

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СРЕДСТВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ И ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ МОНИТОРИНГА СОВРЕМЕННОГО ВУЛКАНИЗМА



В.Е. Шкарин
ФГУП «РНИИ КП»

Использование данных видимого диапазона

1. Мониторинг активных кратеров и вулканов, построение геолого-геоморфологических и структурных карт вулканов с использованием данных многозональной космической съемки высокого и среднего разрешения.
2. Наблюдения за динамикой морфологии кратеров вулканов с количественной оценкой объемов, получение эталонных цифровых моделей вулканов с использованием фотограмметрических методов обработки данных аэрофотосъемки и космической съемки высокого разрешения.
3. Мониторинг газопепловых выбросов в атмосферу с использованием данных космической съемки низкого разрешения.

Мониторинг газопепловых выбросов в атмосферу



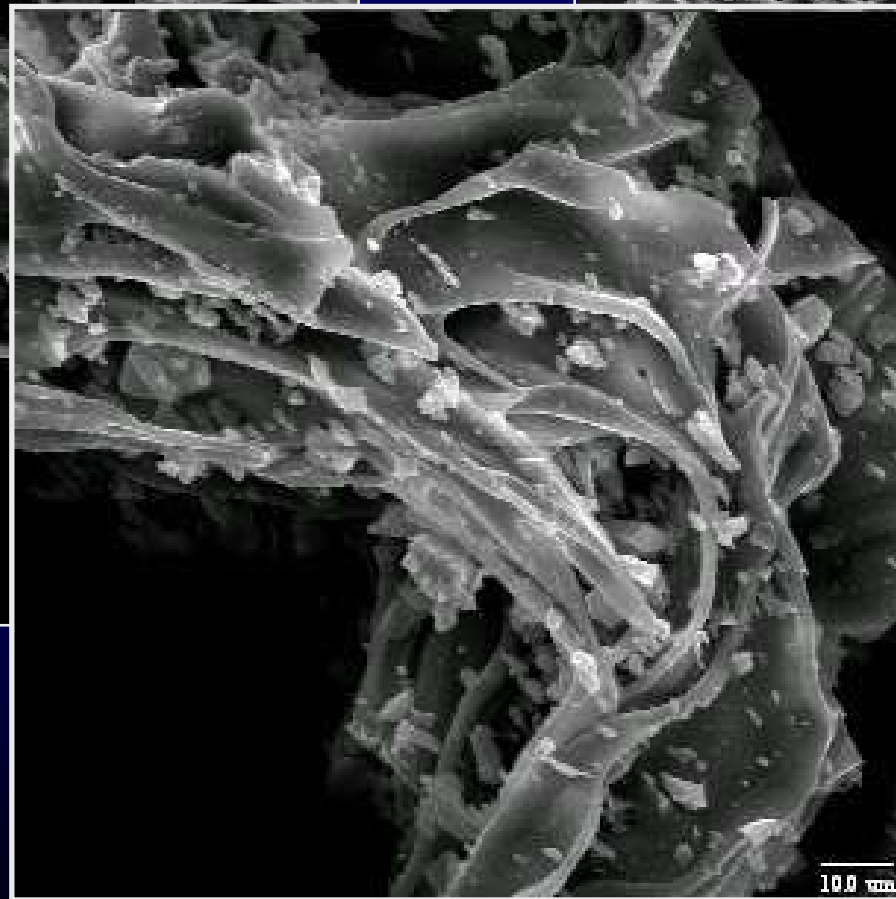
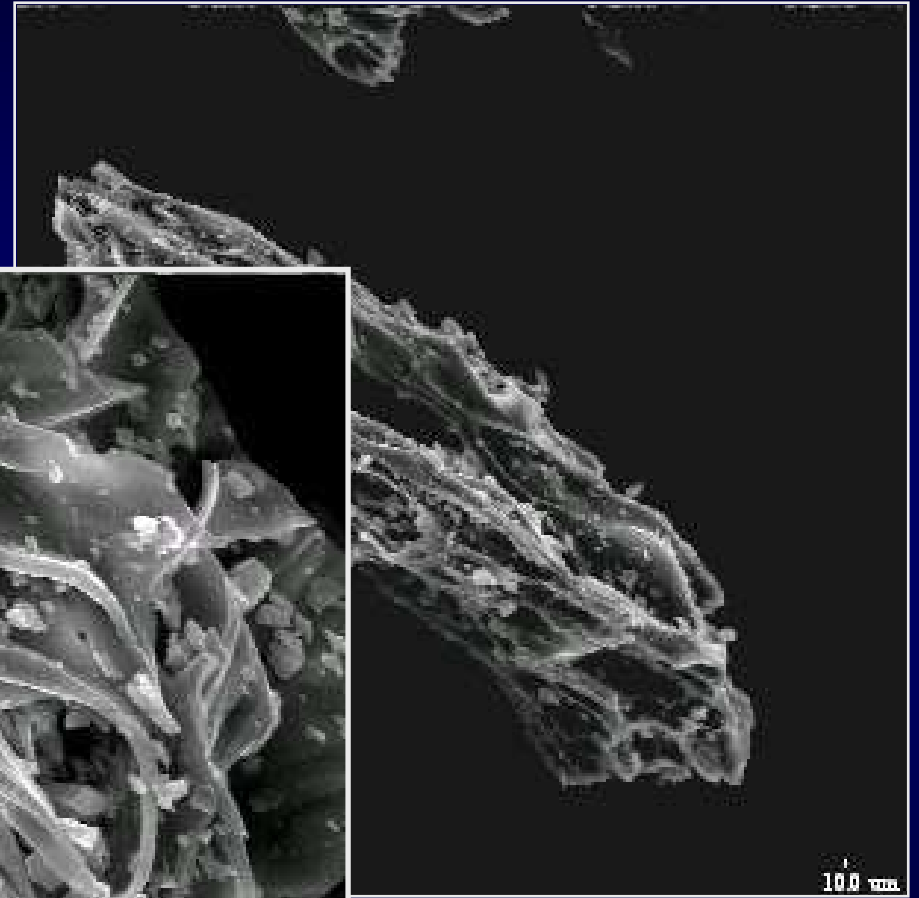
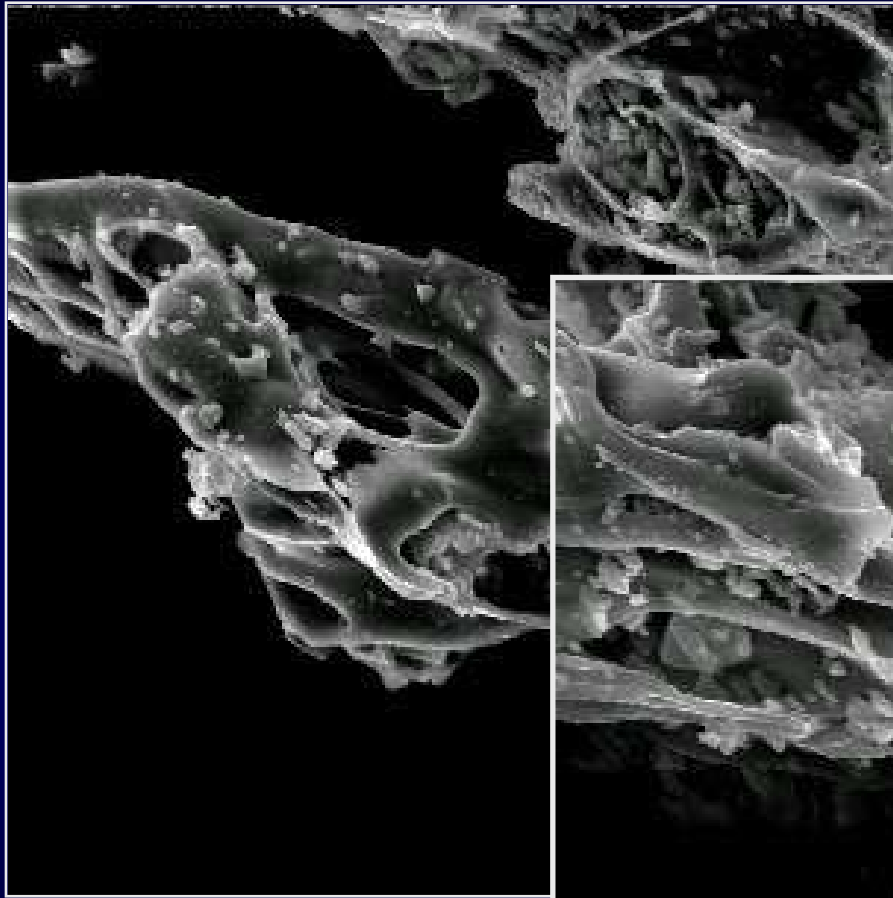
вулкан Безымянный



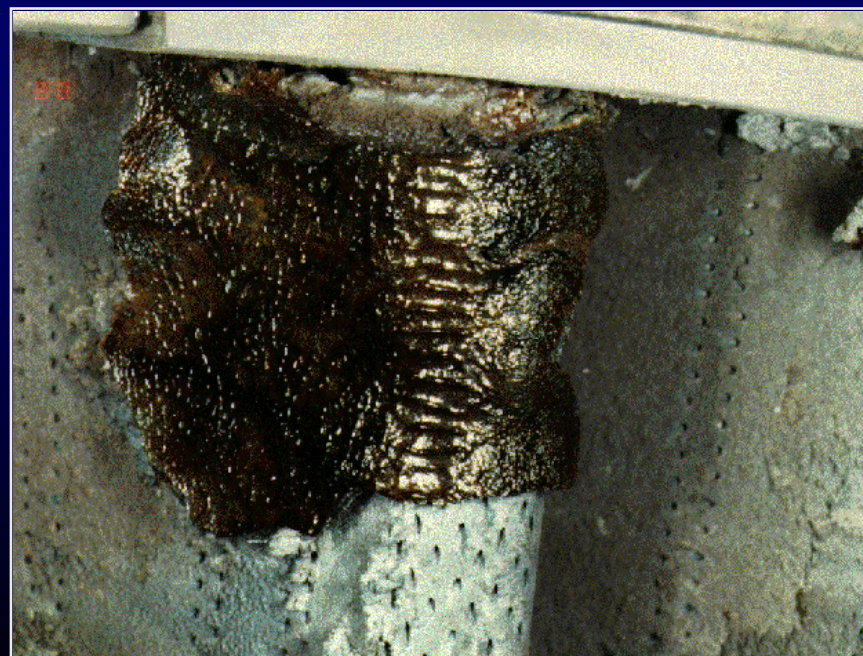
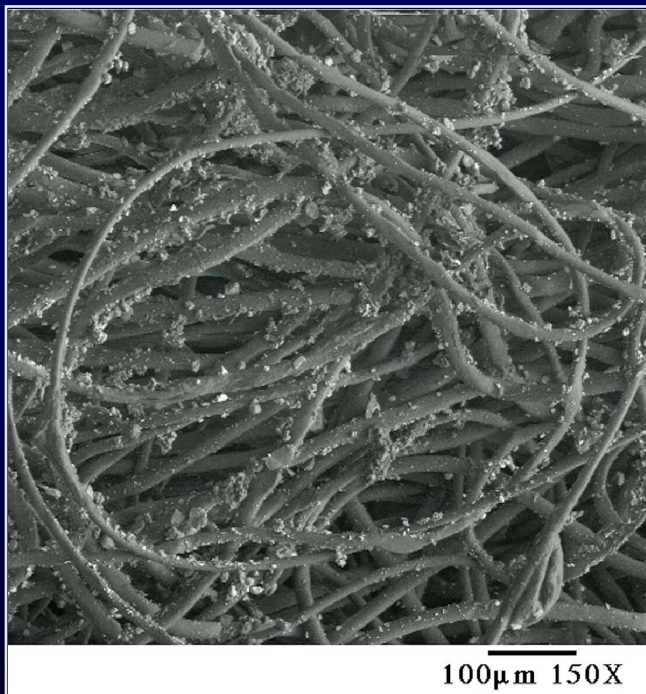
ержение



МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ФОРМЫ АЭРОЗОЛЕЙ ВУЛКАНИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ



