

**СПУТНИКОВЫЙ МОНИТОРИНГ АКТИВНЫХ ВУЛКАНОВ КАМЧАТКИ:
СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ**

Гирина О.А., Лупян Е.А.**, Гордеев Е.И.*, Сорокин А.А.***,
Крамарева Л.С.*****

** Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН*

*** Институт космических исследований РАН*

**** Вычислительный центр ДВО РАН*

***** ДЦ ФГУП НИЦ Планета*



Группа KVERT
(Kamchatkan Volcanic Eruption Response Team)



На Камчатке ~ 7100 вулк. структур (появились в течение 2-2.5 млн.л.) (Новейший вулканизм..., 2005).

Камчатка: **30** активных вулканов

KVERT: ACTIVE VOLCANOES OF KAMCHATKA AND NORTHERN KURILES

IVS FEB RAS Main Aviation color codes Catalogue of active volcanoes Map of active volcanoes About KVERT Search

№	Name	GVP Number	IAVCEI Number	Latitude	Longitude	Elevation	Last Eruption
KAMCHATKA							
North Kamchatka							
1	Sheveluch	300270	1000-27-	56°38'10" N	161°18'54" E	3283 m	2014
2	Ushkovsky	300261	1000-261	56°4'12" N	160°28'16" E	3943 m	1890 (?)
3	Klyuchevskoy	300260	1000-26-	56°3'20" N	160°38'31" E	4750 m	2013/8/15 - 2013/12/15
4	Bezmianny	300250	1000-25-	55°58'19" N	160°35'43" E	2882 m	2012/9/1
5	Plosky Tolbachik	300240	1000-24-	55°49'44" N	160°23'25" E	3085 m	2012/11/27 - 2014
6	Ichinsky	300280	1000-28-	55°40'39" N	157°43'6" E	3621 m	~ 1650
Center Kamchatka							
7	Kizimen	300230	1000-23-	55°7'51" N	160°19'12" E	2485 m	2010/12/9 - 2013/12/9
8	Vysoky	300221	1000-221	55°3'51" N	160°45'54" E	2161 m	~ 100 BC
9	Komarov	300220	1000-22-	55°2'0" N	160°43'30" E	2070 m	?
10	Gamchen	300210	1000-21-	54°58'27" N	160°42'12" E	2576 m	?
11	Khangar	300272	1000-272	54°45'41" N	157°24'24" E	2000 m	~ 1600
12	Kronotsky	300200	1000-20-	54°45'11" N	160°31'58" E	3528 m	1922 - 1923
13	Krashennnikov	300190	1000-19-	54°35'45" N	160°16'12" E	1856 m	~ 1600
14	Taunshits	300160	1000-16-	54°31'41" N	159°48'15" E	2353 m	~ 400 BC
15	Kikhpinych	300180	1000-18-	54°29'20" N	160°15'5" E	1552 m	~ 1400
16	Maly Semyachik	300140	1000-14-	54°8'7" N	159°40'26" E	1560 m	1952/12
17	Karymsky	300130	1000-13-	54°2'55" N	159°26'36" E	1486 m	1996/1/2 - 2014
18	Zhupanovsky	300120	1000-12-	53°35'19" N	159°8'53" E	2958 m	2013/10/21 - 2013/10/24
19	Koryaksky	300090	1000-09-	53°19'15" N	158°42'43" E	3456 m	2008/12/20 - 2009/8/26
20	Avachinsky	300100	1000-10-	53°15'22" N	158°50'10" E	2751 m	2001/10/5
South Kamchatka							
21	Gorely	300070	1000-07-	52°33'31" N	158°1'49" E	1828 m	2010/7 - 2014
22	Opala	300080	1000-08-	52°32'34" N	157°20'19" E	2475 m	~ 1776/10/23 (?)
23	Mutnovsky	300060	1000-06-	52°26'55" N	158°11'47" E	2323 m	2013/7/3
24	Khodutka	300053	1000-053	52°3'44" N	157°42'39" E	2090 m	~ 500 BC
25	Ksudach	300050	1000-05-	51°50'38" N	157°34'20" E	1079 m	1907/3/28 - 1907/3/29
26	Zheltoivsky	300040	1000-04-	51°34'36" N	157°19'42" E	1923 m	1923/2 - 1923

Камчатка

21 век (KVERT данные),
ежегодно:

сильные извержения
3-6 вулканов;

4-20 сильных
эксплозивных
событий

(выброс пепла
до 7-15 км н.у.м.)



Sheveluch, 2005

Потенциальная опасность извержений вулканов Камчатки для авиации в 1993-2013 гг.

(36 сильных извержений 10 вулканов за 20 лет)*

Вулкан	извержение	дата
Шивелуч	7 сильных	1993-2014; сильные события: 22.04.1993; 19.05.2001; 09.05.2004; 28.02.2005; 22.09.2005; 29.03.2007; 27.10.2010;
Ключевской	13	15.03.1993 – 02.10.1994; 02-04.1995; 01-09.1997; 02-09.1998; 05-12.1999; 22.03.2003 - 03.03.2004; 10.01-03.04.2005; 15.02-26.07.2007; 16.10.2008 – 29.01.2009; 18.09.2009 - 01.10.2010; -01.09.2012 – 15.01.2013; 15.08-20.12.2013.
Безымянный	26	1993-2013; сильные события: 20-23.10.1993; 05.10.1995; 09.05.1997; 05.12.1997; 24.02.1999; 13.03.2000; 01.11.2000; 06.08.2001; 16.12.2001; 25.12.2002; 26.07.2003; 13.01.2004; 18.06.2004; 11.01.2005; 30.11.2005; 09.05.2006; 24.12.2006; 11.05.2007; 14-15.10.2007; 05.11.2007; 19.08.2008; 16-17.12.2009; 31.05.2010; 13.04.2011; 08.03.2012; 01.09.2012;
Толбачик	1	27.11.2012 – 01.09.2013
Кизимен	1	09.12.2010– 09.12.2013;
Карымский	2 сильных	1996 – 2014, сильные события: 02.01.1996; 13-14.05.2006;
Авачинский	1	05.10.2001;
Корякский	1	20.12.2008 – 26.08.2009;
Горелый	1	07.2010 - 2013
Мутновский	3	17.03.2000; 29.06.2000; 17.04.2007;

* 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

В 2013-2014 гг. в состоянии извержения находились 8 вулканов:

