

Опыт применения мультиспектральных (Landsat, EO-1 ALI) и гиперспектральных (EO-1 Hyperion) данных дистанционного зондирования для задач вулканологии на Камчатке

Мельников Д.В., Гирина О.А., Маневич А.Г.

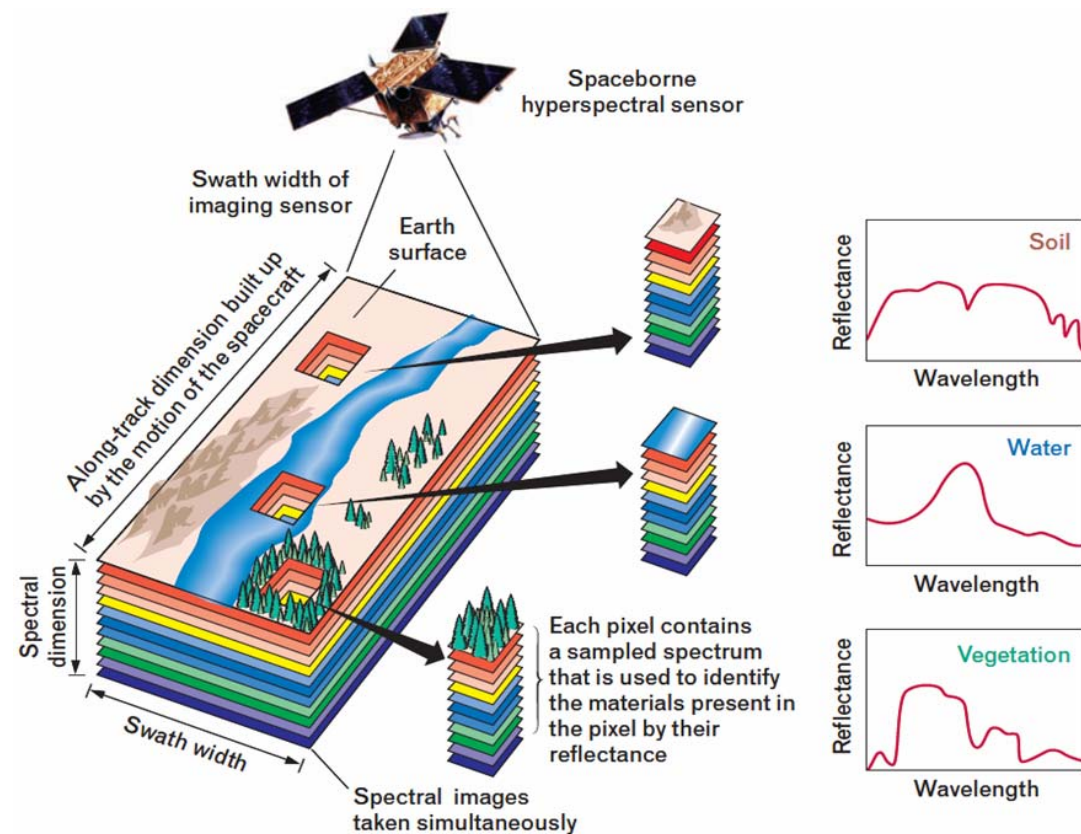
Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН
Петропавловск-Камчатский

Уровни спектральной информации

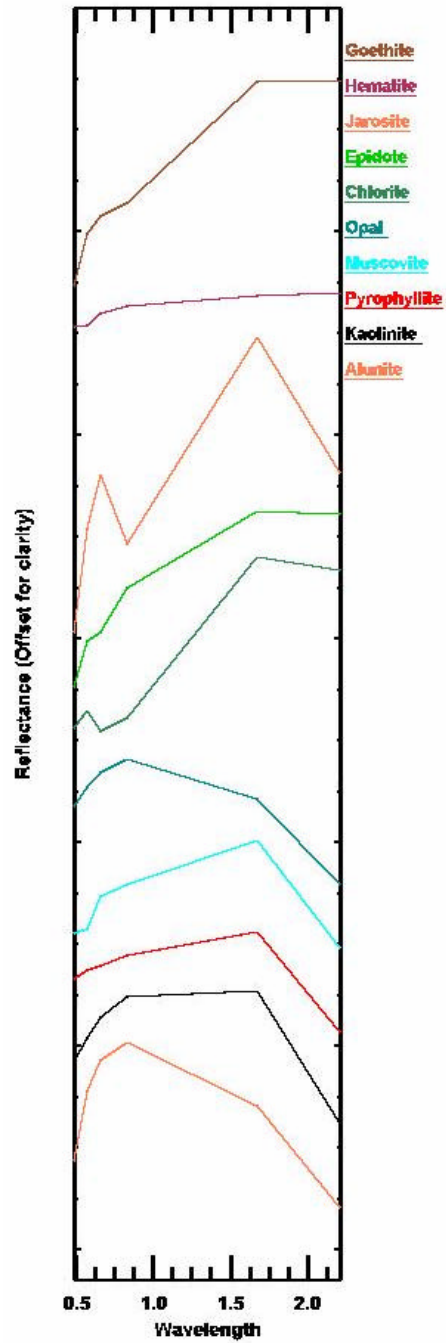
- Определение количественных характеристик материала
- Характерные особенности – определение изменений материала (например, сухой/влажный)
- Идентификация – определение уникальных характеристик материала
- Распознавание – определение главных категорий видов материала
- Классификация – распределение материалов по спектральным группам
- Обнаружение – определение наличия того или иного материала, активности или объекта

Спутниковые мульти и гиперспектральные системы

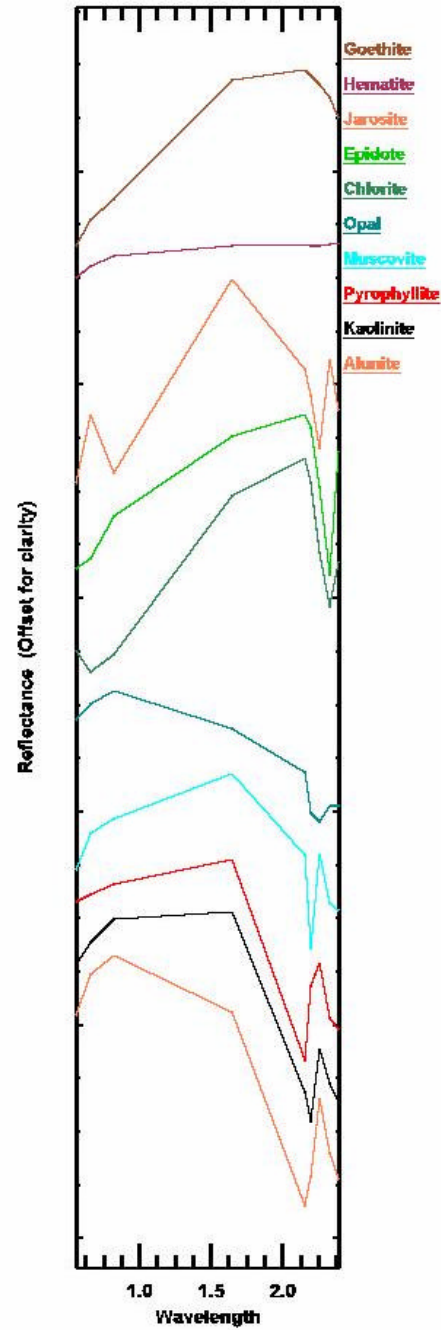
- TERRA ASTER
- Landsat 7 ETM+ и Landsat 8 OLI
- EO-1 Hyperion
- EO-1 ALI