**Результат попадания
самолета Боинг 737 в
шлейф пеплового облака
вулкана Пинатубо.**

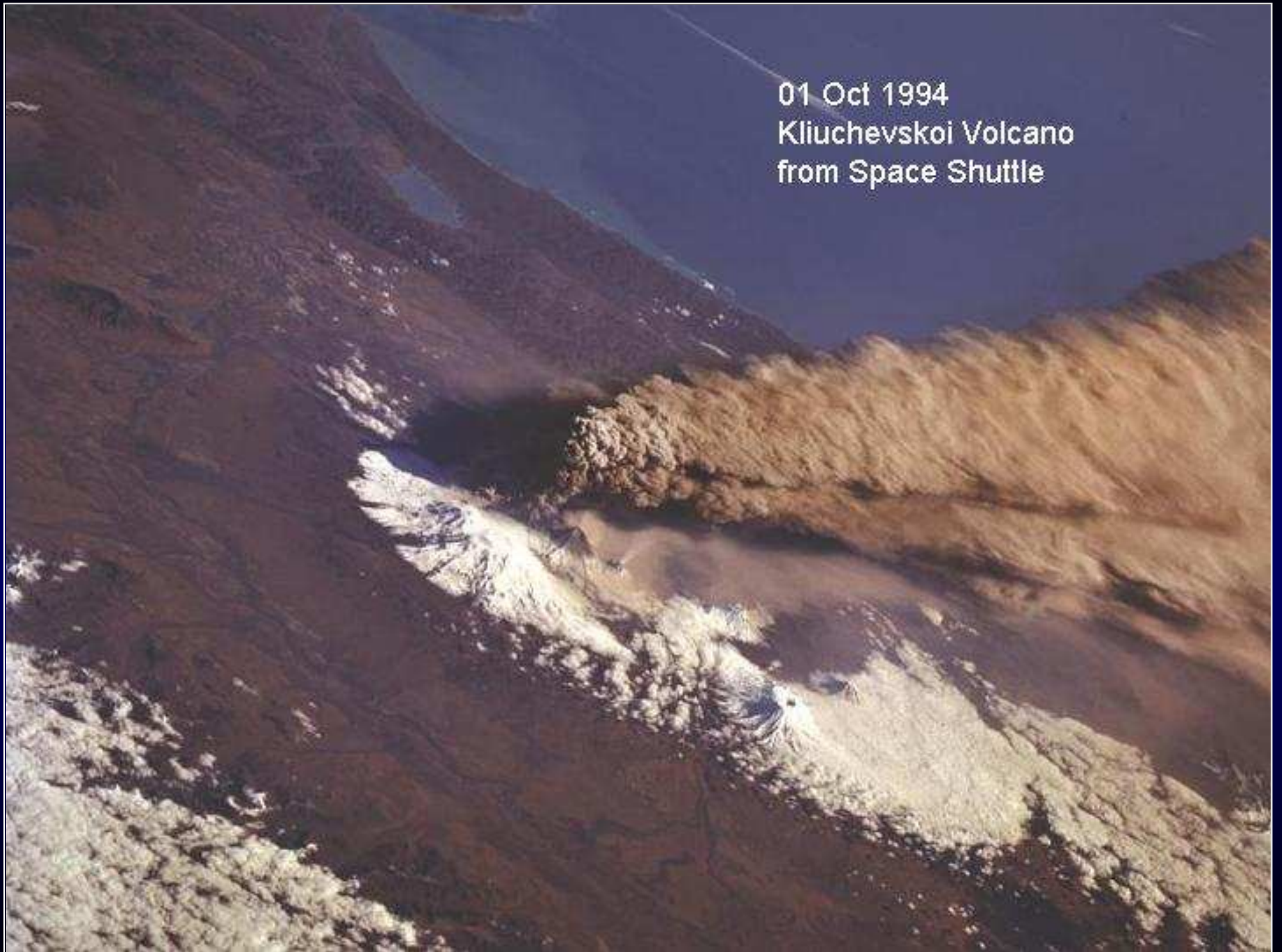


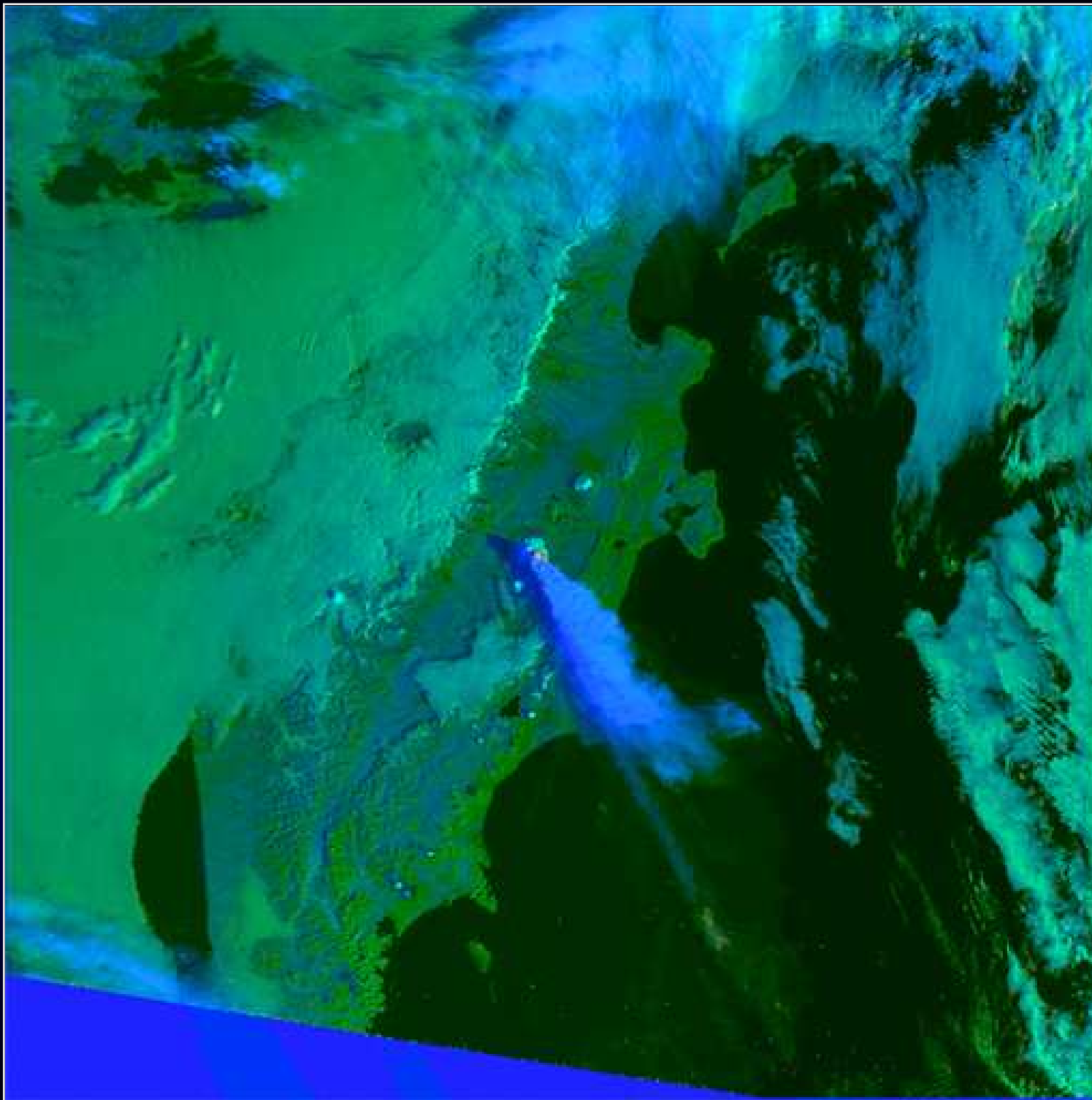
Melted ash on turbine blade

Космический снимок в оптическом диапазоне (Shuttle)

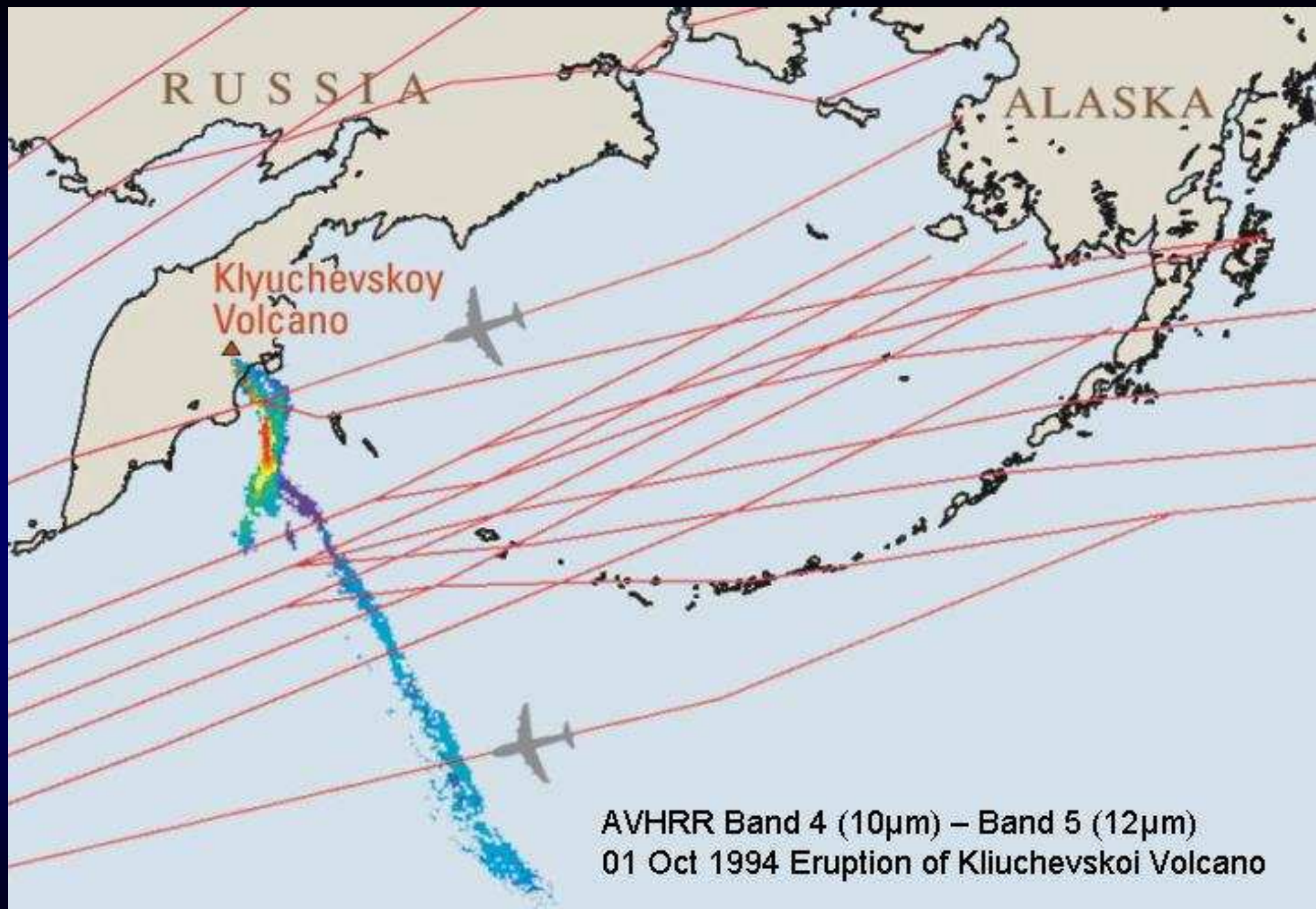


01 Oct 1994
Kliuchevskoi Volcano
from Space Shuttle

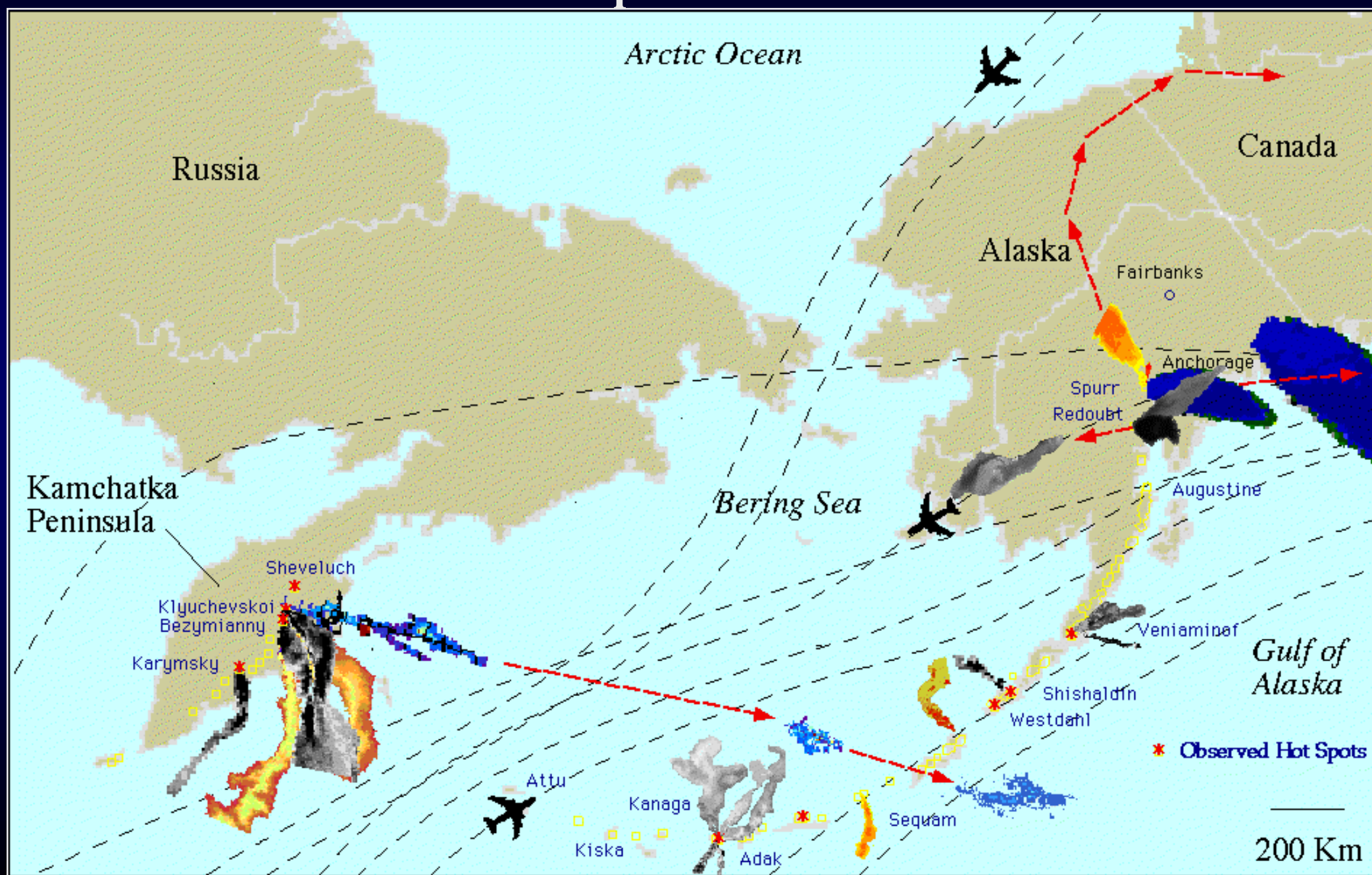




**Космический
снимок
AVHRR (NOAA)
пеплового
шлейфа от
извержения
Ключевскова
вулкана
1.10.1994 г.**



Возможный сценарий распространения пепловых облаков от извержений вулканов в северной части Тихоокеанского региона.

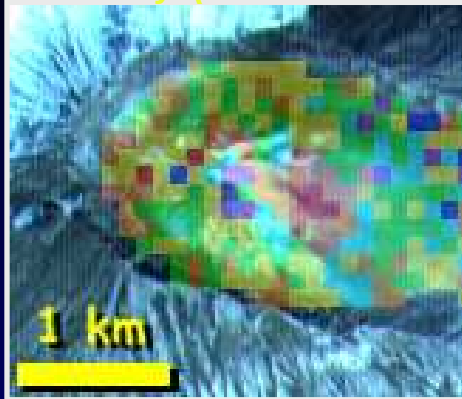


Использование данных ИК диапазона

1. Индикация геотермических аномалий, оценка теплового состояния вулкана, выявление предвестников извержений
2. Индикация вулканических процессов (слежение за вулканическими облаками)
3. Оценка масштабов извержений
4. Изучение морфологических, литологических, петрохимических и возрастных особенностей вулканогенных отложений.

МОНИТОРИНГ ВУЛКАНА БЕЗЫМЯННОГО

Vesicularity (blue=0% to red=75%)



ASTER

Temperature



SWTIR



ASTER



AVHRR





Mauna Loa eruption, April 1984



Псевдоцветное изображение лавовых потоков вулкана Мауна-Лоа (TIMS)

Основной эффект применения TIMS для исследования вулканов достигается за счет различия физических свойств поверхности лавовых потоков при почти одинаковом петрографическом и химическом составе.

Метод успешно используется главным образом в регионах, где отсутствует растительный покров и пирокластический чехол рыхлых отложений. Там же, где вулканогенные породы хотя бы частично перекрыты, необходимо использование других типов данных (оптических, радиолокационных).

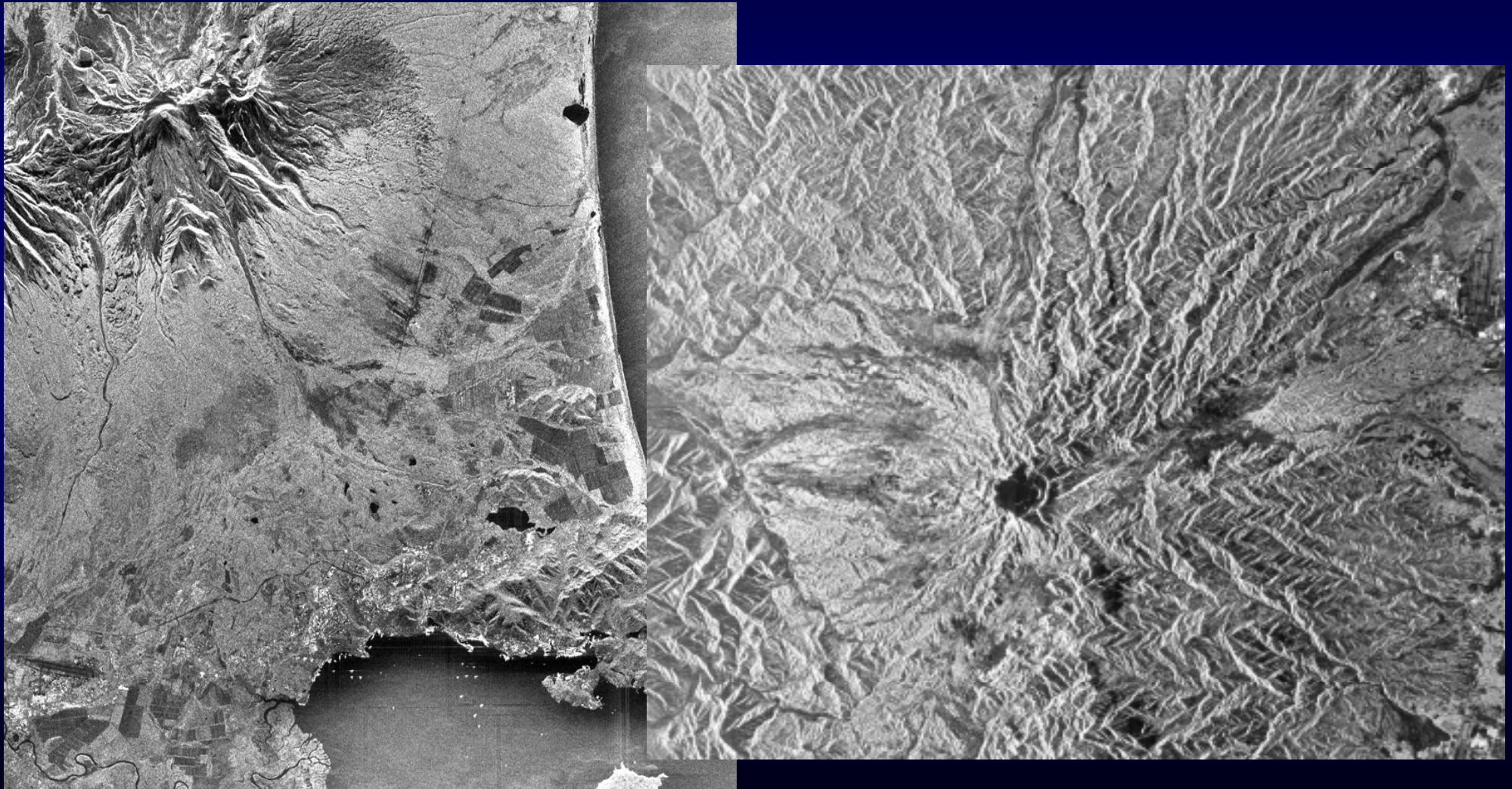
Преимущества средств ДЗЗ оптического и ИК диапазонов:

- Высокое разрешение;
- Многозональность;
- Возможность получения стереоизображений;
- Обзорность (возможность мониторинга газопепловых выбросов в атмосферу).

