

ИЗУЧЕНИЕ ПРОДУКТОВ ИЗВЕРЖЕНИЙ ВУЛКАНОВ КАМЧАТКИ С ПОМОЩЬЮ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ VOLSATVIEW

Гирина О.А.¹, Лупян Е.А.², Гордеев Е.И.¹, Сорокин А.А.³, Ефремов В.Ю.², Кашицкий А.В.², Уваров И.А.², Крамарева Л.С.⁴, Мельников Д.В.¹, Маневич А.Г.¹

¹ *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский; girina@kscnet.ru*

² *Институт космических исследований РАН, Москва; evgeny@iki.rssi.ru*

³ *Вычислительный центр ДВО РАН, Хабаровск; alsor@febras.net*

⁴ *ДЦ «НИЦ «Планета», Хабаровск; kramareva@dvrcpod.ru*

Созданная в 2010 г. совместными усилиями специалистов ИВиС ДВО РАН, ИКИ РАН, ВЦ ДВО РАН и ДЦ ФГУП НИЦ Планета информационная система «Мониторинг активности вулканов Камчатки и Курил» (VolSatView, <http://volcanoes.smislab.ru>), продолжает развиваться и сегодня позволяет работать с различными спутниковыми данными среднего и высокого разрешения, метео- и инструментальной информацией наземных сетей наблюдений, проводить совместный анализ различных данных.

Из 30 действующих вулканов, расположенных на Камчатке, ежегодно от трех до восьми находятся в состоянии извержения или активизации [2, 3]. Здесь ежегодно происходит от 4 до 20 эруптивных событий с выбросом пеплов до 7-15 км над уровнем моря (н.у.м.). Эксплозивные извержения вулканов наиболее опасны для любых сфер деятельности человека, в том числе для полетов современных реактивных самолетов [2, 3, 13, 14]. Для уменьшения риска столкновения самолетов с пепловыми облаками в 1993 г. на Камчатке была создана Камчатская группа реагирования на вулканические извержения (KVERT - Kamchatkan Volcanic Eruption Response Team: <http://www.kscnet.ru/ivs/kvert/>), которая с 2010 г., как часть Института вулканологии и сейсмологии (ИВиС) ДВО РАН, выполняет функции вулканологической обсерватории Российской Федерации по обеспечению информацией о вулканической деятельности на Дальнем Востоке международного аэронавигационного сообщества [2, 3, 13, 14]. С 1993 г. сотрудники группы KVERT изучают спутниковые данные для отслеживания перемещений пепловых шлейфов и облаков при извержениях вулканов Камчатки, с 2002 г. они проводят ежедневный оперативный спутниковый мониторинг вулканов Камчатки и Северных Курил [2, 3].

С 2010 г. совместными усилиями специалистов ИВиС ДВО РАН, ИКИ РАН, ВЦ ДВО РАН и ДЦ НИЦ Планета при поддержке РФФИ (проекты 11-07-12026-офи_м, 13-07-12180_офи_м-2013) была создана, введена в опытную эксплуатацию и в настоящее время продолжает развиваться информационная система (ИС) "Мониторинг активности вулканов Камчатки и Курил" (VolSatView). ИС позволяет работать с различными оперативными и архивными спутниковыми данными среднего (NOAA, Terra, Aqua, Suomi NPP, Метеор-М1 и др.) и высокого (Landsat (7 и 8), EO-1 Hyperion, Ресурс (1 и 2), Метеор-М2, Канопус-В и др.) разрешения, информационными продуктами, получаемыми на основе их обработки, а также метео- и наземной инструментальной информацией наземных сетей наблюдений, проводить совместный анализ различных данных [4-6, 12].

ИС VolSatView создана на основе специализированного программного обеспечения и технологий, разработанных в ИКИ РАН [1, 7-11]. В ней реализованы специальные инструменты, обеспечивающие возможность работы с данными долговременных спутниковых наблюдений и оперативного получения результатов их обработки. Например, непосредственно в web-интерфейсе созданы инструменты для анализа полей температуры, позволяющие мгновенно просматривать значения температуры в каждой точке снимка, что значительно сокращает время анализа термальных аномалий в районах действующих вулканов; а также инструменты, позволяющие выделять пепловые облака и шлейфы, анализировать их временные серии, заносить их в базу данных с автоматическим расчетом площади пеплового шлейфа или облака, визуализировать пепловые шлейфы и облака по отдельным или всем вулканам за определенный период времени, оценивать насыщенность облаков пепловыми частицами и т.п. (рис.1, 2).

