

4. Мулин Ю. И., Метлицкая Л. П., Климова Л. А. К вопросу обработки результатов, полученных для оценки жаростойкости вольфрамсодержащих покрытий // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2002. Т. 68, № 3. С. 59-62.

5. Современные жаростойкие материалы / Под. ред. С.Б. Масленкова. М.: Металлургия. 1986. 360 с.

6. Верхотуров А. Д., Мулин Ю. И., Вишневский А. Н. Исследование процессов восстановления и упрочнения методом электроискрового легирования матриц для прессования алюминиевых панелей // Вестник Амурского государственного университета. Серия: естественные и экономические науки. 2002. № 19. С. 30-33.

УДК 551.21.

### **ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА VOLSATVIEW ДЛЯ КОМПЛЕКСНОГО АНАЛИЗА АКТИВНОСТИ ВУЛКАНОВ КАМЧАТКИ И КУРИЛ**

*О. А. Гирина* – канд. геолог.-минер. наук ИВиС ДВО РАН, e-mail: [girina@kscnet.ru](mailto:girina@kscnet.ru); *Е. А. Лупян* – д-р техн. наук ИКИ РАН, e-mail: [evgeny@d902.iki.rssi.ru](mailto:evgeny@d902.iki.rssi.ru); *Е. И. Гордеев* – академик, д-р физ.-мат. наук ИВиС ДВО РАН, e-mail: [gordeev@kscnet.ru](mailto:gordeev@kscnet.ru); *А. А. Сорокин* – канд. техн. наук ВЦ ДВО РАН, e-mail: [alsor@febras.net](mailto:alsor@febras.net); *Л. С. Крамарева* – ДЦ НИЦ «Планета», e-mail: [kramareva@dvrpod.ru](mailto:kramareva@dvrpod.ru); *Д. В. Мельников* – науч. сотрудник ИВиС ДВО РАН, e-mail: [dvm@kscnet.ru](mailto:dvm@kscnet.ru); *А. Г. Маневич* – науч. сотрудник ИВиС ДВО РАН, e-mail: [mag@kscnet.ru](mailto:mag@kscnet.ru); *И. А. Уваров* – канд. техн. наук ИКИ РАН, e-mail: [uvarov@d902.iki.rssi.ru](mailto:uvarov@d902.iki.rssi.ru); *А. В. Кашницкий* – аспирант ИКИ РАН, e-mail: [kashnizky@gmail.com](mailto:kashnizky@gmail.com); *И. М. Романова* – вед. программист ИВиС ДВО РАН, e-mail: [roman@kscnet.ru](mailto:roman@kscnet.ru); *А. М. Константинова* – аспирант ИКИ РАН, e-mail: [konstantinova@d902.iki.rssi.ru](mailto:konstantinova@d902.iki.rssi.ru); *С. П. Королев* – науч. сотрудник ВЦ ДВО РАН, e-mail: [serejk@febras.net](mailto:serejk@febras.net)<sup>1</sup>

*В 2011–2017 гг. специалистами ИВиС ДВО РАН, ИКИ РАН, ВЦ ДВО РАН и ДЦ НИЦ Планета была создана и развивается информационная система “Дистанционный мониторинг активности вулканов Камчатки и Курил” (VolSatView), позволяющая вулканологам комплексно работать с различными спутниковыми данными, метео- и видеоинформацией для непрерывного мониторинга и исследования вулканической активности Курило–Камчатского региона. В работе показаны возможности VolSatView для оперативного мониторинга вулканов, анализа динамики извержений и их продуктов, прогноза эруптивной деятельности.*

*Since 2011, experts from IVS FEB RAS, SRI RAS, CC FEB RAS and FE Planeta RC are operating and developing the “Remote monitoring of Volcanic Activity in Kamchat-*

---

© Гирина О. А., Лупян Е. А., Гордеев Е. И., Сорокин А. А., Крамарева Л. С., Мельников Д. В., Маневич А. Г., Уваров И. А., Кашницкий А. В., Романова И. М., Константинова А. М., Королев С. П., 2017

*ka and the Kurile Islands” (VolSatView) information system that utilize all the available satellite data, weather and video observations to ensure continues monitoring and study of volcanic activity in Kamchatka and the Kurile Islands. This paper provides the capabilities of VolSatView for real-time monitoring of volcanoes, analysis of eruptions dynamics and their products, and forecasting of eruptive activity.*

*Ключевые слова:* информационная система, VolSatView, вулкан, извержение, спутниковый мониторинг, моделирование, PUFF

На Камчатке и Северных Курилах расположено 36 активных вулканов. Согласно данным Камчатской группы реагирования на вулканические извержения (KVERT – Kamchatkan Volcanic Eruption Response Team, <http://www.kscnet.ru/ivs/kvert>), здесь ежегодно происходят извержения 2–8 вулканов с выносом пепла до 8–15 км н.у.м. Ежедневный мониторинг вулканов Камчатки KVERT выполняет с 1993 г., Северных Курил – с 2003 г. [8]. С 2014 г. ИС VolSatView применяется для проведения непрерывного мониторинга вулканов, оценки опасности их извержений для авиации и населения, а также исследования вулканической активности (анализа динамики извержений и их продуктов, прогноза эруптивной деятельности) [9].

