

УДК 551.21

ДЕЙСТВУЮЩИЕ ВУЛКАНЫ СЕВЕРНЫХ КУРИЛ И ИХ АКТИВНОСТЬ В 2004-2005 гг.

О.А. Гирина, Н.А. Малик, Л.В. Котенко

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, 683006. E-mails: girina@kcs.iks.ru; ecology@kcs.iks.ru; kotenko@Sevkur.sakhalin.ru;

Введение

В сентябре 1998 г. была достигнута договоренность о получении Камчатской группой реагирования на вулканические извержения - KVERT (Kamchatkan Volcanic Eruption Response Team) - оперативной информации о состоянии действующих вулканов Северных Курил (на островах Парамушир и Атласова). В апреле 2003 г. на международном совещании «Мониторинг вулканической активности Курило-Камчатского региона: прошлое, настоящее и будущее», которое было приурочено к 10-летию образования KVERT и посвящено организации на Сахалине SVERT (группы, аналогичной камчатской), KVERT была делегирована ответственность по уменьшению опасности авиаполетов при эксплозивных

извержениях вулканов в зоне Северных Курильских островов. Начиная с 9 мая 2003 г. KVERT, несет эту ответственность, по-возможности, расширяя и углубляя наблюдения за вулканами Северных Курил, собирая о них всю возможную информацию. Еженедельные информационные сообщения KVERT (*KVERT INFORMATION RELEASES*) с вышеуказанного дня стали называться «Активность вулканов Камчатки и Северных Курил». С 2002 г. KVERT проводит непрерывный спутниковый мониторинг вулканов Северных Курил, с 1 февраля 2004 г. – визуальный мониторинг вулкана Эбеко. О других вулканах визуальная информация от наблюдателей и пилотов воздушных судов поступает в KVERT эпизодически.

Вулканы Северных Курил

На островах, относящихся к группе Северных Курил, находятся 6 действующих вулканов: Алаид на о. Атласова (рис. 1) и вулканы Эбеко, Чикурачки, Татаринова, Карпинского и Пик Фусса на о.Парамушир. Ниже будет приведена краткая характеристика деятельности каждого из этих вулканов и степень их опасности для авиации.



Рис. 1. Вулкан Алаид. Фото Л.Г. Котенко

АЛАИД ($50^{\circ}52'$ с.ш., $155^{\circ}34'$ в.д., высота 2339 м) представляет наибольшую опасность для авиapolетов, в том числе и по международным трассам. Во время последнего сильного эксплозивного извержения вулкана в 1981 г. высота эруптивной колонны достигала 15 км над уровнем моря, протяженность пеплового шлейфа составляла более 1500 км [13]. В связи с необходимостью проведения непрерывных наблюдений за активностью вулкана, в 2000 г. на его склоне была установлена радиотелеметрическая станция, информация с которой в непрерывном режиме поступает в Камчатский филиал Геофизической службы РАН (прежнее название Камчатская опытно-методическая сейсмологическая партия), то есть проводится непрерывный сейсмический мониторинг вулкана.

В 2004 г. и январе-марте 2005 г. сейсмичность вулкана не превышала уровня фона. По спутниковым данным, термальные аномалии в районе вулкана не наблюдались. Во время редких визуальных наблюдений в июне-сентябре 2004 г. (29 июня, 14 августа, 16 сентября), отмечалась фумарольная активность вулкана с подъемом парагазового столба до 400 м над кратером (2750 м над уровнем моря). 3 августа, 22 и 27 сентября 2004 г. и 30 января 2005 г. вулкан был спокоен.

ПИК ФУССА ($50^{\circ}16'$ с.ш. $155^{\circ}15'$ в.д., высота 1772 м) (рис. 2). По данным Г.С. Горшкова [1-3], последнее и единственное достоверно известное извержение вулкана

происходило в 1854 г., в дальнейшем, до 60-х годов двадцатого столетия, на вулкане не было отмечено «даже следов фумарольной активности» [1, стр. 19]. Впервые о возобновлении фумарольной деятельности вулкана в 1969 г. было упомянуто в работе [7].