В настоящее время в VolSatView накоплен уникальный набор информации по вулканам Камчатки и Курил, она может быть применена для изучения как текущей деятельности вулканов, так и десятилетней давности, при этом анализ данных может проводиться совместно с данными других информационных систем [4, 5].

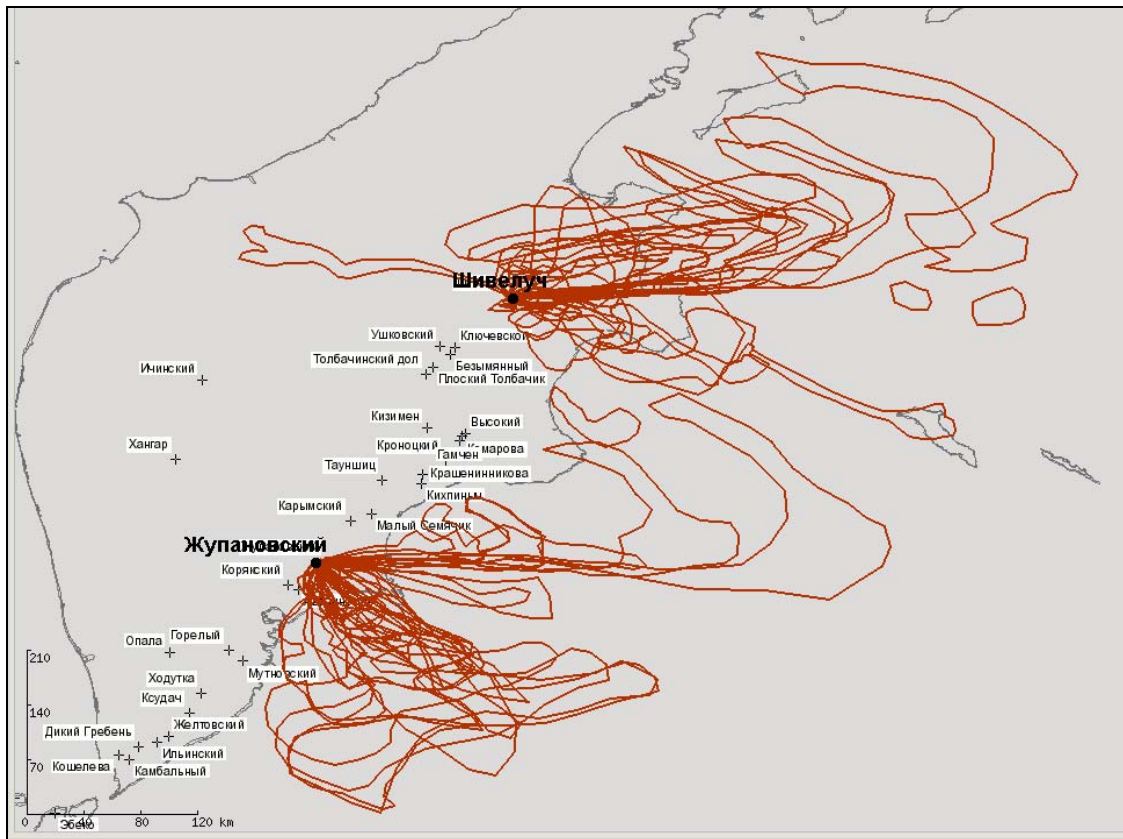


Рис. 1. Пепловые шлейфы и облака, образовавшиеся при эксплозивных извержениях вулканов Камчатки (Шивелуч и Жупановский) в 2014 г., выделенные по спутниковым снимкам информационной системы VolSatView.

