-01	3	18 мая 1980 г.	18 мая 1980 г.	Mt. St. Helens, США	DC9-30
1980-03	4	25 мая 1980 г.	25 мая 1980 г.	Mt. St. Helens, США	C130 Hercules (L382)
1980-04	3	26 мая 1980 г.	25 мая 1980 г.	Mt. St. Helens, США	B727 трехдвигательный транспортный
1980-05	3	26 мая 1980 г.	25 мая 1980 г.	Mt. St. Helens, США	B727 трехдвигательный транспортный
1980-06	3	15 июня 1980 г.	12 июня 1980 г.	Mt. St. Helens, США	DC8-52
1980-07	2	1980 г.	не определена	Mt. St. Helens, США	Cessna 182
1980-08	3	1980 г.	не определена	Mt. St. Helens, США	B737
1980-09	2	25 мая 1980 г.	25 мая 1980 г.	Mt. St. Helens, США	F111
1982-01	2	1982 г.	март - апрель 1982 г.	El Chichon, Мексика	B747
1982-02	2	5 апреля 1982 г.	5 апреля 1982 г.	Galunggung, Индонезия	DC9
1982-03	4	24 июня 1982 г.	24 июня 1982 г.	Galunggung, Индонезия	B747
1982-04	4	24 июня 1982 г.	24 июня 1982 г.	Galunggung, Индонезия	B747
1982-05	2	24 июня 1982 г.	24 июня 1982 г.	Galunggung, Индонезия	B747
1982-06	4	13 июля 1982 г.	13 июля 1982 г.	Galunggung, Индонезия	B747-200B
1982-07	2	23 ноября 1982 г.	23 ноября 1982 г.	Sakurajima, Япония	B727-95

ID инцидента	*Тяжесть последствий контакта*	*Дата контакта*	*Дата извержения*	*Источник вулканического извержения, страна*	*Тип воздушного судна*
1983-01	0	23 июля 1983 г.	21-23 июля 1983 г.	Colo, Una Una, о. Целебес	B747-136
1983-02	ISD	24 июля 1983 г.	21-23 июля 1983 г.	Colo, Una Una, о. Целебес	
1985-01	3	19 мая 1985 г.	19 мая 1985 г.	Soputan, Индонезия	B747
1985-02	2	13 ноября 1985 г.	13 ноября 1985 г.	Nevado del Ruiz, Колумбия	DC8 груз.
1986-01	2	29 марта 1986 г.	27-31 марта 1986 г.	Augustine, США	DC10
1986-02	2	24 июня 1986 г.	24 июня 1986 г.	Sakurajima, Япония	DC9
1986-03	0	21 ноября 1986 г.	21 ноября 1986 г.	Oshima, Япония	B747
1986-04	1	21 ноября 1986 г.	21 ноября 1986 г.	Oshima, Япония	DC8
1986-05	2	21 ноября 1986 г.	21 ноября 1986 г.	Oshima, Япония	DC10
1986-06	2	21 ноября 1986 г.	21 ноября 1986 г.	Oshima, Япония	B747 груз.
1987-01	2	25 января 1987 г.	25 января 1987 г.	Pacaya, Гватемала	B737-2A3
1989-01	2	7 марта 1989 г.	7-10 марта 1989 г.	Pacaya, Гватемала	B737-300
1989-02	2	10 сентября 1989 г.	10 сентября 1989 г.	Etna, Италия	CT-39G Sabreliner
1989-03	2	15 декабря 1989 г.	15 декабря 1989 г.	Redoubt, США	B737-2X6C груз.
1989-04	2	15 декабря 1989 г.	15 декабря 1989 г.	Redoubt, США	B727
1989-05	4	15 декабря 1989 г.	15 декабря 1989 г.	Redoubt, США	B747-400
1989-06	2	16 декабря 1989 г.	14-19 декабря 1989 г.	Redoubt, США	B737
1989-07	0	17 декабря 1989 г.	14-19 декабря 1989 г.	Redoubt, США	C9B
1990-01	2	21 февраля 1990 г.	21 февраля 1990 г.	Redoubt, США	B727
1991-01	2	3 июня 1991 г.	не определена	Sakurajima, Япония	DC9-81 (MD80)
1991-02	0	3 июня 1991 г.	3 июня 1991 г.	Unzen, Япония	A300
1991-03	ISD	12 июня 1991 г.	12 июня 1991 г.	Pinatubo, Филиппины	B747-400
1991-04	3	12 июня 1991 г.	12 июня 1991 г.	Pinatubo, Филиппины	B747-300
1991-05	0	12 июня 1991 г.	12 июня 1991 г.	Pinatubo, Филиппины	DC10 серия 40
1991-06	0	15 июня 1991 г.	15-16 июня 1991 г.	Pinatubo, Филиппины	B747-SP
1991-07	0	15 июня 1991 г.	15-16 июня 1991 г.	Pinatubo, Филиппины	DC10 серия 40
1991-08	3	15 июня 1991 г.	15-16 июня 1991 г.	Pinatubo, Филиппины	B747-400
1991-09	0	15 июня 1991 г.	15-16 июня 1991 г.	Pinatubo, Филиппины	DC10 серия 40
1991-10	1	15 июня 1991 г.	15-17 июня 1991 г.	Pinatubo, Филиппины	B747-200 груз.
1991-11	1	15 июня 1991 г.	15-16 июня 1991 г.	Pinatubo, Филиппины	B747-251
1991-12	2	15 июня 1991 г.	15-16 июня 1991 г.	Pinatubo, Филиппины	DC10 серия 30
1991-13	3	15 июня 1991 г.	15-16 июня 1991 г.	Pinatubo, Филиппины	B747-300
1991-14	ISD	15 июня 1991 г.	15-16 июня 1991 г.	Pinatubo, Филиппины	B747-200B
1991-15	3	15 июня 1991 г.	15-16 июня 1991 г.	Pinatubo, Филиппины	B747-428
1991-17	4	15 июня 1991 г.	15-16 июня 1991 г.	Pinatubo, Филиппины	B747-200B
1991-18	4	15 июня 1991 г.	15-16 июня 1991 г.	Pinatubo, Филиппины	DC10
1991-19	2	15 июня 1991 г.	15-16 июня 1991 г.	Pinatubo, Филиппины	B737-200 груз.
1991-21	4	27 июня 1991 г.	27 июня 1991 г.	Unzen, Япония	DC10
1991-22	2	5 августа 1991 г.	5 августа 1991 г.	Sakurajima, Япония	B737
1991-24	0	20 августа 1991 г.	14-15 августа 1991 г.	Hudson, Чили	Аэробус
91-25 ИСКЛЮЧЕНО					