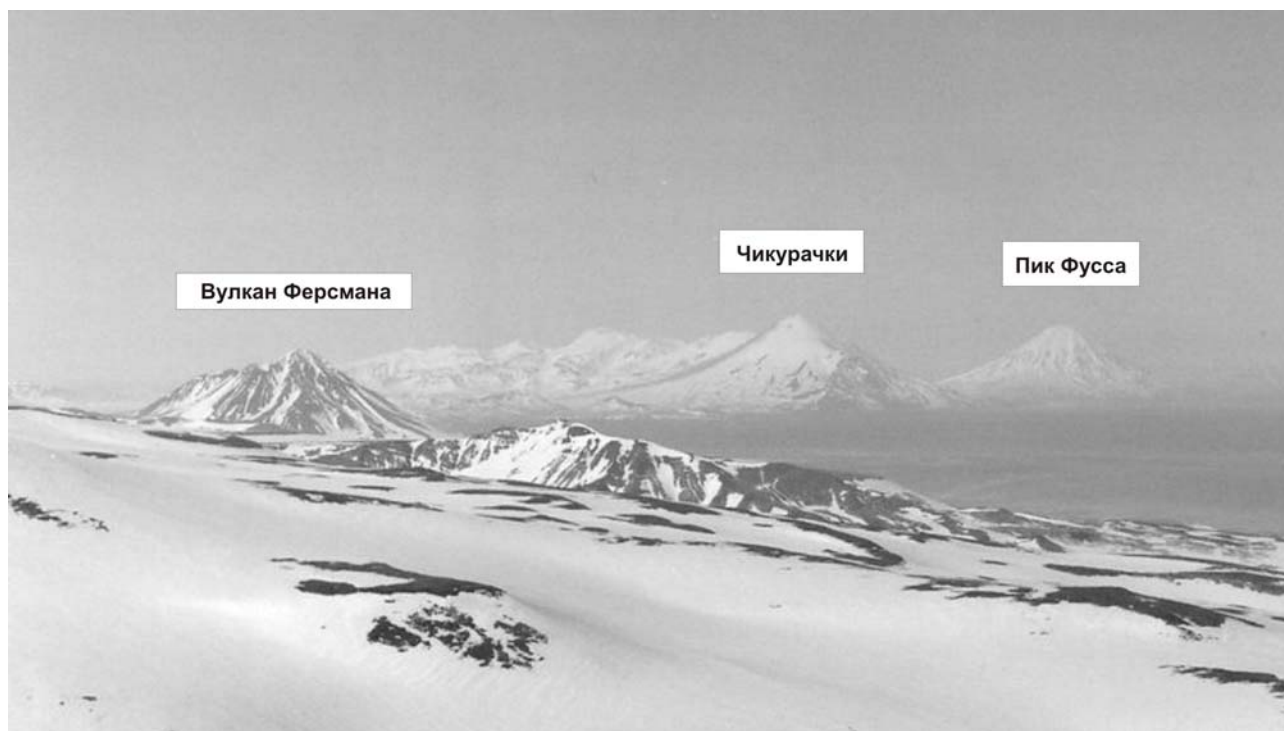


Рис. 2. Вулкан Чикурачки и пик Фусса. Фото Л.Г. Котенко

По спутниковым данным, термальные аномалии в районе вулкана не были зарегистрированы. В 2004-2005 гг. вулкан удалось наблюдать 5 дней. 20 августа 2004 г. над вершиной вулкана отмечался парогазовый столб высотой до 300 м, шлейф протягивался на 3 км на восток от вулкана. В другие дни (3 августа, 22 и 27 сентября 2004 г. и 30 января 2005 г.) вулкан не проявлял видимой активности.

ВУЛКАН ТАТАРИНОВА (50°18' с.ш., 155°27' в.д., высота 1530 м). По спутниковым данным, термальных аномалий в районе вулкана не отмечалось. В течение 2004-2005 гг. визуальные наблюдения за вулканом проводились пять дней. 3-4 августа вулкан не проявлял видимой активности. 14 апреля 2004 г. было отмечено, что белые фумарольные струи, в соответствии с направлением ветра, спускались с фумарольного поля по р. Тухарка. 22 сентября 2004 г. на восточном склоне вулкана наблюдалась слабая фумарольная активность. 30 января 2005 г. вулкан был спокоен.

