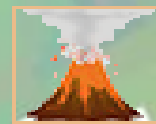


Текущие возможности оценки высоты пепловых выбросов, реализованные в информационной системе VolSatView на примере анализа выбросов вулканов Ключевской и Крашенинникова в 2025 году

Бриль А.А. (1), Гирина О.А. (2), Бурцев М.А. (1), Волкова Е.Е. (1)

(1) Институт космических исследований РАН, Москва, Россия

(2) Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, Россия



Информационная система «VolSatView»



Информационная система «Дистанционный мониторинг активности вулканов Камчатки и Курил» VolSatView

[Главная](#) | [Публикации](#) | [Контакты](#)

Вход в систему

Логин пользователя:

Пароль:

[Войти](#)

Незарегистрированные пользователи могут оценить возможности системы в демонстрационном режиме с использованием логина *demo* и пароля *demo*.

Уважаемые пользователи, обращаем Ваше внимание! В связи со сбоем оборудования и проведением технологических работ могут происходить временные перебои в работе сервиса с частью данных.

Созданная информационная система (ИС) VolSatView обеспечивает специалистов-вулканологов оперативными спутниковыми данными среднего разрешения и различными информационными продуктами, полученными на основе их обработки, для мониторинга вулканической активности Камчатки и Курил. Кроме этого, в ИС создан и постоянно пополняется архив спутниковых данных высокого разрешения, позволяющий анализировать различные продукты извержений вулканов (отложения лавовых и пирокластических потоков и др.)

ИС VolSatView создана и поддерживается специалистами:

[Институт Космических Исследований РАН \(ИКИ РАН\)](#)

[Институт вулканологии и сейсмологии Дальневосточного отделения РАН \(ИВиС ДВО РАН\)](#)

[Вычислительный центр Дальневосточного отделения РАН \(ВЦ ДВО РАН\)](#)

[Дальневосточный Центр НИЦ "Планета" \(ДЦ НИЦ "Планета"\)](#)

ИС VolSatView развивается на основе многолетнего опыта мониторинга вулканической активности, накопленного в ИВиС ДВО РАН. В ИС используются технологии автоматической обработки данных, созданные в ИКИ РАН и НИЦ "Планета". Картографический интерфейс работы с данными реализован на основе технологии [GEOSMIS](#).

В настоящее время в ИС возможна работа с данными, поступающими со спутников: серии NOAA, серии Landsat, серии Meteor M, серии Ресурс П, а также Terra, Aqua, EO-1, Канопус-В №1.

Система позволяет работать как с оперативными, так и с архивными данными, накапливаемыми в VolSatView, а также с данными [ЦКП "ИКИ-Мониторинг"](#), [Объединенной системы работы с данными центров НИЦ "Планета"](#), [геопортала "Роскосмоса"](#), [ИС "Сигнал"](#).

Для работы с данными организованы информационные серверы в ВЦ ДВО РАН, ИВиС ДВО РАН и ИКИ РАН. Оперативный обмен данными между центрами сбора информации и базовыми серверами в ИС обеспечивают телекоммуникационные ресурсы Региональной компьютерной сети ДВО РАН и ИКИ РАН.

Возможности системы достаточно подробно описаны в [публикациях](#).

Система создана и развивается при поддержке проектов РФФИ (11-07-12026-офи-м и 13-07-12180-офи-м). Технологии работы с данными, на основе которых создавалась и развивается система, созданы в рамках темы «Мониторинг», госрегистрация № 01.20.0.2.00164.

© [ИКИ РАН](#), [ИВиС ДВО РАН](#), [ВЦ ДВО РАН](#), [ДЦ НИЦ "Планета"](#), 2011-2025



В 2011 была создана и продолжает развиваться совместными усилиями специалистов ИВиС ДВО РАН, ИКИ РАН, ВЦ ДВО РАН и ДЦ НИЦ Планета.

Задачи ИС VolSatView

- Автоматическое получение данных из различных источников;
- автоматическая обработка данных для получения различных информационных продуктов, использующихся при мониторинге и изучении вулканической активности;
- ведение различных архивов спутниковых данных и результатов их обработки, в том числе и их постоянное пополнение;
- предоставление пользователям различных возможностей интерактивной обработки и анализа данных.

Основной задачей системы является предоставление специалистам инструментов для работы с разнородной информацией, поступающей из различных источников. При этом пользователь должен иметь возможность работы из любого места, используя для обработки и анализа данных не только ресурсы своего компьютера, но и все распределенные вычислительные ресурсы, предоставляемые системой.

Задача по оценке высоты пепловых шлейфов

Работы по изучению высоты пепловых шлейфов ведутся не одно десятилетие.

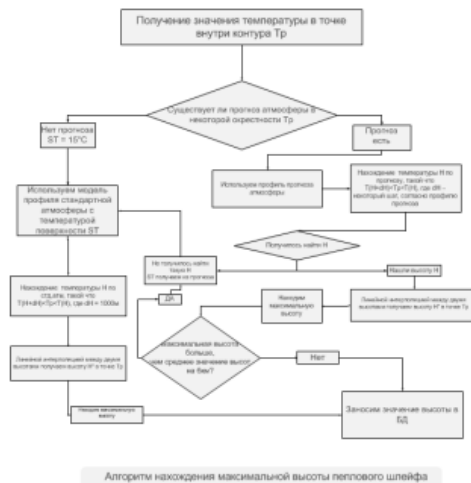
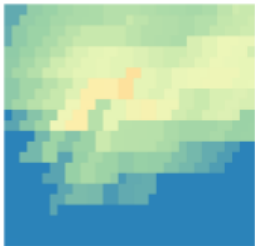
В настоящее время широко известны следующие методы оценивания высоты пеплового облака по спутниковым данным:

- Оценка с помощью лидаров
- Метод корреляции ветра
- Температурный метод
- Геометрический метод
- Наземные измерения, в том числе с помощью веб-камер.

Температурный метод

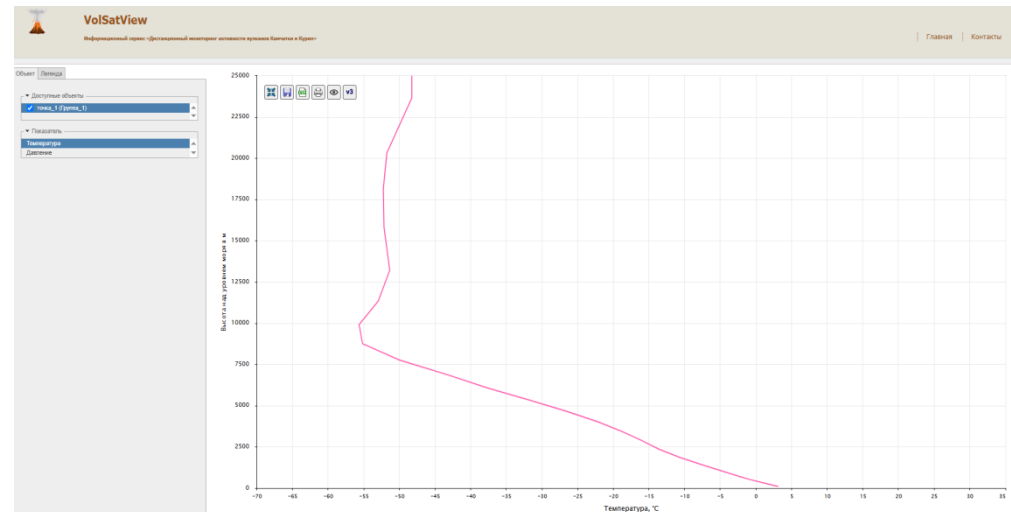
Оценка по «метеорологическому профилю»

В случае получения высоты облака вулканического пепла по «метеопрофилю» в качестве грубого допущения берется отождествление радиояростной температуры в тепловом канале спутниковых данных температуре воздуха в различных слоях атмосферы. К тому же, в случае недоступности прогнозных данных используется модель стандартного распределения температур атмосферы, и высоты, полученные по такой модели могут сильно различаться с высотами, полученными по прогнозу. На "изображении 1" показано соответствие высот пеплового облака по прогнозу и по стандартному распределению от синего цвета к красному, где красный цвет – полное соответствие.