ID инцидента	*Тяжесть последствий контакта*	*Дата контакта*	*Дата извержения*	*Источник вулканического извержения, страна*	*Тип воздушного судна*
1992-01	0	21 августа 1989 г.	18 августа 1989 г.	Spurr, США	
1993-01	3	10 января 1993 г.	10 января 1993 г.	Pacaya, Гватемала	
1993-02	1	14 июля 1993 г.	14 июля 1993 г.	Manam, Папуа-Новая Гвинея	Fokker F28
1993-03	2	19 августа 1993	19 августа 1993 г.	Pinatubo, Филиппины	B747-276
1994-01	ISD	сентябрь 1994 г.	сентябрь 1994 г.	Ключевской, Россия	
1994-02	ISD	ноябрь 1994 г.	ноябрь 1994 г.	Sakurajima, Япония	
1995-01	ISD	март 1995 г.	март 1995 г.	Rabaul, Папуа-Новая Гвинея	
1995-02	ISD	март 1995 г.	март 1995 г.	Rabaul, Папуа-Новая Гвинея	
1995-03	ISD	март 1995 г.	март 1995 г.	Rabaul, Папуа-Новая Гвинея	
1996-01	0	20 июня 1996 г.	июнь 1996 г.	Ruapehu, Новая Зеландия	Saab Metroliner
1996-02	0	21 июня 1996 г.	июнь 1996 г.	Ruapehu, Новая Зеландия	Aztec
1996-03	2	18 сентября1996 г.	18 сентября 1996 г.	Soufriere Hills, Montserrat, Соединенное Королевство	A320
1997-01	0	12 февраля 1997 г.	12 февраля 1997 г.	Langila, Папуа-Новая Гвинея	B747
1997-02	2	30 июня 1997 г.	30 июня 1997 г.	Popocatepetl, Мексика	
1998-01	2	20 мая 1998 г.	20 мая 1998 г.	Pacaya, Гватемала	
1998-02	ISD	ноябрь 1998 г.	ноябрь 1998 г.	Popocatepetl, Мексика	
1998-03	ISD	ноябрь 1998 г.	ноябрь 1998 г.	Popocatepetl, Мексика	
1998-04	ISD	ноябрь 1998 г.	ноябрь 1998 г.	Popocatepetl, Мексика	
1999-01	ISD	21 мая 1999 г.	21 мая 1999 г.	Fuego (или Pacaya), Гватемала	
1999-02	3	21 мая 1999 г.	21 мая 1999 г.	Fuego, Гватемала	737-NexGen
1999-03	ISD	декабрь 1999 г.	декабрь 1999 г.	Tungurahua, Эквадор	
1999-04	ISD	декабрь 1999 г.	декабрь 1999 г.	Pichincha, Эквадор	
1999-05	ISD	декабрь 1999 г.	декабрь 1999 г.	Pichincha, Эквадор	
2000-01	2	28 февраля 2000 г.	26 февраля 2000 г.	Hekla, Исландия	DC8 исслед.
2000-02	2	26 апреля 2003 г.	26 апреля 2000 г.	Etna, Италия	A320
2000-03	3	18 августа 2000 г.	18 августа 2000 г.	Miyakejima, Япония	B737-800
2000-04	3	18 августа 2000 г.	18 августа 2000 г.	Miyakejima, Япония	B747
2000-05	0	18 августа 2000 г.	18 августа 2000 г.	Miyakejima, Япония	B747
2000-06	0	18 августа 2000 г.	18 августа 2000 г.	Miyakejima, Япония	B747
2001-01	1	22 февраля 2000 г.	19 февраля 2001 г.	Cleveland, США	B747
2001-02	4	29 июля 2001 г.	не определена	Soufriere Hills, Montserrat, Соединенное Королевство	767-400
2001-03	ISD	29 июля 2001 г.	не определена	Soufriere Hills, Montserrat, Соединенное Королевство	B727
2002-01	2	23 ноября 2002 г.	3-5 ноября 2002 г.	Reventador, Эквадор	A340
2002-02	0	24 ноября 2002 г.	3-5 ноября 2002 г.	Reventador, Эквадор	
2003-01	0	8 марта 2003 г.	6 марта 2003 г.	Rabaul?, Папуа-Новая Гвинея	
2003-02	0	13 мая 2003 г.	10-11 мая 2003 г.	Anatahan, N. Mariana Is., США	B767-319
2003-03	ISD	12 июля 2003 г.	12-13 июля 2003 г.	Soufriere Hills, Montserrat, Соединенное Королевство	B767
2003-04	2	12 июля 2003 г.	12-13 июля 2003 г.	Soufriere Hills, Montserrat, Соединенное Королевство	Аэробус
2005-01	0	30 января 2005 г.	27 января 2005 г.	Manam, Папуа-Новая Гвинея	Embraer E120
2006-01	0	14 января 2006 г.	13-14 января 2006 г.	Augustine, США	B737-400