Недостатки:

- Влияние метеорологических условий и условий освещенности

Мониторинг вулканических процессов с помощью радиолокационной космической съемки



ALMAZ-1 SAR image

Основные преимущества радиолокационных данных

- Всепогодность и круглосуточность (независимость от наличия облачности и условий освещения);
- Высокая чувствительность к шероховатости поверхности;
- Возможность контроля изменений земной поверхности с помощью интерферометрии.

Всепогодность и независимость от условий освещенности радиолокационной информации чрезвычайно важна для районов современного вулканизма, расположенных в высоких широтах, таких, как Камчатка. Сочетание сложных метеоусловий, плохих условий освещенности в зимний период и выбросов вулканических извержений резко ограничивают период съемок таких районов в оптическом диапазоне. Радиолокационная съемка может проводиться непрерывно, что является ключевым требованием при мониторинге динамических процессов.

Особенности дешифрирования материалов радиолокационных съемок

Возможность получения изображений при разной поляризации радиосигнала, позволяющих учитывать при анализе материалов ориентировку геологических объектов относительно вектора поляризации радиоволн. Дешифрирование РЛИ двух компонентов отраженного радиосигнала - основного и перекрестного - позволяет в ряде случаев получить дополнительную геологическую информацию.

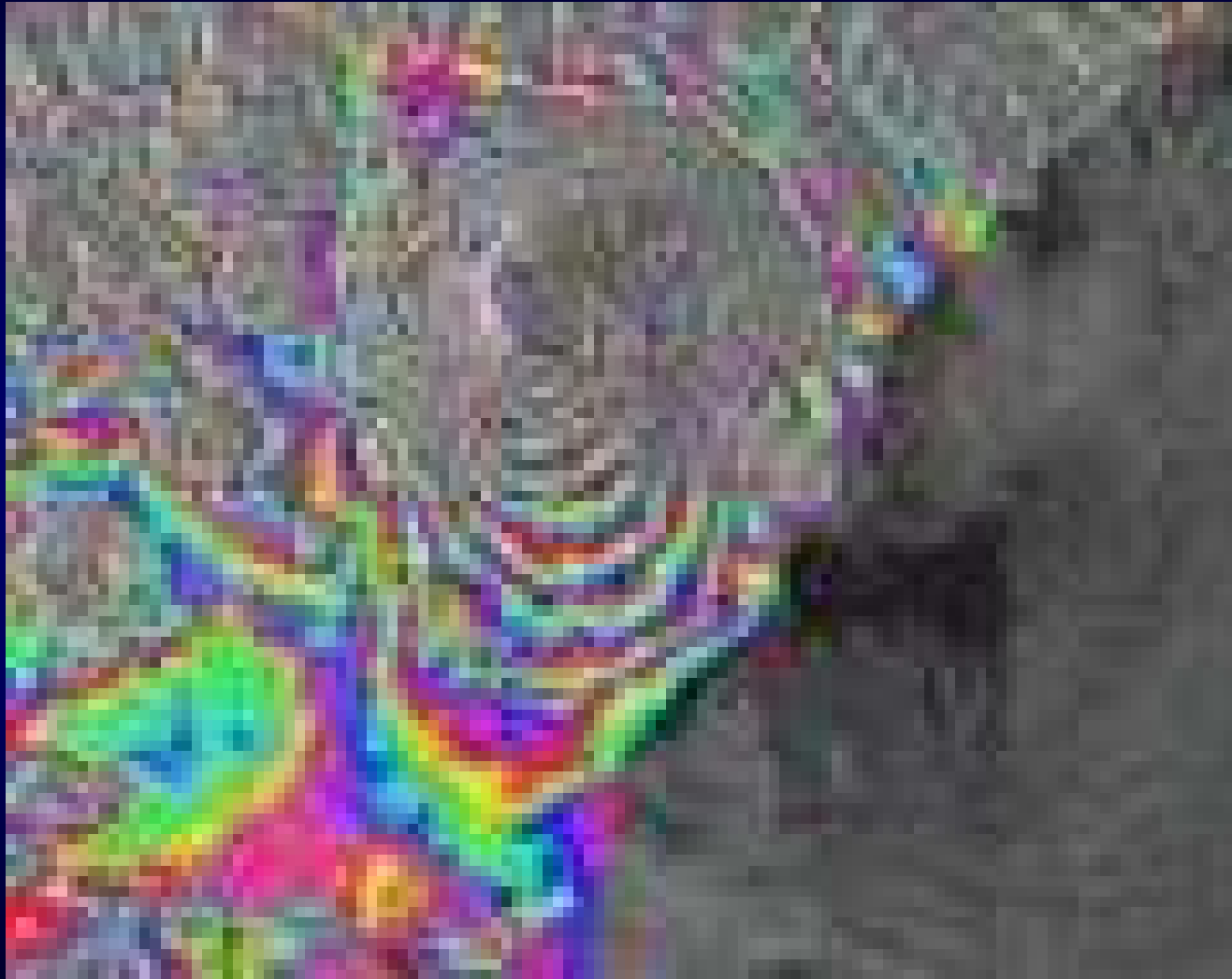
Радиолокационный сигнал различных горных пород изменяется с изменением длины волны. При прочих равных условиях интенсивность сигнала существенно зависит от размера частиц отражающей среды. Наиболее интенсивно" отражают поверхности, неровности которых соизмеримы с длиной волны.

Особенности отражения от земной поверхности радиоволн различных диапазонов



Рис.2.7

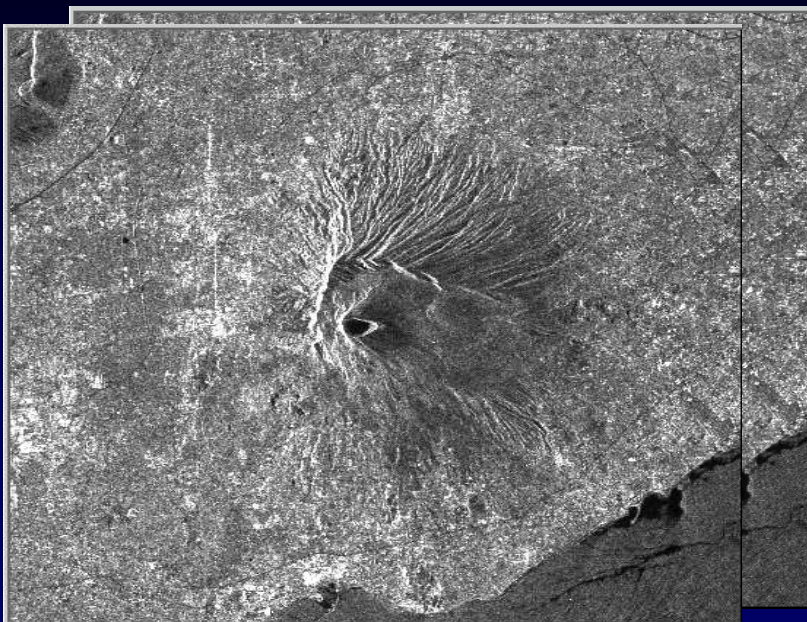
МЕТОД КОСМИЧЕСКОЙ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ ИНТЕРФЕРОМЕТРИИ



Результат интерферометрии по данным PCA ERS.

Район вулкана Этна.

ПОЛУЧЕНИЕ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА (ЦМР) ВУЛКАНА ВЕЗУВИЙ ИНТЕРФЕРОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ



Пара исходных радиолокационных изображений
(ERS-1,-2)



Интерферограмма



ЦМР в яркостном виде



ЦМР в перспективе

Выводы

1. Для оперативного мониторинга областей современного вулканизма необходимо комплексирование средств ДЗЗ оптического, ИК и радиолокационного диапазонов и их анализ совместно с данными геолого-геофизических исследований.

2. Требуется проведение дальнейших исследований по следующим направлениям:

- определение оптимальных параметров радиолокационной космической съемки для исследования областей современного вулканизма;**
- развитие методов компьютерной обработки данных ДЗЗ.**

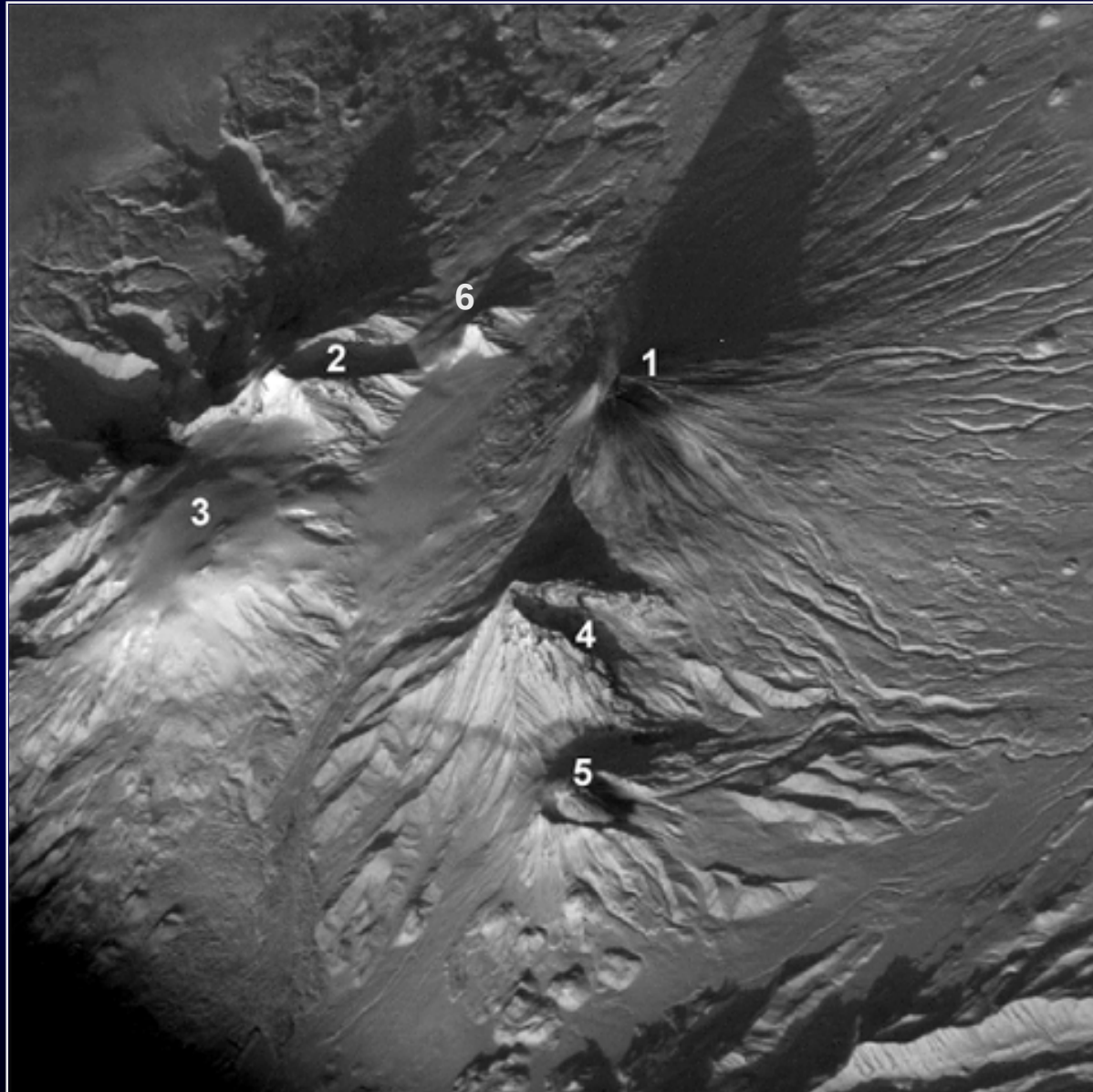
Использование ДДЗ для исследования современного вулканизма Ключевской группы вулканов



Выбор района исследований

1. Ключевская группа вулканов - один из крупнейших вулканических центров мира, в котором извергается больше половины продуктов всех вулканов Камчатки и Курильских островов.
2. В эту группу входят несколько активных действующих вулканов.
3. Ключевской вулкан изучен намного лучше других действующих вулканов в Курило-Камчатском вулканическом поясе.
4. Наличие большого количества разнообразных данных, как геологических, геохимических , геофизических, так и данных ДЗЗ.