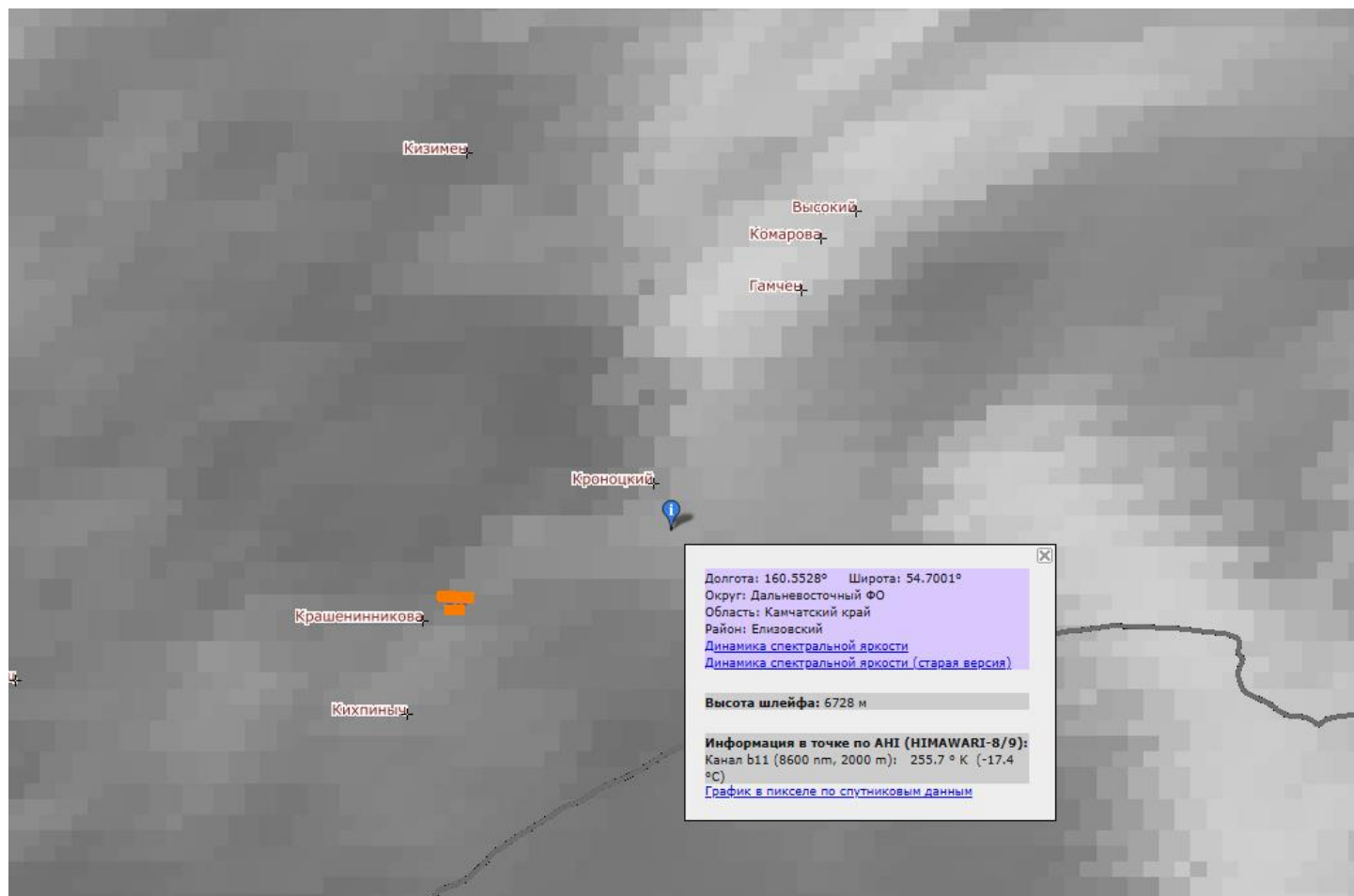


В 2017-ом году в ИС был внедрен «температурный» метод получения оценки высоты пепла.

Алгоритм поиска высоты пепловых облаков по «температурному» методу основан на предположении, что радиояростная температура соответствует температуре атмосферы на определенной высоте.

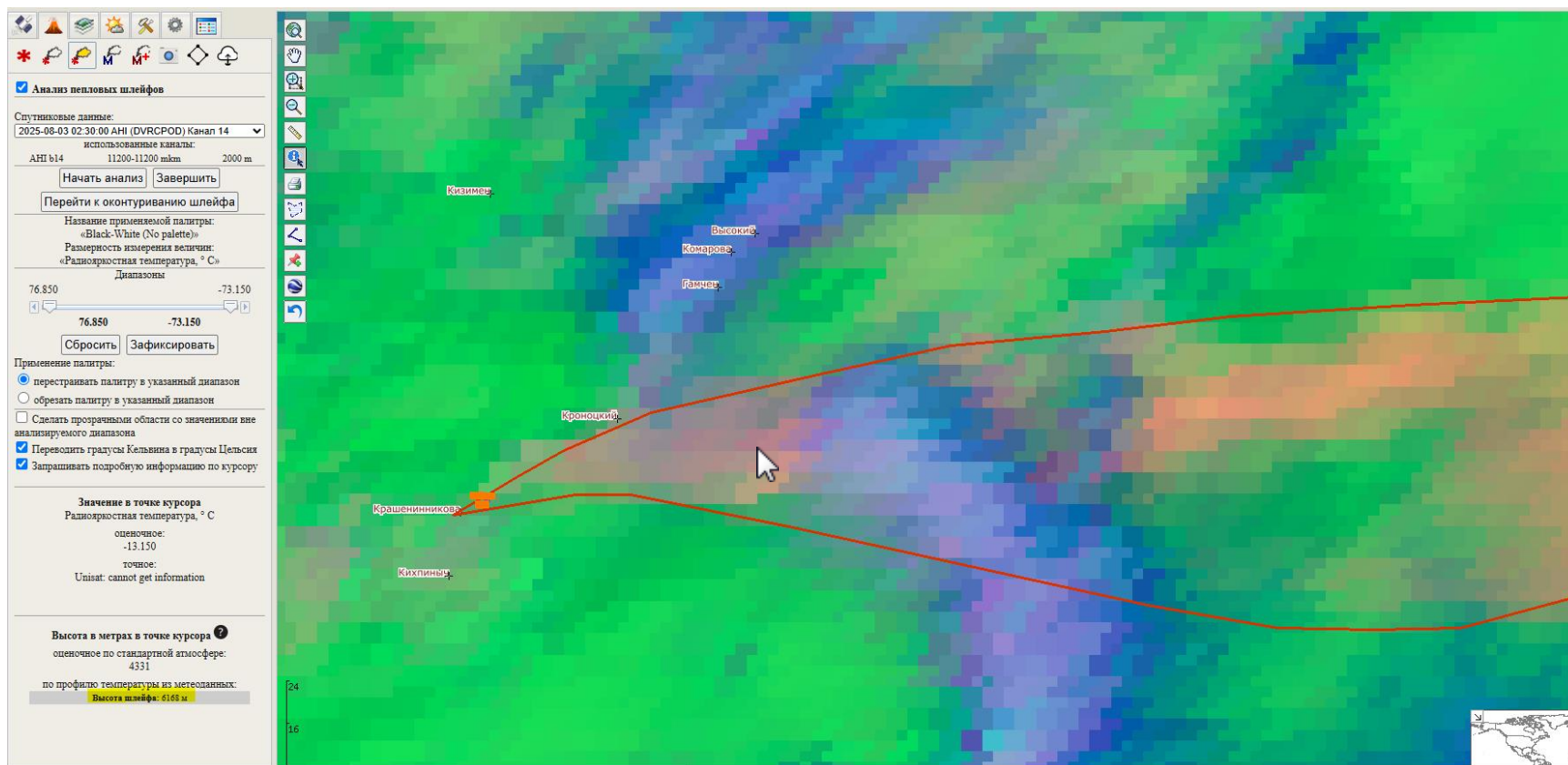


Температурный метод и получение оценки по клику



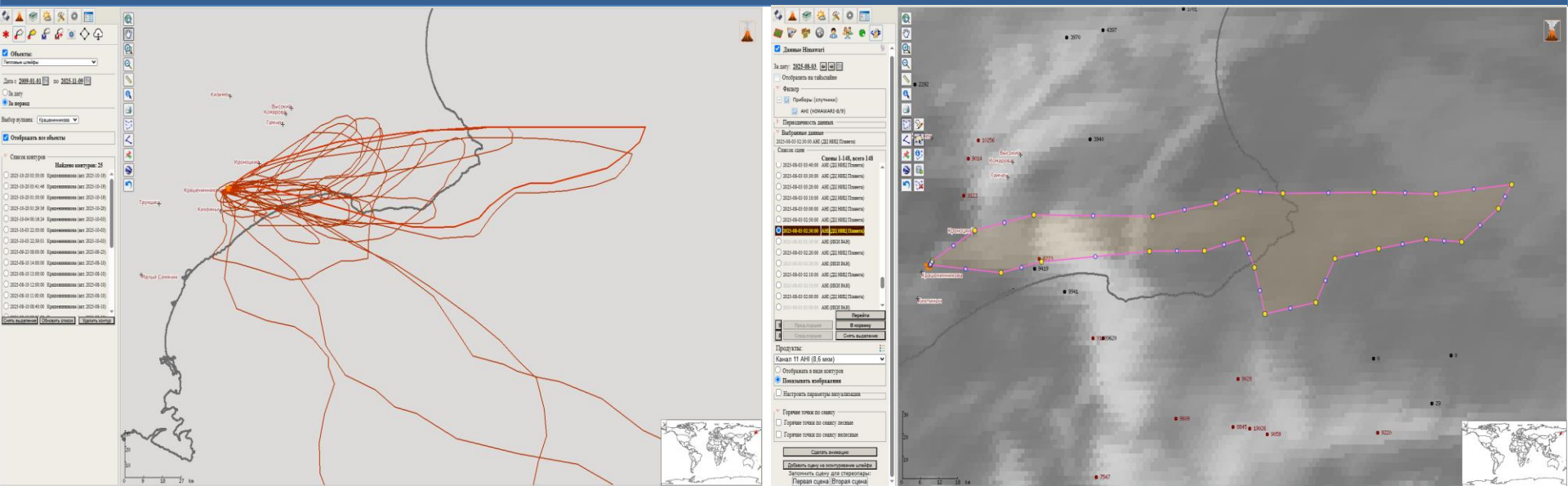
Информация о высоте пеплового шлейфа в точке, полученная инструментом «инфоклик» по данным спутника HIMAWARI. Извержение вулкана Крашенинникова 03 августа 2025 года 02:30:00 UTC. Высота в точке 6730 метров.

Температурный метод и инструменты анализа



Информация о высоте пеплового шлейфа в точке во вкладке «анализ пепловых шлейфов» по данным спутника HIMAWARI. Извержение вулкана Крашенинникова 03 августа 2025 года 02:30:00 UTC. Высота в точке курсора 6170 метров.

