

УДК 551.21.

© *О.А. Гирина, И.М. Романова, Д.В. Мельников, А.Г. Маневич, Е.А. Лупян, А.А. Сорокин, Л.С. Крамарева, И.А. Уваров, А.В. Кашицкий, А.М. Константинова, С.И. Мальковский, С.П. Королев, 2019*

АНАЛИЗ ЭКСПЛОЗИВНЫХ ИЗВЕРЖЕНИЙ ВУЛКАНОВ КАМЧАТКИ И КУРИЛ С ПОМОЩЬЮ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Гирина О.А. - к.г.-м.н., ИВиС ДВО РАН, e-mail: girina@kscnet.ru; *Романова И.М.* - в. прогр. ИВиС ДВО РАН, roman@kscnet.ru; *Мельников Д.В.* - н.с. ИВиС ДВО РАН, dvm@kscnet.ru; *Маневич А.Г.* - н.с. ИВиС ДВО РАН, mag@kscnet.ru; *Лупян Е.А.* - д.т.н., ИКИ РАН, evgeny@d902.iki.rssi.ru; *Сорокин А.А.* - к.т.н., ВЦ ДВО РАН, alsor@febras.net; *Крамарева Л.С.* - ДЦ НИЦ Планета, kramareva@dvrspod.ru; *Уваров И.А.* - к.т.н. ИКИ РАН, uvarov@d902.iki.rssi.ru; *Кашицкий А.В.* - к.т.н. ИКИ РАН, kashnizky@gmail.com; *Константинова А.М.* - аспирант ИКИ РАН, konstantinova@d902.iki.rssi.ru; *Мальковский С.И.* - н.с. ВЦ ДВО РАН, sergey.malkovsky@gmail.com, *Королев С.П.* - н.с. ВЦ ДВО РАН, serejk@febras.net

Ежедневный мониторинг вулканов Камчатки выполняется с 1993 г., Курил - с 2003 г. С 2009 г. с применением современных информационных технологий и методов развиваются информационные системы, оснащенные современными инструментами для анализа данных, с помощью которых в ИВиС ДВО РАН выполняются комплексные исследования вулканогенных процессов Курило-Камчатского региона, в том числе наиболее опасных для человека взрывчатых извержений, а также продуктов извержений вулканов. Созданные системы позволяют вулканологам работать с различными спутниковыми данными совместно с метео- и видеоинформацией для непрерывного мониторинга и исследования вулканической активности; моделировать распространение пепловых облаков и шлейфов для оценки их опасности для авиации; объединять и систематизировать различную информацию о вулканах и их извержениях.

Daily monitoring of Kamchatka volcanoes has been carried out since 1993, Kuril - since 2003. Since 2009, using modern information technologies and methods, information systems equipped with modern tools for data analysis have been developed, with the help of which there are carried out in the IVS

В Международная конференция «Информационные технологии и высокопроизводительные вычисления» (ITHPC-2019), Хабаровск, Россия, 16-19 сентября 2019 г. Сборник трудов. Под ред. Смагин С. И., Зацаринный А. А.

FEB RAS comprehensive studies of volcanogenic processes in the Kuril-Kamchatka region, including the most dangerous explosive eruptions for humans, as well as products of volcanic eruptions. The created systems allow volcanologists to work with various satellite data together with weather and video information for continuous monitoring and research of volcanic activity; simulate the spread of ash clouds and plumes to assess their danger to aviation; combine and systematize various information about volcanoes and their eruptions.

Ключевые слова: информационная система, KVERT, VOKKIA, АИС Сигнал, VolSatView, вулкан, эксплозивное извержение, мониторинг, моделирование

На Камчатке и Курилах 68 действующих вулканов. Здесь ежегодно происходят эксплозивные извержения 4-8 вулканов с выносом пепла до 8-15 км н.у.м., во время которых на поверхность Земли поступают тонны вулканогенных продуктов в виде лавы, пирокластики, вулканических газов и аэрозолей, оказывающих влияние на окружающую среду и представляющих опасность для населения и авиаперевозок в северо-западной части Тихоокеанского региона [1].