ID инцидента	*Тяжесть последствий контакта*	*Дата контакта*	*Дата извержения*	*Источник вулканического извержения, страна*	*Тип воздушного судна*
2006-02	1	3 февраля 2006 г.	27 января – 3 февраля 2006 г	Augustine, США	Вертолет Jayhawk HH-60
2006-03	4	17 июля 2006 г.	17 июля 2006 г.	Manam?, Папуа-Новая Гвинея	Gulfstream II
2008-01	3	5 мая 2008 г.	2-8 мая 2008 г.	Chaiten, Чили	F28
2008-02	3	5 мая 2008 г.	2-8 мая 2008 г.	Chaiten, Чили	
2008-03	2	6 мая 2008 г.	2-8 мая 2008 г.	Chaiten, Чили	A320
2008-04	1	7 мая 2008 г.	2-8 мая 2008 г.	Chaiten, Чили	B727-200
2008-05	1	9 мая 2008 г.	2-8 мая 2008 г.	Chaiten, Чили	
2008-06	3	21 мая 2008 г.	21 мая 2008 г.	Chaiten, Чили	Вертолет Bolkow
2008-07	1	15 июля 2008 г.	12 июля 2008 г.	Okmok, США	777
2008-08	1	11 августа 2008 г.	7-9 августа 2008 г.	Kasatochi, США	757

ISD – недостаточно данных для присвоения показателя тяжести.

