

Some Results of HRSC data analysis for Phobos

## Спектрофотометрические исследования поверхности Фобоса по результатам съемки камерой HRSC

**Пацын В.С.<sup>1</sup>**, **Малинников В.А.<sup>1</sup>**, **Гречищев А.В.<sup>1</sup>**, **Андреев М.В.<sup>1</sup>**, **Оберст Ю.<sup>1,2</sup>**

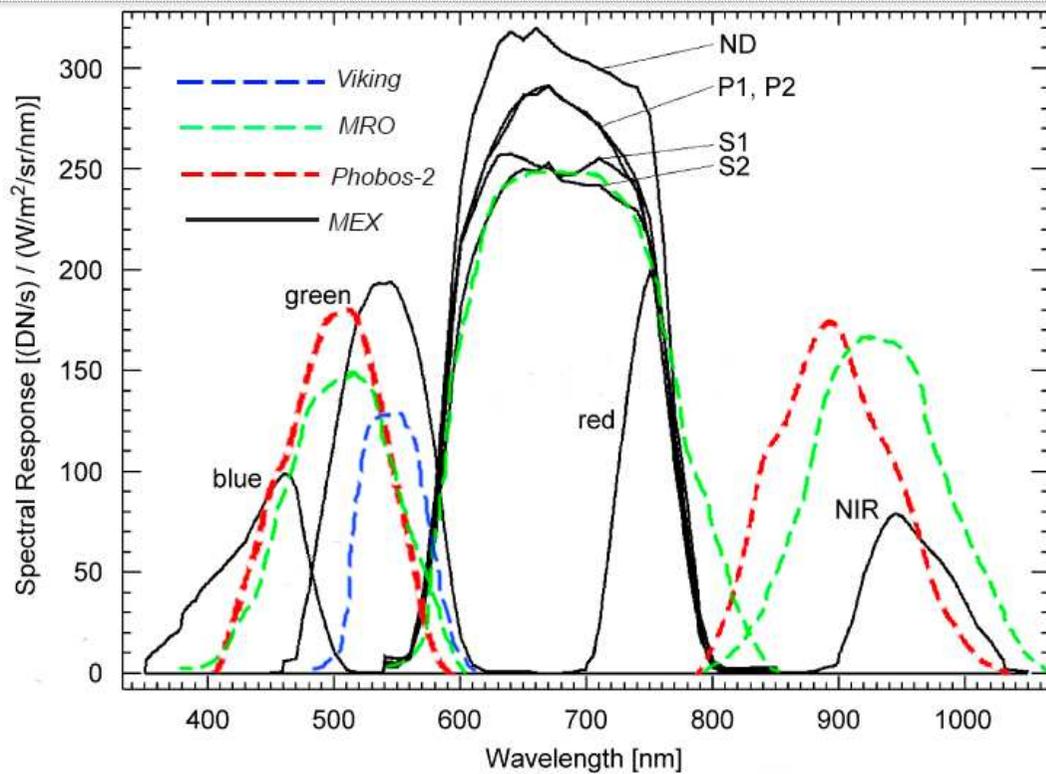
<sup>1</sup> *Московский государственный университет геодезии и картографии (МИИГАиК), Москва, Россия;*

<sup>2</sup> *Немецкий аэрокосмический центр (DLR), Институт планетарных исследований, Берлин, Германия.*