Ежедневный мониторинг вулканов Камчатки KVERT (Kamchatkan Volcanic Eruption Response Team - Камчатская группа реагирования на вулканические извержения) выполняет с 1993 г., Курил - с 2003 г. [1, 2]. С 2009 г. учеными ИВиС ДВО РАН и ВЦ ДВО РАН ведутся работы по созданию в составе автоматизированной информационной системы (АИС) “Сигнал” системы видеонаблюдения за вулканами Камчатки [3]. С 2010 г. в ИВиС ДВО РАН с применением современных информационных технологий и методов разрабатываются и совершенствуются информационные системы (ИС) KVERT и VOKKIA (Volcanoes of Kurile-Kamchatka Island Arc - Вулканы Курило-Камчатской островной дуги) для сбора, систематизации и анализа данных о вулканогенных процессах, происходящих в Курило-Камчатском регионе, в том числе о наиболее опасных для человека эксплозивных извержениях [4]. В 2011-2014 гг. специалистами ИВиС ДВО РАН, ИКИ РАН, ВЦ ДВО РАН и ДЦ НИЦ Планета была создана и развивается ИС VolSatView (Дистанционный мониторинг активности вулканов Камчатки и Курил), позволяющая вулканологам комплексно работать с различными спутниковыми данными, метео- и видеоинформацией для непрерывного мониторинга и исследования вулканической активности региона [1, 5-7]. В 2015 г. учеными ВЦ

ДВО РАН при поддержке ученых ИВиС ДВО РАН в рамках АИС “Сигнал” создан блок для оперативного моделирования по модели PUFF распространения пепловых облаков и шлейфов во время эксплозивных извержений [8, 9].

В настоящее время в ИС VOKKIA и KVERT имеется информация о 372 извержениях, произошедших на Камчатке и Курилах, даты некоторых из них определены с помощью радиоуглеродного датирования. За последние четыре века описано 282 эксплозивных извержения вулканов в регионе, проявился неуклонный рост их количества, причем извержений на Камчатке происходило в два раза больше, чем на Курилах, за исключением 19 века, когда на Камчатке их было всего на 4 больше, чем на Курилах (рис. 1).

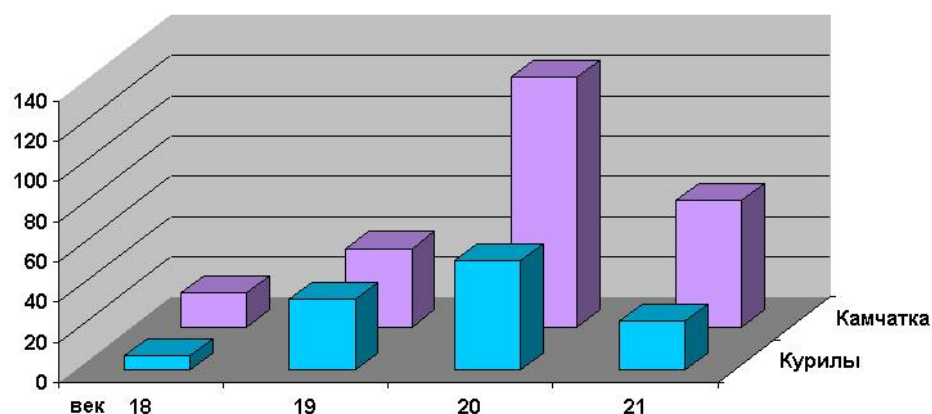


Рис. 1 Извержения вулканов на Камчатке и Курилах в 18-21 вв. по ИС VOKKIA

Система видеонаблюдений за вулканами Камчатки продолжает развиваться. Например, разработанный алгоритм обработки ночных изображений вулкана Шивелуч, на которых фиксируется свечение экзотрузивного материала в инфракрасном диапазоне от 700 до 1000 нм, позволяет получить количественные характеристики интенсивности свечения термальной аномалии в пределах лавового купола [10]. Результаты обработки видеоизображений вулкана в автоматическом режиме с помощью этого алгоритма (при условии отсутствия облачности в районе вулкана) сопоставимы с величинами интенсивности свечения лавового купола, определенными по спутниковым данным (рис. 2). Максимальная интенсивность свечения купола проявляется во время эксплозивных событий, когда в атмосферу с высокой скоростью по-

ступают огромные объемы раскаленного ювенильного (глубинного) вещества.