КАЛЬДЕРА КАРПИНСКОГО (50°08' с.ш. 155°22' в.д., высота 1345 м). По спутниковым данным, термальные аномалии в районе вулкана не были зарегистрированы. Визуальные наблюдения за вулканом за рассматриваемый период проводились три раза: 3-4 августа 2004 г. вулкан не проявлял видимой активности, 22 сентября 2004 г. отмечалась слабая фумарольная активность вулкана - парогазовые струи поднимались на высоту до 10 м над кратером.

Наибольшую активность в 2004 – 2005 гг. проявляли вулканы Эбеко и Чикурачки, поэтому они будут рассмотрены более детально.

ЭБЕКО (50°41' с.ш., 156°01' в.д., высота 1156 м) расположен в северной части о.Парамушир в 7 км от г. Северо-Курильск (рис. 3). Сложный вулкан типа «Сомма-Везувий», центральный конус которого на вершине имеет три соприкасающихся кратера, является единственным действующим вулканом хребта Вернадского [2-4]. Начиная с 1967 г., эруптивную активность проявляет северный кратер [8-10,12]. По частоте извержений за последние 400 лет Эбеко относится к одним из наиболее активных вулканов Курило-Камчатской области, но так как его извержения были слабыми и очень слабыми, по массе

изверженного материала Эбеко занимает одно из последних мест [9]. Преобладающим в 17-20 веках был фреатический тип извержений вулкана, извержение его в 1934-35 гг. названо условно фреато-магматическим [9]. Исторически зафиксированные извержения и активизации вулкана происходили, по данным из работ [9,10,12], в 1793, 1833-1834(?), 1859, 1934-1935, 1963, 1967, 1969, 1987-91, 1998, 2005.



Рис. 3. Вулкан Эбеко. Фото Т. Котенко

Пепловые выбросы вулкана Эбеко, как правило, не превышают 5 км над уровнем моря (реальные наблюдения активности вулкана в 1989 г. [10]). С точки зрения опасности для авиации, наибольшую опасность взрывная активность вулкана представляет для аэропорта в г. Северо-Курильск и для местных авиалиний, по которым производятся полеты на высотах от 400 м (Л-410) до 8000 м (Як-40) над уровнем моря [5]. Кроме этого, пеплы вулкана Эбеко, благодаря большому количеству тонкодисперсного материала, представляют большую опасность для авиации с точки зрения максимальной степени воздействия на двигатели самолетов в результате частичного плавления пепловых частиц [6].

Для населения г. Северо-Курильск, расположенного в 7 км от вулкана, наибольшую опасность представляют грязевые потоки, кроме этого, пеплопады, облака сернистого газа и сероводорода.

Сейсмический мониторинг вулкана не проводится, так как сейсмостанция, расположенная в г. Северо-Курильск, рассчитана на регистрацию тектонических землетрясений. Лишь опыт сотрудников сейсмостанции иногда позволяет им различать вулканические и тектонические землетрясения.

Активность вулкана Эбеко в 2004-2005 гг.

По спутниковым данным, термальных аномалий в районе вулкана в рассматриваемый период времени не отмечалось. По данным визуальных наблюдений из г. Северо-Курильск, в 2004 г. наблюдалась фумарольная активность вулкана с подъемом парогазовых столбов до 250 м. 23 февраля, 25 июля и с 12 по 14 сентября 2004 г. в городе ощущался сильный запах сероводорода (таблица).

Данные визуальных наблюдений за вулканом Эбеко в феврале 2004-мае 2005 гг.