Температурный метод



Пепловые шлейфы

Вулкан: Ключевской

Дата: 2025-08-10

Применить Экспорт в json Экспорт в csv

№	Вулкан	Дата извержения	Спутниковое изображение	Площадь (км ²)	Кто оконтурил	Высота (метры)	Комментарии	ID	Цвет
1	Ключевской	2025-08-10	HIMAWARI-8 : 2025-08-10 20:40:00	24573.4	girina	8986		2474	clear
2	Ключевской	2025-08-10	HIMAWARI-8 : 2025-08-10 21:00:00	32625	girina	9084		2475	clear
3	Ключевской	2025-08-10	NPP : 2025-08-10 14:09:53	19055.1	girina	-		2476	clear
4	Ключевской	2025-08-10	NPP : 2025-08-10 15:49:27	8795.8	girina	9172		2477	clear
5	Ключевской	2025-08-10	JPSS1 : 2025-08-10 16:12:14	10026.6	girina	-		2478	clear
6	Ключевской	2025-08-10	JPSS2 : 2025-08-10 17:04:51	17045.9	girina	-		2479	clear
7	Ключевской	2025-08-10	AQUA : 2025-08-10 17:15:33	14424	girina	9199		2480	clear
8	Ключевской	2025-08-11	HIMAWARI-8 : 2025-08-10 23:40:00	44095.8	girina	9144		2481	clear
9	Ключевской	2025-08-11	HIMAWARI-8 : 2025-08-10 19:00:00	27760.9	girina	9087		2482	clear

Геометрический метод

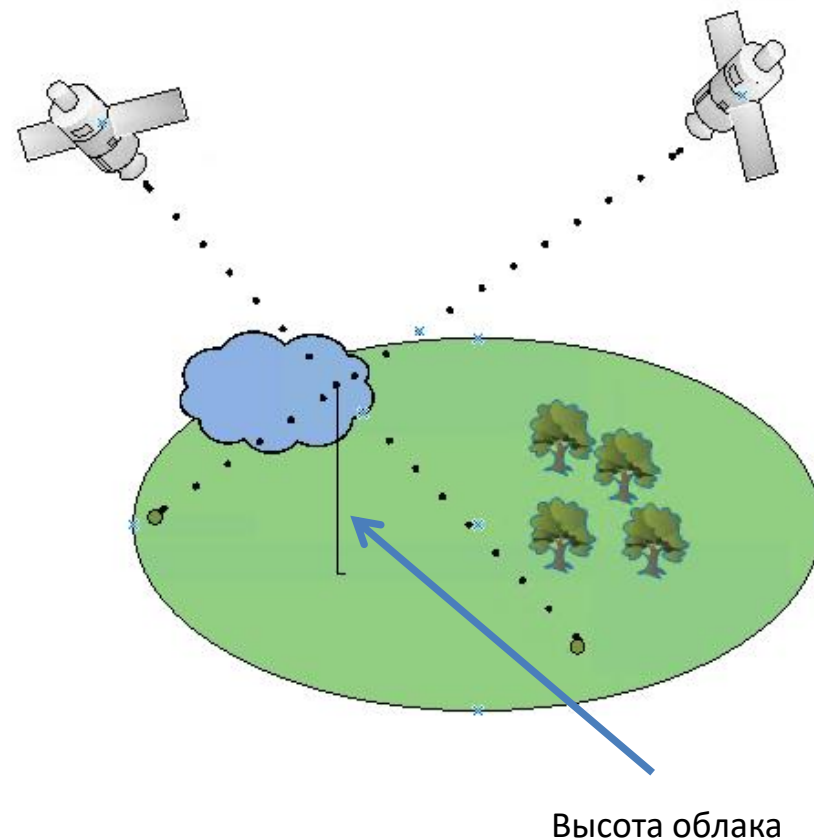
Геометрический подход к поиску высоты облачности имеет несколько важных преимуществ:

- Он основан на базовых геометрических зависимостях и позволяет определять высоту облаков по снимкам, сопоставляя координаты одноименных объектов на разных изображениях. Такой метод не требует дополнительных данных, таких как профиль ветра или температурный профиль.
- Он подходит для оперативной обработки, так как не зависит от наличия вспомогательных измерений и может использоваться в широком диапазоне погодных условий и времени суток.
- Использование стереоскопических наблюдений или эффекта параллакса, позволяет получать высокоточные оценки высоты облаков, что важно для мониторинга и анализа вулканических пепловых шлейфов и других атмосферных явлений.
- Геометрия съемки современных спутниковых приборов обеспечивает высокое пространственное разрешение и широкое поле обзора, что улучшает качество и полноту данных для оценки высоты облачности.

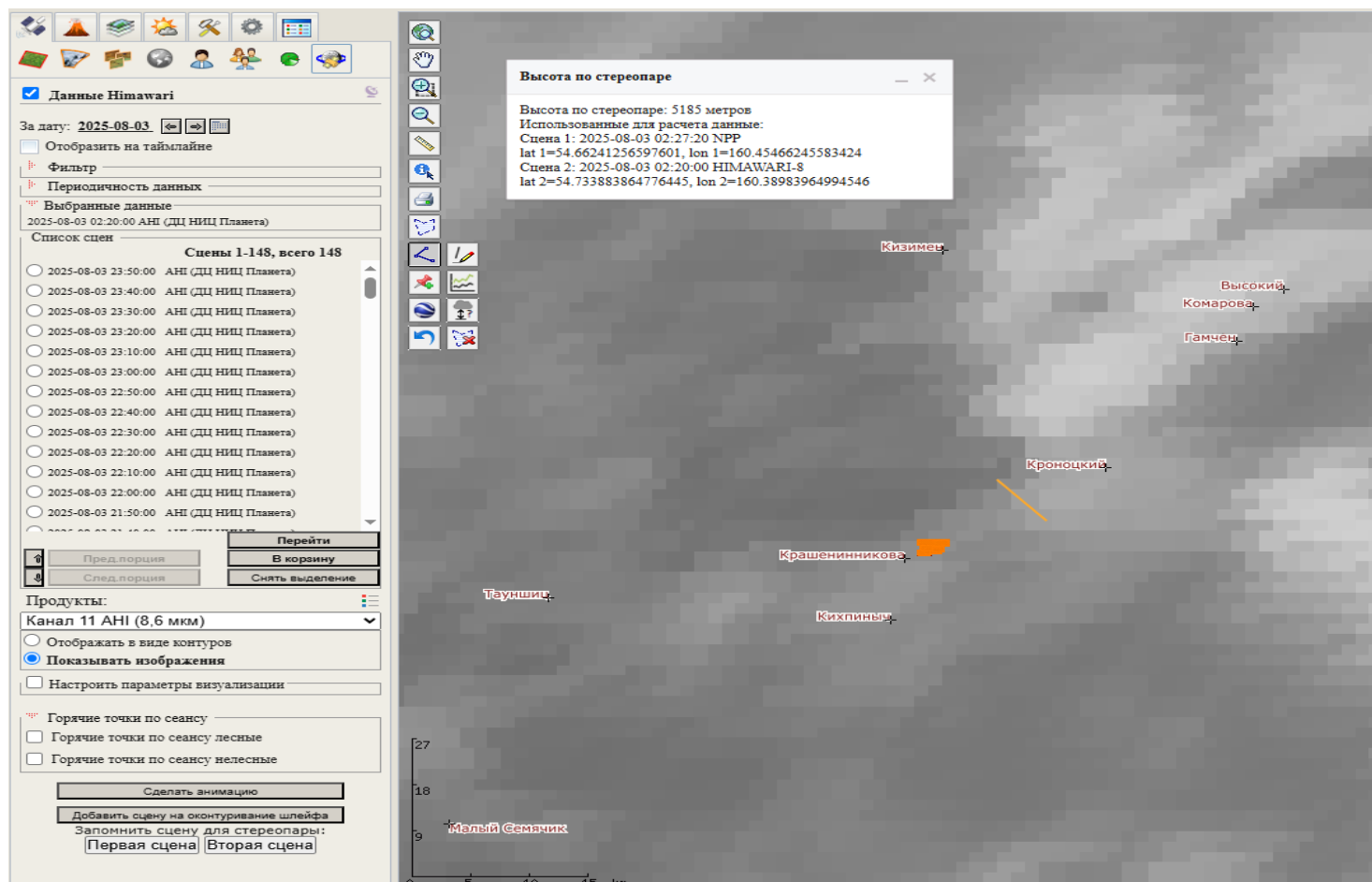
Интерактивный инструмент «расчет высоты по стереопаре»

В 2018-ом году в информационной системе «VolSatView» был реализован метод сравнения наблюдений с низкоорбитальных и геостационарных спутниковых систем, «метод стереопары» в виде интерактивного инструмента анализа спутниковой информации.

- Позволяет пользователю получать оценку высоты в конкретной точке в конкретной точке.
- Требуется время на визуальный анализ данных и корректное сравнение изображений
- Требуется сопоставление данных по времени



Интерактивный инструмент «расчет высоты по стереопаре»



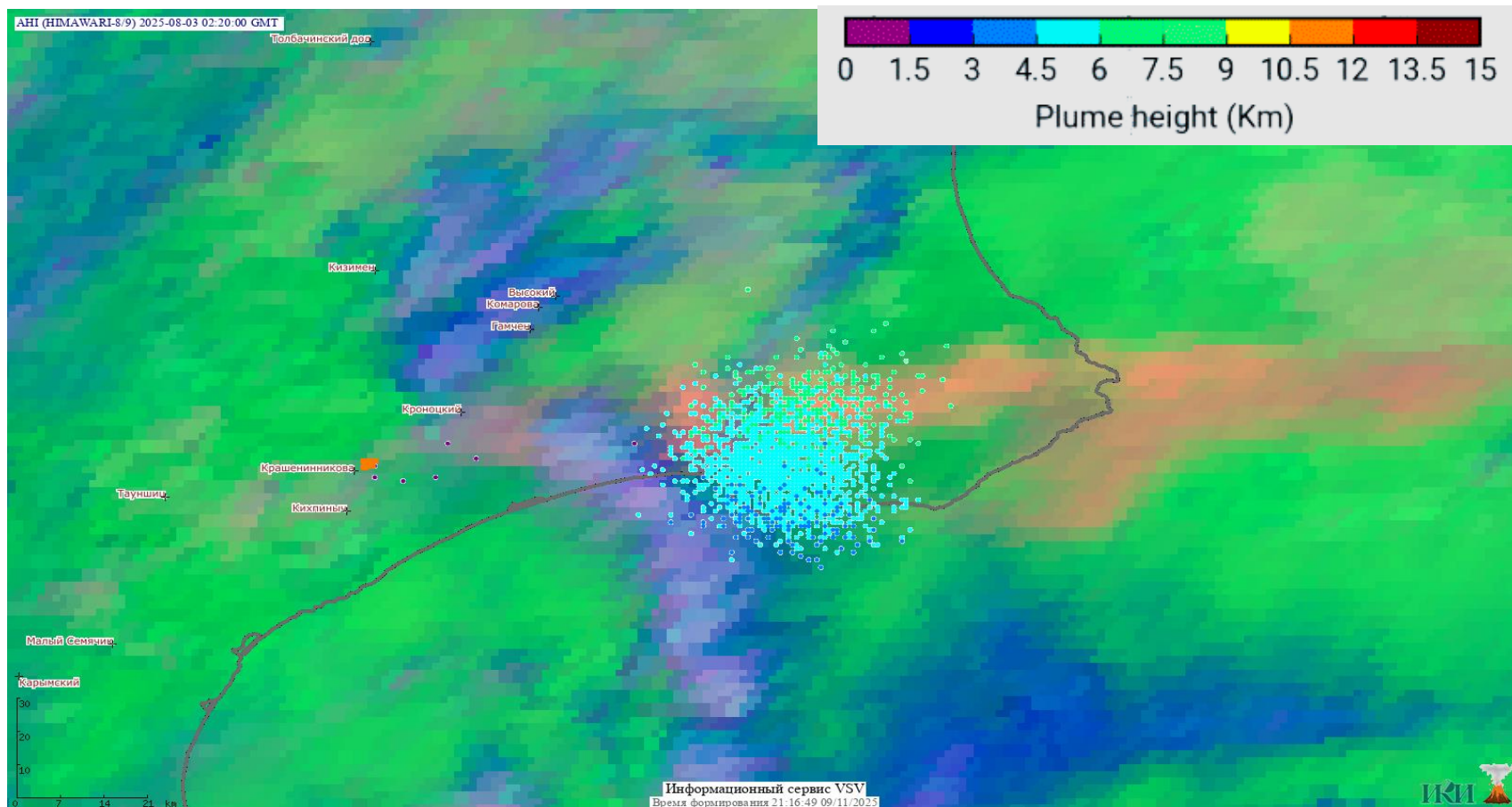
Информация о высоте пеплового шлейфа в точке при использовании интерактивного инструмента «расчет высоты по стереопаре». Извержение вулкана Крашенинникова 03 августа 2025 года. Высота в точке 5200 метров.