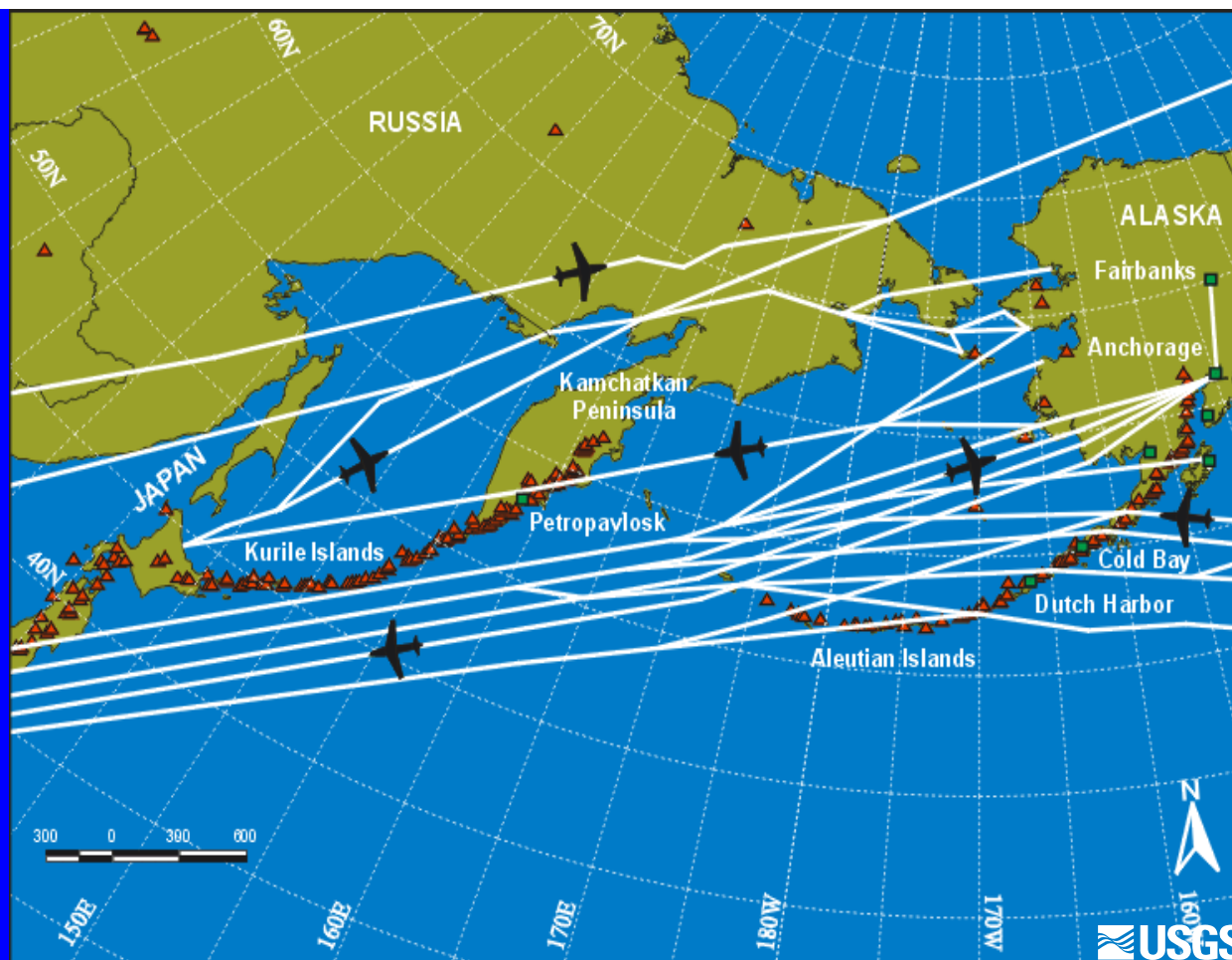


* >100 вулканов в зоне Аляска – Курилы представляют опасность для авиации

• 5-6 сильных эксплозивных извержений в год

• 80,000 самолетов в год

* 30,000 пассажиров и более 200 пассажирских самолетов в день



Сильные эксплозивные извержения с выбросом пеплов на 7-15 км н.у.м. представляют реальную угрозу для современной реактивной авиации

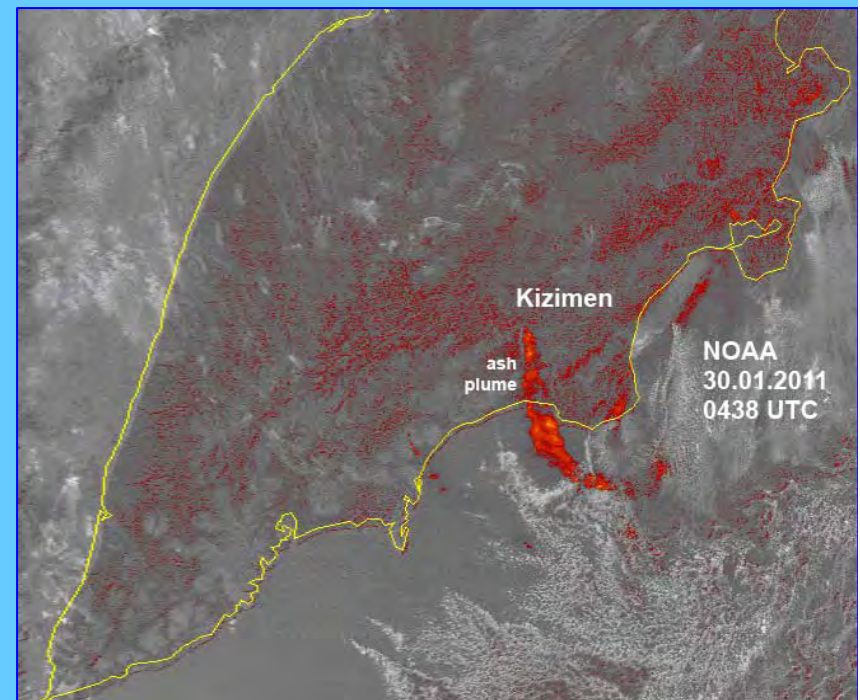
Наиболее известный инцидент: 15 декабря 1989 г. Boeing 747 попал в пепловую тучу. Убытки компании - \$80 млн. (Brantley, 1990).

Потери компаний при изменении авиатрасс существенны: каждая минута такого полета стоит несколько сотен US\$.

Мониторинг вулканов Камчатки

Для повышения безопасности авиapolетов при эксплозивных извержениях вулканов в 1993 г. была создана **Камчатская группа реагирования на вулканические извержения** (KVERT - Kamchatkan Volcanic Eruption Response Team).

KVERT с 2002 г. 7 дней в неделю выполняет ежедневный спутниковый мониторинг вулканов и анализирует его данные (NOAA (AVHRR), TERRA и AQUA (MODIS), MTSAT и др.)



Шивелуч



Пепловые шлейфы формируются при эксплозивных извержениях

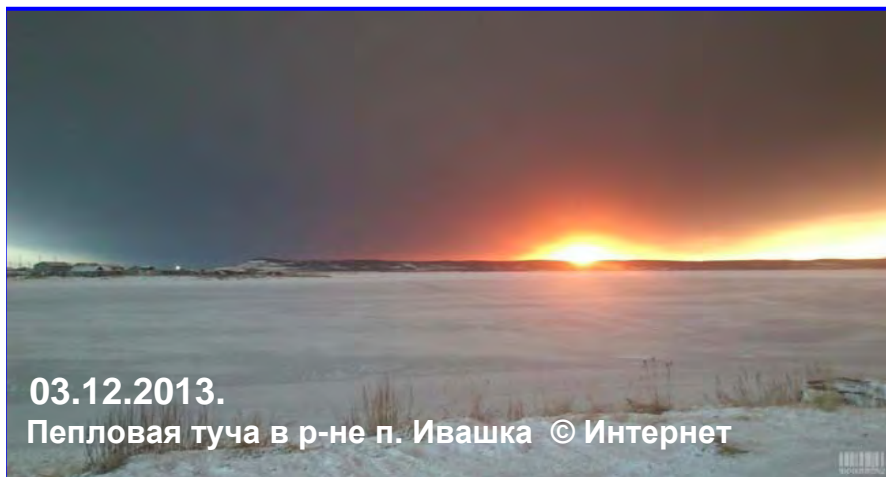
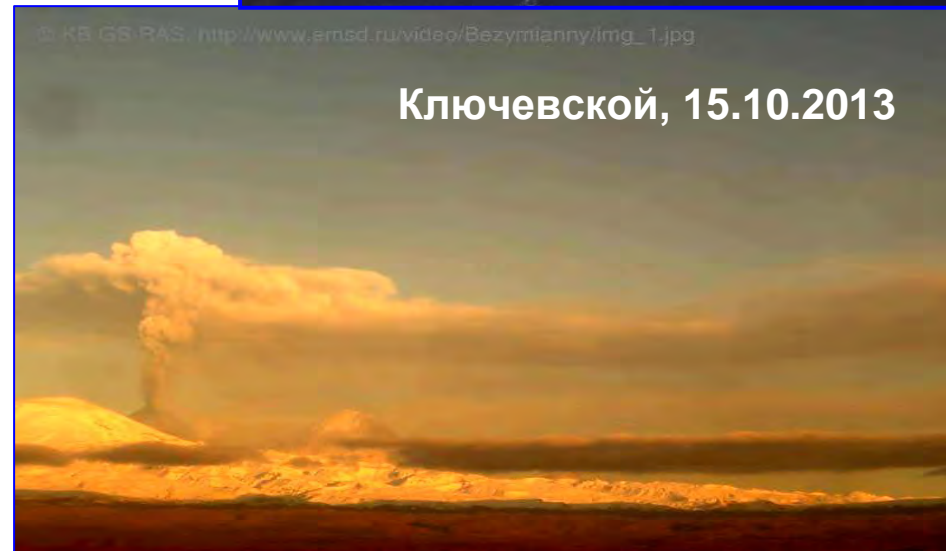