Дата	Визуальные наблюдения за вулканом
2004 г. 23.02.04	В г.Северо-Курильск сильный запах сероводорода.
3-4.03.04	Парогазовый столб высотой 150-200 м над кратером
12.03.04	Парогазовый столб высотой 150 м над кратером
16-17.03.	Парогазовый столб высотой 200 м над кратером
31.03.04	Парогазовый столб высотой 150 м над кратером
15 и 19.04	Парогазовый столб высотой 100 м над кратером
28.04.04	Парогазовый столб высотой 100 м над кратером
18.05.04	Парогазовый столб высотой 250 м над кратером
31.05.04	Парогазовый столб высотой 80 м над кратером
4-5.06.04	Парогазовый столб высотой 80-100 м над кратером.
8.06	Ветер западный. Парогазовый столб высотой 200 м над кратером.
9.06-10.06	Слабый ю-в ветер. Парогазовый столб высотой 100 м над кратером.
16.06	Парогазовый столб высотой 100 м над кратером.
21.06	Ветер юго-восточный. Парогазовый столб высотой 200 м над кратером.
27.06	Парогазовый столб высотой 250 м над кратером.
29.06	Северный ветер 25-27 м/с. Парогазовый столб высотой 70 м над кратером.
30.06	Южный ветер 20-23 м/с. В кратере вулкана: Фумарольные газы стелятся по земле. Т° фумарольных струй 110-120 °С (норма).
12.07	Штиль. Парогазовый столб высотой 200 м над кратером.
25.07	Юго-западный ветер 20-25 м/с. Фумарольной активности не наблюдается. В Северо-Курильске – сильный запах сероводорода.
28.07	Слабый юго-восточный ветер. Парогазовый столб высотой 150 м над кратером.
29-30.07	Парогазовый столб высотой 250 м над кратером.
12-14.09	Северо-западный ветер. Вулкан закрыт. В Северо-Курильске - запах сероводорода.
16.09	Парогазовый столб высотой 150 м над кратером.
22-23.09	Западный ветер. Парогазовый столб высотой 100 м над кратером.
27.09	Штиль. Парогазовый столб высотой 150 м над кратером.
5.10	Парогазовый столб высотой 80 м над кратером.
27-28.10	Парогазовый столб высотой 150 м над кратером.
3-4.11.04	Штиль. Парогазовый столб высотой 200 м над кратером.
1-2.12.04	Парогазовый столб высотой 150 м над кратером.
12-13.12	Парогазовый столб высотой 200 м над кратером.
14-15.12.	Парогазовый столб высотой 200 м над кратером. В г.Северо-Курильск 15 декабря - сильный запах сероводорода.
23.12.04	Парогазовый столб высотой 120 м над кратером.
2005 г. 27.01.05	В г.Северо-Курильск сильный запах сероводорода при скорости северо-западного ветра до 20 м/с
28.01.05	Белый парогазовый столб высотой до 400 м над кратером, шлейф на юг от вулкана. В г.Северо-Курильск сильный запах сероводорода. В город от вулкана спускается шлейф серого газа (сернистого и сероводорода)
29.01.05	На восточно-северо-восточной внутренней стенке Активной воронки образовалось жерло диаметром около 5 м, из которого бьет мощная струя желто-серого газа и пара на высоту 300 м над кратером, шлейф длиной 10 км протягивается на восток от вулкана. В 20 м к юго-востоку от жерла, из образовавшихся щелей бьют 5 парогазовых струй. На дне кратера под западной стенкой образовалось озеро овальной формы (7x12 м) бирюзового цвета. Морфология кратера не изменилась. На внешних склонах Активной воронки на расстоянии до 500 м от нее отмечаются 3 пепловых слоя мощностью 1-2 мм. На высоте 950 м при подъеме на Эбеко в газовом шлейфе концентрация сероводорода (прибор Калион-1) составляет 58 мг/м ³
30.01	Активная воронка закрыта газом, который стекает по ущелью речки Юрьева. Основное жерло там же, оттуда идет интенсивное выделение пара, озера нет. Цвет всех струй - серо-белый. Визуально интенсивность выноса газа увеличилась. На восточном склоне Активной воронки отмечены рассеянные мелкие частицы серы и пепла.