Исключено из сводных данных ИКАО 2001 г.: в инциденте 1935-01 имело место наличие на летном поле изверженной породы, а не облако вулканического пепла; инциденты 1944-01, 1980-02, 1991-16, 1991-20, 1991-23 связаны с воздушными судами на земле и поэтому перенесены в базу данных по аэропортам (Guffanti, M., Mayberry, G. C., Casadevall, T. J., and Wunderman, R., 2009, Volcanic hazards to airports, Natural Hazards, v. 51, p. 287-302. Online at http://www.springerlink.com/content/v3236p5733245713/).

Таблица 4. Сводные данные о контактах класса 4

Номер инцидента	*Источник вулканического извержения*	*Дата контакта*	*Абсолютная высота контакта*	*Продолжительность контакта*	*Тип воздушного судна*	*Кол-во отказавших двигателей*	*Повреждение внешней поверхности воздушного судна*
1980-03	Mount St. Helens, США	25 мая 1980 г.	15 000-16 000 фут 4,6-4,9 км	~ 4 мин	C-130 турбо-винтовой	2 из 4	да
1982-03	Galunggung, Индонезия	24 июня 1982 г.	37 000 фут 11,3 км	13 мин	B747-200B	4 из 4	да
1982-04	Galunggung, Индонезия	24 июня 1982 г.	33 000-35 000 фут 10,1-10,7 км	неизвестно	B747	3 из 4	да
1982-06	Galunggung, Индонезия	13 июля 1982 г.	33 000 фут 10,1 км	неизвестно	B747-200B	3 из 4 плюс 1 до режима малого газа	да
1989-05	Redoubt, США	15 декабря 1989 г.	25 000 фут 7,6 км	~8 мин	B747-400	4 из 4	да
1991-17	Pinatubo, Филиппины	17 июня 1991 г.	37 000 фут 11,3 км	2 мин	B747-200B	2 из 4	нет
1991-18	Pinatubo, Филиппины	17 июня 1991 г.	неизвестно	неизвестно	DC-10	3 из 3	нет
1991-21	Unzen?, Япония	27 июня 1991 г.	37 000 фут 11,3 км	неизвестно	DC-10	2 из 3	нет
2001-02	Soufriere Hills, Montserrat, Соединенное Королевство	29 июля 2001 г.	неизвестно	неизвестно	B767-400	1 из 2	неизвестно
2006-03	Manam?, Папуа-Новая Гвинея	17 июля 2006 г.	39 000 фут 11,9 км	7 мин	Gulfstream II	2 из 2	нет

Таблица 5. Число контактов для каждого источника вулканического извержения

Вулкан, страна	*Число контактов*
Anatahan, США	1
Asama, Япония	1
Augustine, США	8
Cerro Hudson, Чили	1
Chaiten, Чили	6
Cleveland, США	1
Colo, Индонезия	2
El Chichon, Мексика	1
Etna, Италия	2
Fuego, Гватемала	2
Galunggung, Индонезия	5
Guagua Pichincha, Эквадор	2
Hekla, Исландия	1
Irazu, Коста-Рика	1
Kasatochi, США	1
Ключевской, Россия	1
Langila, Папуа-Новая Гвинея	1
Manam, Папуа-Новая Гвинея	3
Mijakejima, Япония	4
Okmok, США	1
Oshima, Япония	4
Pacaya, Гватемала	4
Pinatubo, Филиппины	17
Popocatepetl, Мексика	4
Rabaul, Папуа-Новая Гвинея	4
Redoubt, США	6
Reventador, Эквадор	2
Ruapehu, Новая Зеландия	2
Ruiz (Nevado del), Колумбия	1
Sakurajima, Япония	14
Soputan, Индонезия	1
Soufriere Hills, Соединенное Королевство	5
Spurr, США	2

Вулкан, страна	*Число контактов*
St. Helens, США	8
Tungurahua, Эквадор	1
Ulawun, Папуа-Новая Гвинея	1
Unzen, Япония	2
Usu, Япония	3