Корякский

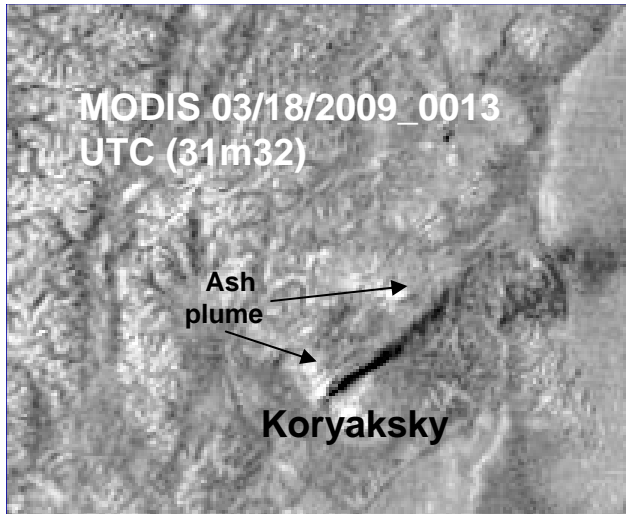
Ключевской, 02.10.1994



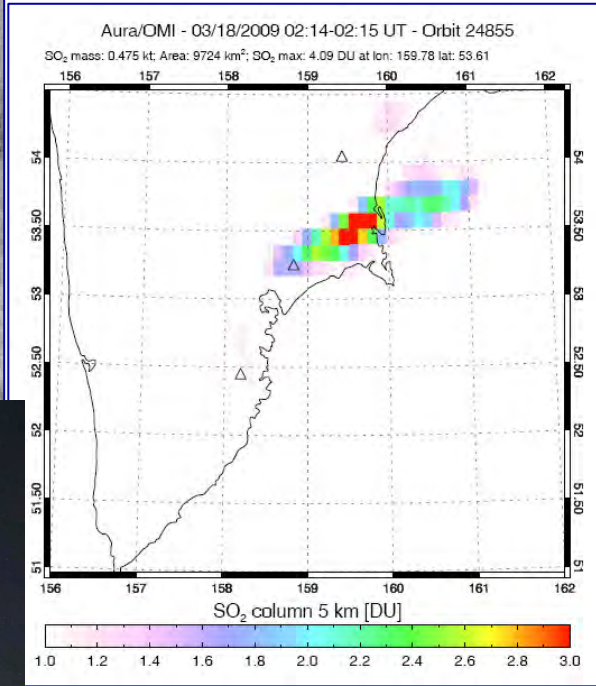
Ключевской, 15.10.2013



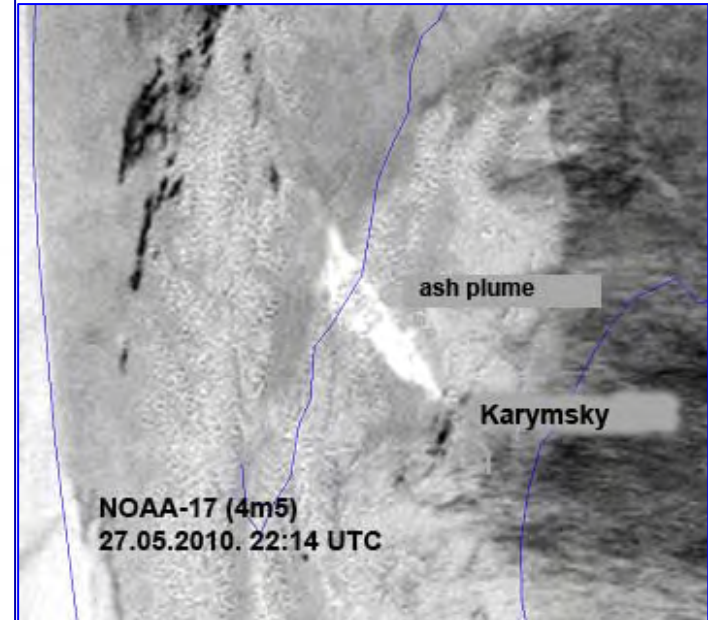
Туча от Шивелуча



Koryaksky



Karymsky



Ash plume on October 25, 2010, 1804 UTC, NOAA

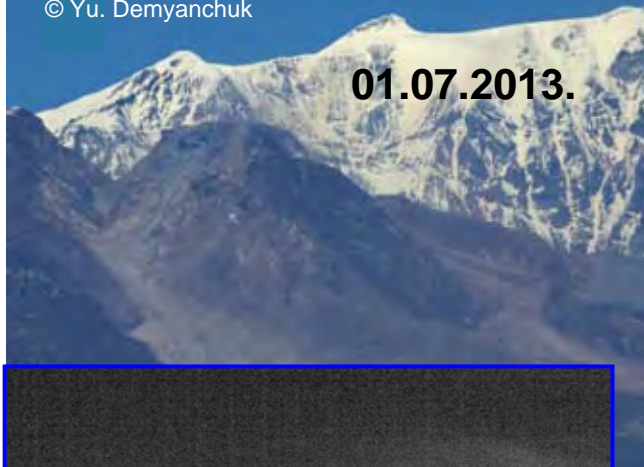


Термальные аномалии в районах вулканов обусловлены:

- **ростом экстрезий** и связанными с ними раскаленными лавинами, например, на вв. Шивелуч, Кизимен

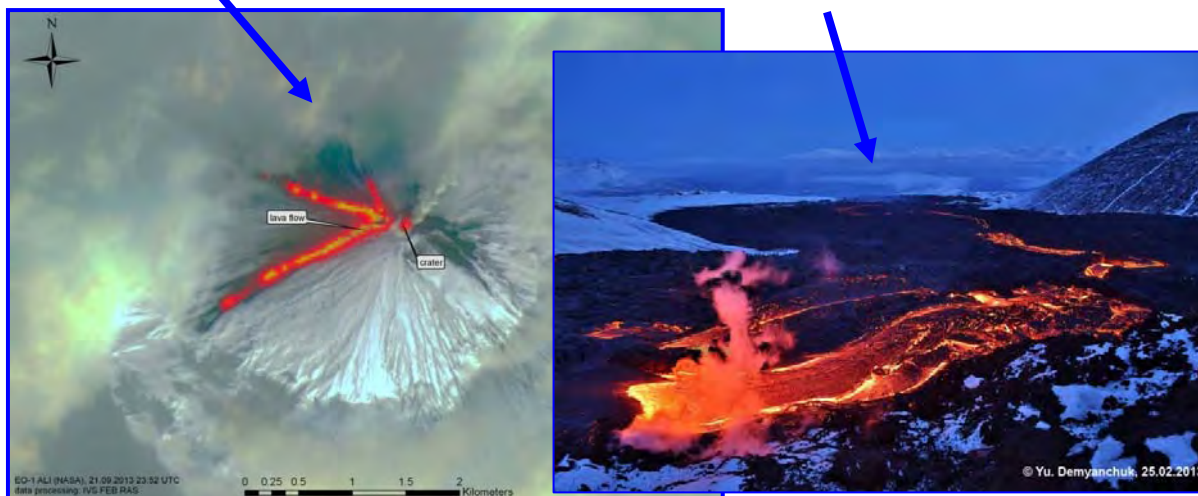


© Yu. Demyanchuk



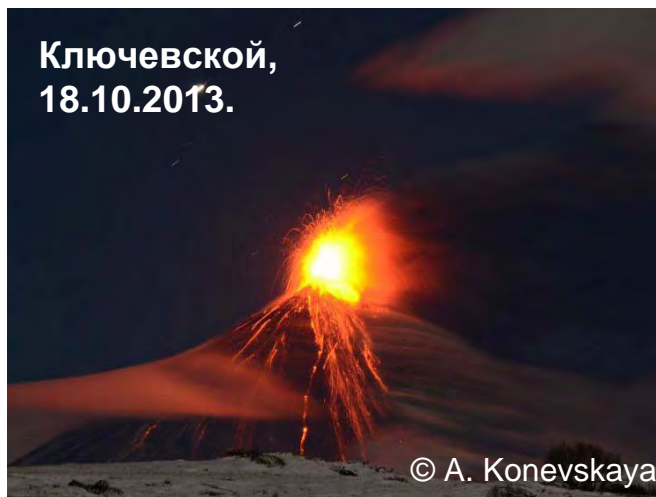
Shiveluch

- **лавовыми потоками**, например, на в. Ключевской, Толбачинском долу



Kizimen

Ключевской,
18.10.2013.

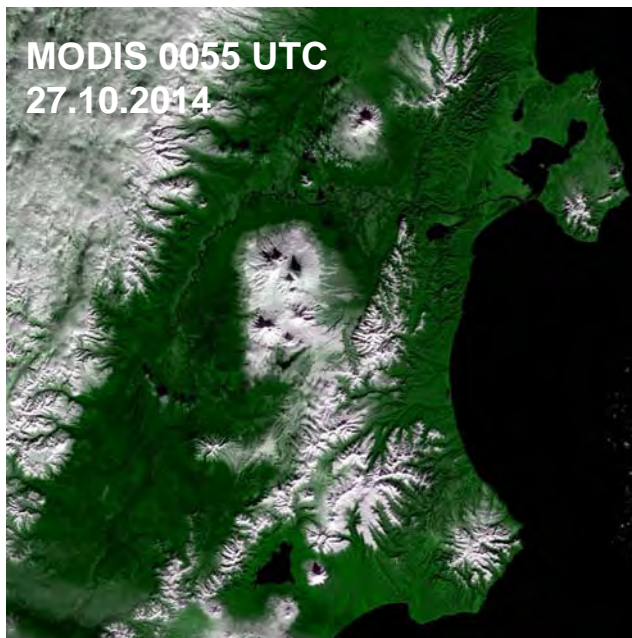


- **фонтанированием лавы в кратере**, например, в. Ключевской

Для мониторинга действующих вулканов в разных странах мира используются данные спутников NOAA (AVHRR), GOES, TERRA и AQUA (MODIS), ASTER и другие.