Моделирование распространения пеплового шлейфа

Модели PUFF и FALL3D — это современные численные модели, широко используемые для моделирования распространения вулканического пеплового шлейфа в атмосфере.

- Модель PUFF основана на концепции конвективно-дисперсионного переноса частиц пепла в потоке ветра. Она отслеживает движение отдельных частиц пепла с учетом метеорологических условий (скорости и направления ветра в различных слоях атмосферы), а также процессов осаднения и диффузии. Модель позволяет учитывать временные изменения характера извержения и взаимодействие пеплового облака с атмосферой, обеспечивая гибкую и относительно быструю оценку распространения и концентраций пепла.
- FALL3D — эйлерова трехмерная модель, которая решает уравнение переноса, учитывая процессы конвекции, турбулентной диффузии и гравитационного осаднения пепла различных гранулометрических размеров. Она интегрирует метеорологические данные с разной пространственно-временной детализацией и позволяет получать детальные распределения концентраций пепла в атмосфере, а также оценки высот и масс осевшего материала на поверхности. FALL3D обеспечивает более комплексное и физически обоснованное описание процессов распространения по сравнению с PUFF, но требует больше вычислительных ресурсов и более детальной подготовки входных данных.

Моделирование распространения пеплового шлейфа



Распространение пепловых шлейфов по смоделированным данным. Извержение вулкана Крашенинникова 03 августа 2025 года 02:30:00 UTC. Высоты от 4.5 до 6.5км.

Продукт CLTH

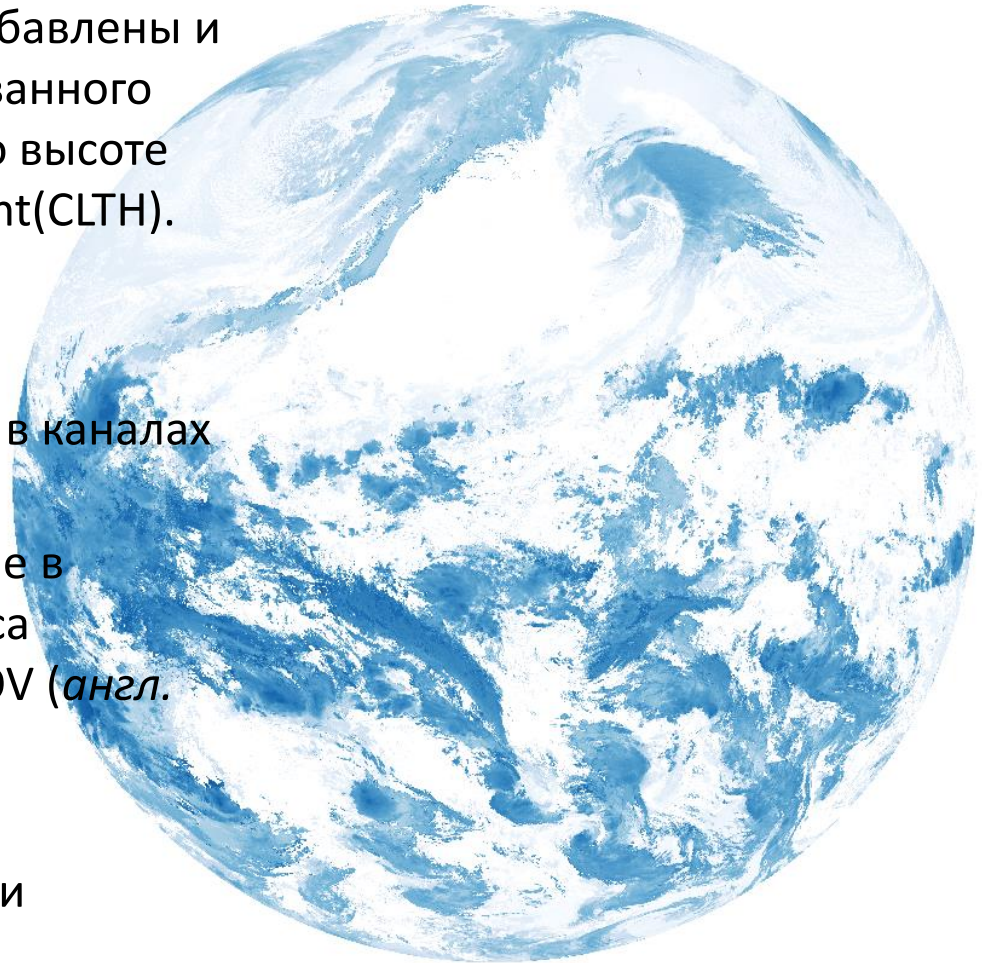
В 2024 году в ИС «VolSatView» были добавлены и накапливаются данные специализированного продукта, содержащего информацию о высоте облака в каждой точке – CCloudTopHeight(CLTH).

Входные данные:

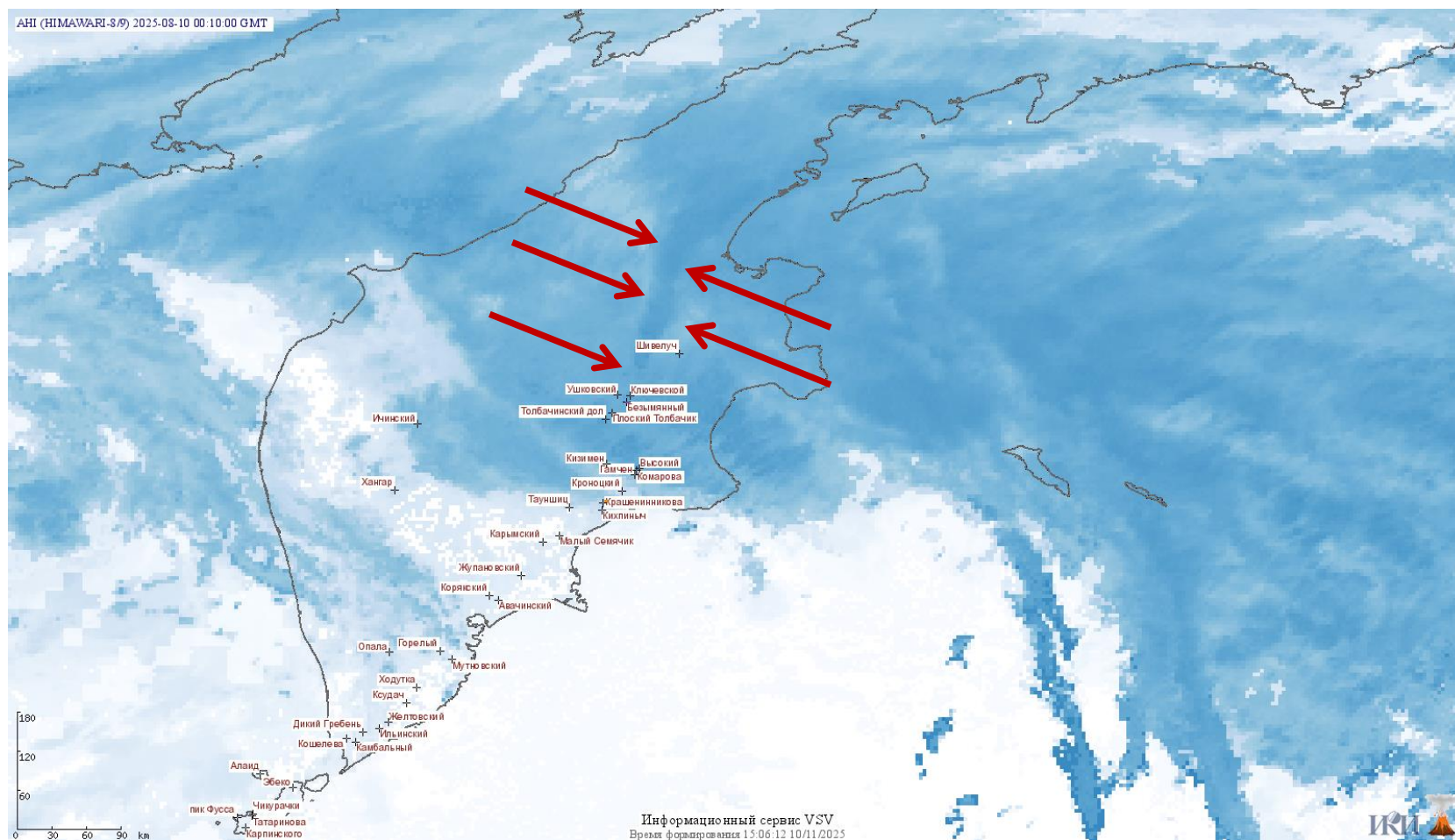
- Brightness temperatures и radiances в каналах 6.2, 7.3, 8.6, 11.2, 12.4 и 13.3 мкм.
- Вертикальные профили, полученные в результате моделирования переноса излучения с помощью модели RTTOV (*англ.* Radiative Transfer for TOVS)

Выходные данные:

- Высота верхней границы облачности



Продукт CLTH



Продукт CLTH в ИС «VolSatView». Извержение вулкана Ключевской 2025-08-10 00:10:00. красными стрелками показано пепловое облако на продукте CLTH.