Landsat

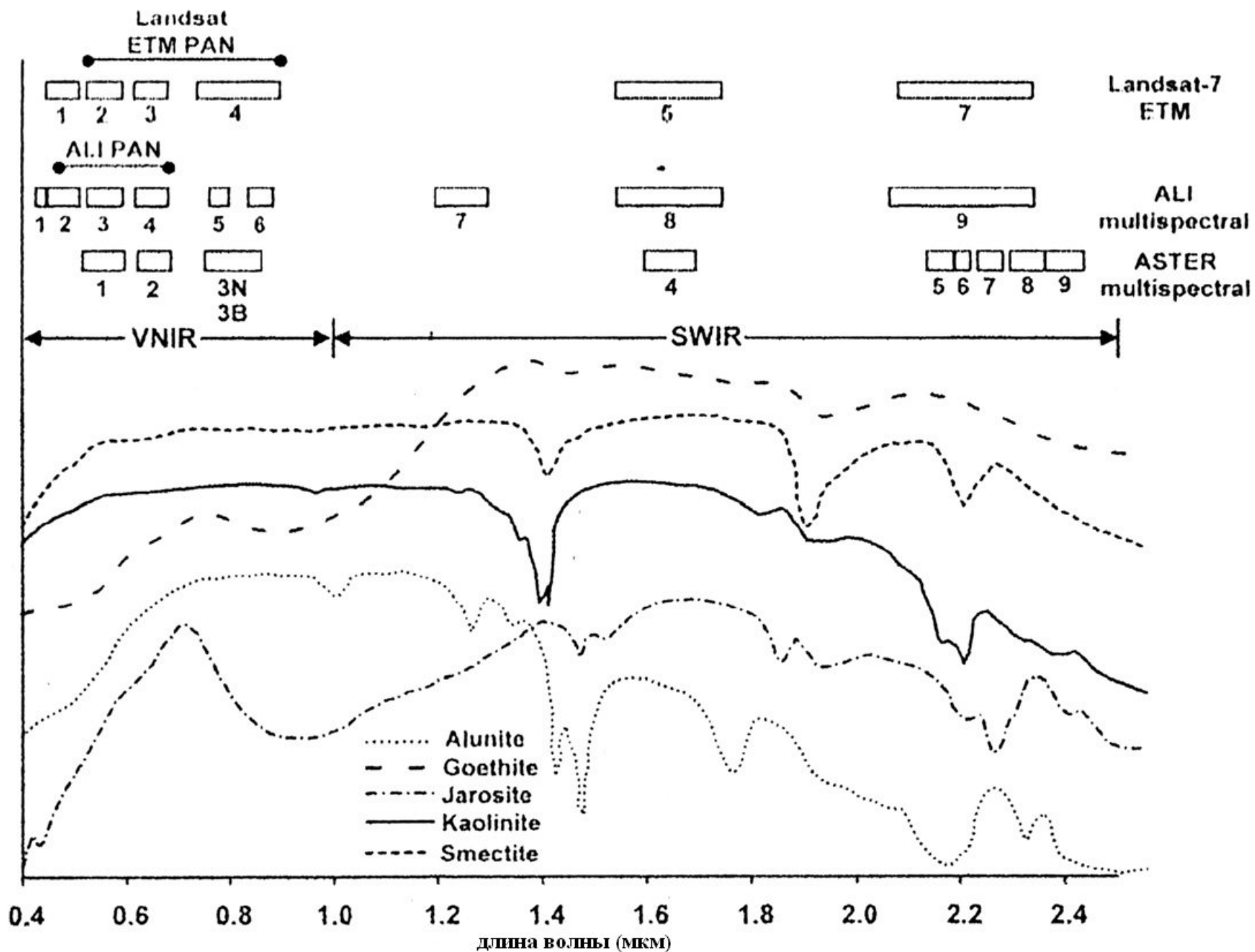


ASTER



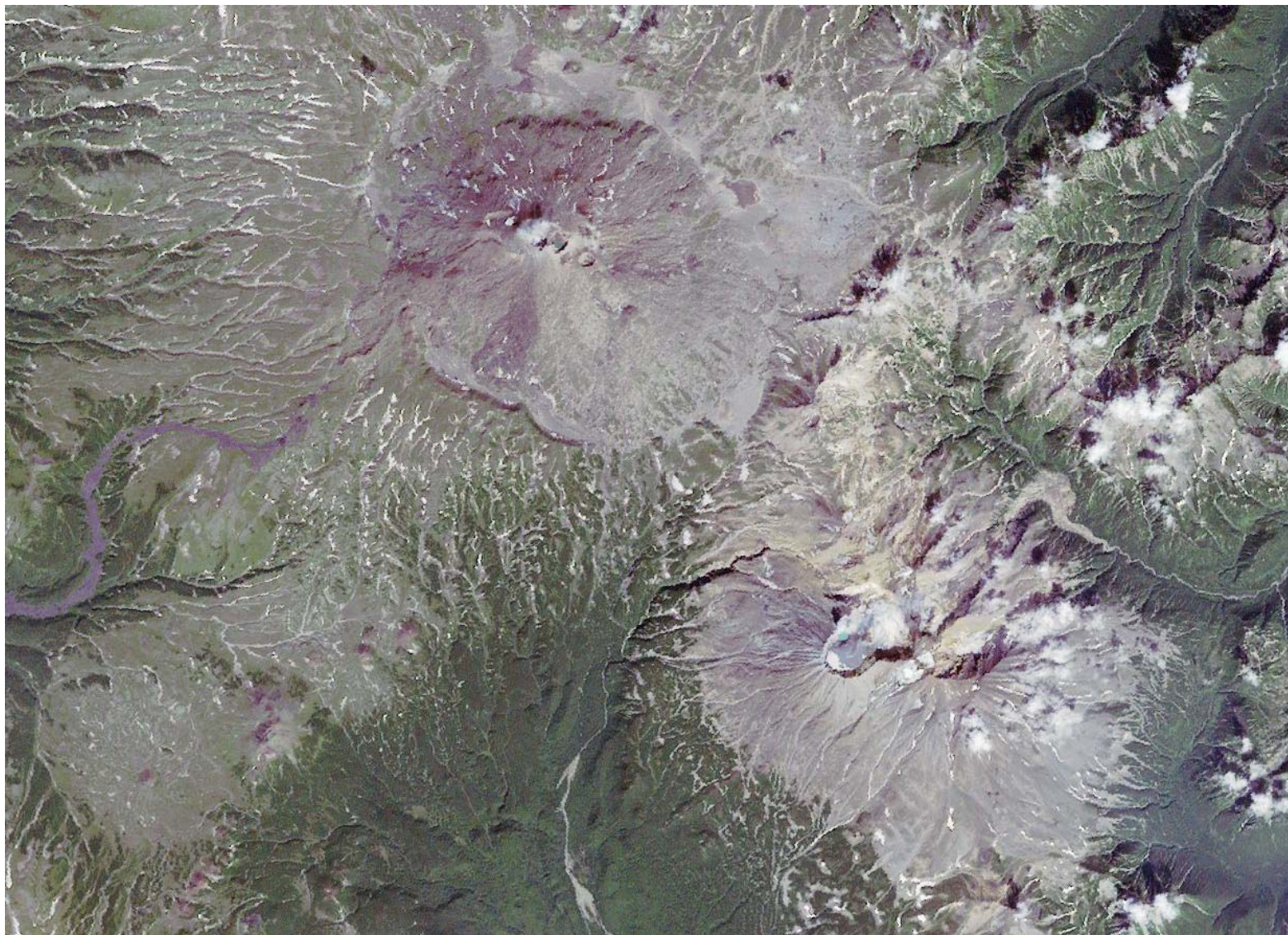
Сравнение спектральных характеристик основных гидротермальных минералов по данным Landsat и ASTER

Спектры гидротермальных минералов и спектральные окна приборов Landsat, ALI, ASTER



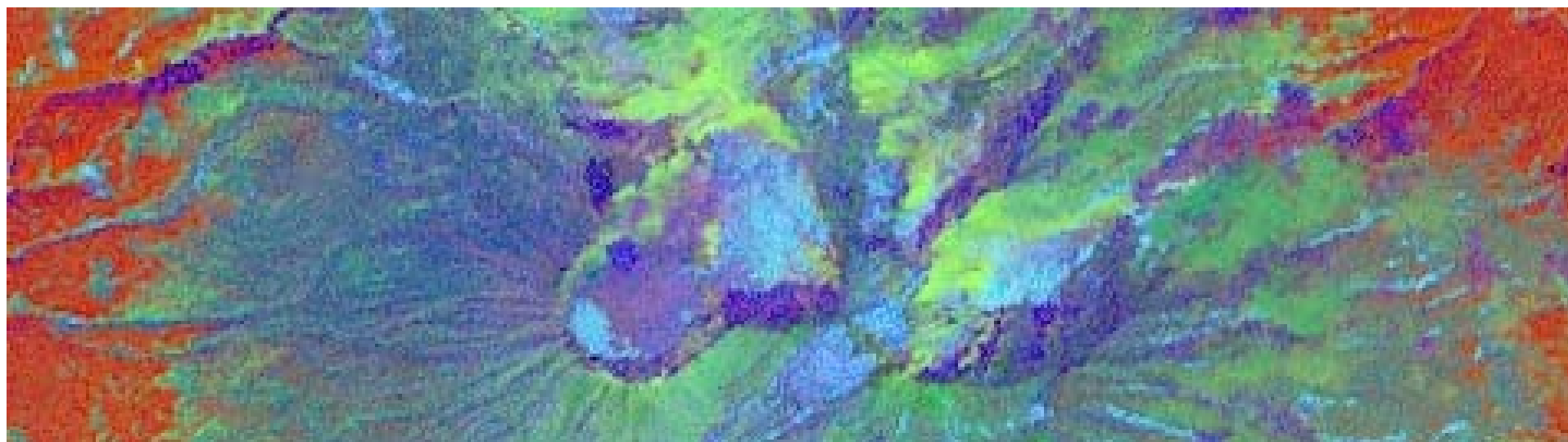
- Данные мультиспектрометра ASTER являются наиболее оптимальными для спектрального анализа горных пород и минералов. Однако аномальные помехи в SWIR диапазоне не позволяют использовать его на полную мощность. Рабочими остались только VNIR и TIR диапазоны