На протяжении более двадцати лет основным источником информации для оперативного мониторинга вулканической активности во всем мире являются данные полярно-орбитальных спутников серии NOAA (AVHRR).

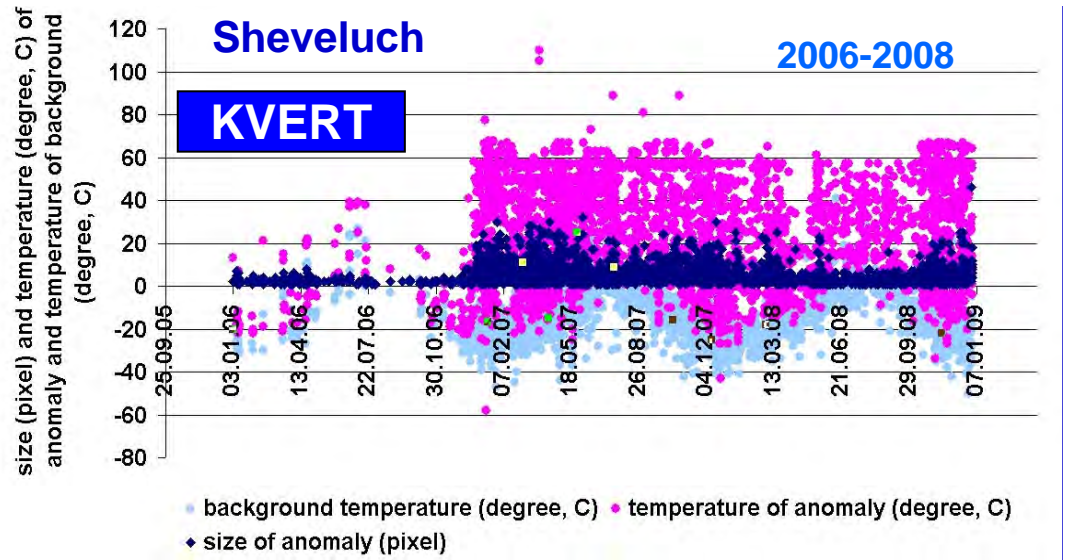


17.12.2009, 18:51 UTC (NOAA-15, 3 ch)

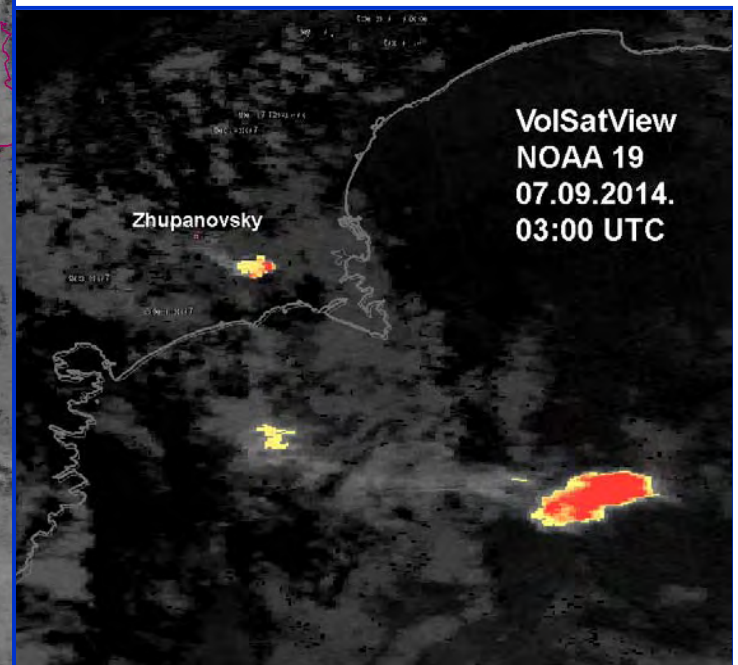
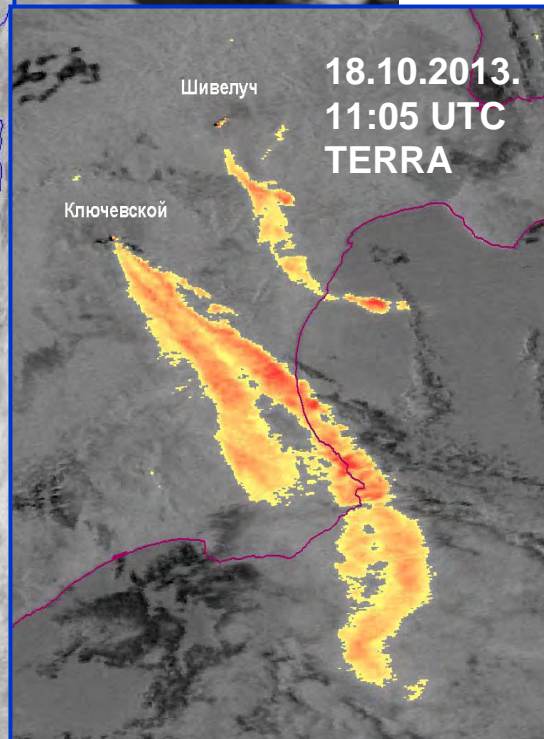
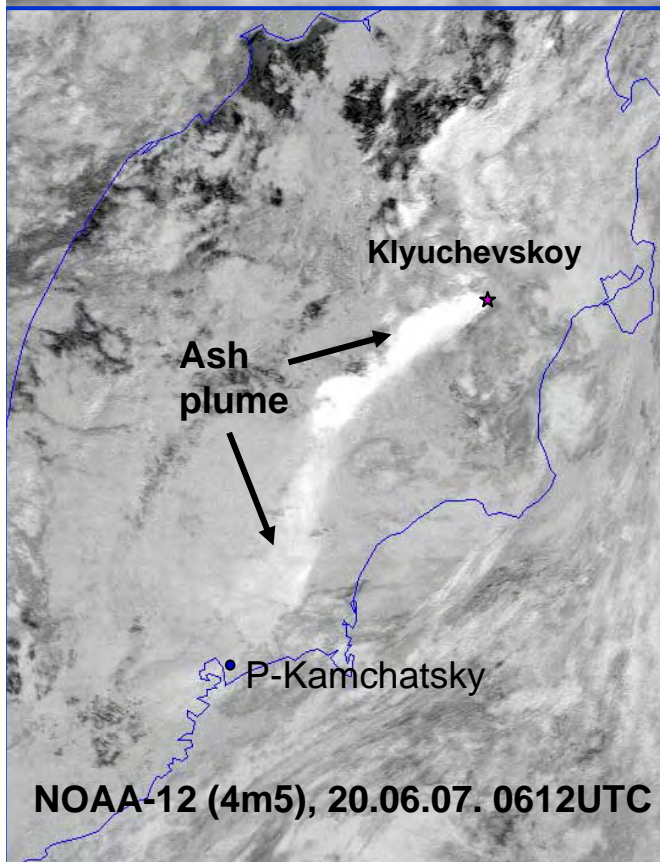
Шивелуч

Ключевской

Безымянный



Термальные аномалии и пепловые облака и шлейфы в районах вулканов



Шивелуч



2013 © Yu. Demyanchuk

Ключевской



ismology, KVERT & Weathernews Inc. 2013-10-18 18:00:15

Informational service
«Дистанционный мониторинг активности вулканов Камчатки и Курил»
VolSatView

Вход в систему

Login пользователя:

Пароль:

Основной задачей создающегося сервиса VolSatView является обеспечение специалистов-вулканологов оперативными спутниковыми данными и различными информационными продуктами, получаемыми на основе их обработки, для мониторинга вулканической активности Камчатки и Курил.

На первом этапе работ сервис рассчитан на работу с данными поступающими со спутников NOAA, Terra, Aqua, Meteor M №1 и LANDSAT. Сервис создается и поддерживается специалистами:
[Институт вулканологии и сейсмологии Дальневосточного отделения РАН \(ИВиС ДВО РАН\)](#)
[Вычислительный центр Дальневосточного отделения РАН \(ВЦ ДВО РАН\)](#)
[Институт Космических Исследований РАН \(ИКИ РАН\)](#)
[Дальневосточный Центр НИЦ "Планета" \(ДЦ НИЦ "Планета"\)](#)

Сервис развивается с на основе многолетнего опыта мониторинга вулканической активности накопленного в ИВиС ДВО РАН. Сбор и обработка спутниковых данных поступающих в сервис осуществляется в ДЦ НИЦ "Планета" и ИКИ РАН. Для работы с данными созданы информационные сервера в ВЦ ДВО РАН, ИВиС ДВО РАН и ИКИ РАН. Для обеспечения оперативного обмена данными в сервисе использованы ресурсы Региональной компьютерной сети ДВО РАН и Корпоративной сети РАН.