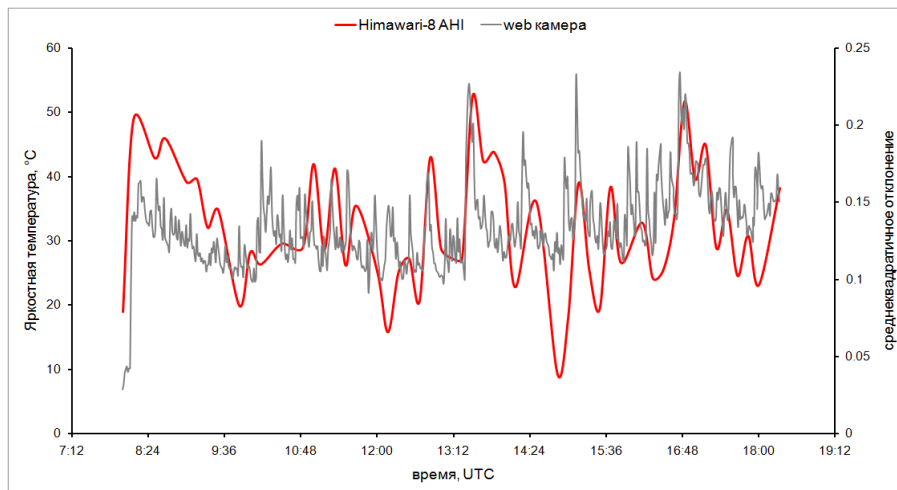


Рис. 2 Вулкан Шивелуч: сопоставление данных с видеокамеры (среднеквадратичное отклонение - интенсивность свечения) и со спутника Himawari-8 (яркостная температура) за ночной период времени 14 марта 2019 г.

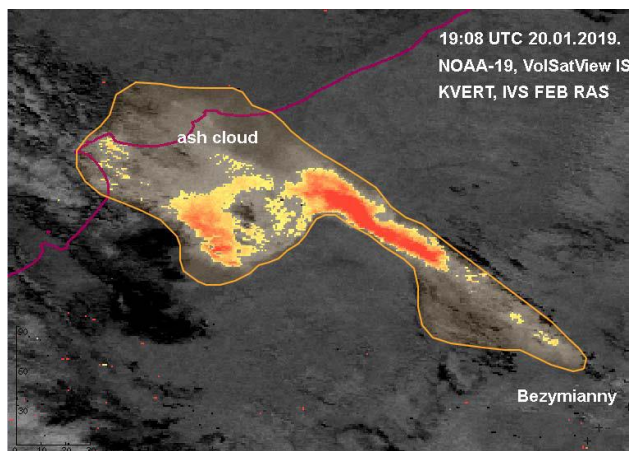


Рис. 3 Пепловое облако влк. Безымянный 20 января 2019 г. Данные ИС VolSatView

В ИС VolSatView специалистами ИКИ РАН созданы условия для работы со сверхбольшими распределенными архивами спутниковых данных и базами данных пространственных объектов (пепловых шлейфов, термальных аномалий и др.). Например, выявление термальных аномалий в районах вулканов возможно в различных режимах: автоматизированное на основе алгоритма MOD14 и MODVOLC и ин-

терактивное (приборы AVHRR, MODIS, VIIRS), автоматическое и интерактивное (прибор АНІ спутника Himawari-8). Для решения задачи детектирования и оконтуривания пепловых облаков и шлейфов созданы методы для их интерактивного выделения: задание порога на продукте “разность температур”, необучаемая кластеризация и ручное оконтуривание (рис. 3). Также внедрены методы оценки высоты верхней границы пеплового облака: “по метеорологическому профилю” и “метод стереопары” [5]. Интеграция ИС VolSatView с АИС “Сигнал” обеспечивает совместный анализ спутниковых данных и результатов моделирования распространения пепловых шлейфов [9].