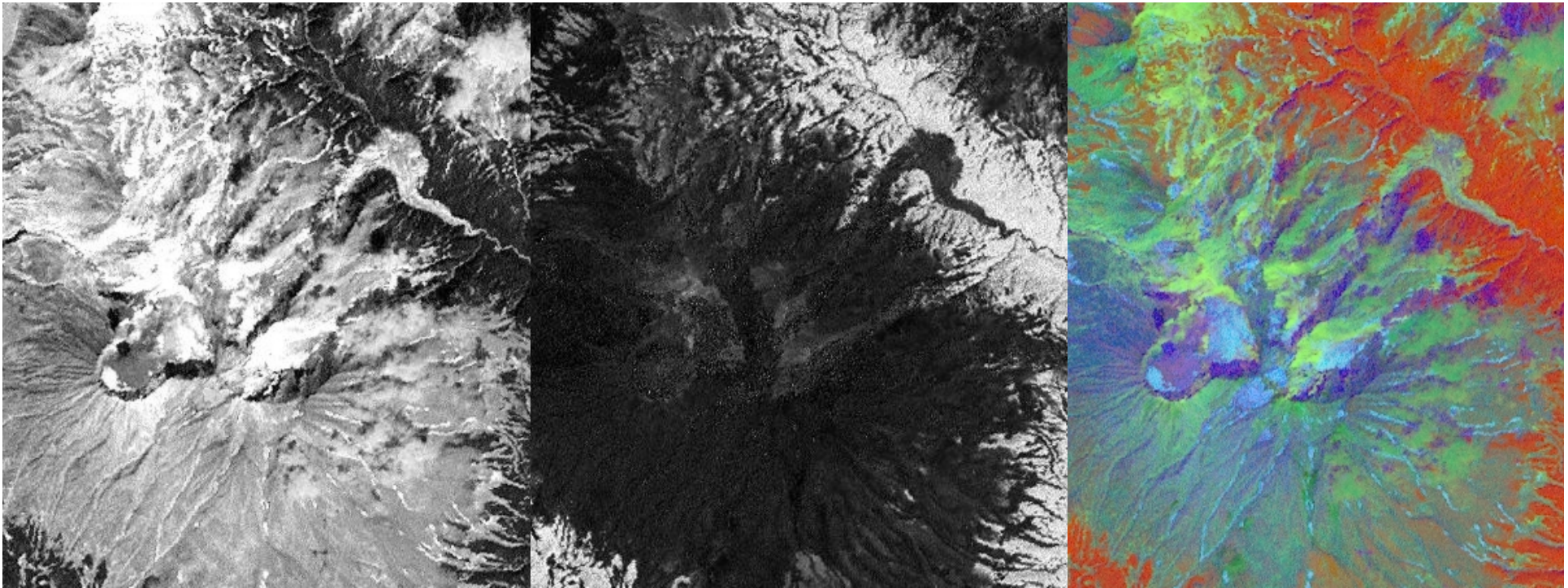
Мутновский и Горелый вулканы спектральный анализ данных Landsat, ALI, Hyperion



Landsat 7 ETM+, комбинация каналов видимого диапазона

- Для анализа данных мультиспектрометра Landsat 7 ETM+ использовались методы построения отношений между спектральными каналами (разность, сумма каналов, метод главных компонент)





Каналы 3/1

Каналы 5/7

Синтез каналов 5/7, 3/1, 3/5

Сравнение отношений спектральных каналов позволяет выделять главные компоненты ряда минералов:

Каналы 3/1 – оксиды железа

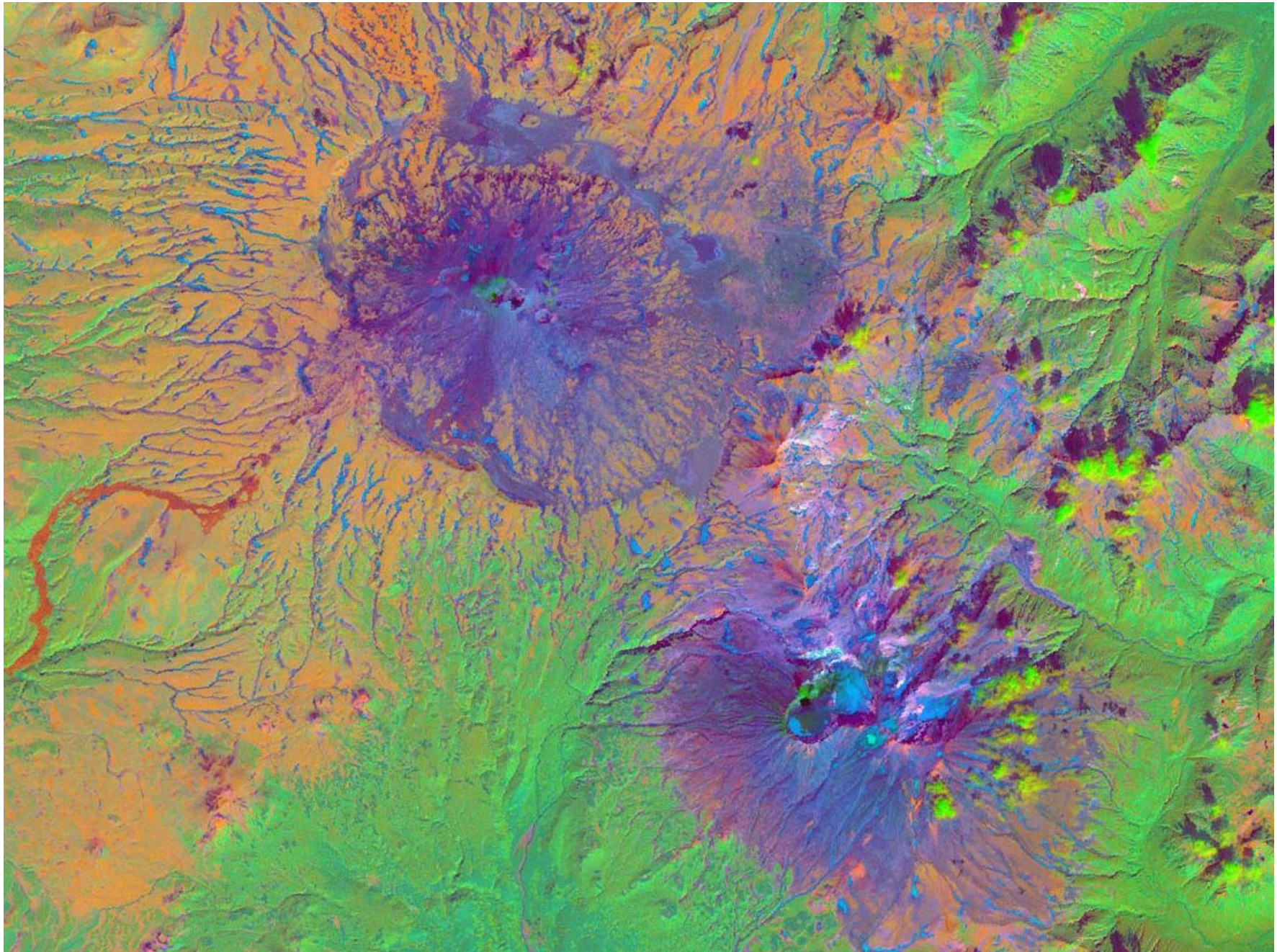
Каналы 5/7 – гидроксилсодержащие минералы

Каналы 3/5 – оксиды железа

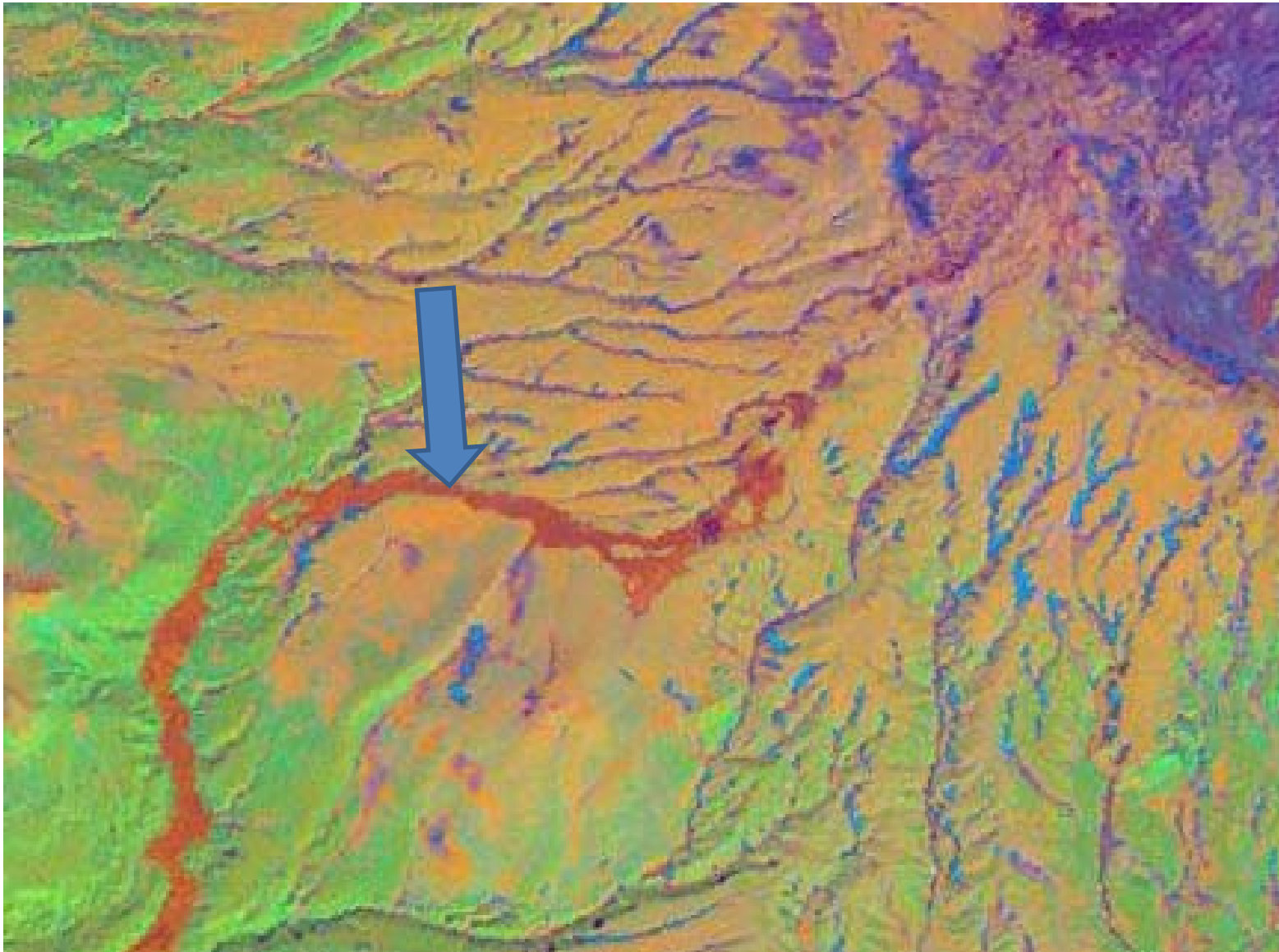
Комбинация каналов в палитре RGB позволяет отождествлять и картировать распространение минеральных соединений. Например, на изображении синтеза каналов представлены: растительность (красный цвет), гидротермальноизменённые породы (алуниты, кварциты) (жёлтый цвет), неизмененные горные породы (сиреневый цвет), снег, лёд (синий цвет).