Сервис создается на основе технологий автоматической обработки данных созданных в ИКИ РАН и НИЦ "ПЛАНЕТА". Интерфейс предоставления данных создается на основе технологии GEOSMIS. Для обеспечения оперативного обмена данными между центрами сбора данных и базовыми узлами системы (ИКИ РАН, ВЦ ДВО РАН, ИВиС ДВО РАН), использованы ресурсы Региональной компьютерной сети ДВО РАН и Корпоративной сети РАН.

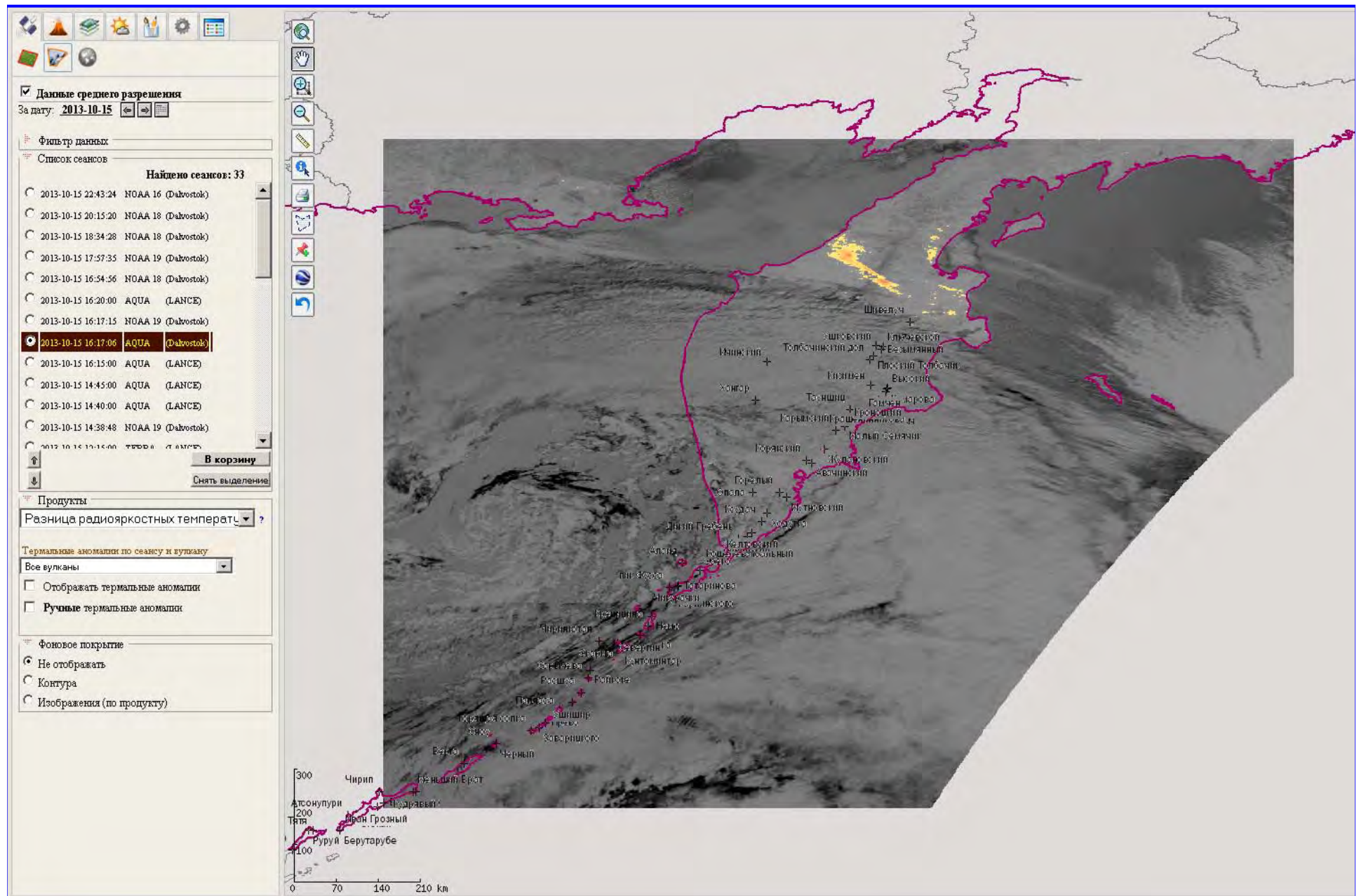
Сервис создается при поддержке проекта РФФИ проект 11-07-12026-офи-м-2011 и Комплексной программы фундаментальных научных исследований ДВО РАН "Современная геодинамика, активные геоструктуры и природные опасности Дальнего Востока России"

© ИКИ РАН, ИВиС ДВО РАН, ВЦ ДВО РАН, ДЦ НИЦ "Планета", 2011-2013

В 2011-2014 гг. совместными усилиями специалистов ИВиС ДВО РАН, ИКИ РАН, ВЦ ДВО РАН и ДЦ НИЦ "Планета" был создан, введен в опытную эксплуатацию и развивается ИС "Мониторинг активности вулканов Камчатки и Курил" (VolSatView), позволяющий работать с различными спутниковыми данными среднего и высокого разрешения, а также метео- и наземной информацией, проводить совместный анализ различных данных для обеспечения вулканологам непрерывного мониторинга камчатских вулканов.

Проект выполняется при поддержке Программ ФНИ ГАН и РФФИ (проекты 11-07-12026-офи_м, 13-07-12180-офи_м)

