

## Ресуспендированный пепел вулкана Шивелуч

О.А. Гирина<sup>1</sup>, А.А. Сорокин<sup>2</sup>, Д.В. Мельников<sup>1</sup>, А.Г. Маневич<sup>1</sup>,  
Ю.С. Крашенинникова<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН  
Петропавловск-Камчатский, 683006, Россия*

*E-mail: girina@kscnet.ru*

<sup>2</sup>*Вычислительный центр ДВО РАН, Хабаровск, 680000, Россия*

<sup>3</sup>*Институт космических исследований РАН, Москва, 117997, Россия*

Ресуспендированные пеплы, широко распространенные в районах активного вулканизма, могут быть опасны для экосистем, человека и животных, а также для транспорта, включая малую авиацию. По данным ученых из KVERT, на Камчатке образование шлейфов ресуспендированных пеплов происходит в районе вулкана Шивелуч ежегодно преимущественно с августа до середины октября в течение 1–2 суток. Например, такие шлейфы наблюдались 3 августа 2011 г., 15–16 сентября и 3–4 октября 2015 г., 28–29 сентября и 2–4 октября 2016 г. Плотные пепловые шлейфы высотой от поверхности земли до 3 км н.у.м. и шириной до 16–22 км протягивались на расстояния до 600 км на юго-восток от вулкана. Анализ различных спутниковых данных в информационной системе VolSatView позволил выявить характерные особенности шлейфов ресуспендированных пеплов вулкана Шивелуч: шлейф на расстоянии 60–70 км от вулкана имеет наибольшую концентрацию пепловых частиц; его ширина на суше на протяжении 100 км достигает 16–22 км, а мощность – 1–2 км от поверхности земли; широкий шлейф, насыщенный пепловыми частицами, сохраняется в атмосфере от 3–5 ч до нескольких суток.

**Ключевые слова:** ресуспендированный пепел, вулкан Шивелуч, спутниковые данные, ИС VolSatView, PUFF модель

*Одобрена к печати: 18.10.2016  
DOI: 10.21046/2070-7401-2016-13-5-315-319*

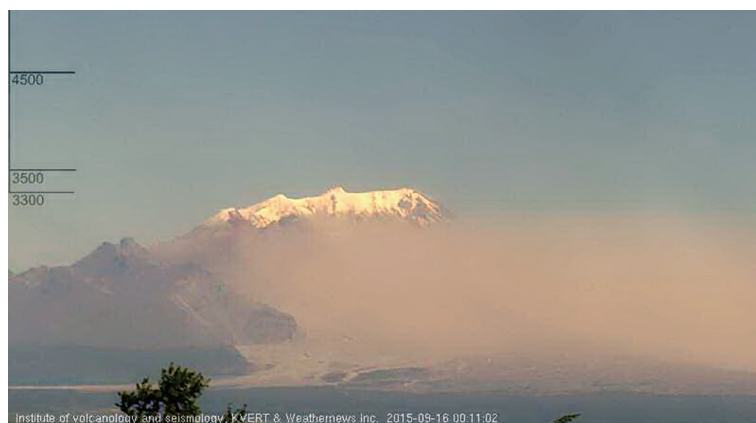
Интерес к ресуспендированному пеплу объясняется возможными негативными последствиями его воздействия на экосистемы, здоровье человека и животных, транспорт, в том числе малую авиацию (Guffanti et al., 2009; Hadley et al., 2004). В районах активных вулканов, покрытых свежими пирокластическими отложениями, в которых преобладают пепловые частицы песчаной и пылеватой размерности, в весеннее и осеннее время под действием сильных ветров формируются приземные шлейфы протяженностью в несколько сотен километров. Так как в воздух поднимаются пепловые частицы из уже образованных отложений, и перенос их ветром в шлейфах происходит во взвешенном состоянии, такие пеплы называли ресуспендированными для отличия от эруптивных.