Анализ спектральных данных методом Crosta (1)
(метод главных компонент для 1, 3, 4 и 5 каналов
мультиспектрометра Landsat 7 ETM+) позволяет
определять наличие гидроксилсодержащих
минералов и оксидов железа

(1) Loughlin W.P. 1991, Principal Component Analysis for Alteration Mapping. Proceedings 8th Thematic Conference on Geologic Remote Sensing, Denver, Co. USA, V1, pp293-306, April 29th - may 2nd. 1991



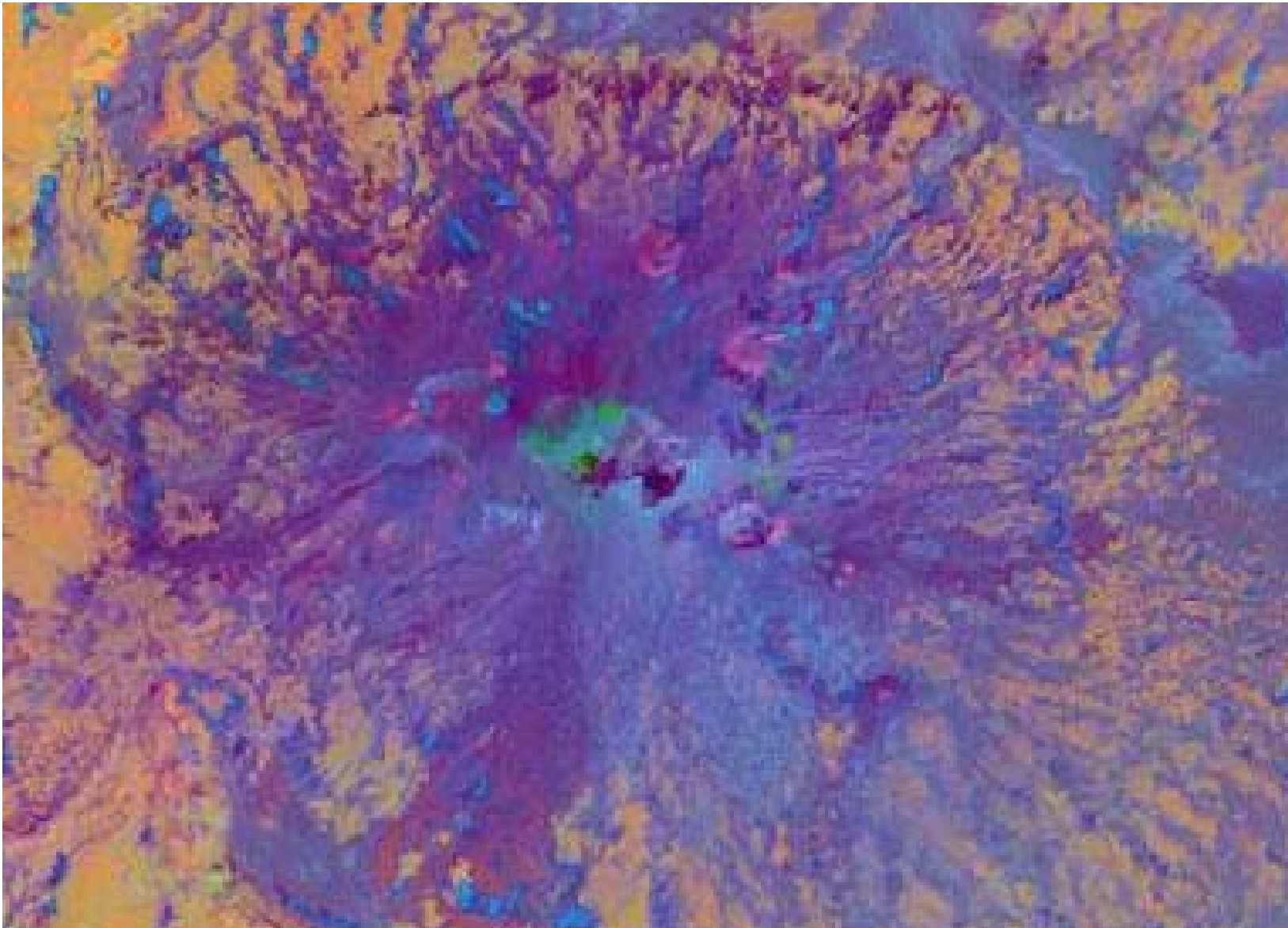
Landsat 7 ETM+, метод Crosta, комбинация RGB синтез PCA каналов 4, 1, 5



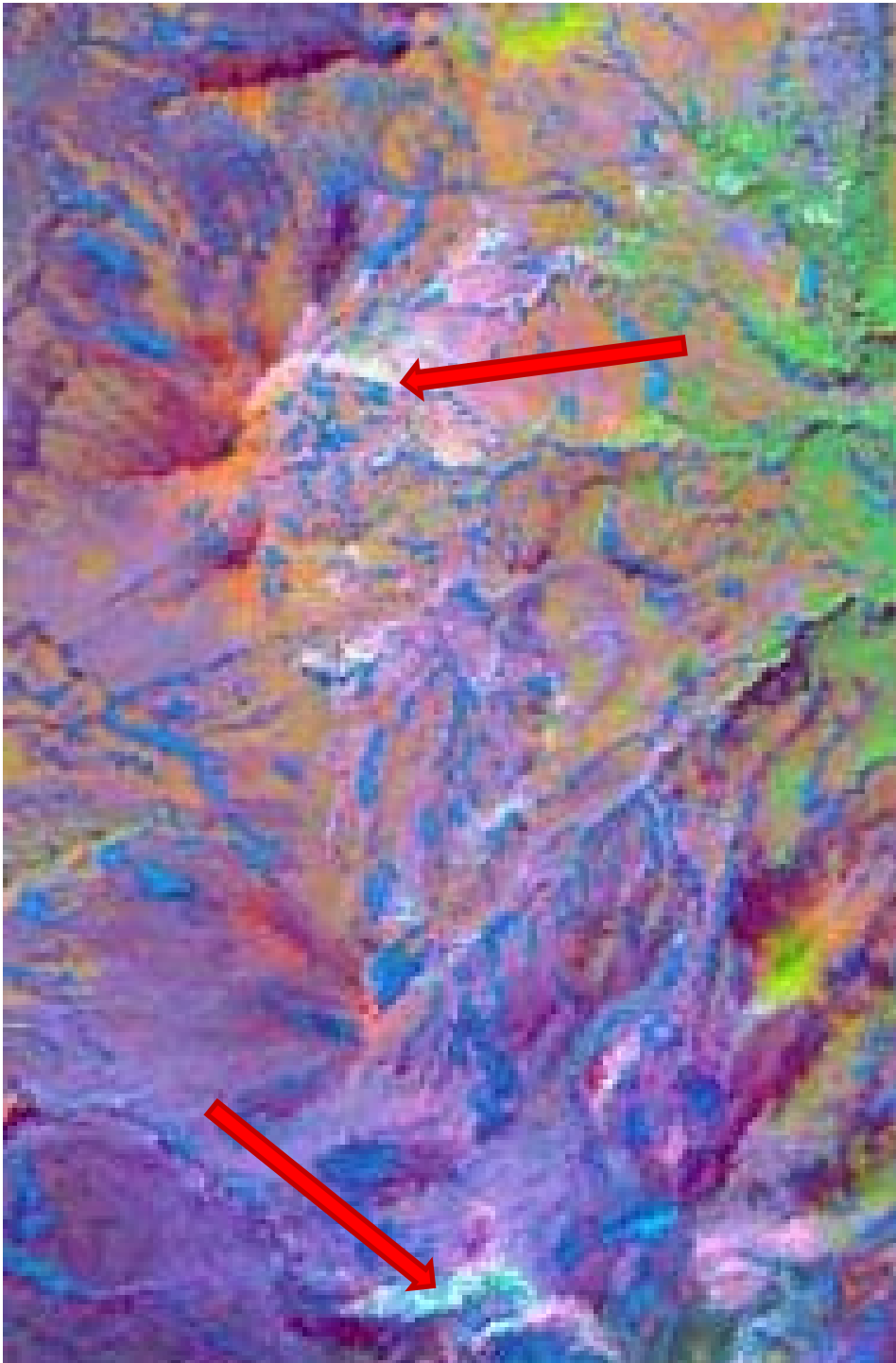
Оранжевый – лавовый (андезибазальтовый) поток вулкана Горелый 1737 г.