Спутниковые данные среднего разрешения

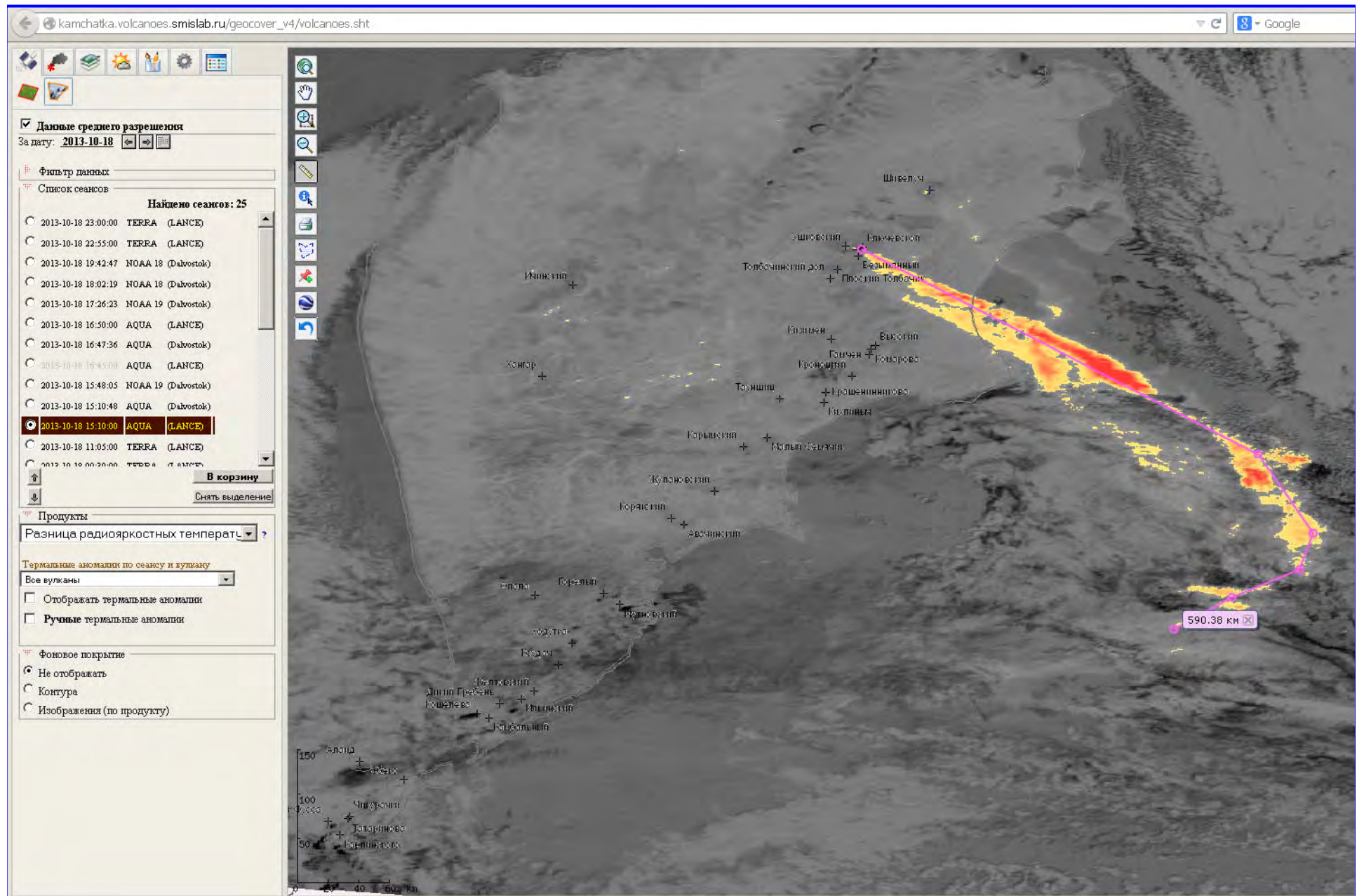


В системе VolSatView активно развиваются различные инструменты, позволяющие проводить обработку и анализ данных

The screenshot displays the VolSatView software interface, which is used for processing and analyzing satellite data. The interface is divided into several sections:

- Top Panel:** Contains various icons for navigation and data processing.
- Left Panel:**
 - Filters:** A section for filtering data, currently set to "Среднее разрешение" (Average resolution) and "За дату: 2013-10-18" (By date: 2013-10-18).
 - Список сеансов (List of sessions):** A table showing search results for satellite sessions. The table has columns for date, time, satellite name, and resolution. The selected session is "2013-10-18 01:40:00" from satellite "AQUA" with a resolution of "LANCE".
 - Продукты (Products):** A section for selecting data products, currently set to "Канал 3.7 мкм (20 modis.3 avhrr)".
 - Термальные аномалии (Thermal anomalies):** A section for displaying thermal anomalies, with options for "Все вулканы" (All volcanoes) and checkboxes for "Отображать термальные аномалии" (Show thermal anomalies) and "Ручные термальные аномалии" (Manual thermal anomalies).
 - Фоновое покрытие (Background coverage):** A section for background coverage, with options for "Не отображать" (Do not display), "Контура" (Contours), and "Изображения (по продукту)" (Images (by product)).
- Map:** A satellite image of Kamchatka with several locations marked with red crosses and labels: Шивелуч, Ключевской, Елизарьяев, Пещерный Толбачин, Толбачинский дог, Братский, Беляевская, Голубой, Восточный, Пржевальский, Тарашин, Пашеннинговская, Голыгина.
- Popup Window:** A window displaying information for the selected location, "Ключевской" (Klyuchevskoy). The information includes:
 - Округ: Дальневосточный ФО (District: Far Eastern Federal District)
 - Область: КАМЧАТСКИЙ КРАЙ (Region: Kamchatka Krai)
 - Район: Усть-Камчатский (District: Ust-Kamchatka)
 - Вулкан: Ключевской (Volcano: Klyuchevskoy)
 - Информация в точке по спутниковым данным: (Information at the point by satellite data):
 - Радиояростная температура (канал 20): 332.7 °K (59.6 °C)
 - Установить темп. аномалию (Set temperature anomaly)

Пепловые шлейфы



Спутниковые данные высокого разрешения

Дата
с **2013-05-01**
по **2014-10-01** - только за эту дату

Фильтр

- Приборы (спутники)
 - OLI-TIRS,OLI (Landsat 8)
 - ETM+ (Landsat 7)
 - TM (Landsat 4,5)
 - KMCC-101,102 (Метеор-М №1,2)
 - KMCC-50 (Метеор-М №1,2)
 - МСС (Канопус-В, БКА)
 - ПСС (Канопус-В, БКА)
 - Нурейон (ЕО-1)
- Другие приборы (спутники)
- Центры данных
 - Только скорректированные данные
 - С облачностью не более %

Список

Сцены 1-10, всего ~ 27

- 2014-09-11 00:34:43 SANORUS-V (ДВЦ Платега)
- 2014-09-11 00:34:37 SANORUS-V (ДВЦ Платега)
- 2014-08-31 00:34:36 SANORUS-V (ДВЦ Платега)
- 2014-08-31 00:34:30 SANORUS-V (ДВЦ Платега)**
- 2014-08-31 00:33:43 SANORUS-V (ДВЦ Платега)
- 2014-08-20 03:33:08 SANORUS-V (ЗСЦ Платега)
- 2014-08-20 03:33:08 SANORUS-V (ЗСЦ Платега)
- 2014-08-20 00:33:46 SANORUS-V (ДВЦ Платега)
- 2014-08-20 00:33:40 SANORUS-V (ДВЦ Платега)
- 2014-07-07 00:30:16 SANORUS-V (ДВЦ Платега)

↑ Пред.порция В корзину
↓ След.порция Снять выделение

Продукты:
Базовое изображение (все спутники) ▾
Фоновое покрытие:
 Не отображать
 Контура снимков
 Изображения

0 1 2 3 km

0 2 4 6 km

Спутниковые данные высокого разрешения

The image displays a software interface for viewing satellite data. The main window shows a high-resolution satellite image of a mountainous region, likely in the Caucasus, with a central peak labeled 'Снег 4388.7'. The interface includes a control panel on the left with various settings and a world map on the bottom right.

Дата
с 2013-01-01
по 2014-09-06 - только за эту дату

Фильтр данных
 облачность не более 10 %

Спутник (Прибор): отключ все
 LAND SAT 4 LAND SAT 5
 LAND SAT 7 LAND SAT 8
 Канопус-В Meteor-M1
 EO-1 (Hyperion) ORBVUEW3

Данные из других систем
 Meteor-M1 Resurs DK
 MONITOR-E-PESA MONITOR-E-RDSA
 METEOR-MSU_E

Данные Геопортала Роскосмоса

Центр получения данных: отключ все
 Дальневосточный Сибирский Европейский

Список
Снимы 1-7, всего ~ 7

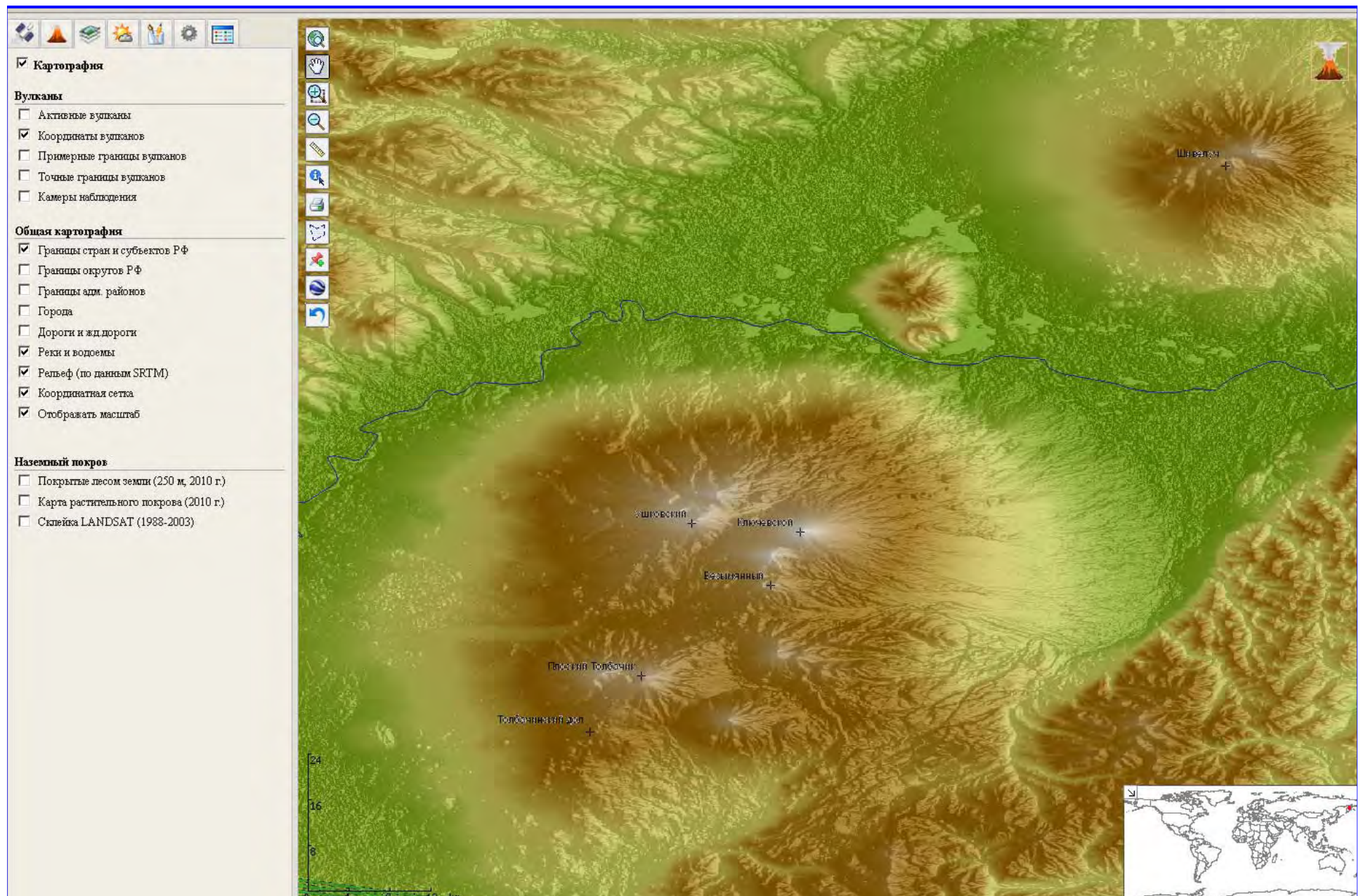
- 2014-06-08 23:34:22 EO-1 (USGS)
- 2014-01-28 23:21:20 EO-1* (USGS)
- 2014-01-15 23:31:41 EO-1* (USGS)
- 2013-12-14 23:26:17 EO-1* (USGS)
- 2013-11-15 23:32:05 EO-1* (USGS)
- 2013-07-06 23:39:00 EO-1* (USGS)
- 2013-07-03 23:25:42 EO-1* (USGS)