Например, в Исландии воздействию штормовых ветров подвергается территория площадью около 20 000 км<sup>2</sup>, в среднем от 34 до 135 дней в году она становится самой пыльной в мире (Kylling et al., 2015). Ежегодно шлейфы ресуспендированного пепла формируются над Долиной десяти тысяч дымов (извержение 1912 г., Катмаи, Аляска): сплошная полоса пепла высотой до 3,5 км над уровнем моря (н.у.м.) перемещается до 250 км от вулкана (Hadley et al., 2004).

На Камчатке такие явления наиболее часто наблюдаются на южном подножии влк. Шивелуч, покрытом отложениями пирокластических потоков извержений 2004–2016 гг. По наблюдениям ученых из KVERT (<http://www.kscnet.ru/ivs/kvert/>), образование шлейфов ресуспендированных пеплов происходит здесь ежегодно преимущественно с августа по середину октября в течение 1–2 суток. Например, такие шлейфы наблюдались



3 августа 2011 г., 15–16 сентября и 3–4 октября 2015 г., 28–29 сентября и 2–4 октября 2016 г. (рис. 1). Плотные пепловые шлейфы высотой от поверхности земли до 3 км н.у.м. и шириной до 22 км протягивались на расстояния до 600 км на юго-восток от вулкана.



*Рис. 1. Ресуспендированный пепел, поднятый с поверхности пирокластических отложений влк. Шивелуч 15.09.2015., видеоданные KVERT и Weathernews Inc.*

Рассмотрим события 2–4 октября 2016 г., когда наряду с одновременно извергающимися эруптивные облака вулканами Шивелуч и Ключевской на склоне Шивелуча произошло формирование шлейфа ресуспендированных пеплов. Анализ пепловых облаков и шлейфов вулканов был проведен с помощью данных со спутников NOAA (прибор AVHRR), Terra и Aqua (MODIS), Himawari-8, Метеор-М № 2 (КМСС) в информационной системе (ИС) VolSatView (Ефремов и др., 2012). Отметим, что появление в ИС данных Himawari-8, частота обновления которых составляет 10 мин, позволяет проводить практически непрерывный мониторинг активности вулканов.

Шлейф ресуспендированных пеплов хорошо выделялся на различных спутниковых снимках с 23:00 GMT 2 октября до 10:00 GMT 4 октября 2016 года и в видимом канале, и по разности инфракрасных (ИК) каналов 11–12 мкм (рис. 2). Наибольшими протяженность шлейфа (около 610 км) и его площадь ( $93\,552\text{ км}^2$ ) были в 03:23 GMT 4 октября (NOAA 19). В дальнейшем, например, с 07:29 GMT (NOAA 18) в районе влк. Шивелуч пепловый шлейф больше не отмечался, но рассеянные остатки пепла продолжали наблюдаться на площади около  $15\,000\text{ км}^2$  над акваторией моря на юго-востоке от полуострова Камчатский.

Результаты моделирования распространения ресуспендированного пеплового шлейфа, проведенного в АИС «Сигнал» (Сорокин и др., 2016), визуализированные в VolSatView на спутниковом снимке TERRA за 00:30 GMT 04.10.2016 г., показали достоверность выполненных расчетов и позволили получить дополнительную информацию о дальнейшем распространении пеплового шлейфа над морем (рис. 3).

Различия эруптивных и ресуспендированных пепловых шлейфов обусловлены в первую очередь концентрацией в них пеплов, а также их минеральным составом и размером частиц. Например, продукты Шивелуча – андезидациты (мелко- тонкозернистые пеплы),







от поверхности земли; широкий шлейф, насыщенный пепловыми частицами, сохраняется в атмосфере от 3–5 часов до нескольких суток.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект № 16-17-00042). При ее подготовке была использована информация, поступающая в ИС VolSatView из объединенной системы работы с данными центров НИЦ «Планета» (Лупян и др., 2014) и Центра коллективного пользования «ИКИ-Мониторинг» (Лупян и др., 2015).