Ключевская группа вулканов



Снимок SPOT

1-Ключевской;
2-Крестовский
3-Ушковский;
4-Камень;
5-Безымянный;
6-Средний

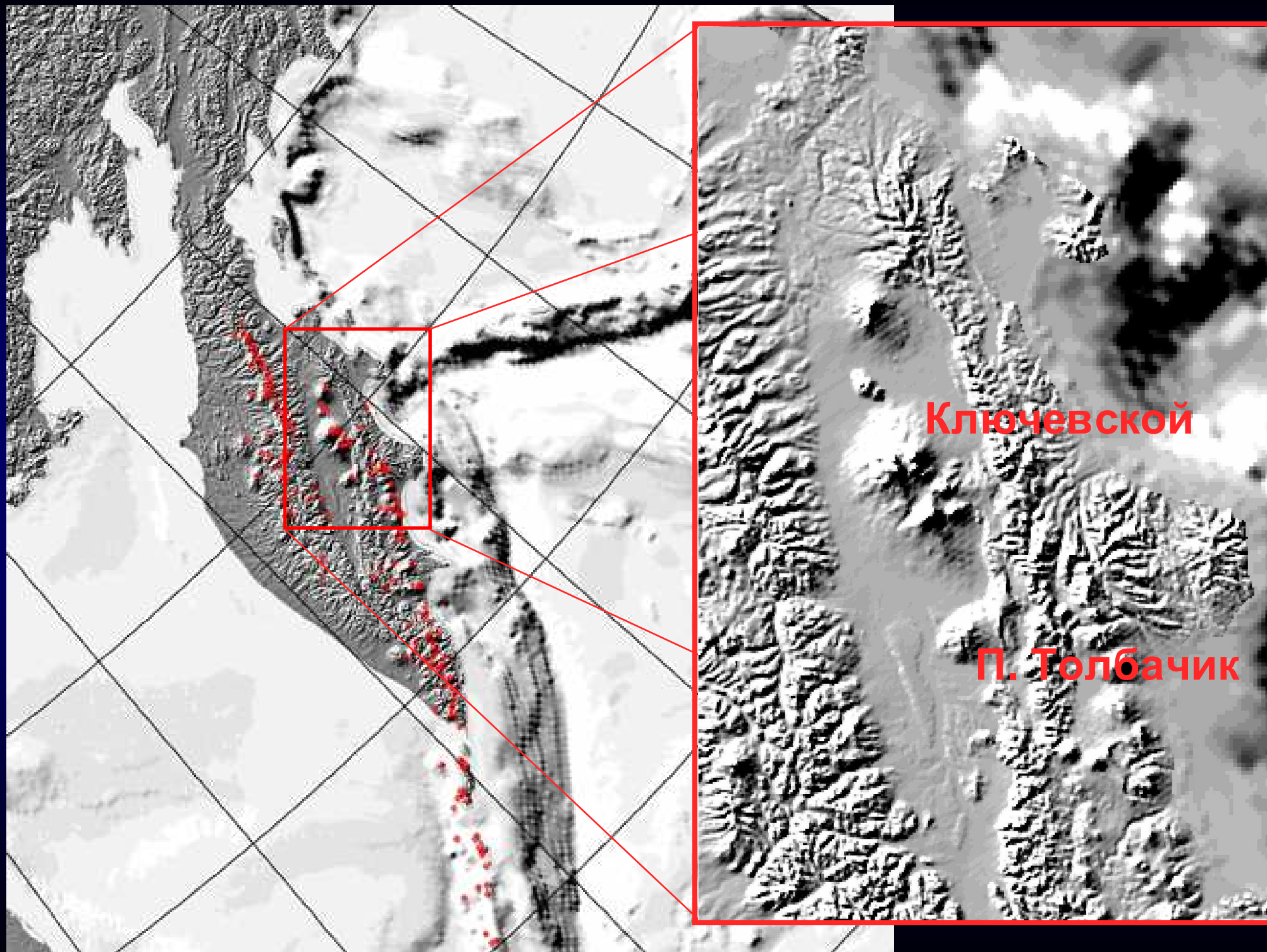
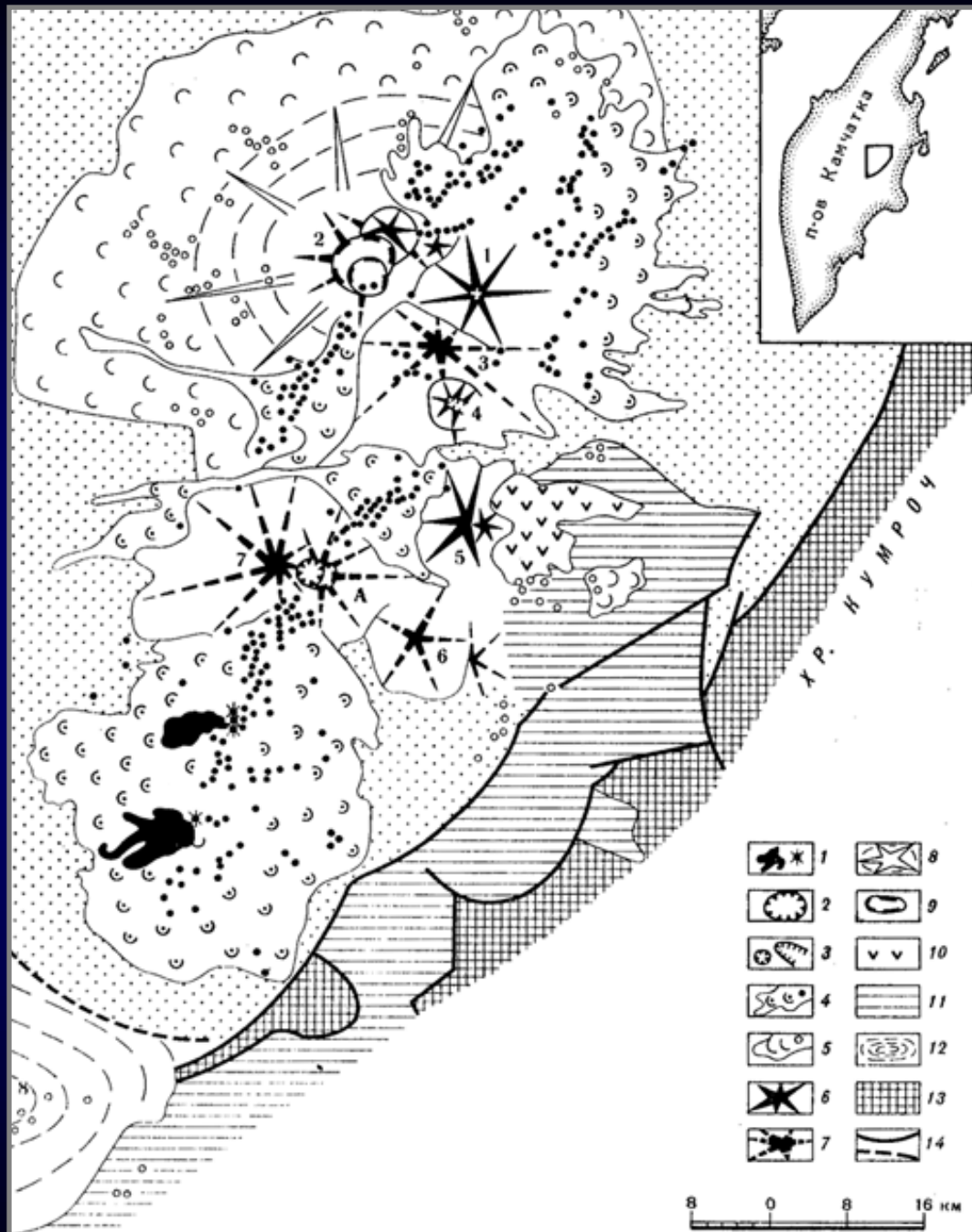
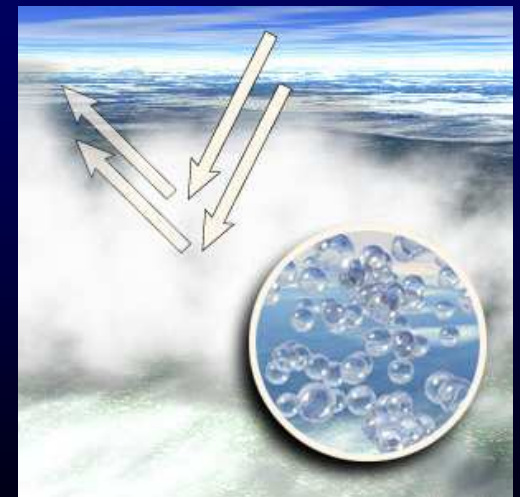
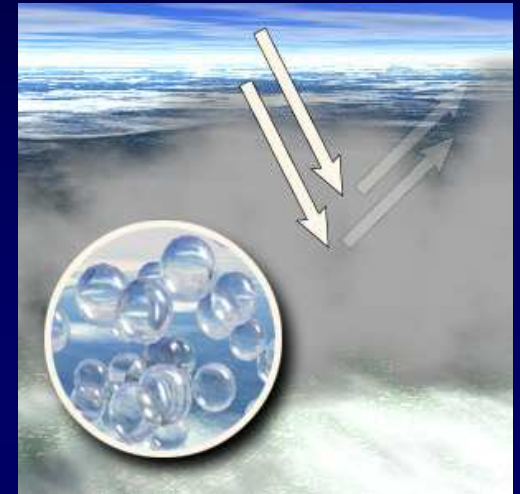


СХЕМА ВУЛКАНОВ КЛЮЧЕВСКОЙ ГРУППЫ.



Фреатический взрыв на Ключевском вулкане 1 октября 1994 г.



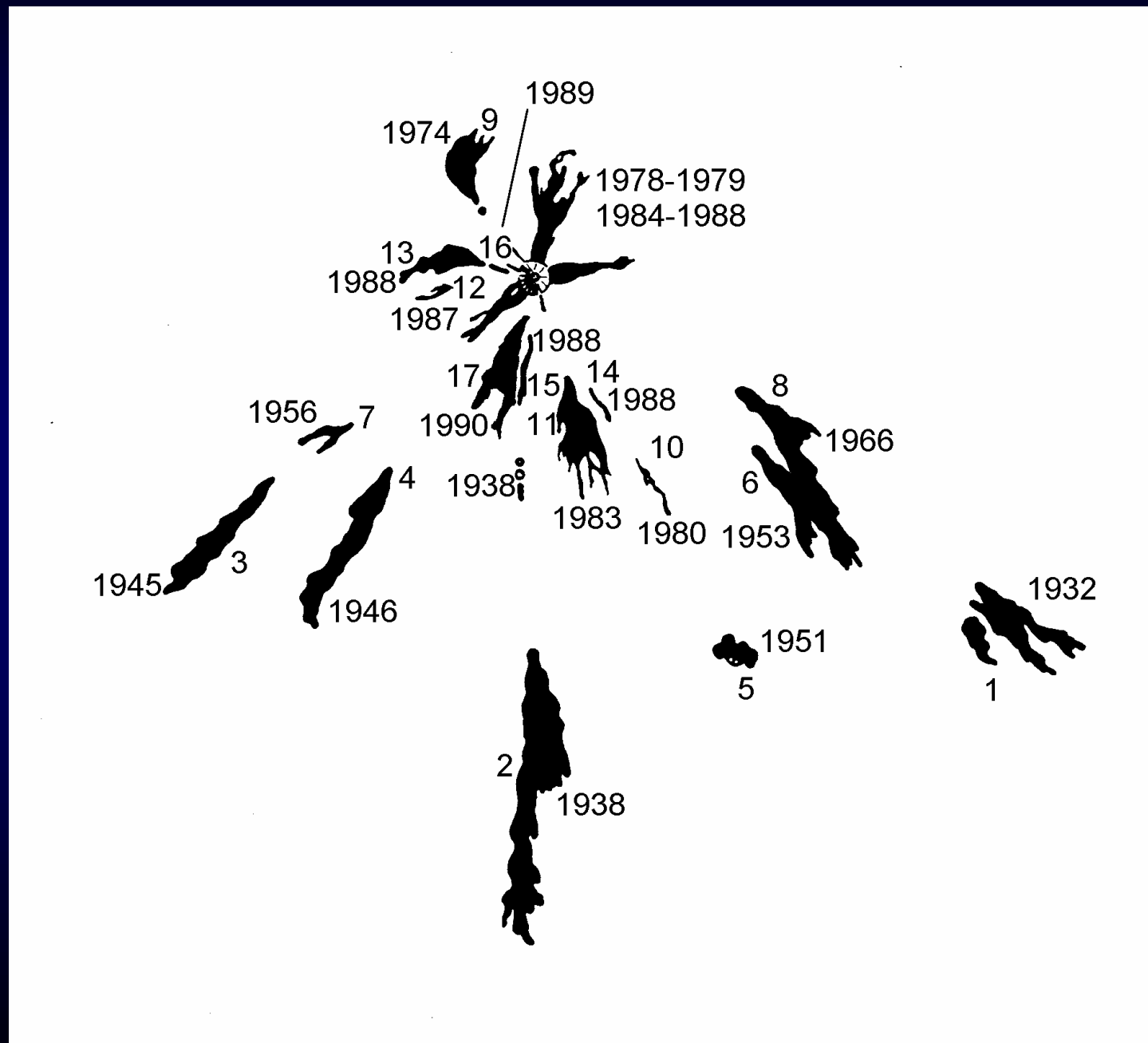
Эксплозивно-эффузивное извержение вершинного кратера 1984 г.



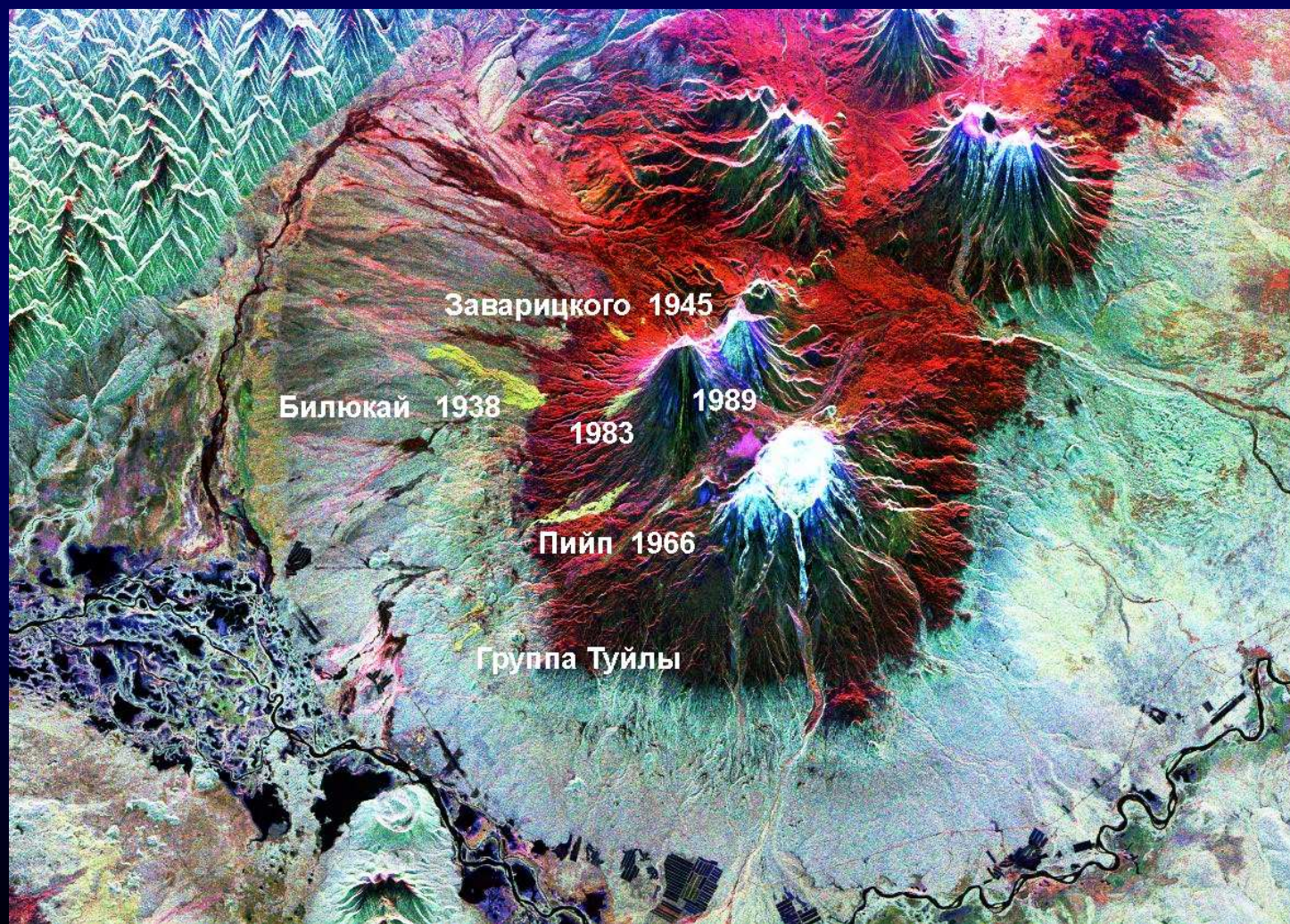
Фреатический взрыв на лавовом потоке во время извержения 1985 г.



Схема исторических извержений Ключевского вулкана с 1932 по 1990 гг.



Влияние параметров радиолокационной космической съемки на степень дешифрируемости лавовых образований



Данные PCA SIR-C/X-SAR

PCA SIR-C/X-SAR является трехчастотным PCA, установленным на платформе “Шаттл”. Были проведены два успешных полета в апреле и октябре 1994 г., каждый продолжительностью 10 дней.

Достоинства PCA SIR-C/X-SAR

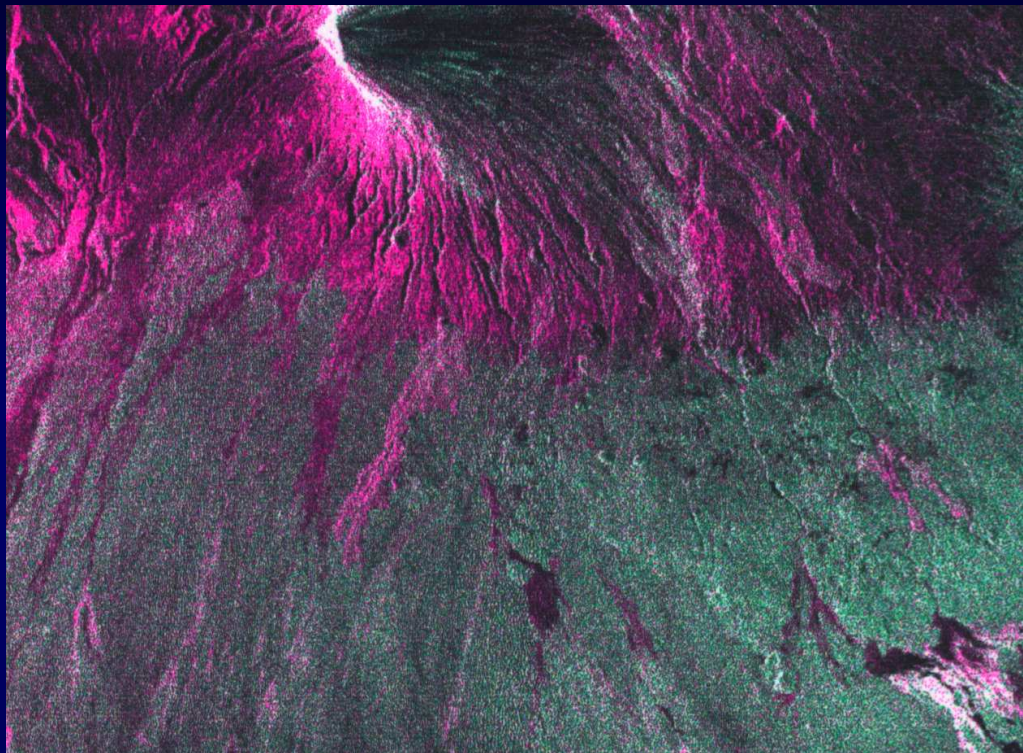
- Три частотных диапазона: L (23 см), C (5,6 см) и X (3,1 см);
- Возможность получения режимов поляризации HH, HV, VH и VV;
- Гибкость в управлении диаграммой направленности антенны и варьирование углов падения в широком диапазоне;
- Возможность получать изображения в различных режимах.

В последние три дня полета Space Shuttle большинство съемок пришлось на вулканы Камчатки.