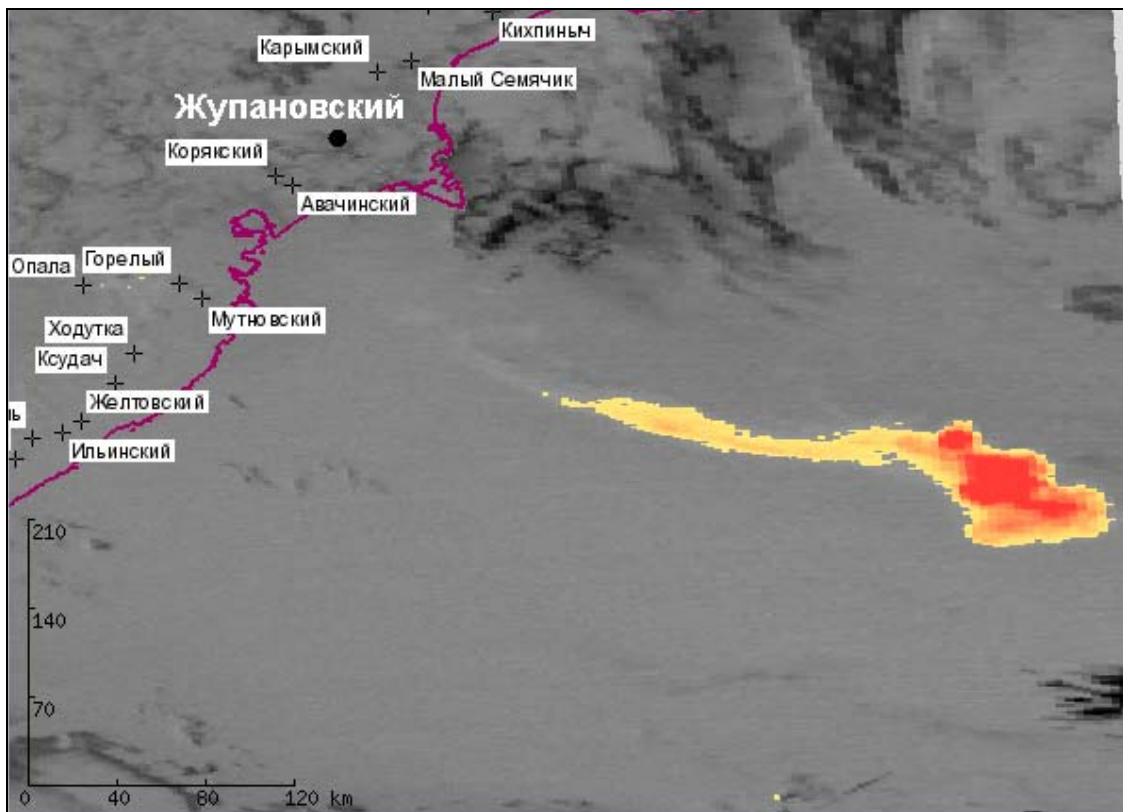


Рис. 2. Различная насыщенность пепловыми частицами участков шлейфа, перемещавшегося от вулкана Жупановский 12 июля 2015 г. (спутниковый снимок Terra Modis, 11:55 UTC). Данные из ИС VolSatView.

Специальная подсистема, созданная в VolSatView, обеспечивает получение, обработку, архивацию и анализ данных Hyperion (EO-1). Также в ИС имеется развитый инструментарий для анализа гиперспектральных данных, который можно применять для решения различных задач исследования активности вулканов: разделения горячих и остывающих лавовых потоков; свежей и переотложенной водой пирокластики на склонах вулканов; лавовых образований разного генезиса и др. [4, 5]. Например, выяснено, что при изучении спектральных характеристик пирокластических пород андезитового состава более информативной является спектральная отражательная способность, при изучении свежих горячих лавовых потоков – спектральная яркость. Лавы базальтового и андезидацитового состава отличаются по спектральным параметрам, в частности, по конфигурации профилей спектральной яркости и их величинам [5].