В ИС предоставлена возможность работы со спутниковой информацией среднего разрешения (NOAA (прибор AVHRR), Terra и Aqua (MODIS), Suomi NPP (Viirs), Метеор–М (МСУ–МР), Himawari–8) для оперативного мониторинга активных вулканов. В web–интерфейсе VolSatView доступны инструменты для детектирования и изучения термальных аномалий в районах действующих вулканов и пепловых облаков и шлейфов в ближней и дальней зонах их распространения. Средства ИС позволяют анализировать временные серии пепловых облаков и шлейфов, заносить их в базу данных с автоматическим расчетом площади, визуализировать пепловые облака по отдельным или всем вулканам за определенный период времени (рисунок).

Непосредственно в VolSatView проводится прогнозирование изменения высоты и направления перемещения пепловых облаков в процессе распространения в атмосфере – расчет траектории их движения по модели Puff [10] и алгоритмов PuffUAF (<https://www.uaf.edu/>). Сверка результатов моделирования с конкретной спутниковой информацией выполняется по технологиям VolSatView и средствам ее интеграции с ИС VOKKIA (ИВиС ДВО РАН) и АИС Сигнал (ВЦ ДВО РАН) [4, 5, 7, 11]. Оперативный расчет скорости распространения пепловых облаков и скорости приращения их площади дает возможность вовремя предупреждать население о грозящих пеплопадах.

Комплексность мониторинга вулканов Камчатки и Северных Курил совместно с историческими данными об их извержениях позволяет оперативно оценивать изменение характера деятельности каждого из извергающихся вулканов и, соответственно, их опасность для авиации и населения, и своевременно предупреждать о такой опасности заинтересованных пользователей.

В VolSatView поступает также информация со спутников высокого разрешения (Landsat (4, 5, 7 и 8), EO–1 Hyperion, Метеор М (1 и 2), Канопус В, Ресурс П), с помощью которой в web–интерфейсе ИС можно, например, анализировать спектральные характеристики вулканогенных объектов, изменения структуры построек вулканов с течением времени, площади распространения лавовых, пироклаستي-

ческих, грязевых потоков и т.д.

В VolSatView создана возможность проведения сложных операций анализа информации [2, 6]. Например, инструмент классификации гиперспектральных данных с использованием произвольного набора каналов позволяет классифицировать различные типы поверхности и изучать их. Возможно построение спектральных профилей в заданных точках объектов, анализ спектральных характеристик различных образований. С помощью этих инструментов были, например, охарактеризованы разные типы лавовых продуктов (потоки и экструзии), выделены различия в отложениях вулканогенных обвалов и др. [1, 9].