На основе изображений SIR-C восточного склона
Ключевского вулкана, полученных в разных режимах
съемки, было проанализировано влияние следующих
параметров:

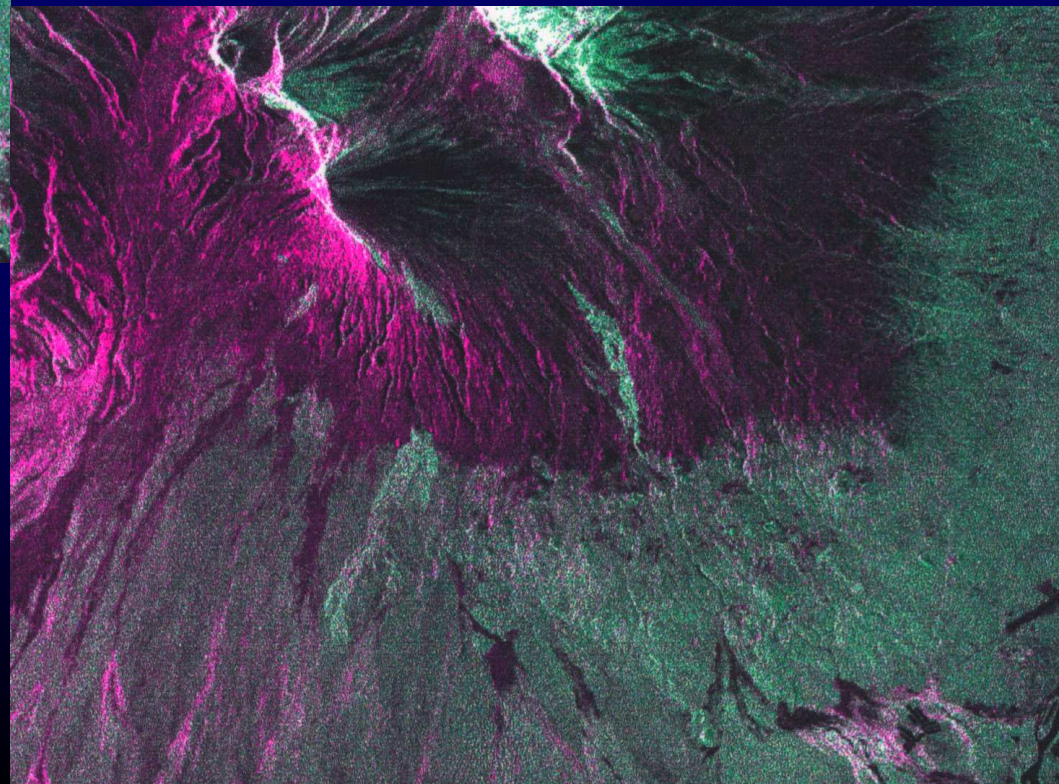
1. Рабочий диапазон длины волны – С и L.
2. Режим поляризации.
3. Направление визирования.

Диапазоны – С и L

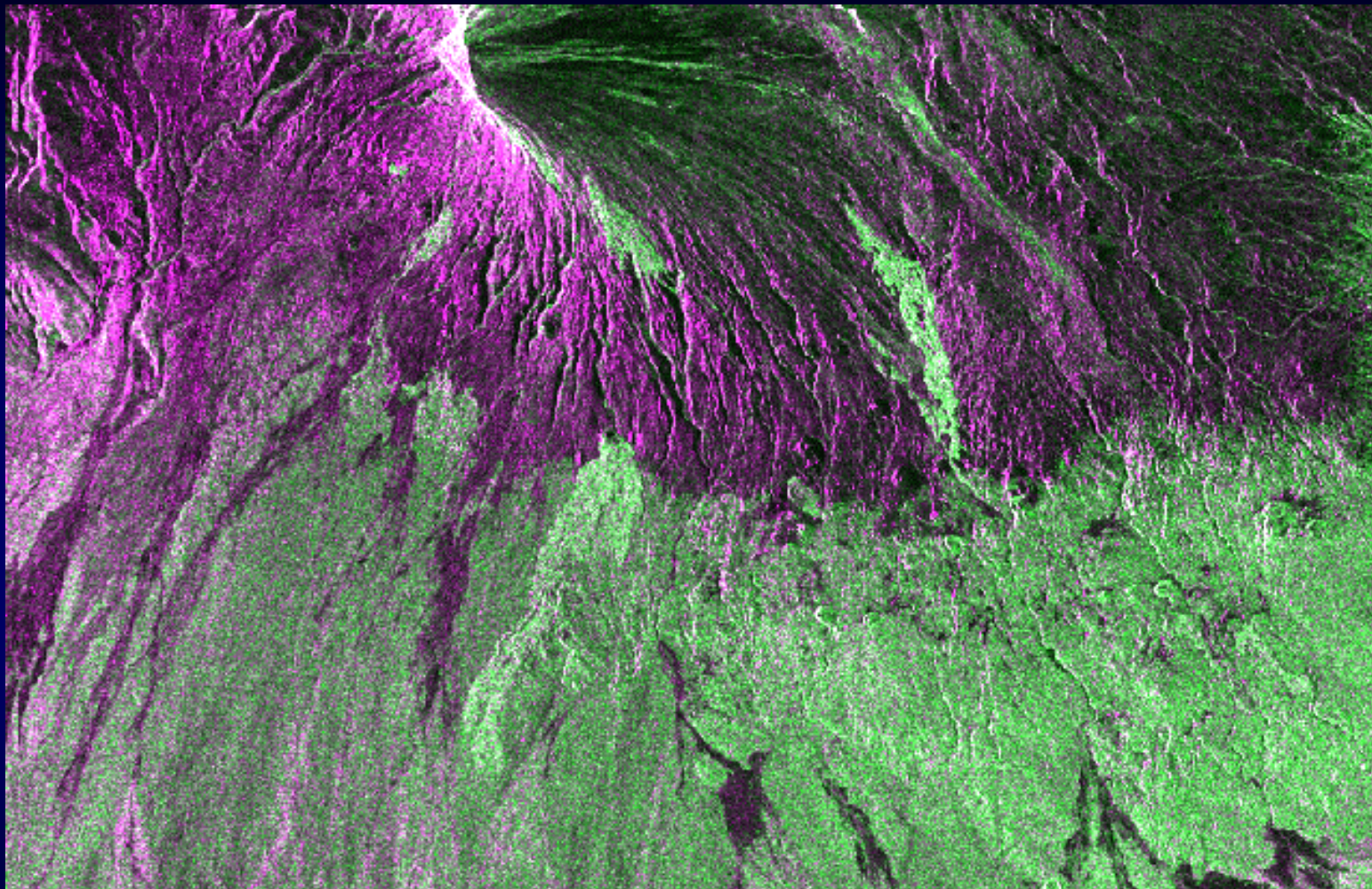


С-диапазон

L-диапазон



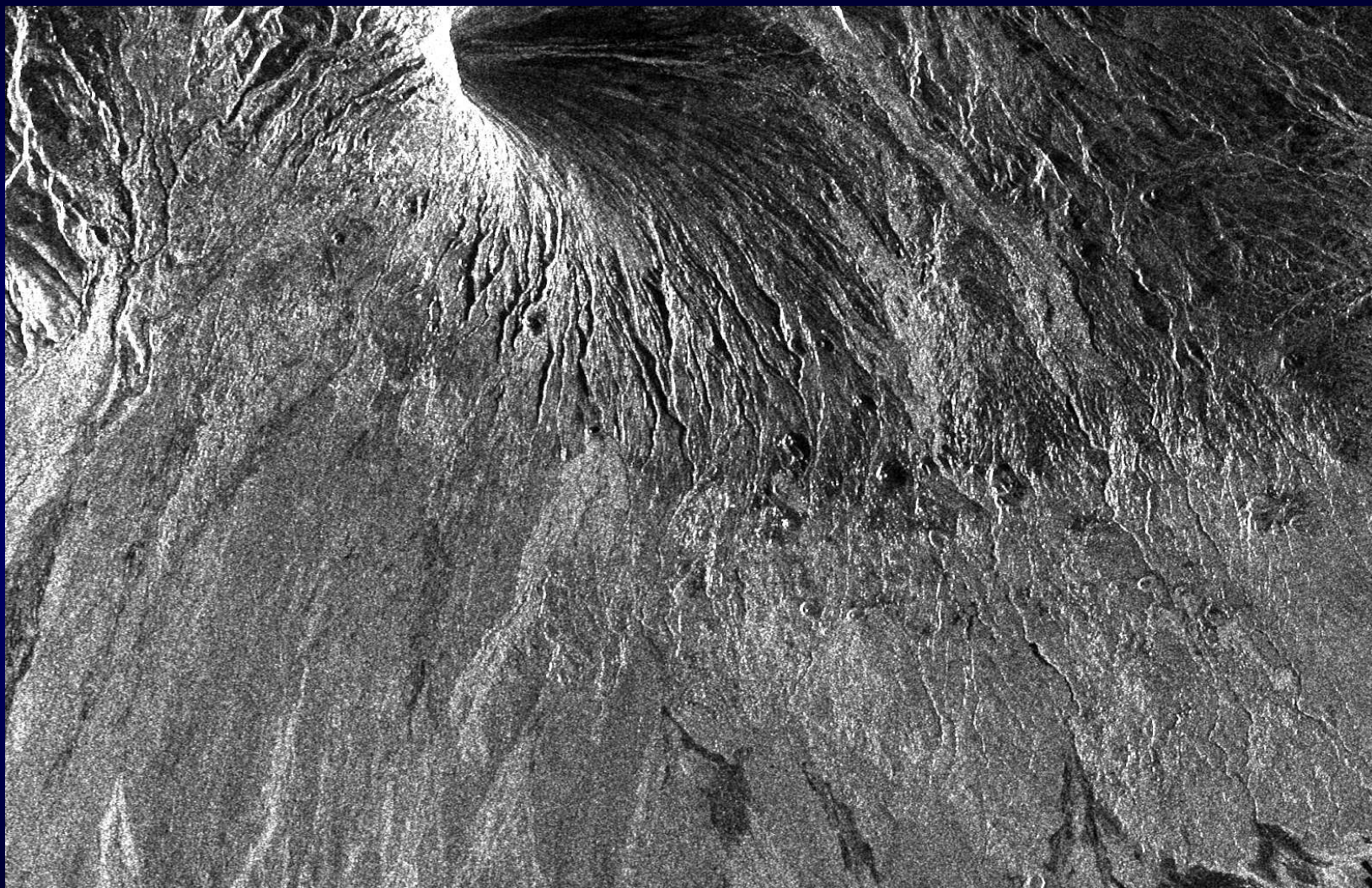
Режимы поляризации



**SIR-C image, orbit 88-20
(red-HH,green-HV,Blue-HH)**

Фрагмент изображения SIR-C восточного склона Ключевского вулкана
L-диапазон. Псевдоцветное синтезирование:
красный-поляризация HH, зеленый – поляризация HV, синий – поляризация VV.

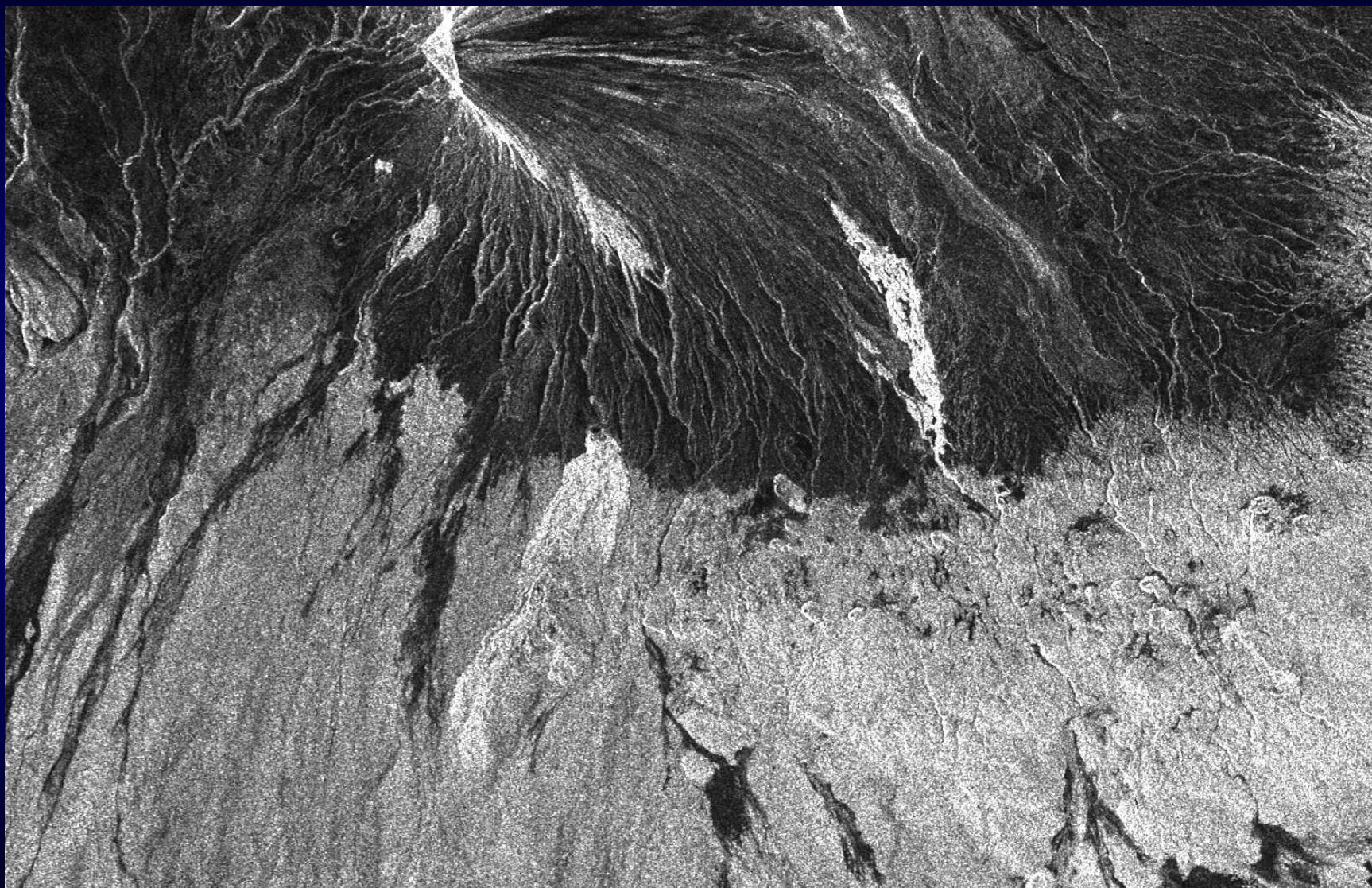
Поляризация НН



Поляризация VV

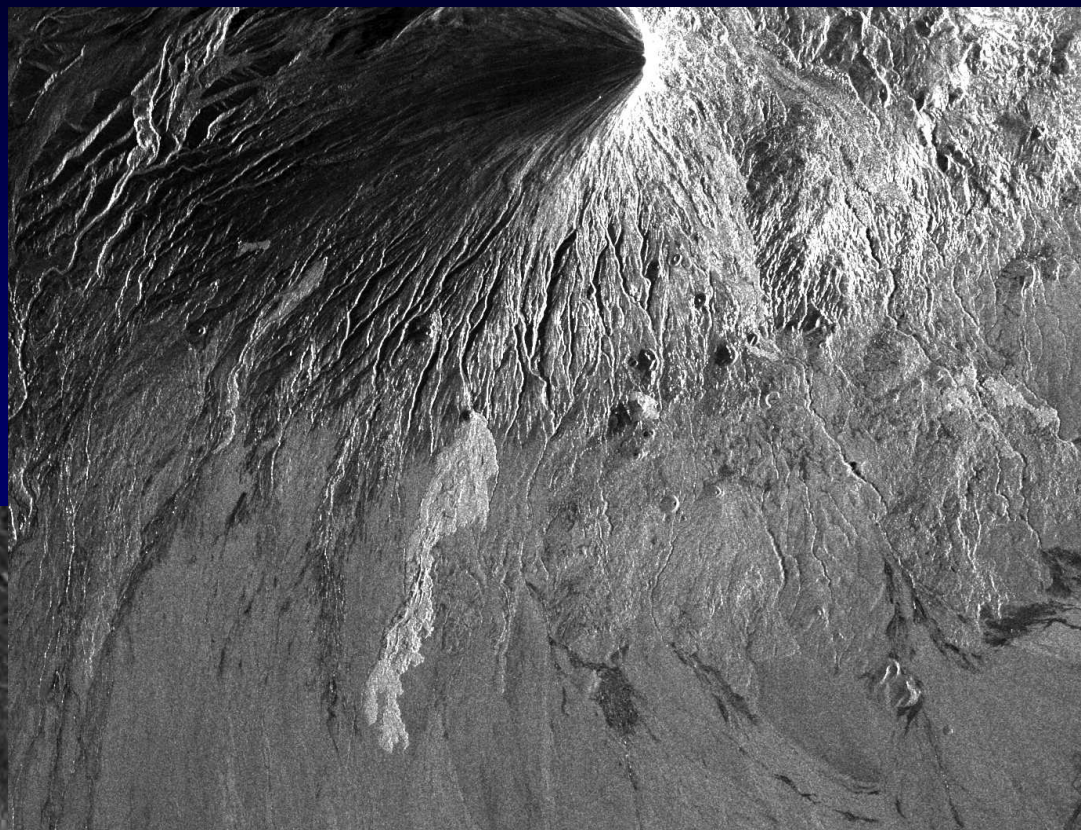
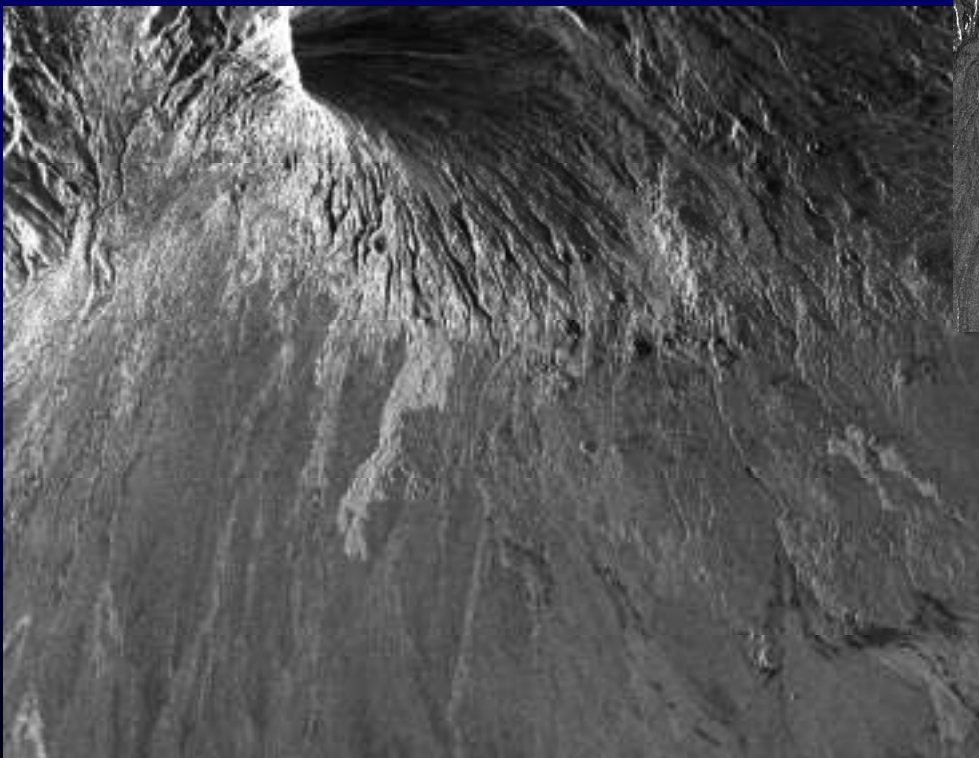