1.02	Высота подъема газов из жерла в Активной воронке над бровкой кратера - 450 метров, шлейф длиной 6 км тянется на северо-восток от вулкана.
8.02	В ночь с 7 на 8 февраля вместе со снегом выпал тонкий пепел в районе от Нового города до плато Наседкина включительно. Высота серо-белого с незначительной примесью пепла парогазового столба - около 1000 м над кратером, шлейф длиной 12 км протягивается на юго-восток от вулкана.
9.02	Высота парогазового столба 600 м над кратером, длина белого шлейфа 3 км, тянется он на юго-юго-запад от вулкана. В городе и окрестностях при снегопадах несколько раз выпадал тонкий пепел в незначительных количествах. С 22:00 до 24:00 UTC высота фумарольного столба 450 м над кратером, белый шлейф тянется на 3 км на северо-восток от вулкана.
12.02	В Северо-Курильске сильный запах сероводорода
13.02	Концентрация сероводорода в городе достигает 18.2 мг/куб. м.
15.02	С 22:00 до 02:00 (16.02) - темно-серый фумарольный столб высотой 500 м над кратером, переходящий в шлейф длиной 13 км. Первые 6 км шлейфа, протягивающегося на восток от вулкана, темно-серые, следующие - светло-серые (перемещаются на юго-восток от вулкана).
16.02	20:30-23:10 пеплопад над 2-м Курильским проливом. В г.Северо-Курильск сильный запах сероводорода
17.02	В г.Северо-Курильск сильный запах сероводорода, его концентрация 48 мг/м.куб. Парогазовый белый столб высотой 250 м над кратером
18.02	Парогазовый столб белого цвета высотой 450 м над кратером
19.02	На дне Активной воронки обнаружено небольшое озеро (10х10 м). Работают два жерла, оба диаметром по 5 м, второе открылось на месте пяти фумарол. Из обоих жерл бьют белые парогазовые струи высотой 85 м (подъем газа выше блокируется инверсионным слоем), длина шлейфа – 4 км. Прослоев пепла в снежном покрове нет. На вулкане сильный запах хлора.
25.02	Парогазовые выбросы белого цвета до высоты 450 м над кратером (в 5:30 UTC – 1000 м). В Северо-Курильске сильный запах сероводорода, превышение ПДК (предельно допустимая концентрация) по сероводороду - в 9 раз.
1.03	Парогазовый столб до высоты 250 м над кратером, в 05:50 UTC при штиле – 1200 м
2.03	В г.Северо-Курильск сильный запах сероводорода, превышение ПДК - в 84 раза.
3.03	Парогазовый столб белого цвета высотой 250-550 м над кратером.
5.03	Парогазовый столб высотой 450 м над кратером
8.03	Парогазовый столб высотой 250-300 м над кратером
9.03	Парогазовый столб высотой 250-300 м над кратером
27.03	Парогазовый столб белого цвета высотой 500 м над кратером
29.03	Парогазовый столб высотой 300 м над кратером, шлейф длиной 8 км на север от вулкана
4.04	Парогазовый столб высотой 300 м над кратером
7.04	Парогазовый столб высотой 150-300 м над кратером
15.04	Парогазовый столб высотой 150 м над кратером
16-18.04	Парогазовый столб высотой 200 м над кратером
20.04	Парогазовый столб высотой 500 м над кратером
21.04	Парогазовый столб высотой 350 м над кратером.

В другие дни рассматриваемого периода вулкан был спокоен или закрыт.

В 2005 г. активизация вулкана Эбеко началась в конце января. Практически весь месяц вулкан был закрыт облачностью, но 27-28 января в г. Северо-Курильск начал ощущаться сильный запах сероводорода. При прояснении облачности 28 января было обнаружено усиление парогазовой деятельности вулкана. В город с вершины вулкана спускался шлейф серого цвета - предположительно сероводорода и сернистого газа. В это же время, по данным сотрудников сейсмостанции «Северо-Курильск», отмечались локальные поверхностные землетрясения, возможно, связанные активизацией вулкана.

Обследование вулкана 29 января показало, что в Активной воронке произошли существенные изменения. У западной стенки воронки было обнаружено новое озеро

бирюзового цвета размером 7x12 м (рис. 4). На внешних склонах Активной воронки были обнаружены 3 пепловых слоя мощностью 1-2 мм, пепел протягивался на расстояние до 500 м от воронки. Также наблюдалась мощная фумарольная деятельность вулкана, парагазовый столб поднимался до 300 м над кратером. 30 января интенсивность парагазовой деятельности вулкана, по визуальным оценкам, увеличилась, озеро исчезло.