Продукты
Базовое изображение (все спутник)

Фоновое покрытие
 Не отображать
 Контура снимков
 Изображения

1800
1200
600
0 300 600 900 meters

Картография. Рельеф.



Анализ данных *Landsat* в VolSatView

The screenshot displays the VolSatView software interface, which is used for analyzing satellite data. The main window shows a 3D visualization of a terrain, likely a mountain range, with a central valley. The terrain is color-coded, with green representing vegetation and brown/red representing bare earth or rock. A large, irregularly shaped area in the center of the valley is highlighted in a reddish-brown color, indicating a specific region of interest. Several green location pins are scattered across this highlighted area, suggesting points of interest or data collection sites.

The left sidebar contains various toolbars and control panels. The top toolbar includes icons for file operations, navigation, and analysis. Below it, the 'Цветовая коррекция изображения' (Image Color Correction) panel is active, showing the following settings:

- Режим работы: RGB синтез
- Канал R: 2013-09-02 00:16:40 LANDSAT 8(USGS), канал: 7, Инверсия: , Быстрый режим:
- Канал G: 2013-09-02 00:16:40 LANDSAT 8(USGS), канал: 5, Инверсия: , Быстрый режим:
- Канал B: 2013-09-02 00:16:40 LANDSAT 8(USGS), канал: 4, Инверсия: , Быстрый режим:

The 'Диапазон значений из исходного изображения' (Value Range from Original Image) section shows the following ranges:

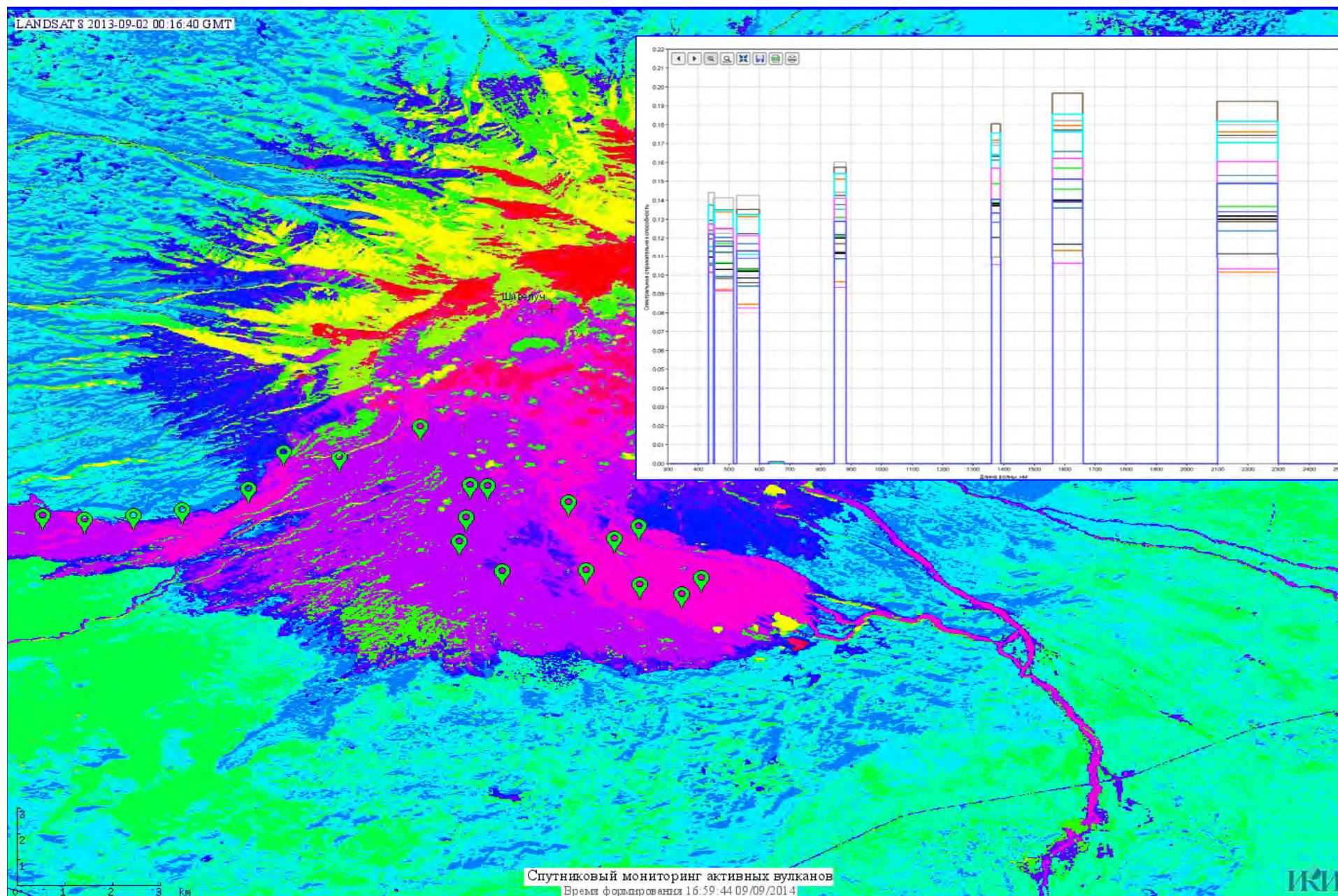
- R: 4883 - 38807
- G: 5397 - 46517
- B: 5911 - 46003

Buttons for 'Весь', 'По гистограмме', 'Сброс', 'Авто', and 'Применить комбинацию' are visible. Below this, the 'Яркость' (Brightness) and 'Контрастность' (Contrast) sections have sliders for R, G, and B channels, with a 'Совместно' (Simultaneously) checkbox.

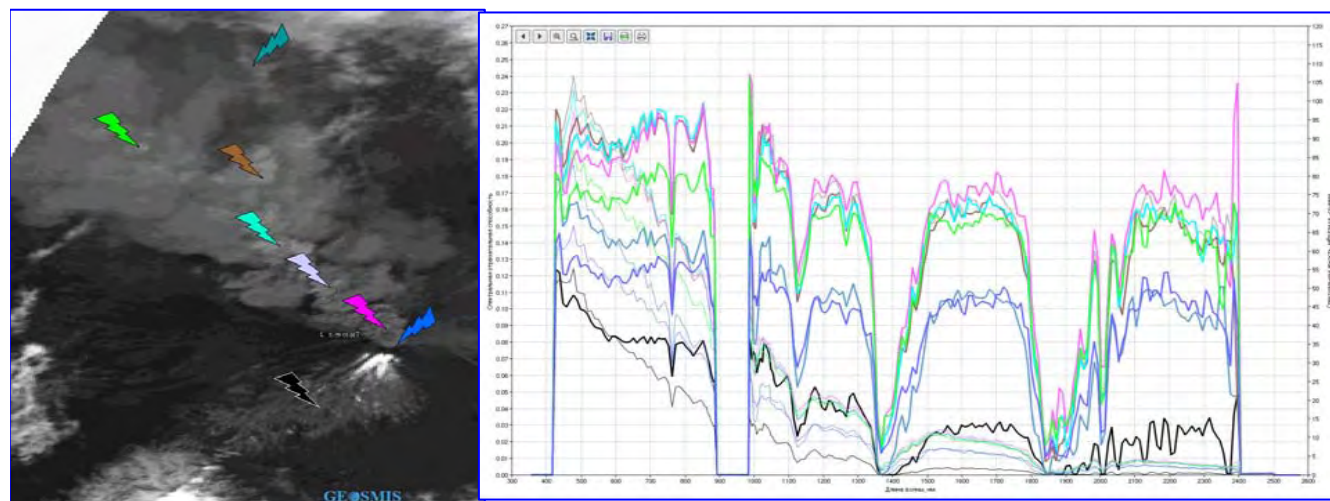
The 'Гистограмма' (Histogram) section displays three histograms for the R, G, and B channels, with a 'Сбросить' (Reset) button.