Инструмент построения графиков в точке

Объект Легенда

с: 2025-08-12
по: 2025-08-12

▼ Объект
Точка (долгота 161.32853066313163 широта 56.602621225202746)

▼ Спутник прибор
АНГ

▼ Показатель
Верхняя граница облачности
Разница 11-12 мкм (BTD - пепел)
Разница 11-12 мкм (BTD - ч/б)
Канал 15 АНГ (12,4 мкм)
Канал 14 АНГ (11,2 мкм)
Канал 13 АНГ (10,4 мкм)
Канал 11 АНГ (8,6 мкм)

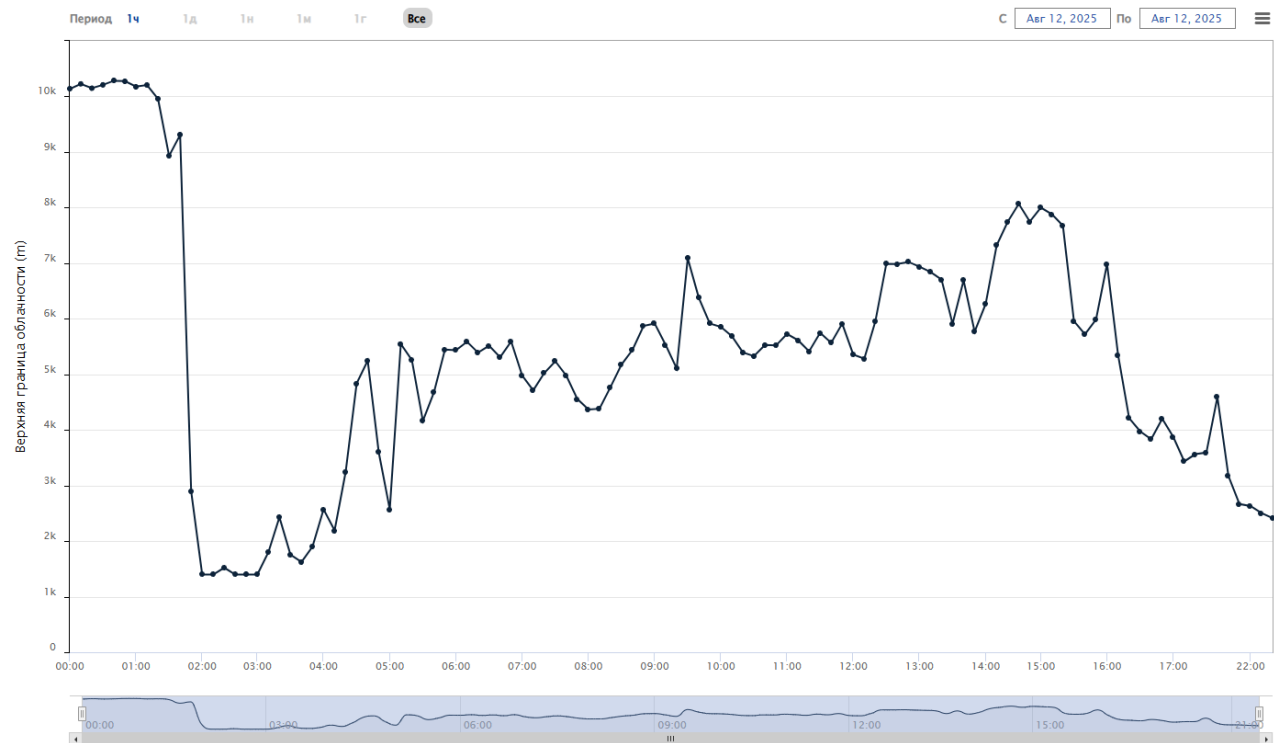
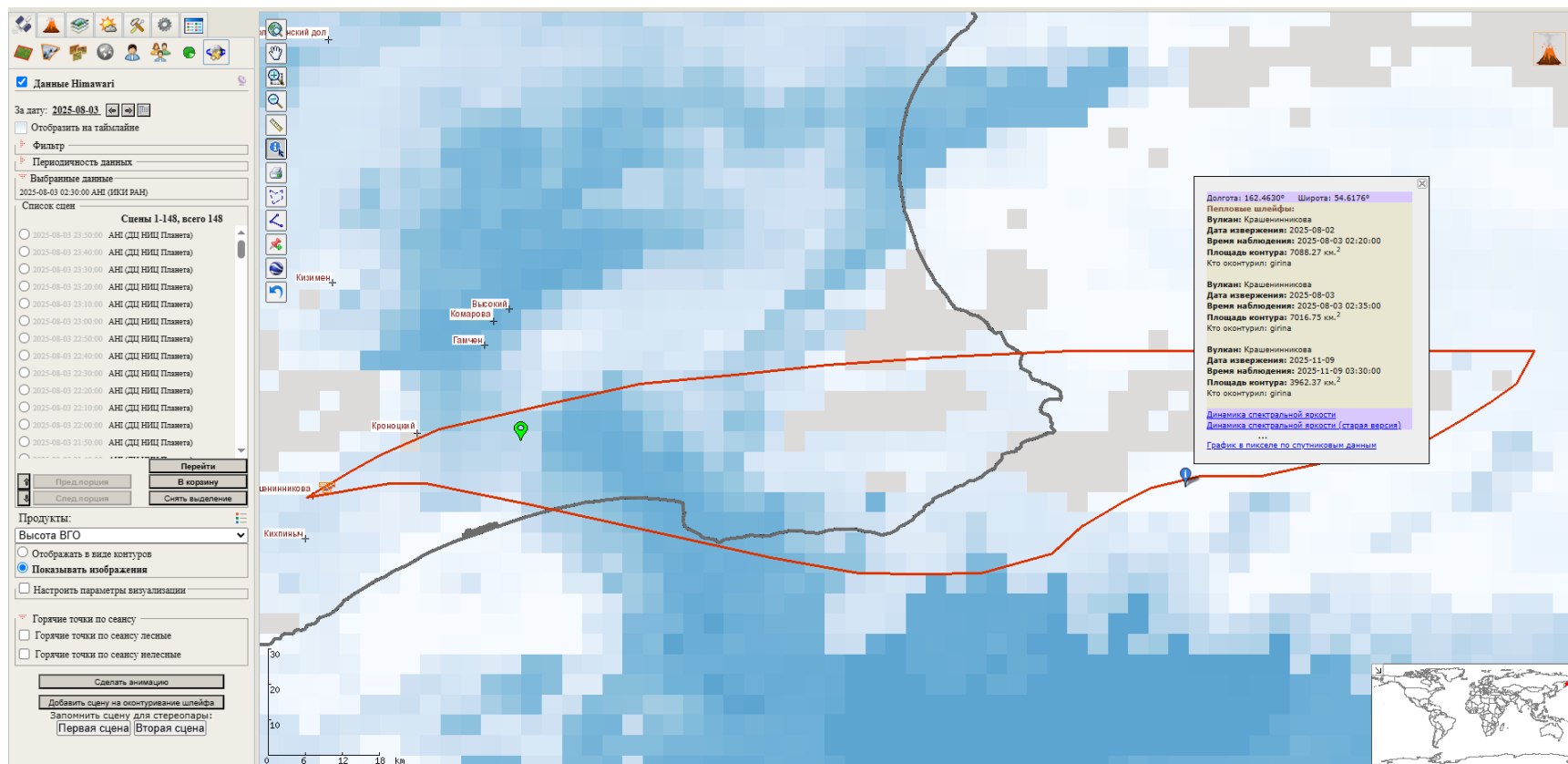