**Озеро в Активной воронке влк. Эбеко,
29.01.2005 г., фото В. Скотнова.**

Рис. 4. Новое озеро в Активной воронке вулкана Эбеко. Фото В. Скотнова

В дальнейшем продолжалась постоянная парагазовая эмиссия до высоты 250-600 м над кратером (таблица). 8 февраля высота серо-белого парагазового с примесью пепла столба достигала 1000 м над кратером (~ 2200 м над уровнем моря). С 8 по 10 февраля в городе и окрестностях несколько раз выпадал тонкий пепел. 12-13 и 16-17 февраля в городе снова ощущался сильный запах сероводорода. 16 февраля темно-серый парагазовый с примесью пепла столб поднимался на 500 м над кратером, шлейф протягивался на 15 км на восток и юго-восток от вулкана. В этот день отмечался пеплопад над Вторым Курильским проливом. Во время обследования Активной воронки 19 февраля, там было обнаружено небольшое новое озеро, в кратере ощущался запах хлора. 25 февраля и 2 марта в городе вновь ощущался сильный запах сероводорода. В марте-апреле 2005 г. высота парагазового столба, в основном, не превышала 500-600 м над кратером, лишь 1 марта она составляла 1200 м над кратером. В середине марта, по сообщению сотрудников сейсмостанции «Северо-Курильск», отмечался спад сейсмической активности вулкана, примерно в это время и закончилась его активизация 2005 г.

ЧИКУРАЧКИ (50°19' с.ш., 155°28' в.д., высота 1816 м) - стратовулкан, расположенный в юго-западной части о.Парамушир в 60 км к юго-западу от г. Северо-Курильск (рис. 2). Вулкан является самым северным в цепи вулканов хребта Карпинского, от соседнего вулкана Татаринова он отделен лишь небольшой седловиной [2-4]. Для вулкана наиболее характерны эксплозивные извержения вулканского и стромболианского типов

разной мощности [1,3,11]. Даты исторически зафиксированных извержений: 1853-1859, 1958, 1961, 1964, 1973, 1986, 2002, 2003, 2005.

Последние два эксплозивных извержения, происходивших в 2002 и 2003 гг., были умеренной силы, высота эруптивного столба достигала 6 км над уровнем моря, пепловые шлейфы протягивались до 400 км от вулкана.

Умеренные эксплозивные извержения вулкана представляют опасность, в основном, для местной авиации: для аэропорта г. Северо-Курильск и для самолетов и вертолетов Камчатки и Курил. Для международных авиалиний вулкан все же несет потенциальную опасность: при мощных извержениях (1853, 1986 гг.), когда пепловые облака поднимаются выше 10 км над уровнем моря (а такие прецеденты есть в истории вулкана) [11], возможна реальная угроза безопасности для авиалайнеров на международных трассах, пролегающих в непосредственной близости от вулкана Чикурачки.

В связи с сильными и мощными эксплозивными извержениями вулкана, пеплопады могут представлять опасность для жителей г. Северо-Курильск.

Активность вулкана Чикурачки в 2004-2005 гг.

По спутниковым данным, термальных аномалий в районе вулкана не отмечалось. В 2004 г. визуальные наблюдения за вулканом проводились с августа по сентябрь, в это время отмечалась фумарольная деятельность вулкана, парогазовый столб поднимался до 200-700 м над кратером.

В марте-апреле 2005 г. отмечалась активизация вулкана. 1 марта в KVERT было передано сообщение от охотников и штурманов, что впервые после долгого перерыва на вулкане наблюдался парогазовый столб высотой до 400 м над кратером. 12 марта сотрудниками KVERT на спутниковых снимках TERRA MODIS и AVHRR был обнаружен пепловый шлейф, протягивавшийся на 40 км на северо-северо-запад от вулкана Чикурачки. Позднее эта информация, была подтверждена коллегами из Геофизического института университета Аляски, США, по спутниковым снимкам AQUA MODIS. По визуальным наблюдениям работников маяка с мыса Подгорный, до 10 марта отмечались слабые пепловые выбросы, хотя пепел на маяке не выпадал. 18 марта наблюдалась парогазовая деятельность вулкана. 23 марта на спутниковых снимках AVHRR был замечен слабый пепловый шлейф, протягивавшийся на 70 км на восток от вулкана Чикурачки.