Зелёный – растительный покров

Светло-оранжевый – не покрытые растительностью участки (тефра - вулканический шлак и пепел)

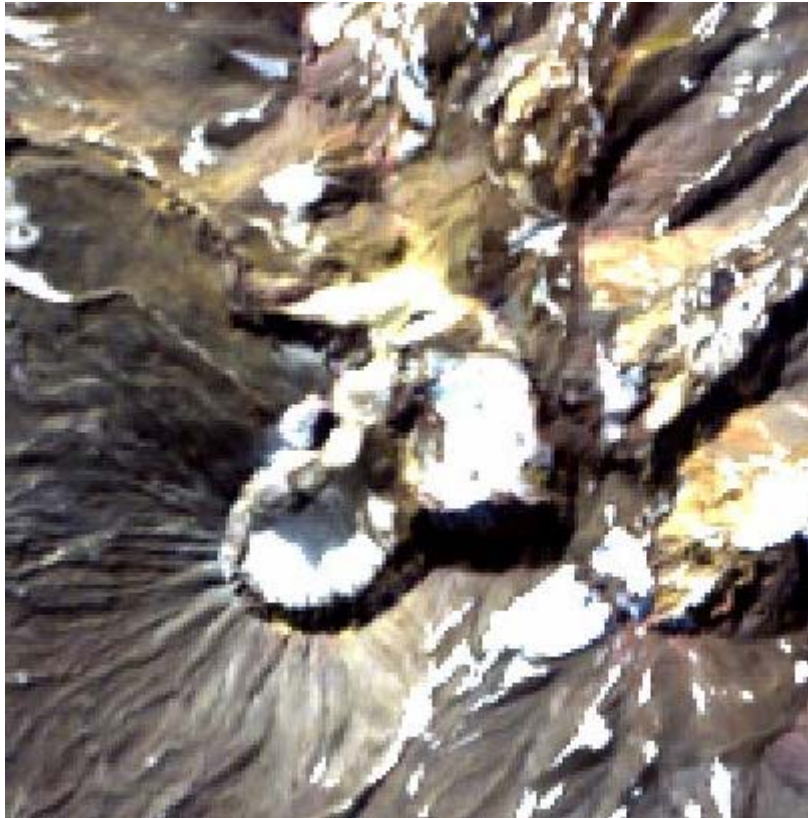


Оттенки сиреневого цвета различной интенсивности - окислы железа

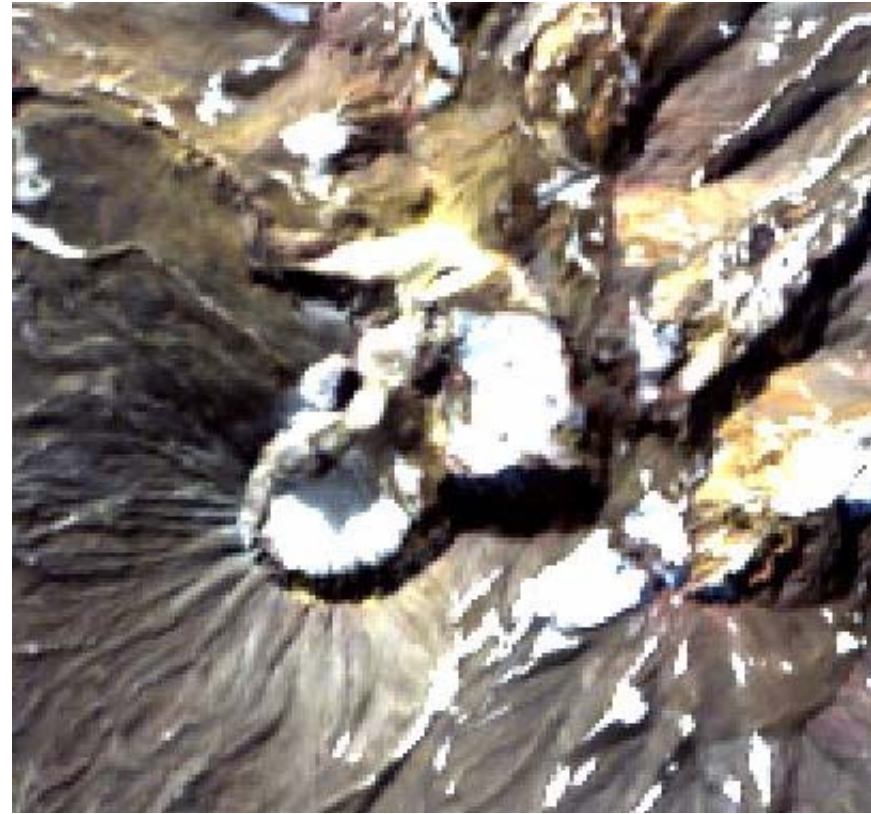


Белый, пурпурный цвет – гидротермально-изменённые породы (алуниты, кварциты)

Hyperion

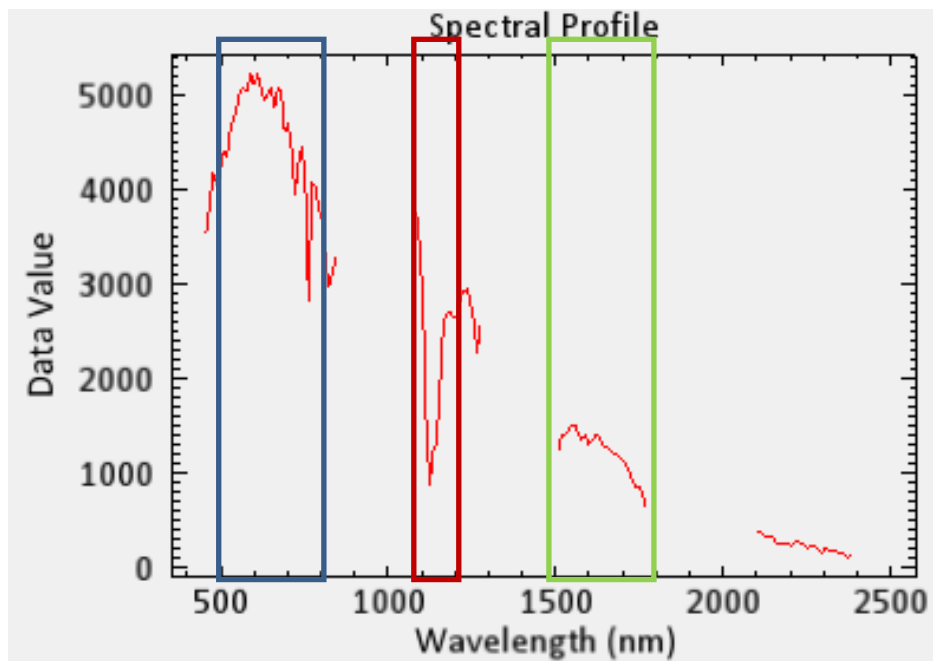


ALI

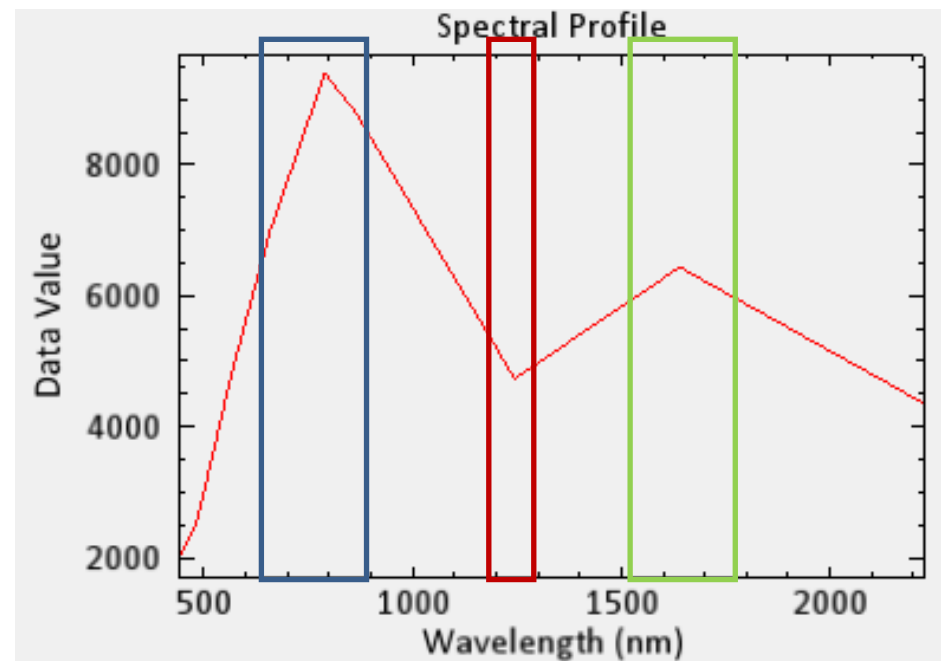


Мутновский вулкан. Снимки гиперспектрометра Hyperion и мультиспектрометра ALI, снятые с одной орбиты 11.09.2013.