Благодаря совместной работе ученых четырех научных организаций с помощью современных информационных технологий созданы возможности, позволяющие решать различные вулканологические задачи: от оперативного мониторинга активности вулканов до фундаментальных проблем вулканологии. Например, по результатам ежедневного мониторинга вулканов Камчатки и Курил ученые KVERT выпустили в 2018-2019 гг. 254 VONA (Volcano Observatory Notice for Aviation) об опасных эксплозивных извержениях семи вулканов (Шивелуч, Ключевской, Безымянный, Карымский, Эбеко, Пик Сарычева, Райкоке). Сильное эксплозивное извержение влк. Безымянный 15 марта 2019 г. было предсказано ими за 6.5 ч до начала (VONA 2019-63 и 2019-64, <http://www.kscnet.ru/ivs/kvert/van/>).

Благодарности. Работа выполнена при поддержке программы «Приоритетные научные исследования в интересах комплексного развития ДВО РАН» (№ 18-5-091).

Библиографические ссылки

1. Комплексный мониторинг эксплозивных извержений вулканов Камчатки / Гирина О. А., Лупян Е. А., Сорокин А. А. и др. Петропавловск-Камчатский : ИВиС ДВО РАН. 2018. 192 с.
2. Gordeev E. I., Girina O. A. Volcanoes and their hazard to aviation // Herald of the Russian Academy of Sciences. 2014. Vol. 84, № 1. P. 1-8. doi: 10.1134/S1019331614010079
3. The Kamchatka volcano video monitoring system / Sorokin A. A., Korolev S. P., Romanova I. M., Girina O. A., Urmanov I. P. // 2016 6th International Workshop on Computer Science and Engineering (WCSE 2016). Tokyo, Japan, 2016. V. II. P. 734-737.
4. Создание комплексной информационной веб-системы “Вулканы

Курило-Камчатской островной дуги” (VOKKIA) / Романова И. М., Гирина О. А., Максимов А. П., Мелекесцев И. В. // Информатика и системы управления. 2012. № 3, вып. 33. С. 179-187.

5. Создание и развитие информационной системы «Дистанционный мониторинг активности вулканов Камчатки и Курил» / Гирина О. А., Лупян Е. А., Мельников Д. В. и др. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16, № 3. С. 249-265. doi: 10.21046/2070-7401-2019-16-3-249-265

6. Создание инструментов для удаленной обработки спутниковых данных в современных информационных системах / Кашницкий А. В., Балашов И. В., Лупян Е. А. и др. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2015. Т 12, № 1. С. 156-170.

7. Центр коллективного пользования системами архивации, обработки и анализа спутниковых данных ИКИ РАН для решения задач изучения и мониторинга окружающей среды / Лупян Е. А., Прошин А. А., Бурцев М. А. и др. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2015. Т. 12, № 5. С. 263-284.

8. Интегрированная программная платформа для комплексного анализа распространения пепловых шлейфов при эксплозивных извержениях вулканов Камчатки / Сорокин А. А., Королев С. П., Гирина О. А. и др. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2016. Т. 13, № 4. С. 9-19. doi: 10.21046/2070-7401-2016-13-4-9-19

9. Satellite observations and numerical simulation results for the comprehensive analysis of ash clouds transport during the explosive eruptions of Kamchatka volcanoes / Sorokin A.A., Girina O.A., Loupian E.A. et al. // Russian Meteorology and Hydrology. 2017. Vol. 42, № 12. P. 759-765. doi: 10.3103/S1068373917120032

10. Мельников Д. В., Гирина О. А., Маневич А. Г. Характеристика активности вулкана Шивелуч в 2018-2019 гг. по данным наземных и спутниковых наблюдений // Вулканизм и связанные с ним процессы : материалы XXII Всерос. конф., 28-29 марта 2019 г. Петропавловск-Камчатский : ИВиС ДВО РАН. 2019. С. 98-101.