График высот в точке по продукту CLTH

Продукт CLTH и ИС VolSatView

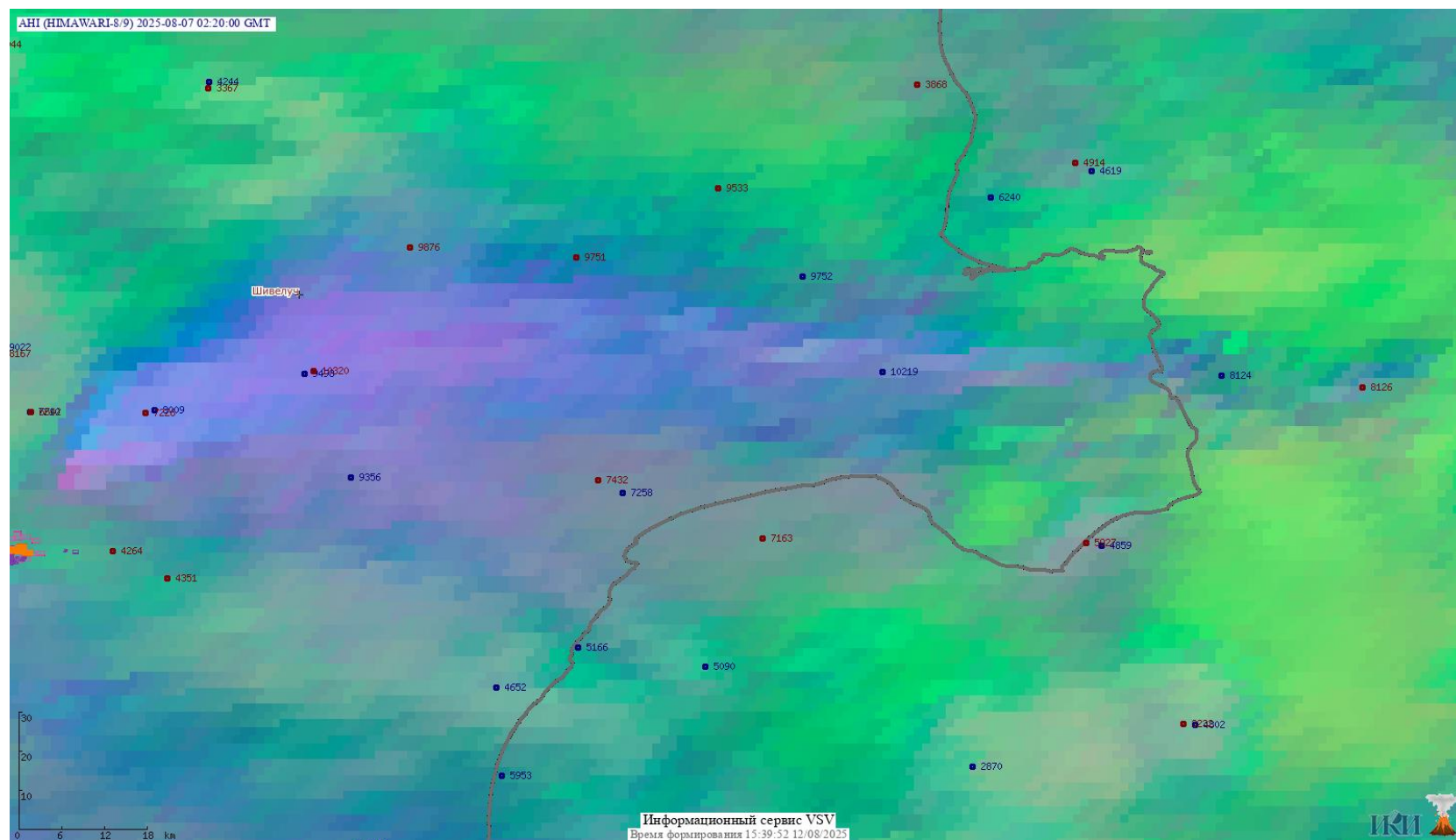


Информация о высоте пеплового шлейфа в точке, продукт CLTH по данным HIMAWARE. Извержение вулкана Крашенинникова 03 августа 2025 года 02:30:00 UTC. Высота 5605м.

Автоматизированный подход по оценке высоты шлейфа на основе метода «стереопары»

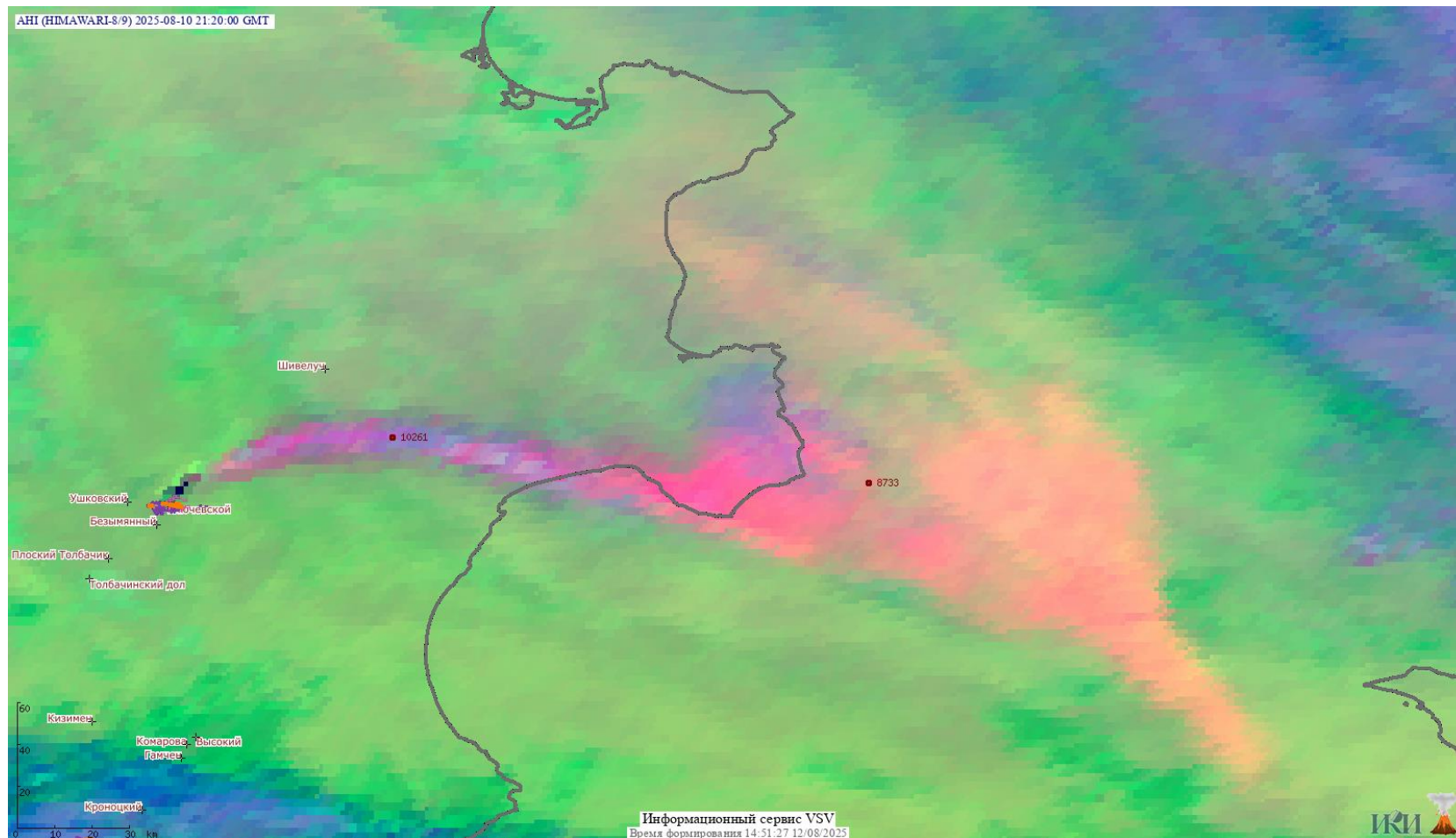
- Реализована технология полностью автоматического построения полей высот по данным КА «Арктика-М» и HIMAWARI.
- Используются алгоритмы компьютерного зрения (SIFT) для автоматического поиска точек.
- Зная схему сканирования используются данные, полученные в один момент времени.

Примеры полей высот по технологии автоматизированной оценки высоты ВГО на основе метода «стереопары»



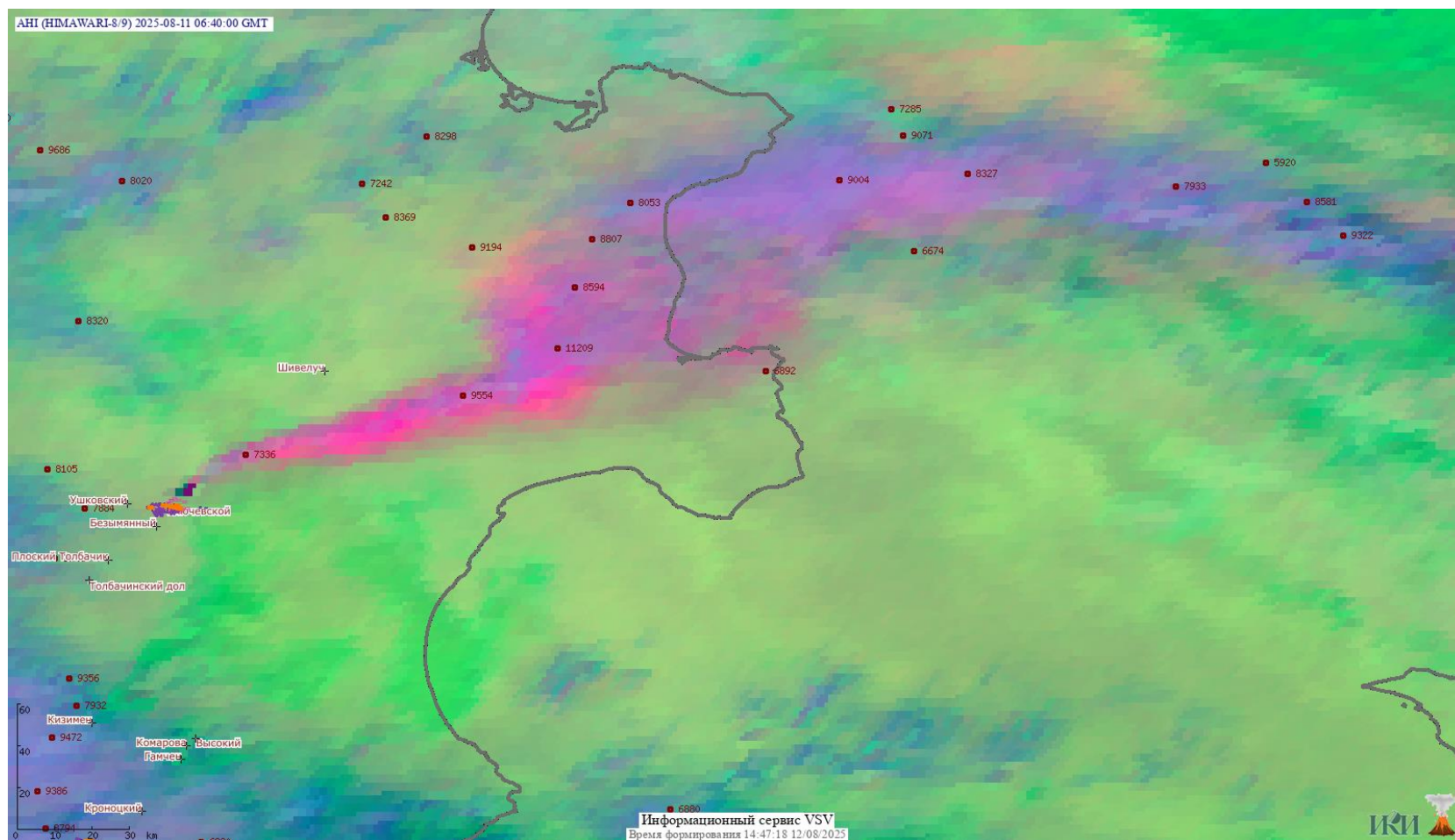
Поля высот по стереопаре «Арктика-М» - HIMAWARI в номинально одинаковое время (синяя точка) и в синхронизированное время съемки (красная точка). Изображение спутника HIMAWARI синтез «пепел цветной» за 2025-08-07 02:20. По данным KVERT высота пепла эту дату и время: 11000-11500м