Поляризация HV



Соотношение направления визирования и экспозиции склона

НАПРАВЛЕНИЕ ВИЗИРОВАНИЯ



НАПРАВЛЕНИЕ ВИЗИРОВАНИЯ



Выводы

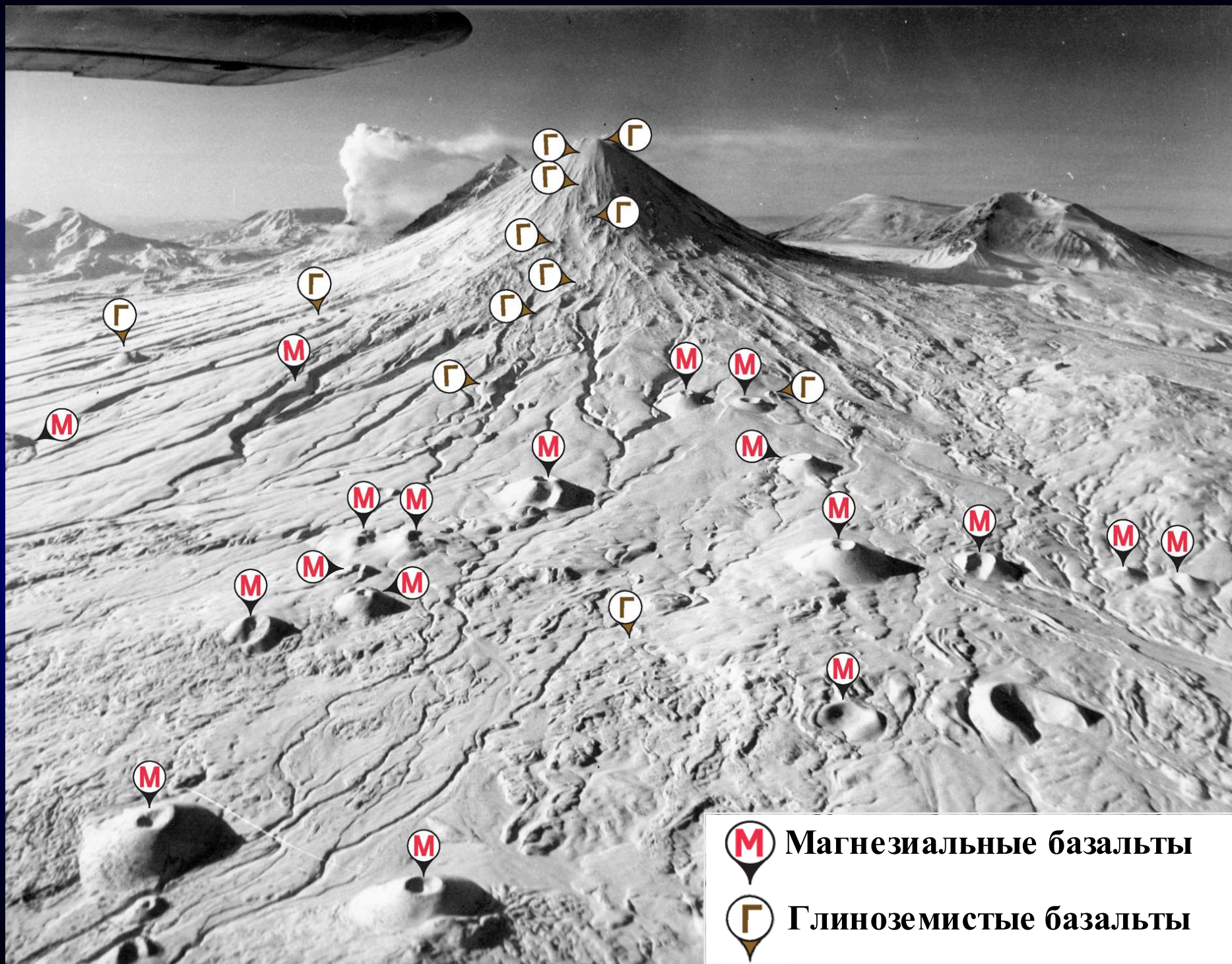
- 1. Для задач вулканологии и геологии, в частности для идентификации лавовых потоков различного возраста и состава наиболее информативны кросс-поляризованные (HV) радиолокационные изображения L-диапазона (23 см).**
- 2. Для дешифрирования лавовых потоков оптимально, если направление визирования радиолокационной съемки ориентировано "по касательной" к склону вулкана.**

Исследование зоны ареального вулканизма на восточном склоне Ключевского вулкана

Одним из важнейших, но не решенных остается вопрос о соотношении многочисленных конусов на склонах вулкана: их генетической приуроченности непосредственно или к Ключевскому вулкану (“паразитам”) или к “самостоятельной” зоне ареального вулканизма (как, например БТТИ на Толбачике).

Актуальность вопроса связана с необходимостью выделения критериев и методик для классификации генетически различных типов шлаковых конусов и построения петрологической и математической модели стратовулкана-гиганта Ключевского.

Извержения привершинной части вулкана по составу отвечают высокоглиноземистому ($MgO = 4,0-5,0 \%$). базальту, а большинство современных лавовых потоков восточного склона - магнезиальным ($MgO=9,0-12,0\%$) базальтам.



Магнезиальные базальты

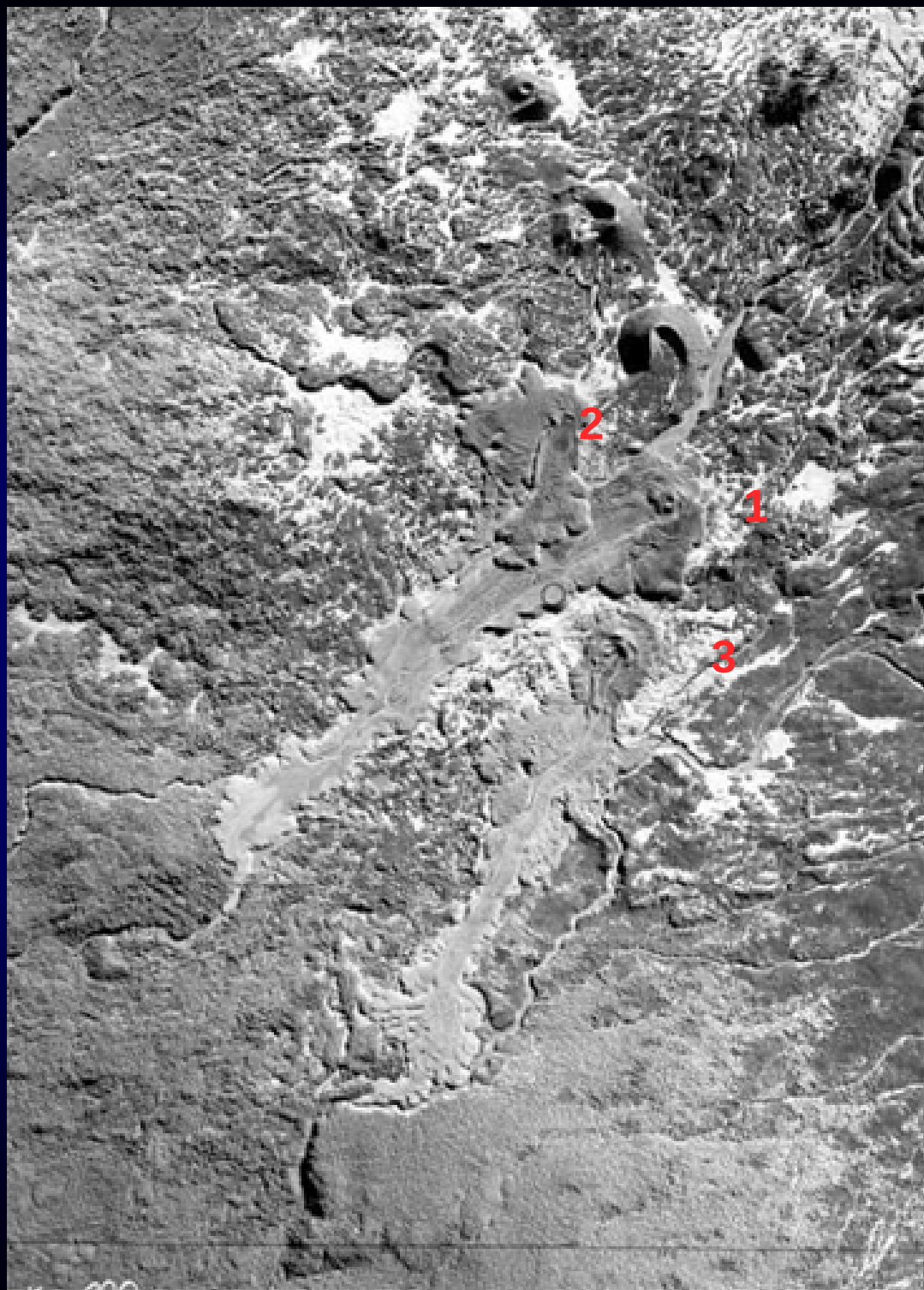


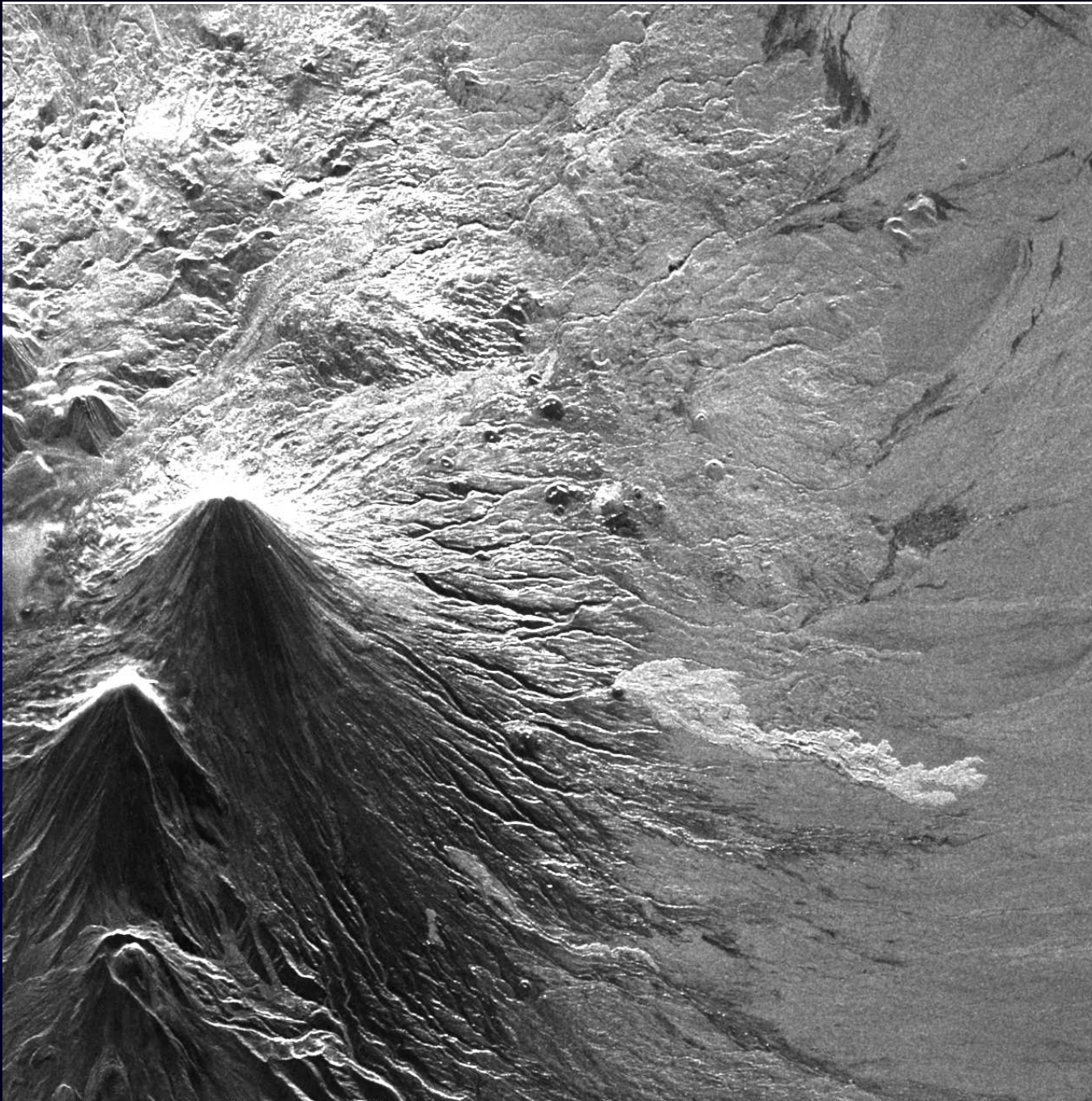
Глиноземистые базальты

Аэрофотоснимок.