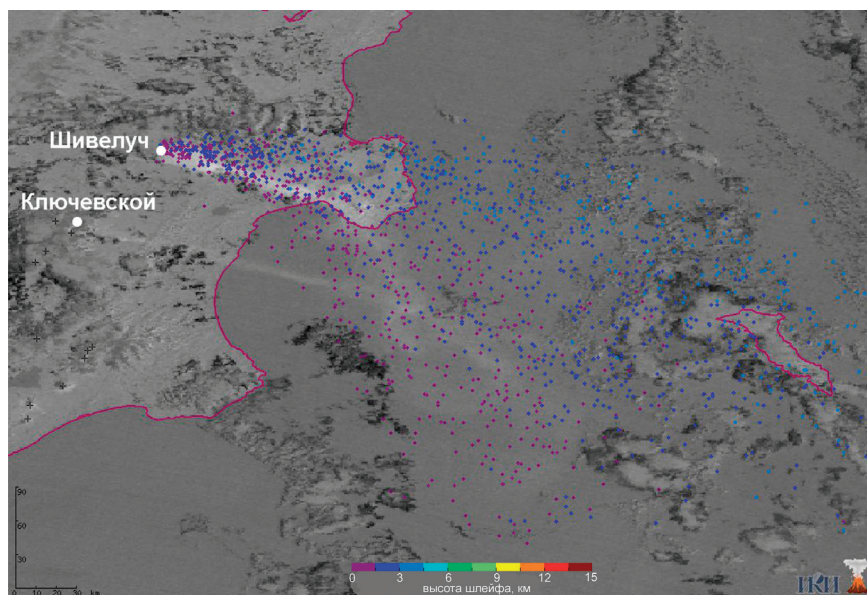


Рис. 3. Результаты моделирования распространения шлейфа ресуспендированного пепла от влк. Шивелуч, выполненные по модели PUFF в АИС «Сигнал» и визуализированные в ИС VolSatView на спутниковом снимке MODIS (TERRA), 00:30 GMT 04.10.2016

## Литература

1. 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.
2. Лупян Е.А., Милехин О.Е., Антонов В.Н., Крамарева Л.С., Бурцев М.А., Балашов И.В., Толпин В.А., Соловьев В.И. Система работы с объединенными информационными ресурсами, получаемыми на основе спутниковых данных в центрах НИЦ «Планета» // Метеорология и гидрология. 2014. № 12. С. 89–97.
3. Лупян Е.А., Прошин А.А., Бурцев М.А., Балашов И.В., Барталев С.А., Ефремов В.Ю., Кашицкий А.В., Мазуров А.А., Матвеев А.М., Суднева О.А., Сычуглов 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. 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.
5. Guffanti M., Mayberry G.C., Casadevall Th.J., Wunderman R. Volcanic hazards to airports // Nat Hazards. 2009. Vol. 51. No. 2. P. 287–302. DOI: 10.1007/s11069-008-9254-2.
6. Hadley D., Hufford G.L., Simpson J.J. Resuspension of Relic Volcanic Ash and Dust from Katmai: Still an Aviation Hazard // Weather and Forecasting. 2004. Vol. 19. No. 5. P. 829–840. DOI: 10.1175/1520-0434(2004)019<0829:RORVAA>2.0.CO;2.
7. Kylling A., Beckett F., Sigurdardottir G.M., von Loewis S., Witham C. Quantitative analysis of the 16–17 September 2013 resuspended ash event in Iceland // EGU General Assembly. 2015. Vol. 17. EGU2015-5402.



# Resuspended ash of Sheveluch volcano

O.A. Girina<sup>1</sup>, A.A. Sorokin<sup>2</sup>, D.V. Melnikov<sup>1</sup>, A.G. Manevich<sup>1</sup>, Yu.S. Krashenninnikova<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Institute of Volcanology and Seismology, FEB RAS  
Petropavlovsk-Kamchatsky 683006, Russia*

*E-mail: girina@kscnet.ru*

<sup>2</sup>*Computing Center, FEB RAS, Khabarovsk 680000, Russia*

<sup>3</sup>*Space Research Institute RAS, Moscow 117997, Russia*

Resuspended ash is common in the areas of active volcanism and can be dangerous for ecosystems, human being and animals, different means of transport including local aviation. According to KVERT scientists data, a formation of resuspended ash plumes on Kamchatka occurs in the area of Sheveluch volcano annually, mainly from August to mid-October within two days. For example, these plumes observed on August, 3, 2011, September, 15–16 and October, 3–4, 2015, September, 28–29 and October, 2–4, 2016. Dense ash plumes rising 3 km above the surface to a.s.l. and 16–22 km in width drifted 600 km to the south-east from the volcano. Analysis of various satellite data in the VolSatView information system revealed typical features of Sheveluch resuspended ash plumes. The largest concentration of ash particles is observed in ash plumes at a distance of 60–70 km from the volcano; its width on the land for over 100 km reaches 16–22 km and is 1–2 km thick from the earth's surface; a wide ash-rich plume is retained in the atmosphere from 3–5 hours to several days.