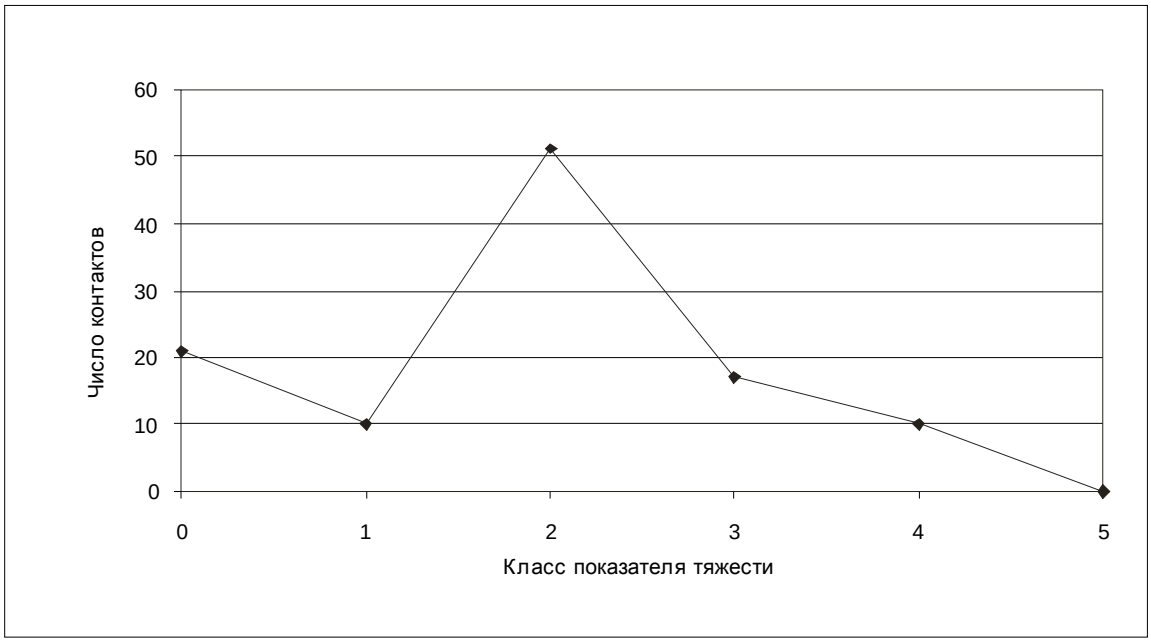


Рис. 1. График, отображающий число контактов по каждому классу показателя тяжести последствий, по шкале от 0 до 5