The 'Автоматическая коррекция' (Automatic Correction) section includes options for 'По площади' (By Area) and 'По СКО' (By Standard Deviation), with a 'Эквализация' (Equalization) checkbox.

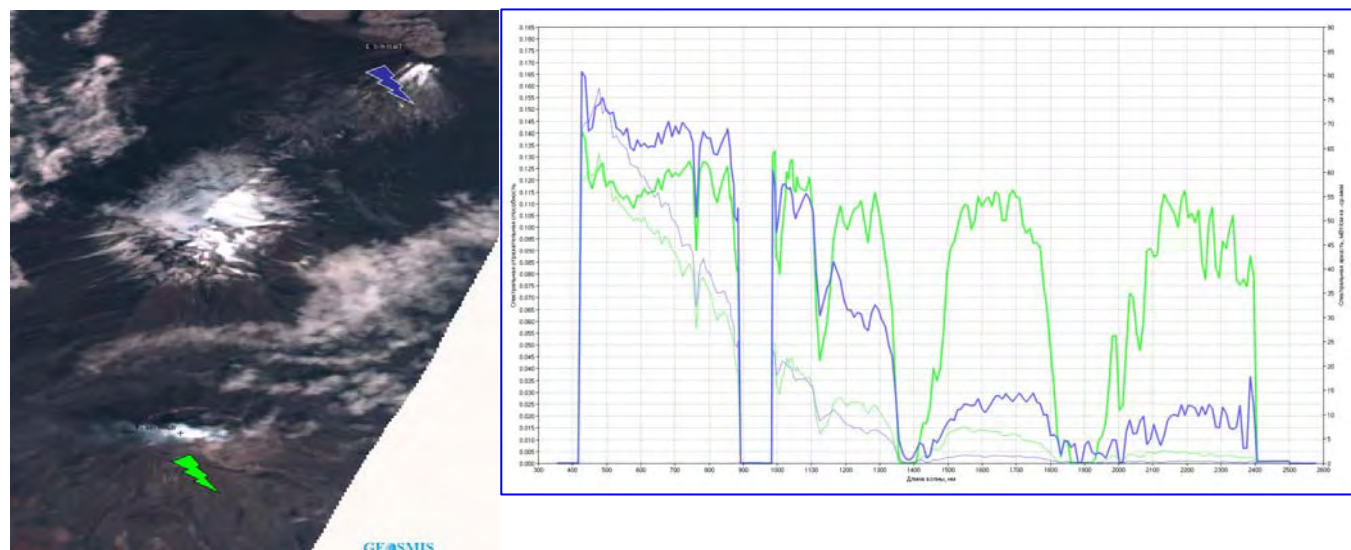
Анализ данных *Landsat* в VolSatView



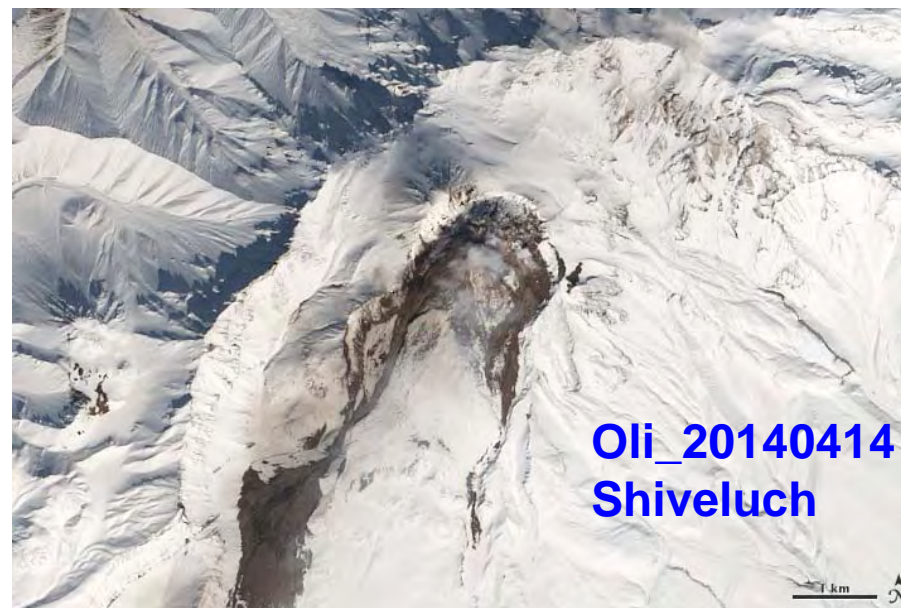
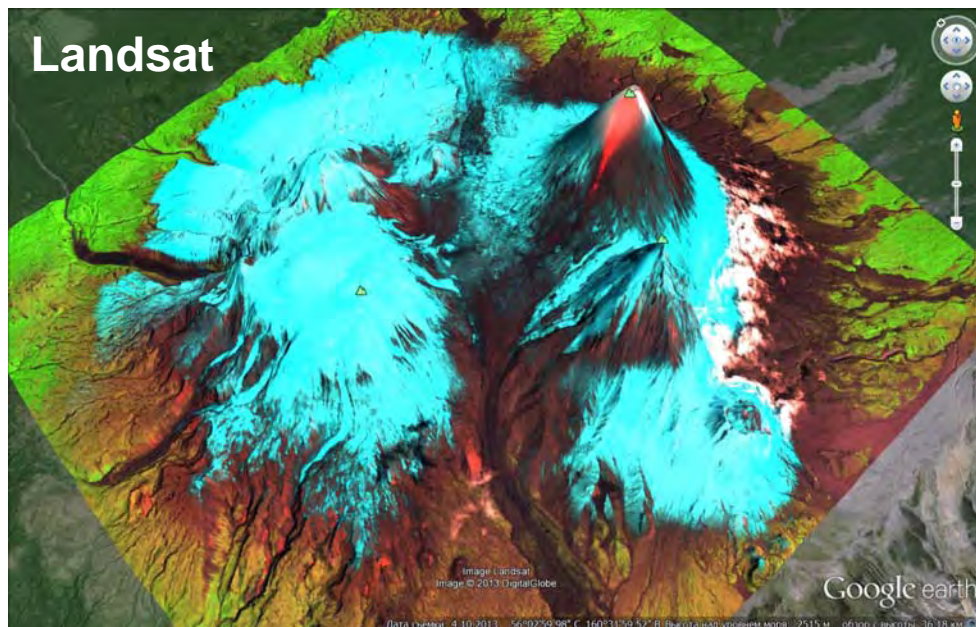
Анализ данных *Hyperion* в *VolSatView*



Пепловый шлейф в. Ключевской 08.07.2007.: кривые спектральной отражательной способности участков пеплового шлейфа (синяя и зелено-голубая – на краях шлейфа; остальные – по оси шлейфа; черная - вне шлейфа).



Спектры пород на склонах вулканов 08.07.2007.: зеленый график - андезиты на склоне Безымянного, синий - базальты на склоне Ключевского.




Появление новых, в том числе и российских, спутниковых систем наблюдения позволит существенно расширить возможности спутникового мониторинга вулканической активности благодаря:

- повышению частоты наблюдения,**
- увеличению пространственного разрешения регулярно используемых данных,**
- расширению видов используемой спутниковой информации.**

Кроме того, развитие методов и технологий автоматизированной обработки данных даст возможность более детально анализировать спутниковую информацию.

Спасибо за внимание!

Ключевской



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 Целевой программы ДВО РАН “Спутниковый мониторинг Дальнего Востока для проведения фундаментальных научных исследований Дальневосточного отделения РАН”.

© М. Ковалев, 15.10.2013.