**Keywords:** resuspended ash, Sheveluch volcano, satellite data, IS VolSatView, PUFF model

*Accepted: 18.10.2016*

*DOI: 10.21046/2070-7401-2016-13-5-315-319*

## References

1. Efremov V.Yu., Girina O.A., Kramareva L.S., Loupian E.A., Manevich A.G., Matveev A.M., Mel'nikov D.V., Proshin A.A., Sorokin A.A., Flitman E.V., Sozdanie informatsionnogo servisa "Dstantsionnyi monitoring aktivnosti vulkanov Kamchatki i Kuril" (Creating an information service "Remote monitoring of active volcanoes of Kamchatka and the Kuril Islands"), *Sovremennye problemy dstantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2012, Vol. 9, No. 5, pp. 155–170.
2. Loupian E.A., Milekhin O.E., Antonov V.N., Kramareva L.S., Burtsev M.A., Balashov I.V., Tolpin V.A., Solov'ev V.I., Sistema raboty s ob"edinennymi informatsionnymi resursami, poluchaemymi na osnove sputnikovykh dannykh v tsentrakh NITs "PLANETA" (System of operation of joint information resources based on satellite data in the Planeta Research Centers for Space Hydrometeorology), *Meteorologiya i gidrologiya*, 2014, No. 12, pp. 89–97.
3. Loupian E.A., Proshin A.A., Burtsev M.A., Balashov I.V., Bartalev S.A., Efremov V.Yu., Kashnitskii A.V., Mazurov A.A., Matveev A.M., Sudneva O.A., Sychugov I.G., Tolpin V.A., Uvarov I.A., Tsentr kollektivnogo pol'zovaniya sistemami arkhivatsii, obrabotki i analiza sputnikovykh dannykh IKI RAN dlya resheniya zadach izucheniya i monitoringa okruzhayushchei sredy (IKI center for collective use of satellite data archiving, processing and analysis systems aimed at solving the problems of environmental study and monitoring), *Sovremennye problemy dstantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2015, Vol. 12, No. 5, pp. 263–284.
4. Sorokin A.A., Korolev S.P., Girina O.A., Balashov I.V., Efremov V.Yu., Romanova I.M., Mal'kovskii S.I., Integrirovannaya programmnaya platforma dlya kompleksnogo analiza rasprostraneniya peplovykh shleifov pri eksplozivnykh izverzheniyakh vulkanov Kamchatki (The integrated software platform for a comprehensive analysis of ash plume propagation from explosive eruptions of Kamchatka volcanoes), *Sovremennye problemy dstantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2016, Vol. 13, No. 4, pp. 9–19. DOI: 10.21046/2070-7401-2016-13-4-9-19.
5. Guffanti M., Mayberry G.C., Casadevall Th.J., Wunderman R. Volcanic hazards to airports, *Nat Hazards*, 2009, Vol. 51, No. 2, pp. 287–302. DOI: 10.1007/s11069-008-9254-2.
6. Hadley D., Hufford G.L., Simpson J.J. Resuspension of Relic Volcanic Ash and Dust from Katmai: Still an Aviation Hazard, *Weather and Forecasting*, 2004, Vol. 19, No. 5, pp. 829–840. DOI: 10.1175/1520-0434(2004)019<0829:RORVAA>2.0.CO;2.
7. Kylling A., Beckett F., Sigurdardottir G.M., von Loewis S., Witham C. Quantitative analysis of the 16–17 September 2013 resuspended ash event in Iceland, *EGU General Assembly*, 2015, Vol. 17, EGU2015-5402.