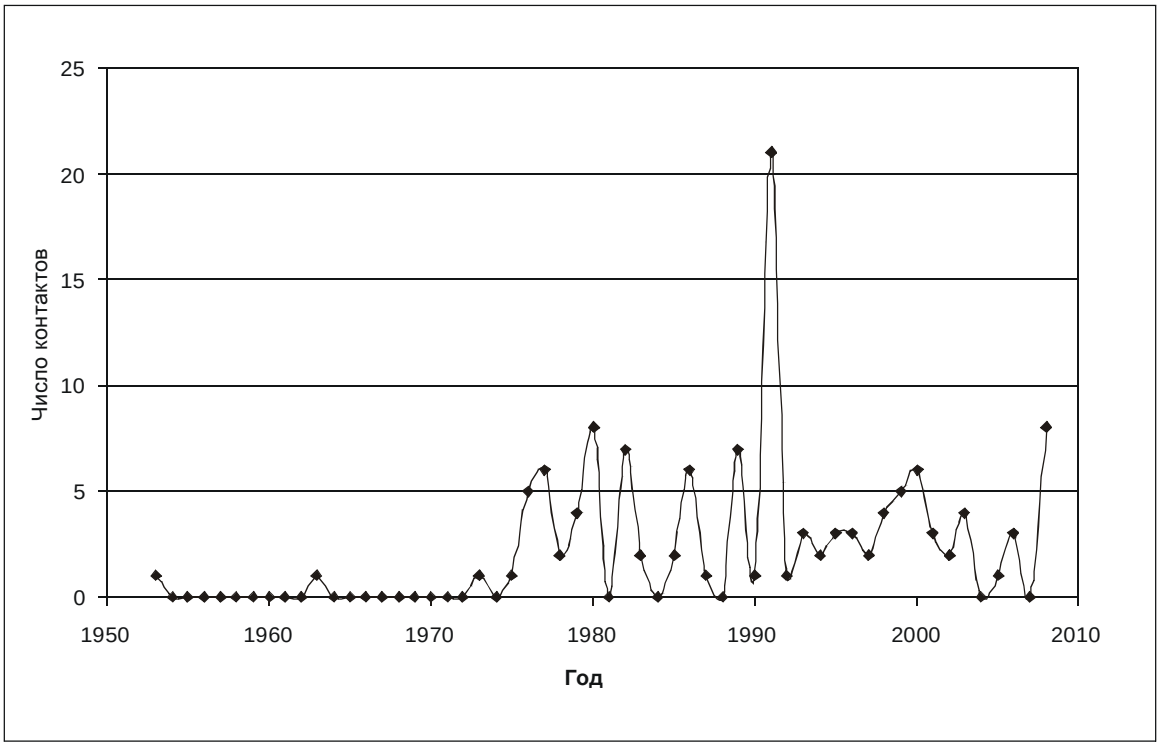


Рис 2. График, отображающий частоту контактов по годам, 1953–2008 гг.

Добавление H

ОБРАЗЕЦ КОНСУЛЬТАТИВНОГО СООБЩЕНИЯ МАГАТЭ О ВЫБРОСЕ РАДИОАКТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ В АТМОСФЕРУ

Кому: ☒ МАГАТЭ (ERC) ☐ СООБЩЕНИЕ № _____

☐ ☐ ☐ Только для использ. полномоч. орг.

☐ ☐ ☐ Для публикации ☐ незамедлительно ☐ через ____ час

☐ ☐

УЧЕНИЕ EMERCON ОБЩЕЕ ЧРЕЗВЫЧ. ПОЛОЖЕНИЕ

ОСНОВНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

1 Извещающее ГОСУДАРСТВО: Количество страниц 1 + ____

2 Является ли данное извещение о фактическом или предполагаемом трансграничном выбросе, который имеет или может иметь последствия для радиационной обстановки в другом государстве, официальным извещением в свете **Конвенции об оперативном оповещении о ядерной аварии**? ☐ **Да** ☐ **Нет**

3 Полномочный орган:
Тел: + Эл. почта:
Факс: + URL:
Представитель для связи (должность):

4 Название и местонахождение установки: Координаты: широта (градус · дробь) ____ · ____° ☐ с. ш. ☐ ю. ш.
Тип установки: долгота (градус · дробь) ____ · ____° ☐ в. д. ☐ з. д.
Экспл. мощность: _____ **МВТтепловая**

5 Общее чрезвычайное положение объявлено: год/мес/день 20 ___ / ___ / ___в (время по 24-час. шкале) ч:мин ___ : ___ UTC
Основание для объявления:

6 Информация действительна на: год/мес/день 20 ___ / ___ / ___ (время по 24-час. шкале) ч:мин ___ : ___ UTC

7 КРИТИЧНОСТЬ
☐ Сохраняется
☐ Ликвидирована ___ / ___ в ___ : ___ (UTC)
☐ Неизвестно

ТЕНДЕНЦИЯ УСЛОВИЙ НА СТАНЦИИ
☐ Улучшаются ☐ Стабильные
☐ Ухудшаются ☐ Неизвестно

СИЛЬНОЕ ПОВРЕЖДЕНИЕ ТОПЛИВА
☐ Неизвестно мес/день ч:мин
☐ Не произошло и вряд ли произойдет
☐ Вероятно произойдет/ ☐ произошло ___ / ___ в ___ : ___ (UTC)
Повреждение топлива зафиксировано (кем):

8 ИНФОРМАЦИЯ О ФАКТ. ИЛИ ПРЕДПОЛАГАЕМОМ ВЫБРОСЕ Описание условий факт. или предпол. выброса
☐ Неизвестно
☐ Не произошел и вряд ли произойдет
☐ Выброс в атмосферу: Сроки факт. или предпол. выброса: мес /день ч: мин
Эф. высоты выброса Начало ___ / ___ ___ : ___ (UTC)
☐ > 1 км ☐ < 1 км ☐ Неизвестно Окончание ___ / ___ ___ : ___ (UTC)
☐ Сброс в водный объект: Водный объект: в ___ / ___ ___ : ___ (UTC)

9 МЕТЕОУСЛОВИЯ в ___ / ___ ___ : ___ (UTC)
Направление ветра ____ градусы Прогноз: Подверж. воздейст. районы:
(напр., 90° означает, что ветер дует с вост. на зап.)
Скорость ветра: ____ м/с
Класс устойчивости по Пэсквиллу (A-G) ___
Местное выпадение осадков: ☐ Да ☐ Нет