Примеры полей высот по технологии автоматизированной оценки высоты ВГО на основе метода «стереопары»



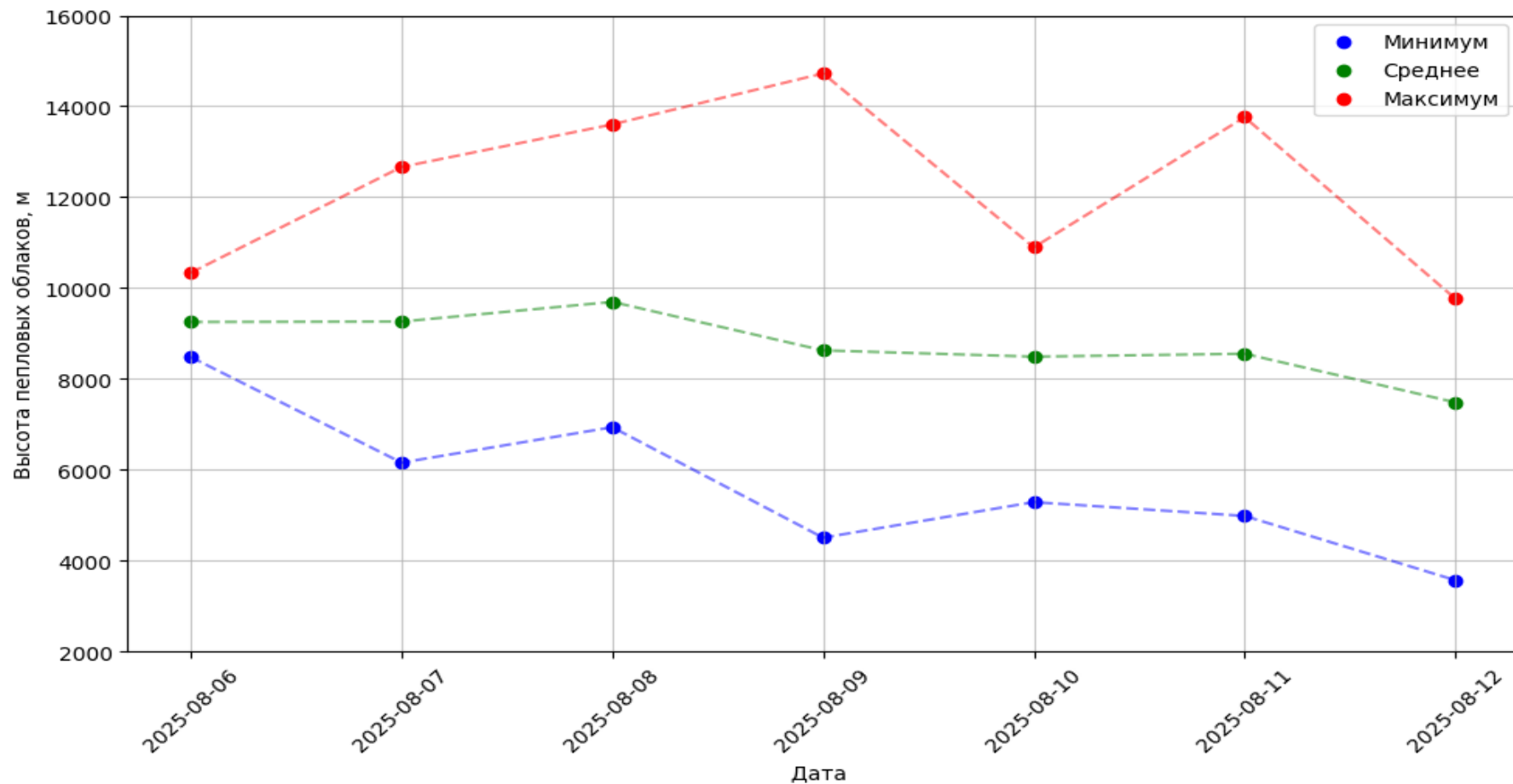
Поля высот по стереопаре «Арктика-М» - HIMAWARI в синхронизированное время съемки (красная точка).
Изображение спутника HIMAWARI синтез «пепел цветной» за 2025-08-10 21:20. По данным KVERT высота пепла эту дату и время: 8000-9000м

Примеры полей высот по технологии автоматизированной оценки высоты ВГО на основе метода «стереопары»



Поля высот по стереопаре «Арктика-М» - HIMAWARI в синхронизированное время съемки (красная точка).
Изображение спутника HIMAWARI синтез «пепел цветной» за 2025-08-11 06:40. По данным KVERT высота пепла эту
дату и время: 8000-9000м

Автоматизированный подход по оценке высоты шлейфа на основе метода «стереопары»

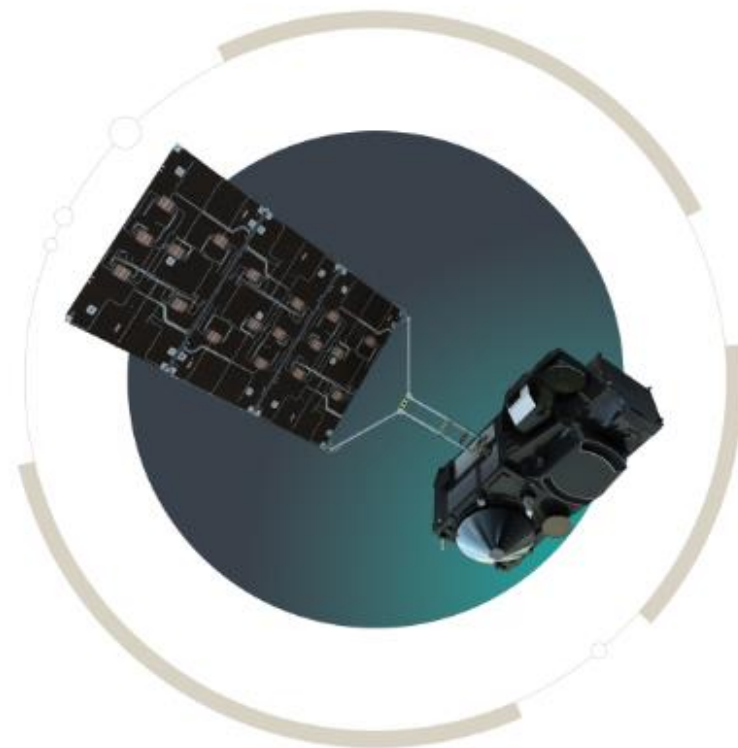


Посуточные значения высот детектированных пепловых шлейфов,
выброшенных вулканом Ключевской с 6 по 12 августа 2025 года

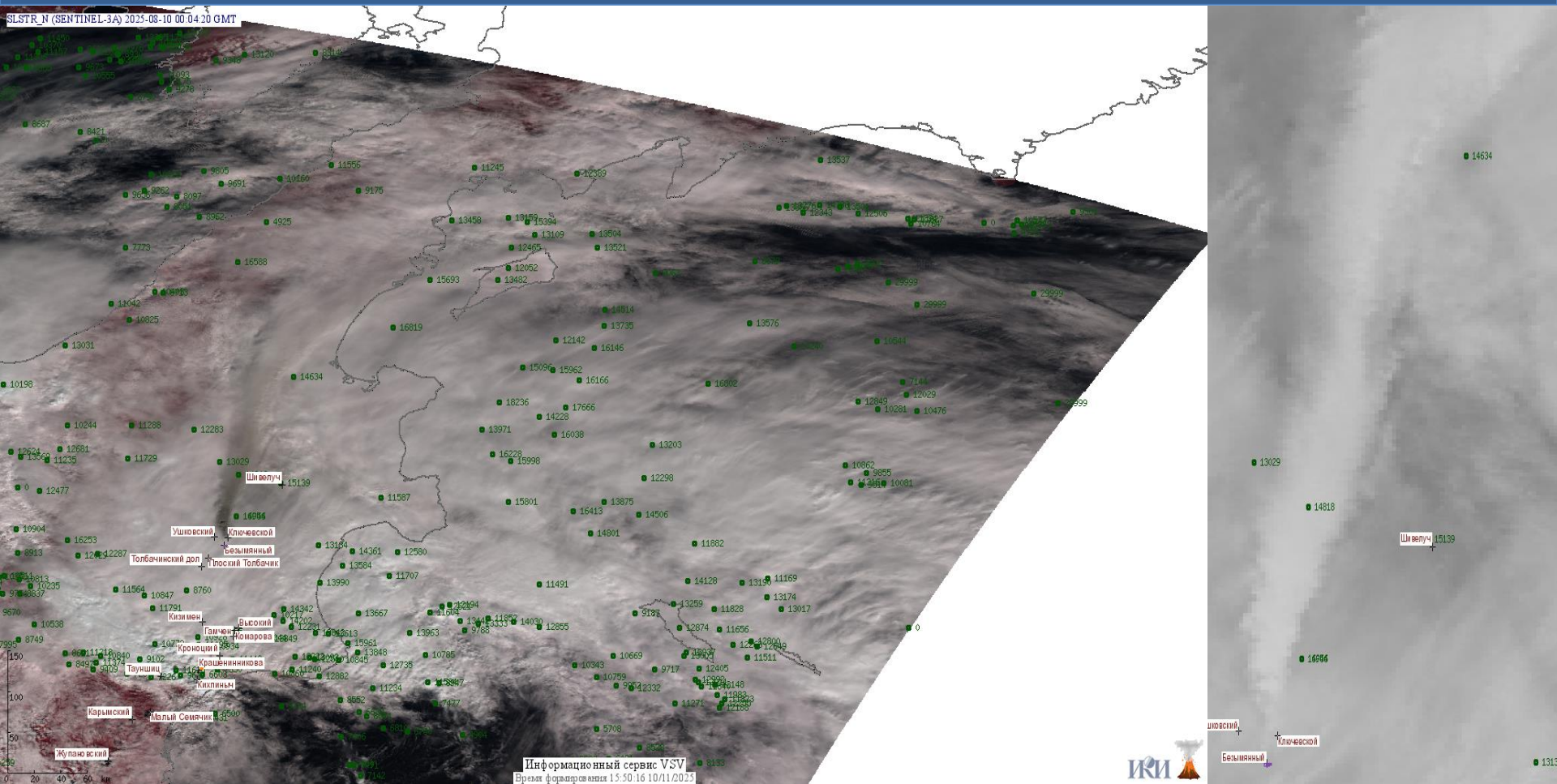
Прибор SLSTR на серии КА Sentinel-3

Инструмент SLSTR (Sea and Land Surface Temperature Radiometer) на спутнике Sentinel-3 работает в двух основных режимах наблюдения:

- Режим надирного просмотра (nadir), при котором прибор смотрит прямо вниз. В этом режиме обеспечивается пространственное разрешение около 1 км, что позволяет получать детальные данные о температуре поверхности и облачности.
- Режим наклонного (oblique) просмотра, при котором датчик направлен под углом к поверхности Земли. Этот режим служит для расширения охвата и увеличения площади наблюдения, обеспечивая наблюдение с различных углов.

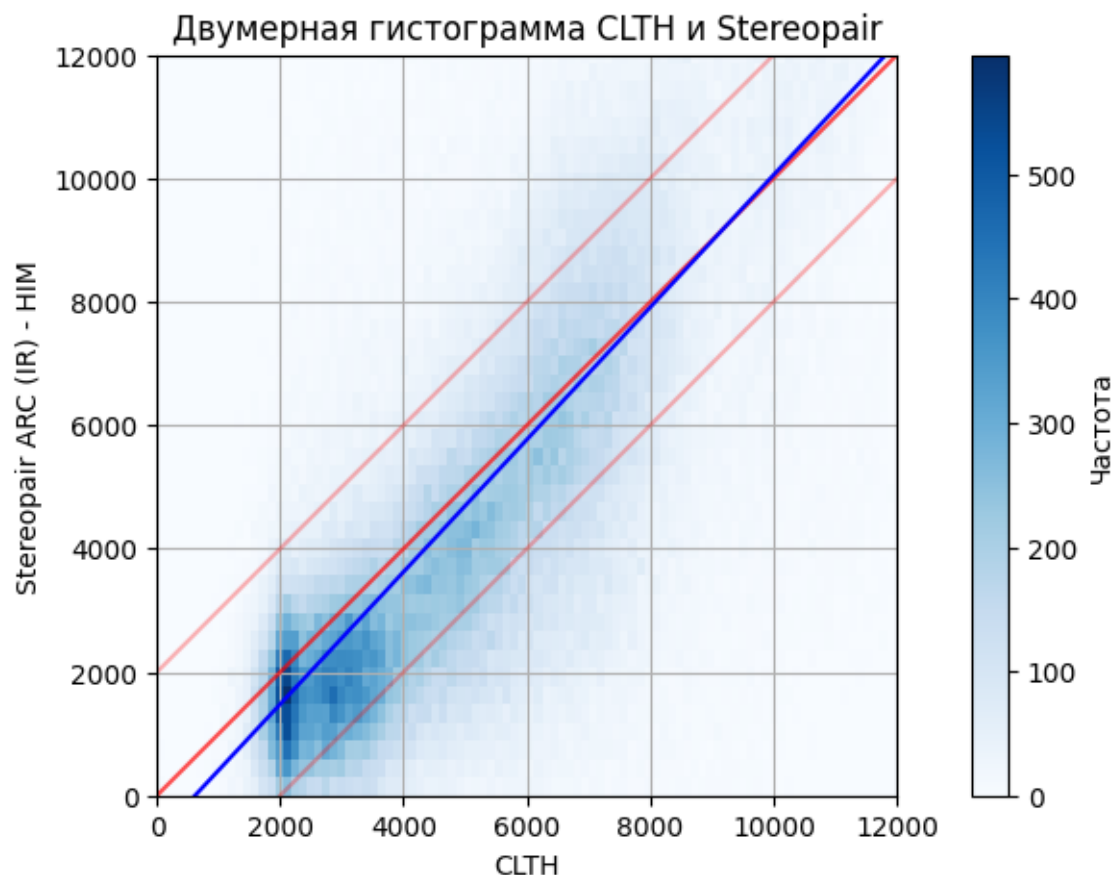


Поля высот по стереопаре Sentinel3-Sentinel3



Поля высот, полученные автоматическим методом оценки ВГО по данным спутника Sentinel-3A за 2025-08-10 00:04:20. Извержение вулкана Ключевской. Диапазон высот для пеплового облака 11-15км.

Сравнение полей высот по продукту CLTH и стереопары «Арктика-М» - HIMAWARI



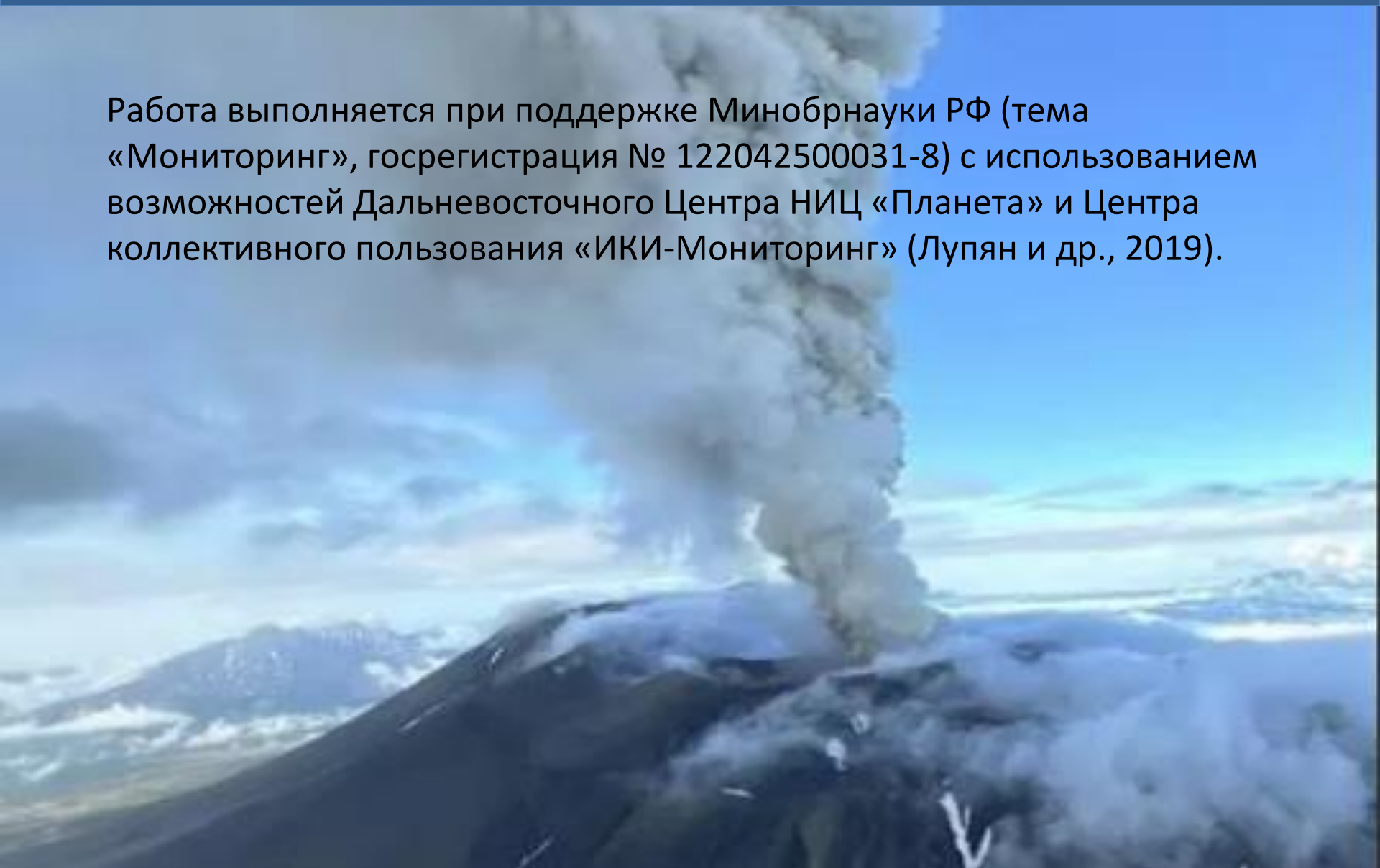
Двумерная гистограмма сопоставления «Арктика-Нимавари»-CLTH. Розовым показаны границы коридора ошибок, красным – линия $x=y$, синим – линия регрессии для отфильтрованной выборки

Заключение

- В информационной системе «VolSatView» уже сегодня реализовано множество методов по оценке высоты пеплового облака.
- Продолжают накапливаться архивы спутниковой информации, в том числе специализированные продукты для оценки высоты пепловых облаков.
- Автоматизация обработки данных: Специалистами разработана потоковая схема обработки данных, которая позволяет автоматически строить поля оценок высоты облачности.
- Реализованные технологии позволяют оперативно и регулярно восстанавливать поля высот ВГО.
- Адаптация метода для других геостационарных КА, в первую очередь – «Электро-Л».

Благодарность

Работа выполняется при поддержке Минобрнауки РФ (тема «Мониторинг», госрегистрация № 122042500031-8) с использованием возможностей Дальневосточного Центра НИЦ «Планета» и Центра коллективного пользования «ИКИ-Мониторинг» (Лупян и др., 2019).



Спасибо за внимание!