В VolSatView реализован инструмент классификации гиперспектральных данных с использованием произвольного набора каналов, позволяющий выделять на спутниковых изображениях классы, соответствующие различным типам поверхности, и изучать их. Также с помощью этой системы возможно построение спектральных и временных профилей в заданных точках объектов, анализ спектральных характеристик различных образований, построение временных профилей изменения параметров по годам в любых заданных точках. Например, созданные инструменты хорошо зарекомендовали себя при изучении изливающегося лавового потока вулкана Ключевской в 2013 г. Проведенная классификация выявила неравномерность влияния горячего лавового потока на окружающие его породы (рис. 3). Также было выяснено, что по мере остывания потока лавы конфигурация профилей спектральной яркости (СЯ) выделенных зон существенно меняется, на разных стадиях остывания потока хорошо выделяются пики в диапазонах 1350, 1750 и 2250 нм (рис. 3 из работы [5]). Там, где лава окончательно остывает, или изначально представляет собой старые холодные породы, пики на профилях СЯ не отмечаются.

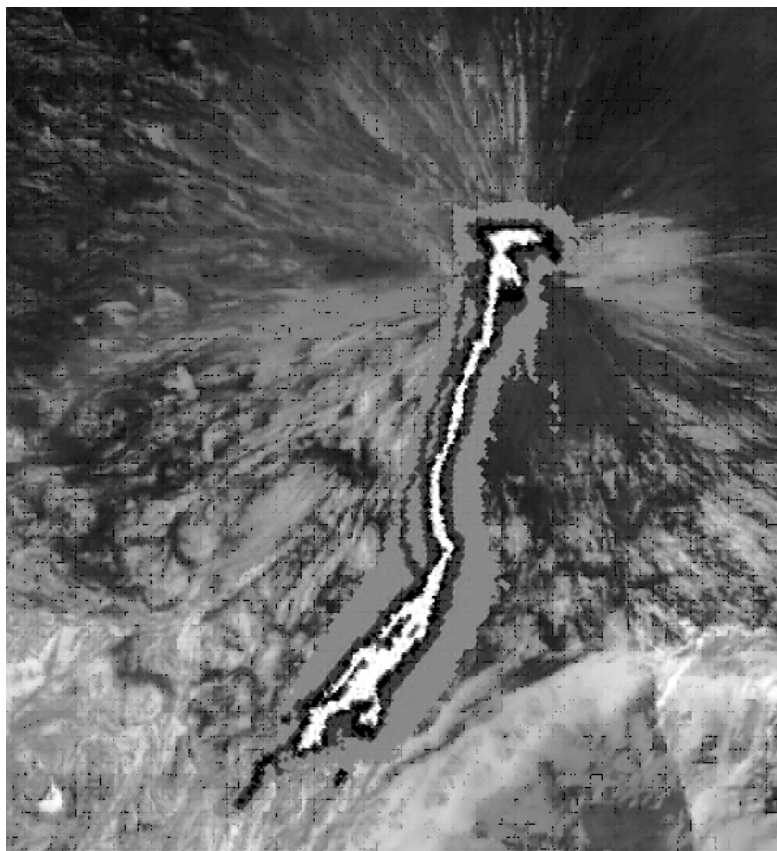


Рис. 3. Результаты классификации изображения лавового потока во время извержения вулкана Ключевской, полученного прибором Hyperion 17.10.2013. (черно-белая подложка выполнена на основе данных панхроматического канала прибора OLI). Различные участки лавового потока: белый - горячий лавовый поток, темно-серый - часть потока в стадии остывания, серый – зоны опосредованного воздействия лавового потока на окружающие его породы.

Созданная ИС VolSatView имеет широкий спектр возможностей, с помощью которых можно проводить детализированный анализ различных природных объектов, в том числе построек вулканов,

пепловых шлейфов, вулканогенных пород (образований пепла, пирокластических и лавовых потоков) во время и после их извержений, а также отложений оползней и обвалов, связанных с землетрясениями и извержениями вулканов.

Работа выполнялась при поддержке Программ фундаментальных научных исследований государственных академий наук, проектов РФФИ (11-07-12026-офи-м-2011, 13-07-12180_офи_м-2013) и грантов по Программе фундаментальных исследований ДВО РАН «Дальний Восток» (15-I-4-0о, 15-I-4-072, 15-I-4-071).