10	ПРЕДПИСАНЫ ЛИ МЕРЫ ЗАЩИТЫ?	☐ Пока нет Как далеко?	☐ Стабильный йод ____ км	☐ Разм. в укрытиях ____ км	☐ Эвакуация ____ км
	☐ Прочие				

11 ИНФОРМАЦИЯ СМИ Предварит. оценка по ИНЕС ____ Сообщ. для печати ☐ пригалается ☐ см. веб-сайт

Контактный тел. СМИ: + URL – адрес общедоступного веб-сайта:

12 Прочая соответствующая информация:

☐ Дополнительная информация прилагается ☐ Окончательное сообщение

☐ Дополнительная информация на веб-сайте:

EMERCON FORM GENF Ver 1.1p (Feb 2003) Для сообщения об общей чрезвычайной ситуации на ядерном объекте.

Добавление I

ОБРАЗЕЦ СОСТАВЛЕНИЯ СООБЩЕНИЙ О ЯДЕРНОЙ АВАРИИ

Элемент	*Подробное содержание*	*Формат*	*Примеры*
1. Идентификация типа сообщения (M)	Тип сообщения	NUCLEAR EMERGENCY	NUCLEAR EMERGENCY
2. Время выпуска (M)	Год, месяц, день месяца, время в UTC	DTG: nnnnnnnn/nnnnUTC	DTG: 20080317/1425UTC
3. Выпустивший орган (M)	Название VAAC	ORIGIN: VAAC LONDON	ORIGIN: VAAC LONDON
4. Источник информации (M)	Источник информации	INFO SOURCE: IAEA	INFO SOURCE: IAEA
5. Статус (M)	Авария или учения	STATUS: nnnnnnnnnn	STATUS: EXERCISE
6. Название объекта выброса и страны (M)	Объект и страна	SITE: nnnnnnnnnn	SITE: BILIBINO RUSSIA
7. Географическое местоположение (M)	Координаты места выброса с точностью до десятой градуса	LOCATION: Nnnnn или Snnnn Wnnnnn или Ennnnn или UNKNOWN	LOCATION: N6805 E16645 N5100 W00130
8. Время начала выброса (M)	Год, месяц, день месяца, время в UTC	START OF RELEASE: nnnnnnnn/nnnnUTC	START OF RELEASE: 20080317/1300UTC
9. Продолжительность или время окончания выброса (M)	Продолжительность в днях, часах и минутах или дата/время окончания или неизвестно	DURATION: n[nn] DAYS n[nn] HOURS n[nn] MINUTES или UNKNOWN или END OF RELEASE: nnnnnnnn/nnnnUTC или UNKNOWN	DURATION: 0 DAYS 3 HOURS 30 MINUTES END OF RELEASE: 20080317/1800UTC UNKNOWN
10. Название(я) затронутых РПИ (M)	Название(я) РПИ	FIR NAME(S): nnnnnnnnnn	FIR NAME(S): PEVEK
11. Код(ы) РПИ (M)	Код(ы) РПИ ИКАО	FIR CODE(S): nnnn nnnn nnnn	FIR CODE(S): UHMP
12. Дополнительная информация (O)	Дополнительная информация, предоставленная МАГАТЭ, только на естественном языке (до 256 знаков)	ADDITIONAL INFO: nnnnnnnnnn	ADDITIONAL INFO: NOT AVAILABLE NEXT UPDATE EXPECTED AT 17/1800UTC

M – включение обязательное.
O – включение факультативное.

Пример сообщения о ядерной аварии для рассылки по сети AFTN

GG UHMPZQZX
170425 EGRRYMYX
NNXX01 EGRR 170425
NUCLEAR EMERGENCY
DTG: 20080317/1425UTC
ORIGIN: VAAC LONDON
INFO SOURCE: IAEA
STATUS: EXERCISE
SITE: BILIBINO RUSSIA
LOCATION: N6805 E16645
START OF RELEASE: 20080317/1300UTC
END OF RELEASE: 20080317/1800UTC
FIR NAME(S): PEVEK
FIR CODE(S): UHMP
ADDITIONAL INFO: NEXT UPDATE EXPECTED AT 17/1800UTC

Примечание. Выделенные элементы будут меняться при каждом выпуске. Остальные элементы фиксированные.

— КОНЕЦ —