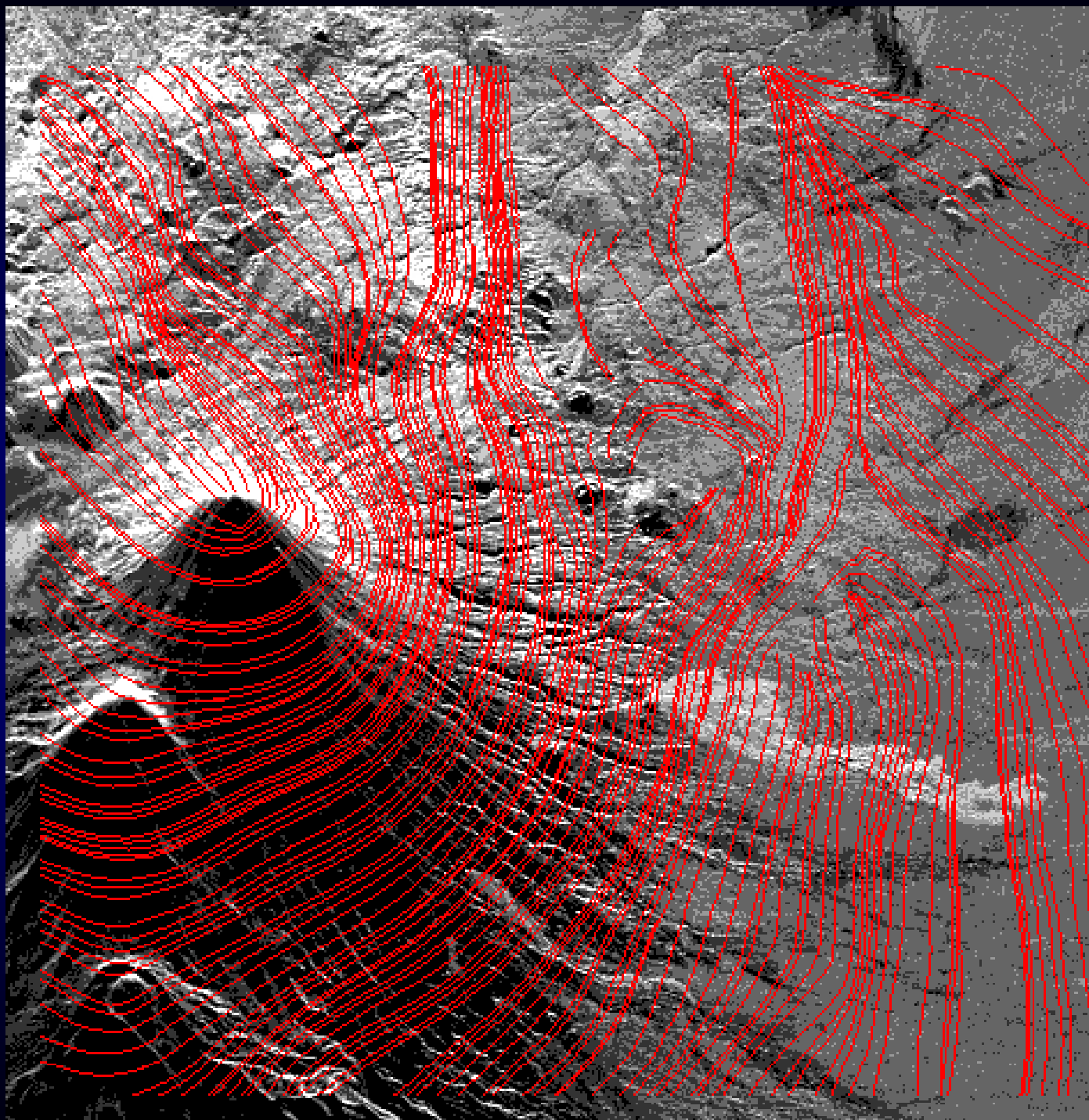
**Первое историческое
извержение (1932)
ареального типа
вулканов группы
Туйлы:**

1. Киргурич,
2. Туйла,
3. Биокось.





Фрагмент
радиолокационного
снимка SIR-C
L-диапазон (23 см)
Поляризация HV



**Результат
автоматизиро-
ванного
линеamentного
анализа**

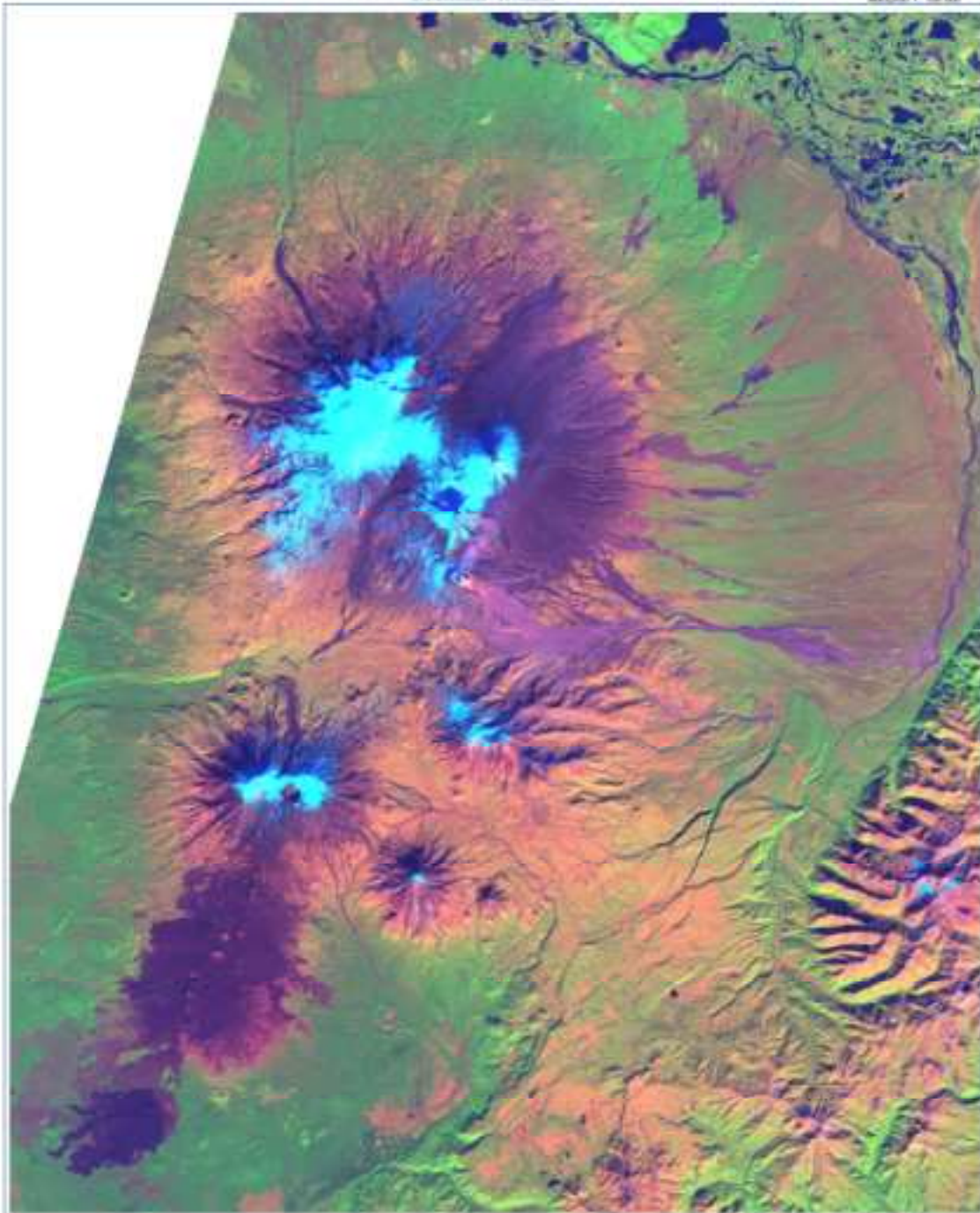
**Схема линий,
ортогональных
линиям вытянутости**

КАМЧАТКА
КЛЮЧЕВСКАЯ ГРУППА ВУЛКАНОВ

КАМЧАТКА: КЛЮЧЕВСКАЯ ГРУППА ВУЛКАНОВ. Снимок LANDSAT-5

2004-09-08 10:00:00

Масштаб 1: 100 000



Фрагмент
космического
снимка LANDSAT

RGB синтез 7, 4 и 1
каналов

Результаты автоматизированного линеаментного анализа фрагмента космического снимка LANDSAT (4 канал)

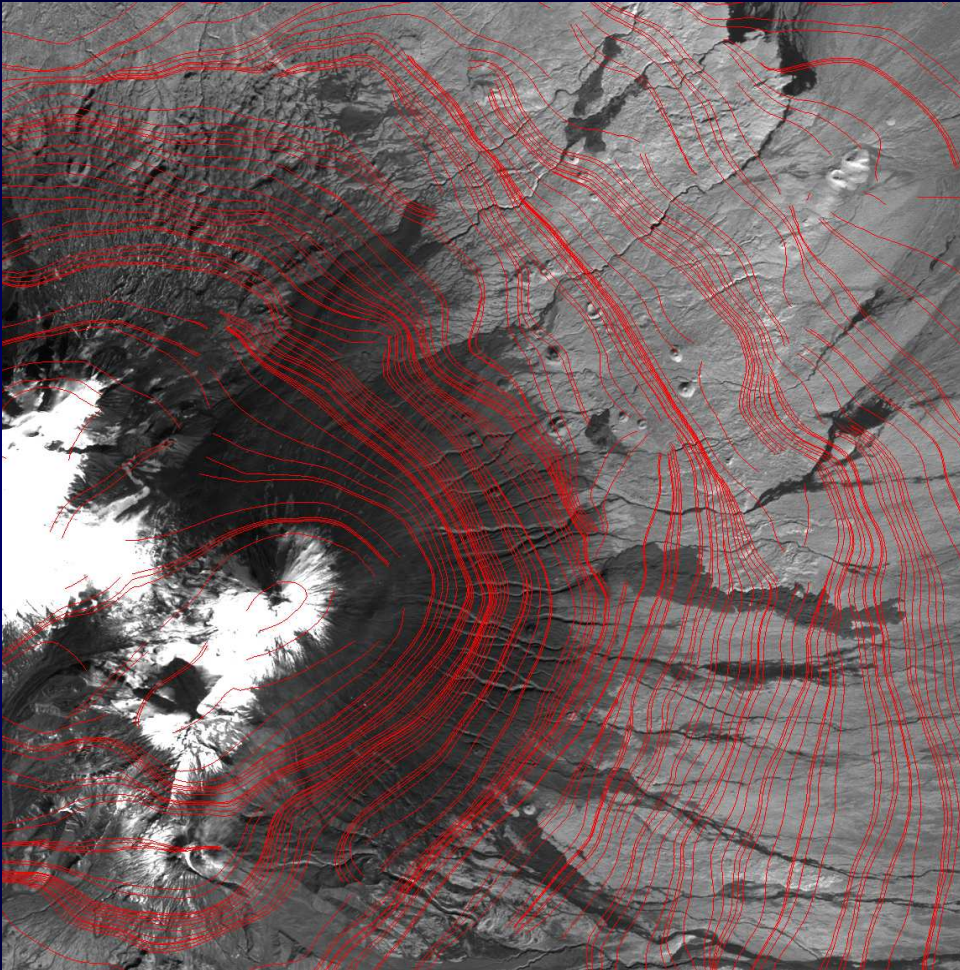
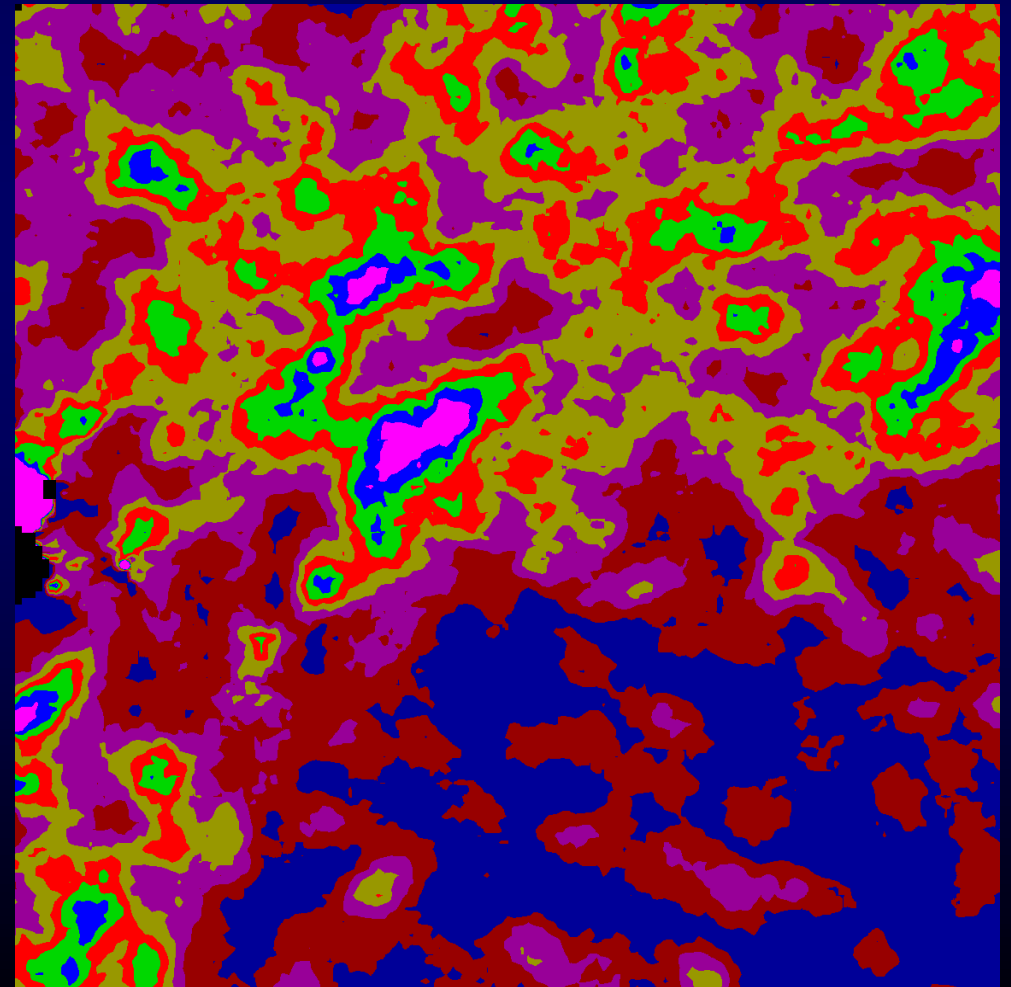


Схема линий,
ортогональных линиям
вытянутости
роз-диаграмм

Схема плотности
линеаментов северо-
восточного направления



Выводы

1. Для исследования областей современного вулканизма целесообразно использовать методы автоматизированного статистического анализа поля линеаментов по данным ДЗЗ.

2. Среди показателей статистического анализа поля линеаментов наиболее информативны следующие:

- степень вытянутости розы-диаграммы (R), визуализированная различными способами (поле в изолиниях, линии вытянутости и ортогональные к ним);
- Плотности линеаментов по отдельным секторам;
- Показатели, отражающие различие роз-диаграмм в соседних окнах.

3. В пределах постройки Ключевского вулкана существует зона разрывных нарушений северо-западного направления и связанная с ней зона шлаковых конусов, которую можно рассматривать как зону ареального вулканизма. Активизация этой зоны проявилась в историческое время в извержениях базальтов магнезиального состава.

Создание базы данных Большого трещинного Толбачинского извержения (БТТИ) 1975 Г.



Большое трещинное Толбачинское извержение



ШЛАКОВЫЕ КОНУСЫ АРЕАЛЬНОГО ВУЛКАНИЗМА

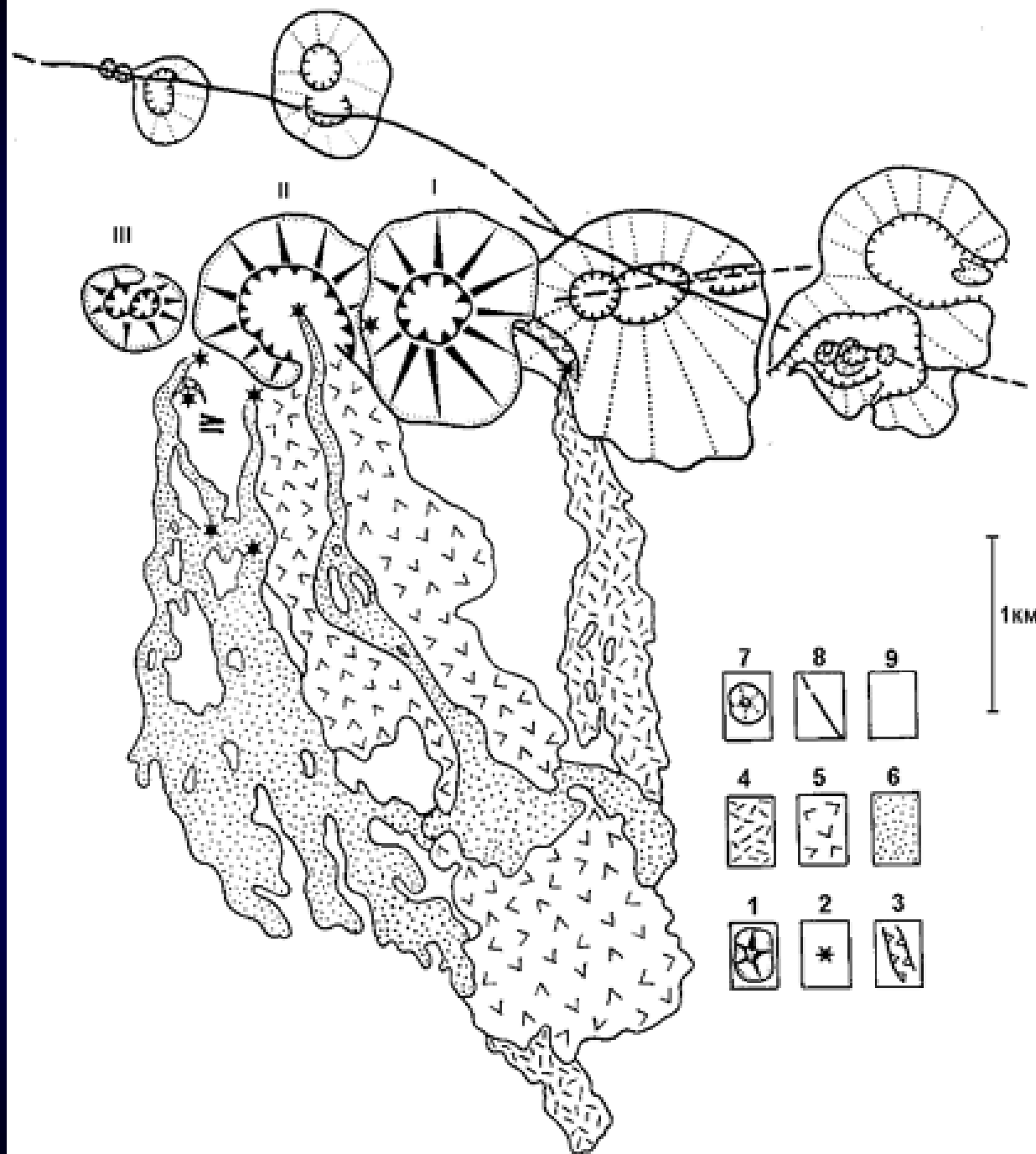


Космический снимок
«Ресурс-Ф»
(до извержения)

Космический снимок
«Ресурс-Ф»
(после извержения)



Северный
прорыв
БТТИ 1975 г.