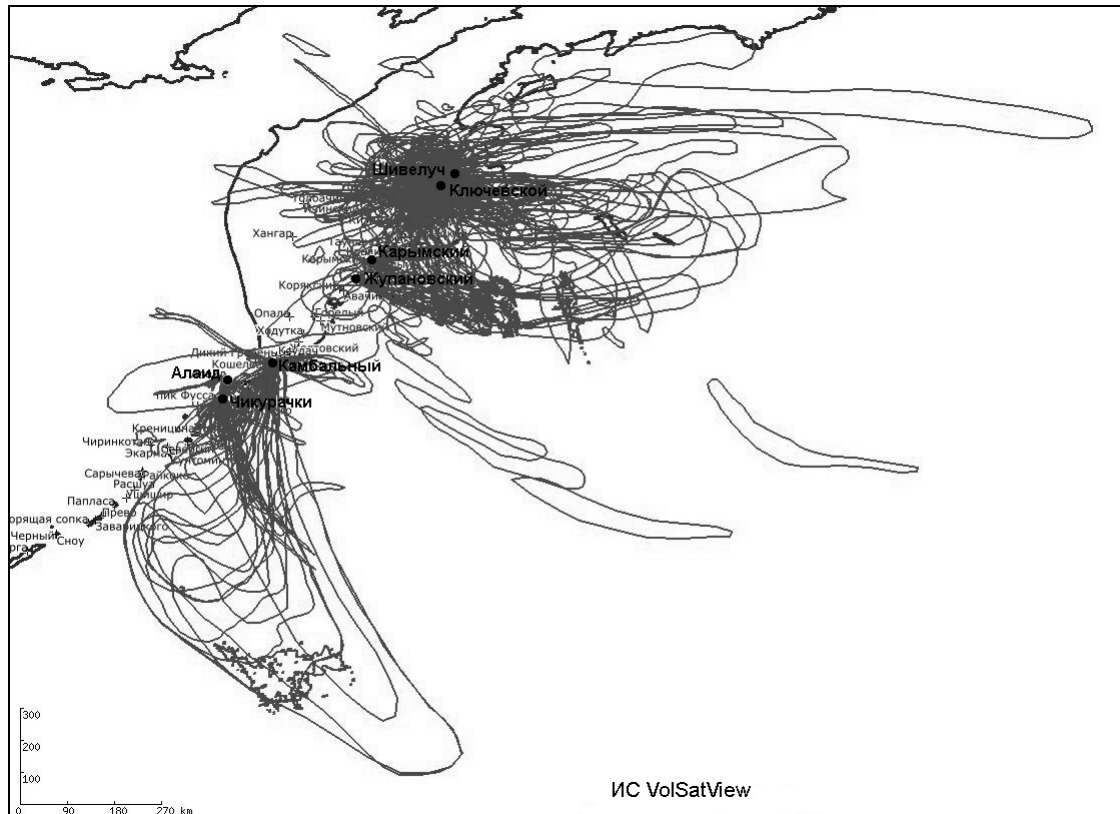


Рис. 1. Распространение пепловых облаков и шлейфов от вулканов Камчатки и Северных Курил во время извержений в 2016–2017 гг. Данные из ИС VolSatView

*Работа выполнена при поддержке проекта РФФ (№ 16–17–00042). При ее подготовке была использована информация, поступающая в ИС VolSatView из объединенной системы работы с данными центров НИЦ Планета и Центра коллективного пользования ИКИ–Мониторинг [3].*

### Библиографические ссылки

1. 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.

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

3. Лупян Е. А., Прошин А. А., Бурцев М. А., Балашов И. В., Барталев С. А., Ефремов В. Ю., Кашницкий А. В., Мазуров А. А., Матвеев А. М., Суднева О. А., Сычугов И. Г., Толпин В. А., Уваров И. А. Центр коллективного пользования системами архивации, обработки и анализа спутниковых данных ИКИ РАН для решения задач изучения и мониторинга окружающей среды // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2015. Т. 12. № 5. С. 263-284.

4. Романова И.М., Гирина О.А., Максимов А.П., Мелекесцев И.В. Создание комплексной информационной веб-системы “Вулканы Курило-Камчатской островной дуги” (VOKKIA) // Информатика и системы управления. 2012. № 3. Вып. 33. С. 179-187.

5. Сорокин А. А., Королев С. П., Гирина О. А., Балашов И. В., Ефремов В. Ю., Романова И. М., Мальковский С. И. Интегрированная программная платформа для комплексного анализа распространения пепловых шлейфов при эксплозивных извержениях вулканов Камчатки // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2016. Т. 13. № 4. С. 9–19. doi: 10.21046/2070–7401–2016–13–4–9–19

6. 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.

7. 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.

8. Gordeev E. I., Girina O. A. Volcanoes and their hazard to aviation // Herald of the Russian Academy of Sciences. 2014. Vol. 84. No. 1. P. 1–8. doi: 10.1134/S1019331614010079

9. Gordeev E. I., Girina O. A., Lupyan E. A., Sorokin A. A., Kramareva L. S., Efremov V. Yu., Kashnitskii A. V., Uvarov I. A., Burtsev M. A., Romanova I. M., Mel'nikov D. V., Manevich A. G., Korolev S. P., Verkhoturov A. L. The VolSatView information system for Monitoring the Volcanic Activity in Kamchatka and on the Kuril Islands // J. Volcanol. & Seismol. 2016. Vol. 10. No. 6. P. 382-394. doi: 10.1134/S074204631606004X

10. Searcy C., Dean K., Stringer W. PUFF: a high-resolution volcanic ash tracking model // J. Volcanol. & Geother. Res. 1998. Vol. 80. Iss. 1-2. P. 1-16.

11. Sorokin A. A., Girina O. A., Korolev S. P., Romanova I. M., Efremov V. Yu., Malkovskii S., Verkhoturov A., Balashov I. The system of computer modeling of ash cloud propagation from Kamchatka volcanoes // 2016 6th International Workshop on Computer Science and Engineering (WCSE 2016). Tokyo, Japan: 2016. V. II. P. 730-733.