По сообщениям пилотов, 29 марта на снегу к юго-востоку от вулкана были обнаружены отложения пепла. Эта информация подтвердилась спутниковыми данными. 4 и 5 апреля, по наблюдениям рыбаков, на вулкане наблюдалась слабая фумарольная деятельность; западно-северо-западный склон вулкана был покрыт пеплом. 7 апреля наблюдался разовый пепловый выброс до высоты 0.5 км над кратером, шлейф протянулся на 10 км на юг от вулкана. В дальнейшем по спутниковым и визуальным данным эруптивная активность вулкана не отмечалась.

Заключение

В 2004 г. вулканы Северных Курил были относительно спокойны. В 2005 г. наблюдалась активизация вулканов Эбеко и Чикурачки, которая отслеживалась KVERT в непрерывном режиме с использованием данных спутникового и визуального мониторинга вулканов Северных Курил для обеспечения безопасности авиapolетов в этом регионе.

Авторы приносят благодарность сотрудникам КФ ГС РАН за предоставленные спутниковые данные.

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

Список литературы

1. Горшков Г.С. Вулканизм Курильской островной дуги. М.: Наука, 1967.
2. Горшков Г.С. Действующие вулканы Курильской островной дуги // Тр. Лаборатории вулканологии. Вып.13. Молодой вулканизм СССР. 1958. С. 5-70.

3. *Горшков Г.С.* Каталог действующих вулканов Курильских островов // Бюл. вулканологической станции. № 25. 1957. С. 96-178.
4. *Гущенко И.И.* Извержения вулканов мира. Каталог. М.: Наука, 1979. 474 с.
5. *Кирьянов В.Ю.* Вулканические пеплы Камчатки как источник потенциальной опасности для пассажирских авиалиний // Вулканология и сейсмология. 1992. № 3. С. 16-36.
6. *Кирьянов В.Ю., Фелицын С.Б.* Вулканический пепел как природный фактор риска для авиации // Вулканология и сейсмология. 2000. № 5. С. 65-72.
7. *Мархинин Е.К., Стратула Д.С.* Гидротермы Курильских островов. М.: Наука, 1977. 211 с.
8. *Мелекесцев И.В., Двигало В.Н., Кирьянов В.Ю. и др.* Вулкан Эбеко (Курильские острова): история эруптивной активности и будущая вулканическая опасность. Часть I // Вулканология и сейсмология. 1993. № 3. С. 69-81.
9. *Мелекесцев И.В., Двигало В.Н., Кирьянов В.Ю. и др.* Вулкан Эбеко (Курильские острова): история эруптивной активности и будущая вулканическая опасность. Часть II // Вулканология и сейсмология. 1993. № 4. С. 24-41.
10. *Меняйлов И.А., Никитина Л.П., Будников В.А.* Активность вулкана Эбеко в 1987-1991 гг.; характер извержений, особенности их продуктов, опасность для г. Северо-Курильск // Вулканология и сейсмология. 1992. № 5-6. С. 21-33.
11. *Овсянников А.А., Муравьев Я.Д.* Извержение вулкана Чикурачки в 1986 г. // Вулканология и сейсмология. 1992. № 5-6. С. 3-20.
12. *Фазлуллин С.М., Тимофеева И.Ф., Котенко Л.В., Шапарь В.Н.* Опыт слежения за состоянием вулкана Эбеко (Курильские острова) // Материалы Российско-японского полевого семинара «Минерало-рудообразование в вулканно-гидротермальных системах островных дуг: от модели к эксплуатации». 1998. С. 252-255.
13. *Федотов С.А., Иванов Б.В., Флеров Г.Б. и др.* Изучение извержения вулкана Алаид (Курильские острова) в 1981 г. // Вулканология и сейсмология. 1982. № 6. С. 9-27.