**Схема
шлаковых
конусов и
лавовых
потоков
Северного
прорыва
БТТИ**

5.2. Создание базы данных на Северный прорыв БТТИ

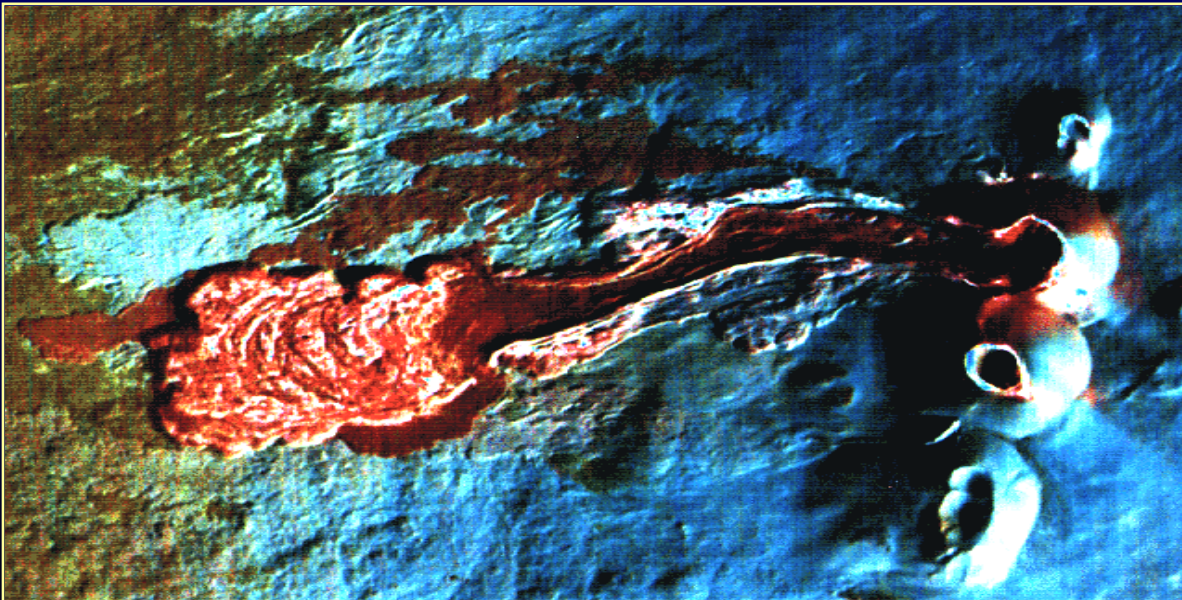


Северный прорыв БТТИ
август 1975 г.

АЭРОФОТОСНИМКИ НОВЫХ ТОЛБАЧИКСКИХ ВУЛКАНОВ (СЕВЕРНЫЙ ПРОРЫВ 1975 Г.)



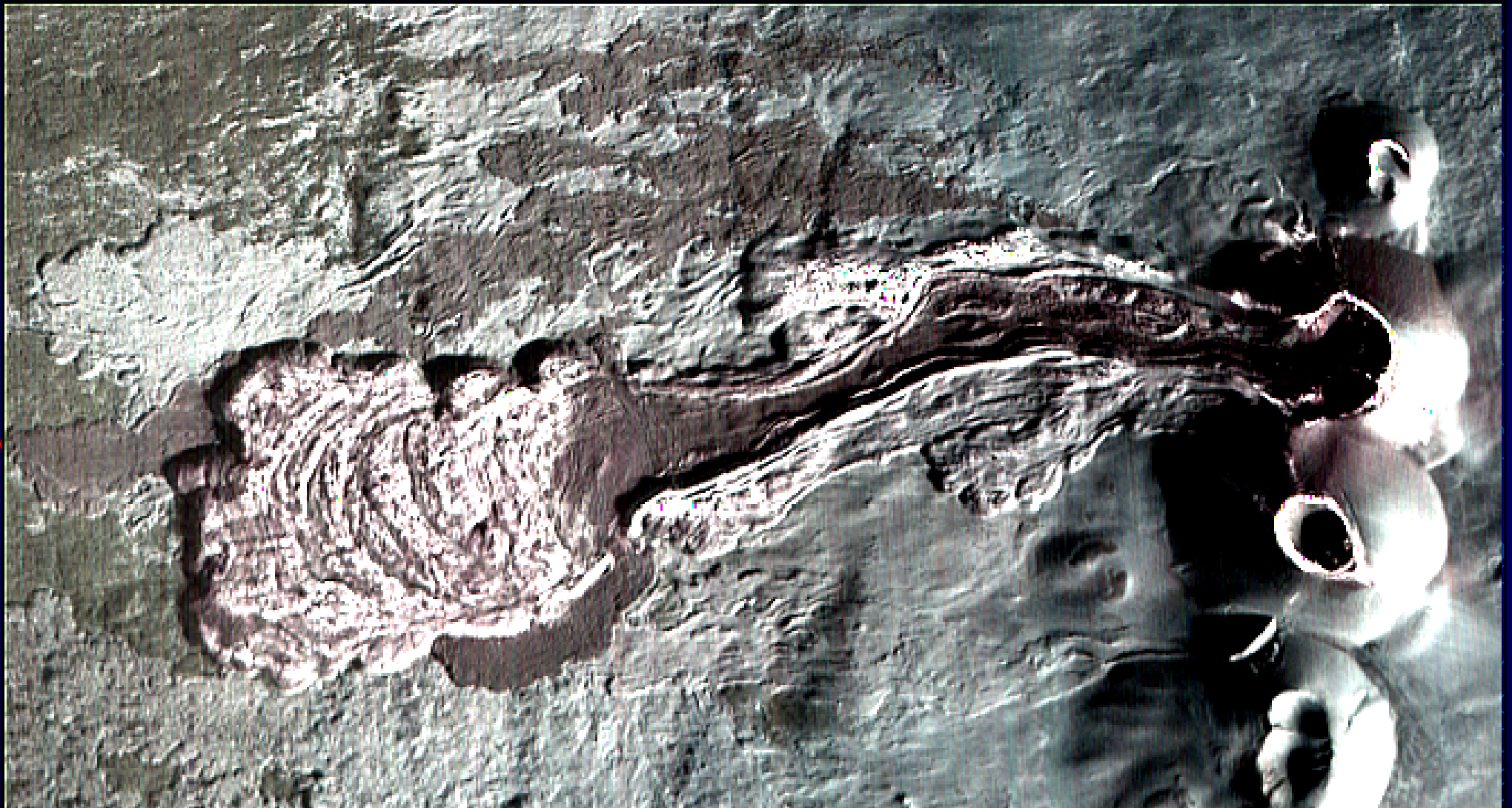
Аэрофотоснимок камерой ZEISS

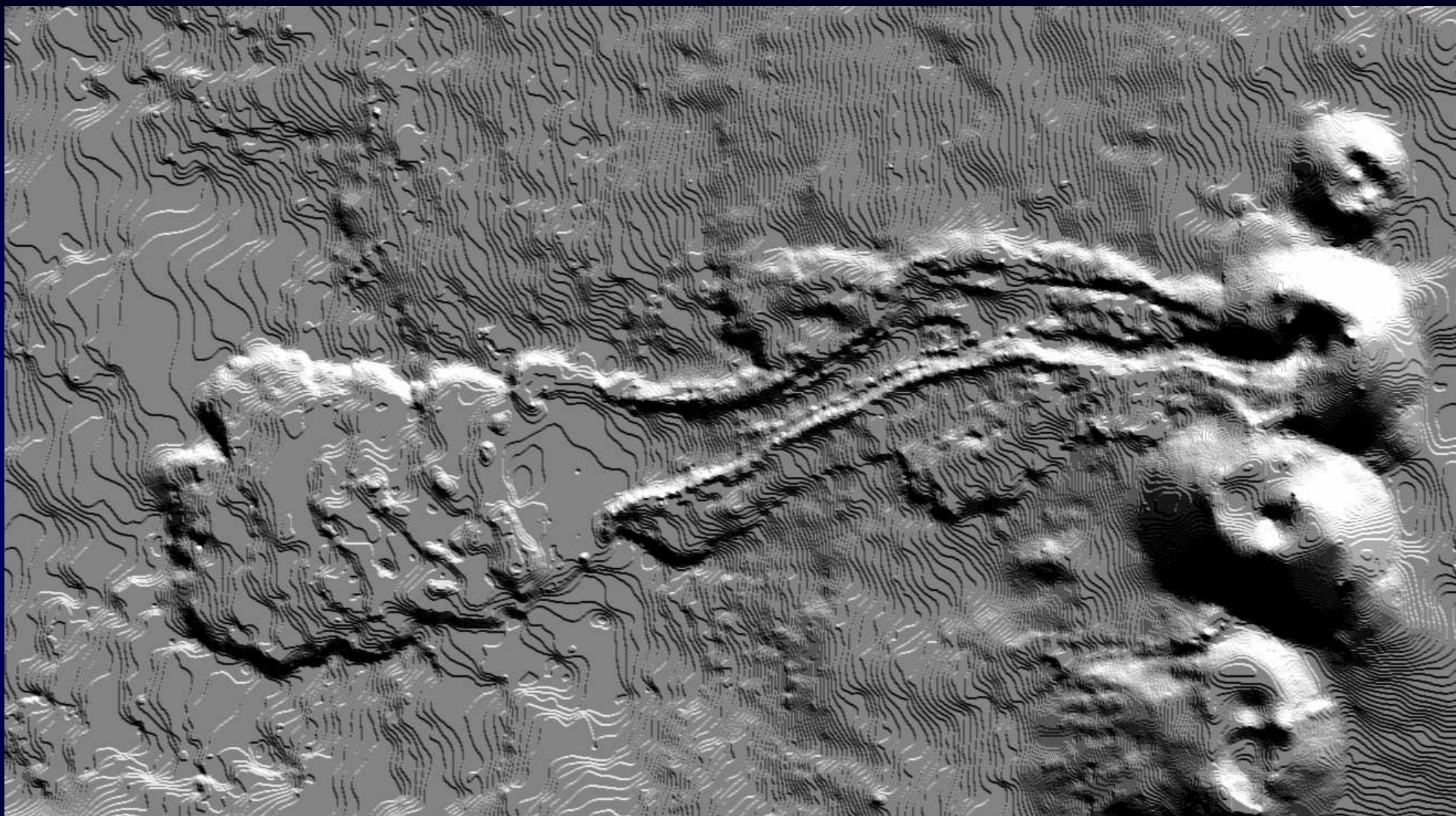


Аэроснимок камерой TMS

СКАНЕР TIMS

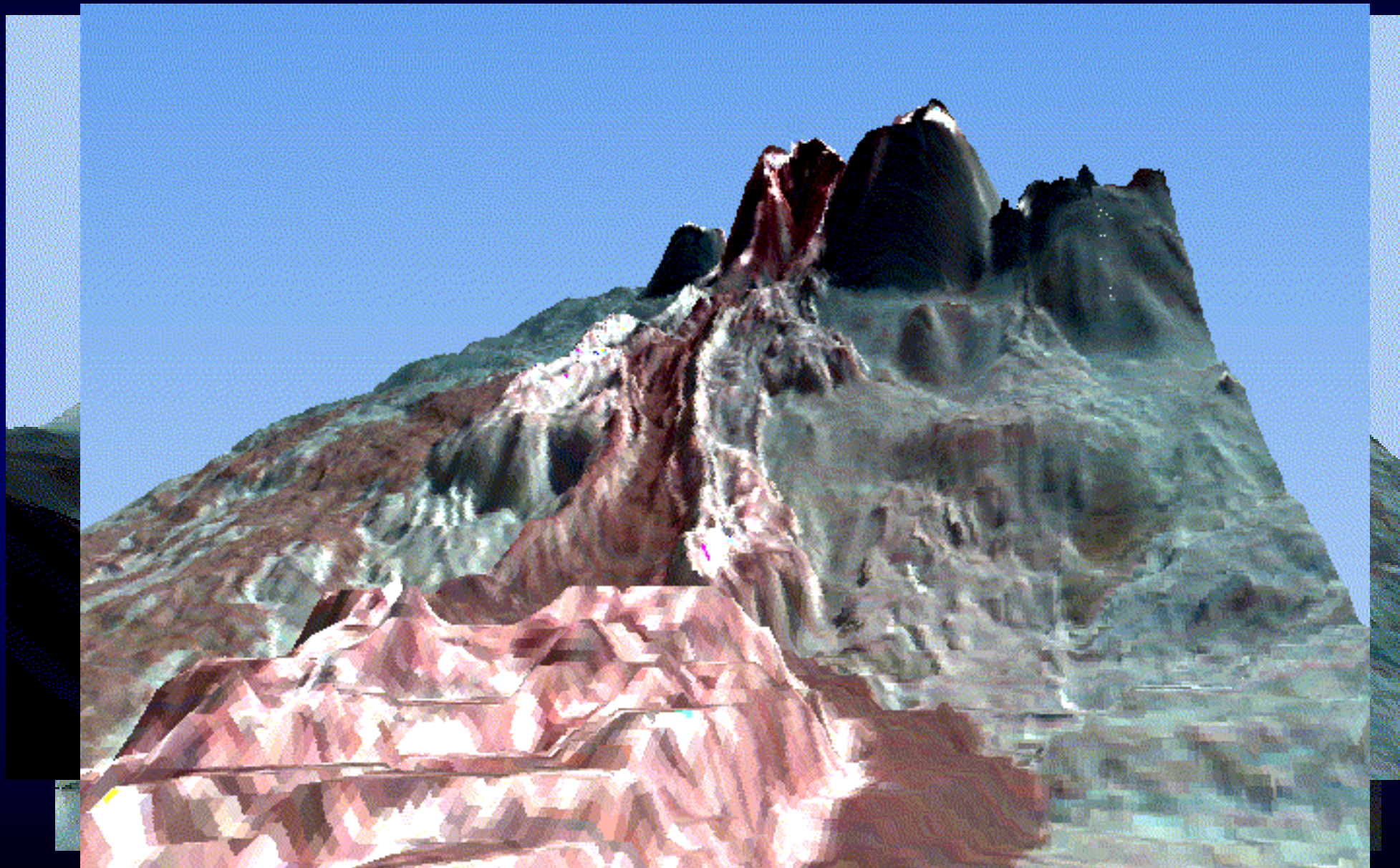
Аппарат для измерения содержания элементов в образцах





**Затененная цифровая модель рельефа (ЦМР) Северного прорыва
(угол Солнца 45°)**

Трехмерная цифровая модель Северного прорыва БТТИ: вид с запада



БАЗА ДАННЫХ

Топооснова
(топографические
карты)

Материалы
аэрокосмосьемок (М А К С)
оптического, ИК и, СВЧ
диапазонов

Геологические,
геохимические,
геофизические и другие
данные

Создание
ЦМР
(цифровой
модели
рельефа)

Компьютерная обработка
МАКС

Наземные и
подспутниковые
заверочные работы

База знаний

Интерпретирующие
модели

Геологическая
интерпретация

Создание
разномасштабных
геологических карт

Создание модели
вулканического процесса

СХЕМА НАКОПЛЕНИЯ,
ОБРАБОТКИ И
ИНТЕРПРЕТАЦИИ ДАННЫХ
МОНИТОРИНГА