Hyperion



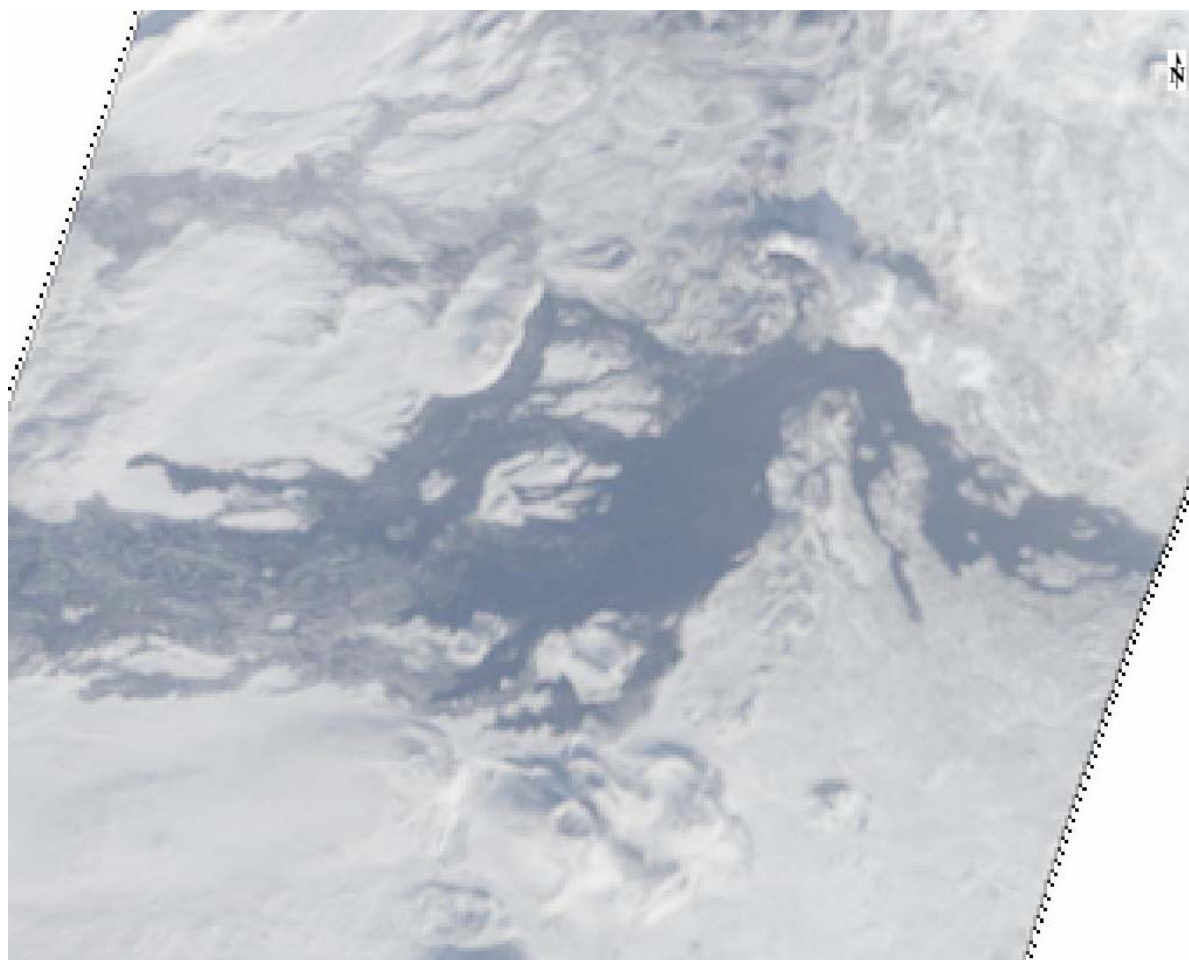
ALI



Спектральные кривые одного и того же участка на снимках Hyperion и ALI. Участок сложен алунистами.

Толбачинский дол

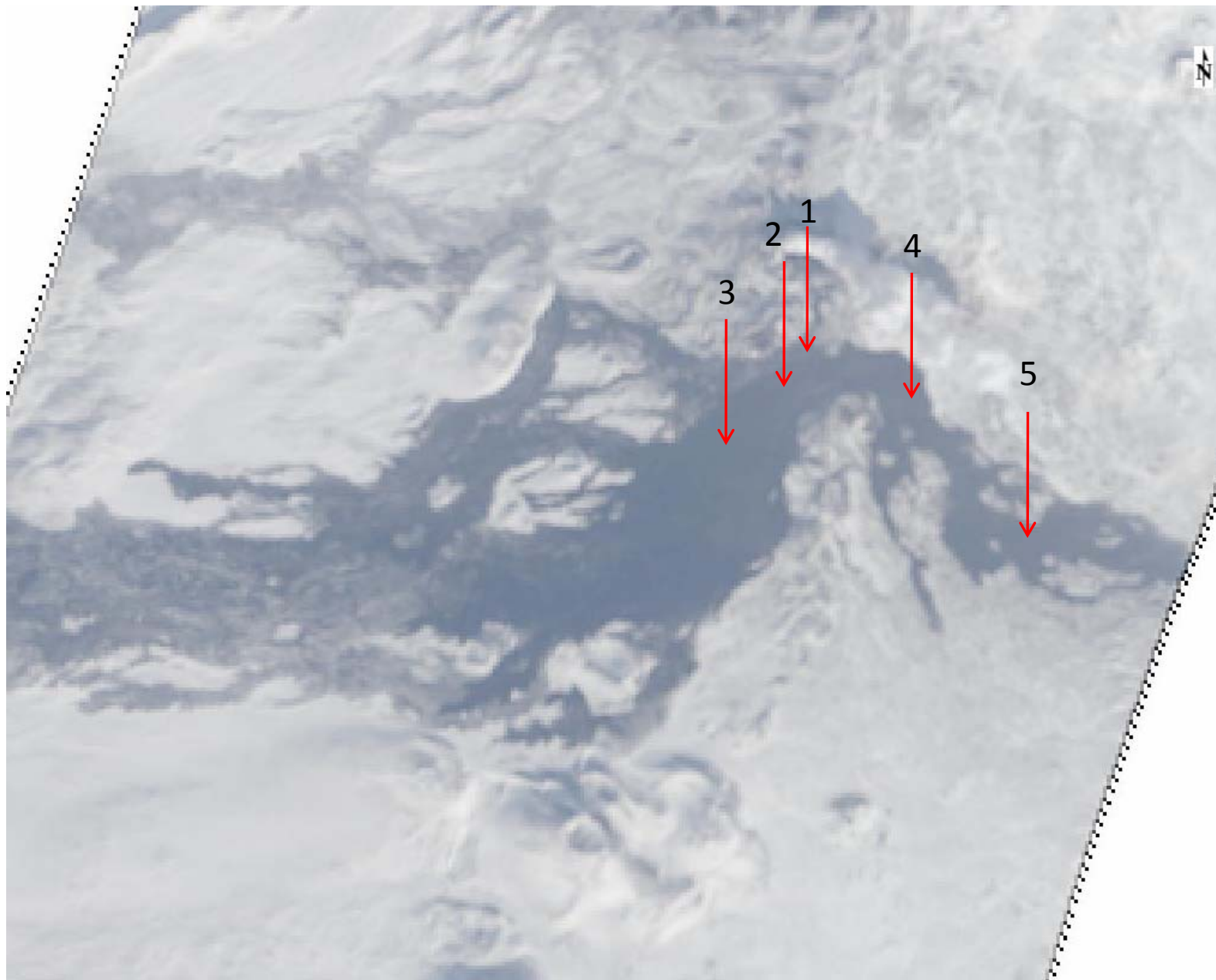
**Лавовый поток Трещинного Толбачинского извержения
им. 50-летия ИВиС ДВО РАН, состав пород - базальты**