Список литературы

1. Балашов И.В., Халикова О.А., Бурцев М.А., Лупян Е.А., Матвеев А.М. Организация автоматического получения наборов информационных продуктов из центров архивации и распространения спутниковых и метеоданных // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2013. Т.10. № 3. С.9-20.
2. Гирина О.А. Камчатской группе реагирования на вулканические извержения (KVERT) - 20 лет // Вулканизм и связанные с ним процессы. Материалы региональной конференции, посвященной Дню вулканолога, 28-29 марта 2013 г. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2014. С. 36-41.
3. Гордеев Е.И., Гирина О.А. Вулканы и их опасность для авиации // Вестник Российской академии наук. 2014. Т. 84. № 2. С. 134-142. doi:10.7868/S0869587314020121.
4. Гордеев Е.И., Гирина О.А., Лупян Е.А., Сорокин А.А., Ефремов В.Ю., Мельников Д.В., Маневич А.Г., Романова И.М., Королев С.П., Крамарева Л.С. Возможности использования данных гиперспектральных спутниковых наблюдений для изучения активности вулканов Камчатки с помощью геопортала VolSatView // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2014. Т. 11. № 1. С. 267-284.
5. Гордеев Е.И., Гирина О.А., Лупян Е.А., Кашницкий А.В., Уваров И.А., Ефремов В.Ю., Мельников Д.В., Маневич А.Г., Сорокин А.А., Верхотуров А.Л., Романова И.М., Крамарева Л.С., Королев С.П. Изучение продуктов извержений вулканов Камчатки с помощью гиперспектральных спутниковых данных в информационной системе VolSatView // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2015. Т. 12. № 1. С. 113-128.
6. Ефремов В.Ю., Гирина О.А., Крамарева Л.С., Лупян Е.А., Маневич А.Г., Матвеев А.М., Мельников Д.В., Прошин А.А., Сорокин А.А., Флитман Е.В. Создание информационного сервиса "Дистанционный мониторинг активности вулканов Камчатки и Курил" // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2012. Т. 9. № 5. С. 155-170.
7. Лупян Е.А., Мазуров А.А., Назиров Р.Р., Прошин А.А., Флитман Е.В. Технология построения автоматизированных информационных систем сбора, обработки, хранения и распространения спутниковых данных для решения научных и прикладных задач. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2004. № 1. С. 81-88.
8. Лупян Е.А., Мазуров А.А., Назиров Р.Р., Прошин А.А., Флитман Е.В., Крашенинникова Ю.С. Технологии построения информационных систем дистанционного мониторинга // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2011. Т. 8. № 1. С. 26-43.
9. Толпин В.А., Балашов И.В., Ефремов В.Ю., Лупян Е.А., Прошин А.А., Уваров И.А., Флитман Е.В. Создание интерфейсов для работы с данными современных систем дистанционного мониторинга (система GEOSMIS) // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2011. Т. 8. № 3. С. 93-108.
10. Уваров И.А., Матвеев А.М., Бурцев М.А., Лупян Е.А., Мазуров А.А., Прошин А.А., Саворский В.П., Суднева О.А. Организация распределенной работы с данными спутниковых гиперспектральных наблюдений для решения научных и прикладных задач // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 2014. Т. 11. №. 1. С.322-333.
11. Уваров И.А., Халикова О.А., Балашов И.В., Бурцев М.А., Лупян Е.А., Матвеев А.М., Платонов А.Е., Прошин А.А., Толпин В.А., Крашенинникова Ю.С. Организация работы с метеорологической информацией в информационных системах дистанционного мониторинга // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 2013. Т.10. № 2. С.30-45.
12. Ханчук, А.И. Сорокин А.А., Смагин С.И., Королёв С.П., Макогонов С.В., Тарасов А.Г., Шестаков Н.В. Развитие информационно-телекоммуникационных систем в ДВО РАН // Информационные технологии и вычислительные системы. 2013. № 4. С. 45-57.
13. Miller T.P., Casadevall T.J. Volcanic ash hazards to aviation. Encyclopedia of Volcanoes. Academic Press. San Diego. California. 2000. P. 915-930.
14. Neal Ch., Girina O., Senyukov S., Rybin A., Osiensky J., Izbekov P., Ferguson G. Russian eruption warning systems for aviation // Natural Hazards. Springer Netherlands. 2009. Vol. 51. No. 2. P. 245-262.