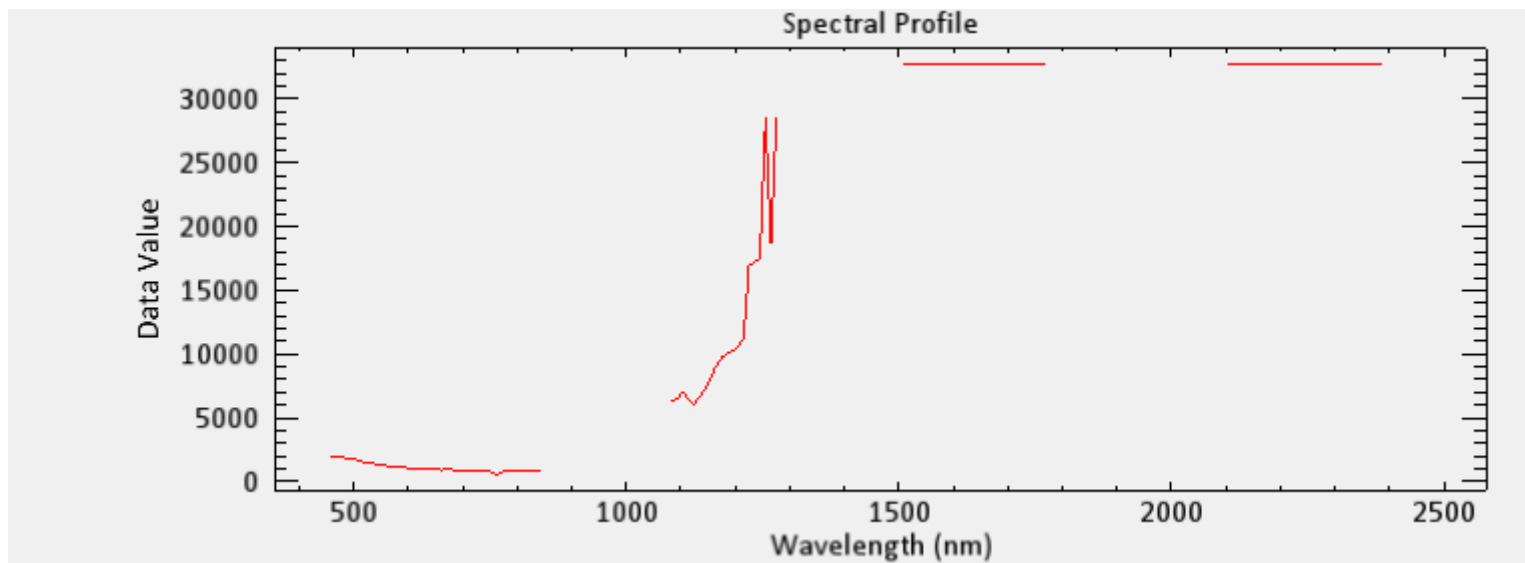
Hyperion, 11.03.2013

**Лавовый поток Трещинного Толбачинского
извержения (ТТИ) им. 50-летия ИВИС ДВО РАН,
состав пород - базальты**

**Участки, на которых определялись спектральные
характеристики свежих лавовых потоков**



1



2

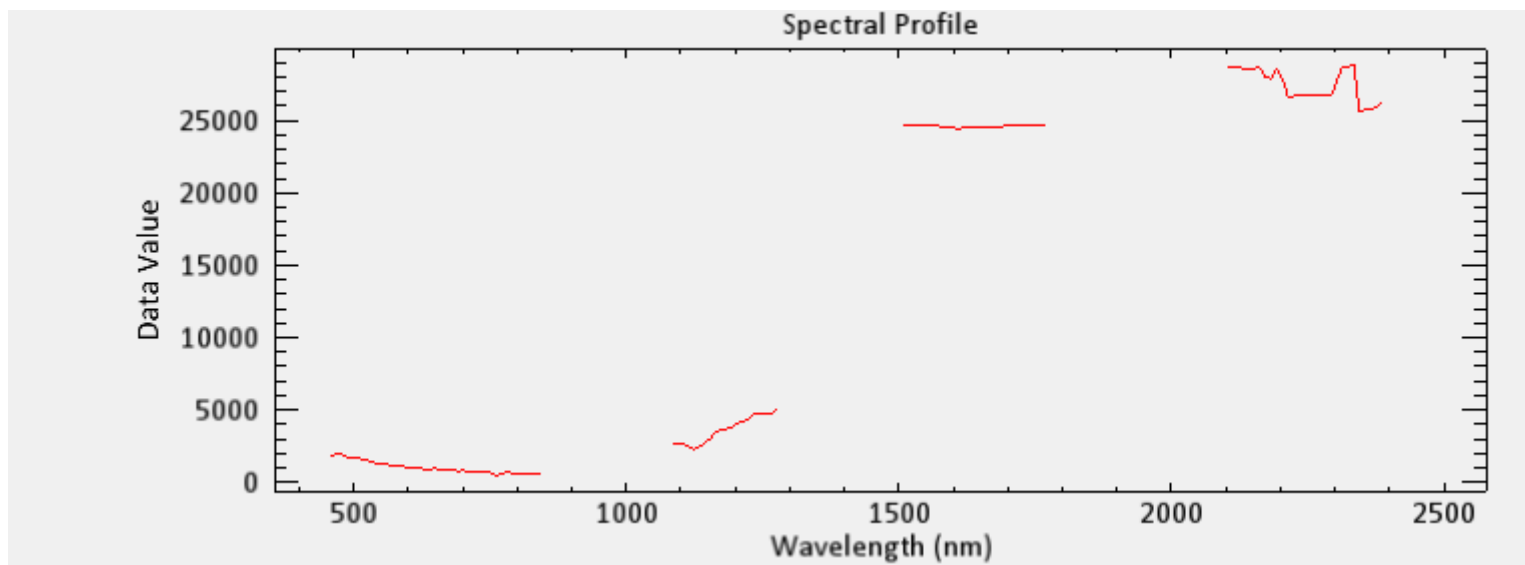
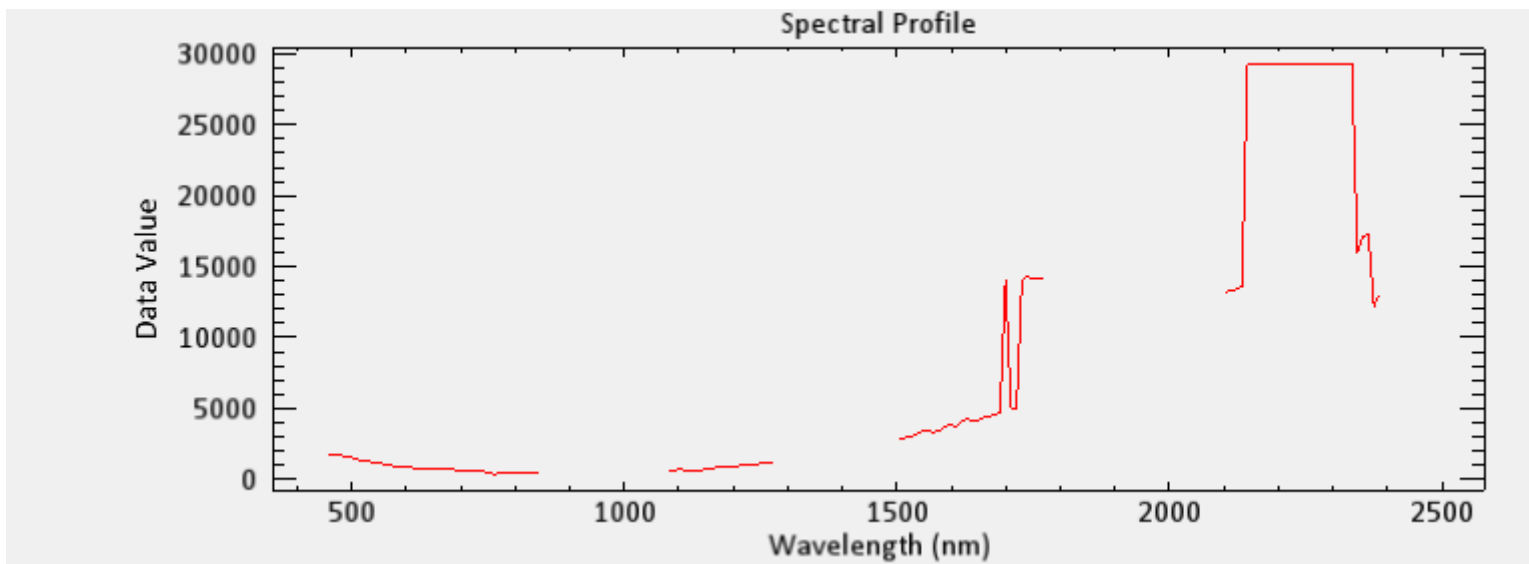


Рис. 1 и 2 характеризуют свежий горячий лавовый поток, ему соответствуют высокие значения спектра в ближнем ИК диапазоне. Спектр 2 находится дальше от источника излияния лавы, что отражено в смещении максимума спектра в ИК диапазоне

3



4

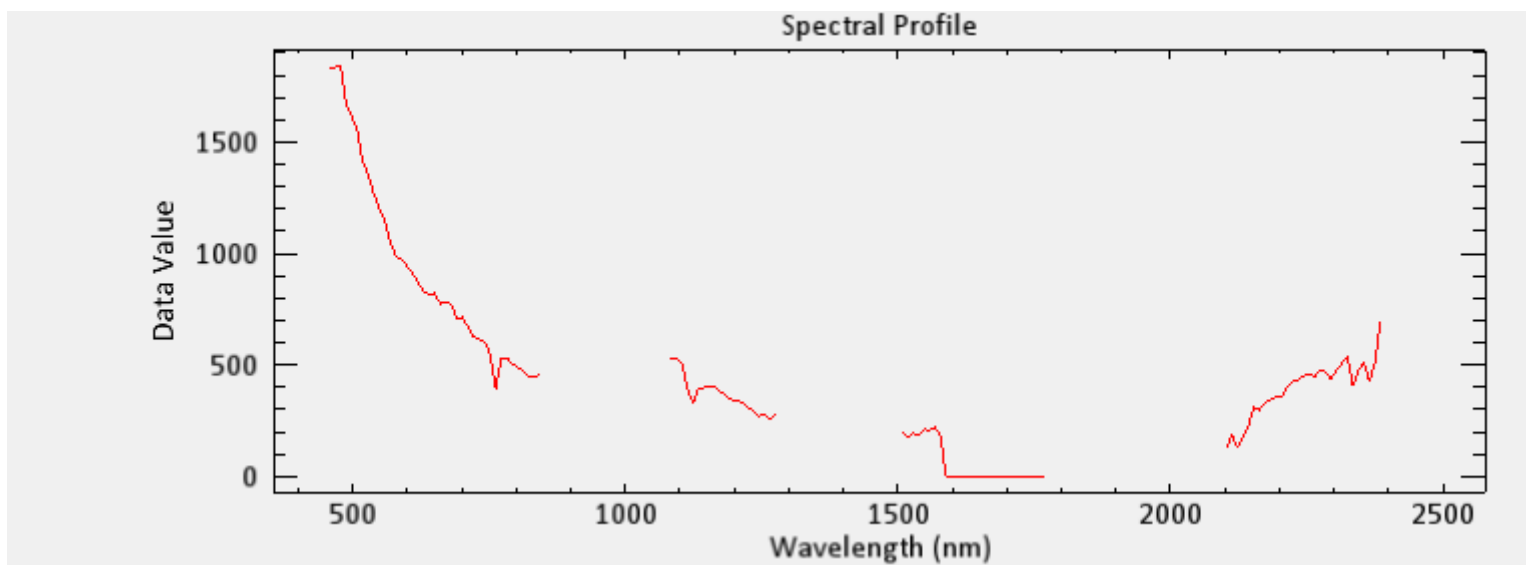


Рис. 3 характеризует начавший остывать лавовый поток. Рис. 4 соответствует почти холодному лавовому потоку относительно показанных на рис. 1-3 (в ИК диапазоне не регистрируется высоких значений спектральных характеристик)

5

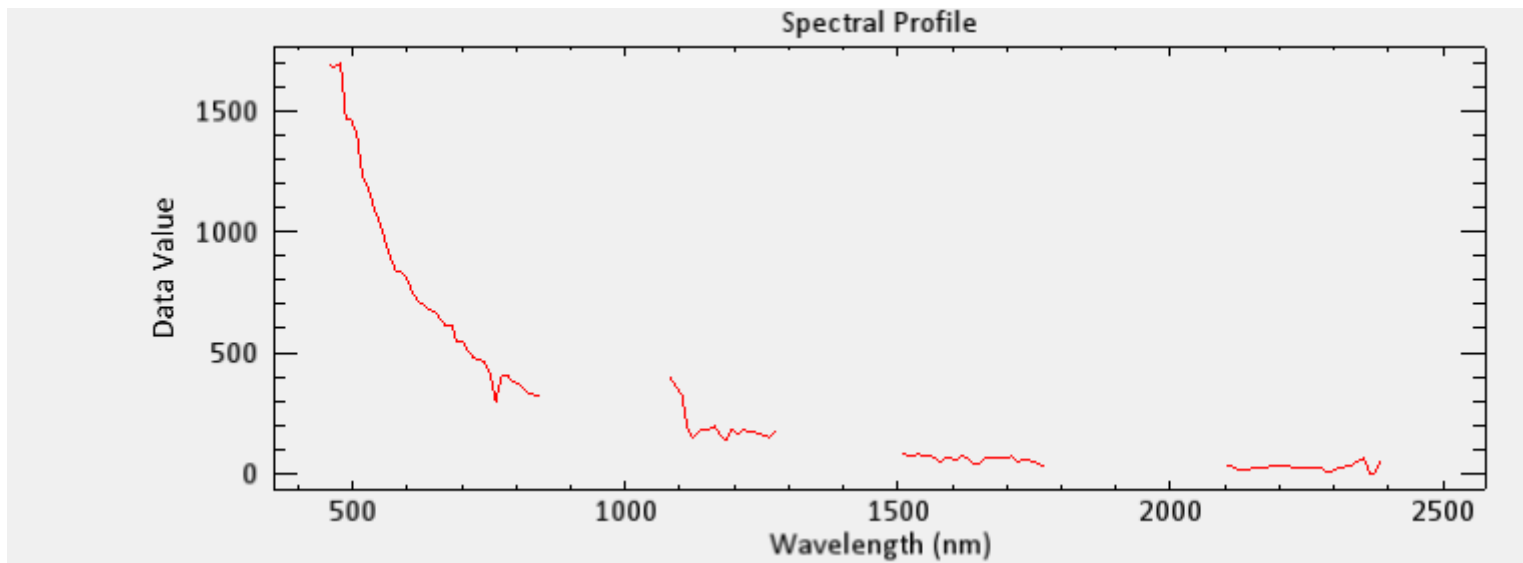


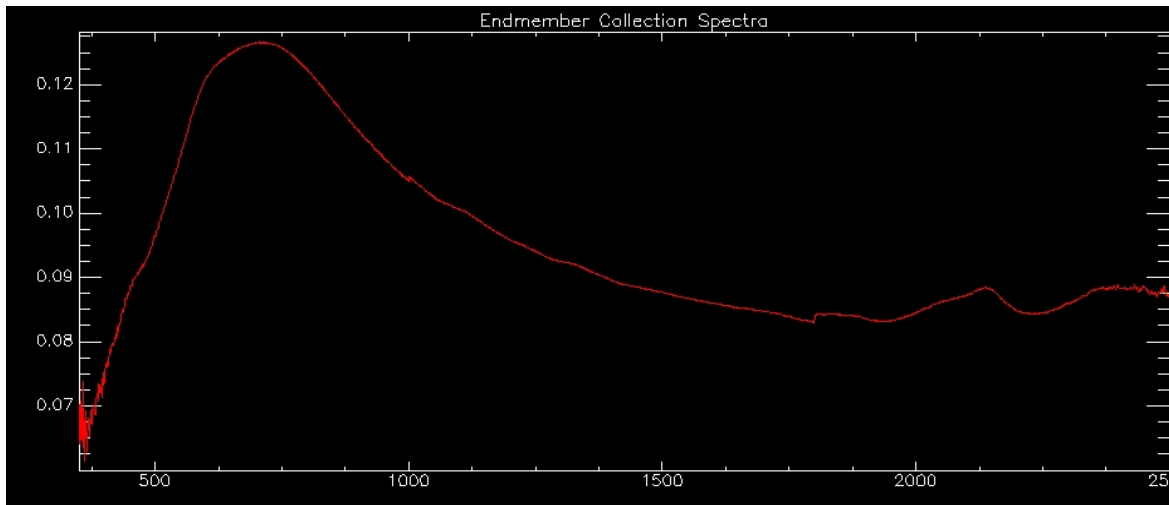
Рис. 5 - холодный участок лавового потока (значения спектральных характеристик в ИК диапазоне минимальны).

Для верификации спектральных характеристик лавового потока использовался наземный полевой гиперспектрометр FieldSpec 4 (ASD)

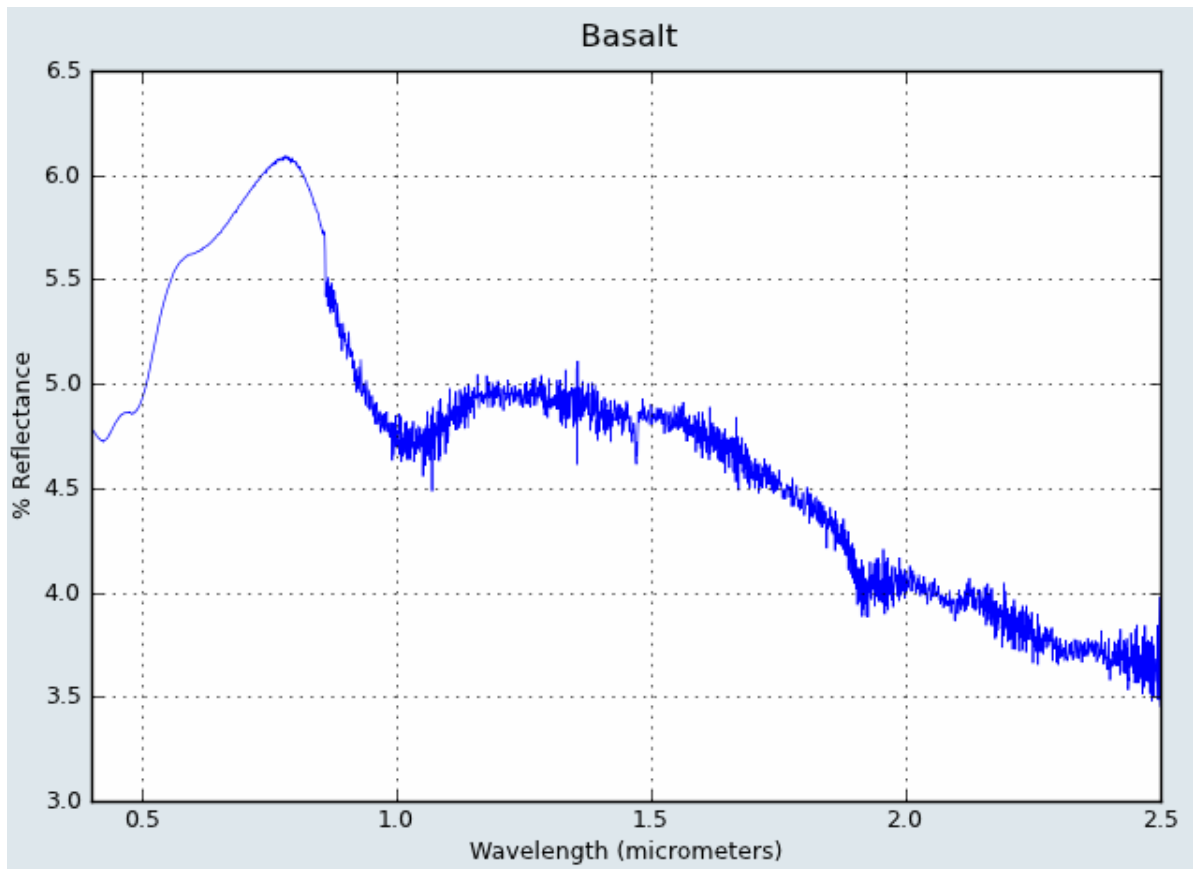
Характеристики спектрометра

Spectral Range	350-2500 nm
Spectral Resolution	3 nm @ 700 nm 8 nm @ 1400/2100 nm
Sampling Interval	1.4 nm @ 350-1050 nm 2 nm @ 1000-2500 nm
Scanning Time	100 milliseconds
Stray light specification	VNIR 0.02%, SWIR 1 & 2 0.01%
Wavelength reproducibility	0.1 nm
Wavelength accuracy	0.5 nm





Спектр образца базальта из лавового потока ТТИ им. 50-летия ИВиС ДВО РАН (FieldSpec 4)



Эталонный образец спектра базальта из спектральной библиотеки USGS.

Как показано выше, основные спектральные характеристики базальтов лавового потока ТТИ им. 50-летия ИВиС ДВО РАН, полученные с помощью спектрометра FieldSpec4 и анализа снимка Hyperion (рис. 5) совпадают.

Также полученные спектральные характеристики базальтовой лавы Толбачика достаточно похожи на эталонный спектр базальтов из библиотеки USGS, что указывает на корректность проведенных нами исследований.

Выводы

- Использование мульти- и гиперспектральных спутниковых данных предоставляет уникальную возможность дистанционного обнаружения, идентификации, классификации объектов и явлений, связанных с проявлением активного вулканизма и современных гидротермальных процессов.
- Автоматизация работ по определению ключевых спектральных характеристик вулканогенных пород и картированию таких пород является приоритетной задачей развития локальных и web-ориентированных программных комплексов.