# 1. Characteristics of the camera

## HRSC – телевизионная камера высокого разрешения

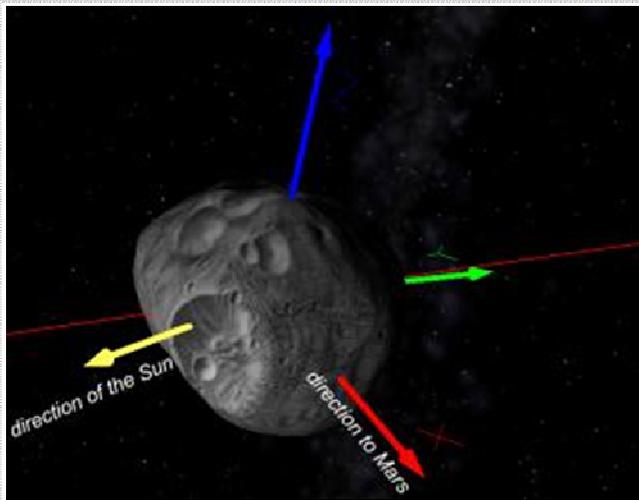
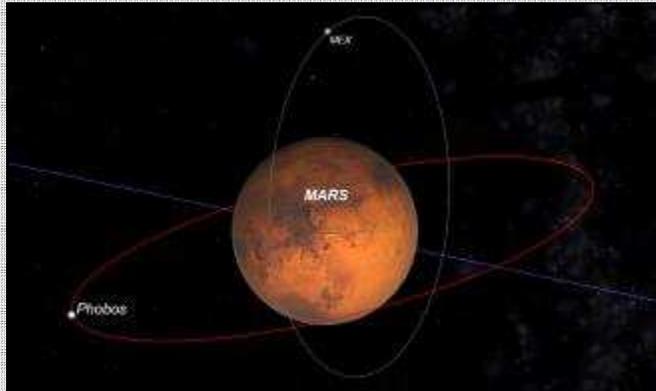
**ND**—панхроматический надирный канал; **S1,S2**—стерео-1 и стерео-2 каналы;  
**P1,P2**—рфотометрический-1 и фотометрический-2 каналы (все  $675 \pm 90 \text{ nm}$ );  
**Синий канал** ( $440 \pm 45 \text{ nm}$ ); **Зелёный канал** ( $530 \pm 45 \text{ nm}$ );  
**Красный канал** ( $750 \pm 20 \text{ nm}$ ); **БИК канал** (NIR) channel ( $970 \pm 45 \text{ nm}$ ).



Ближний ИК-канал	+15.9
Зелёный канал	+3.3
Панхроматический надирный канал	0
Синий канал	-3.3
Красный канал	-15.9

## 2. Object of study

Марс Экспресс совершил 170 пролетов около Фобоса, при этом только 42 из них содержат 4 спектральных канала

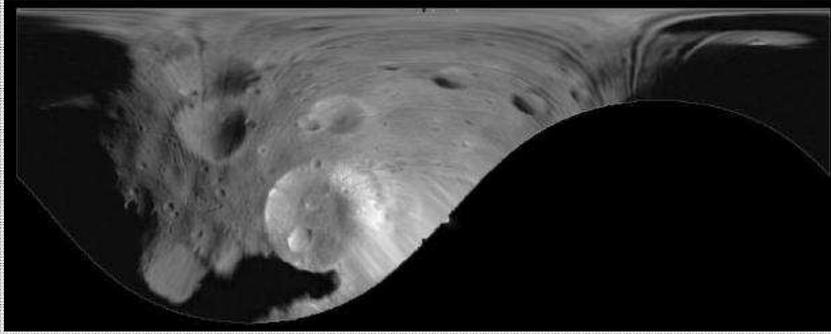


После анализа спектральных изображений выявлен ряд проблем в обработке данных:

- Все спектральные изображения получены при разных углах съемки;
- Из-за необычной формы Фобоса, при геометрической обработке необходимо использовать ЦМР Фобоса;
- Съемка Фобоса проводилась в моменты сближения с ним КА, с расстояний в пределах 140-4000 км. Вследствие этого один пиксель изображения HRSC соответствует элементу поверхности Фобоса размером 5-670 м;
- Некоторые изображения были переэкспонированны;
- Множество изображений зашумлены.

### 3. Digital image processing

#### Ортотрансформация изображений



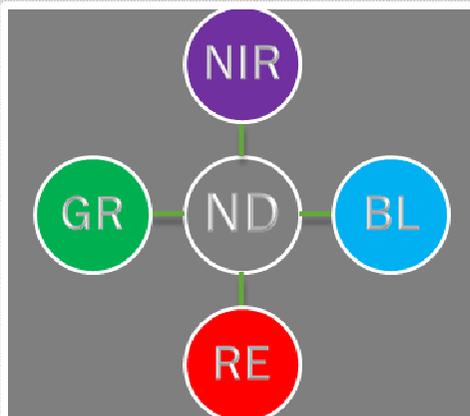
Для ортотрансформации изображений в равнопромежуточную цилиндрическую проекцию использовали программный комплекс ISIS

#### Фотометрическая коррекция изображений с камеры HRSC

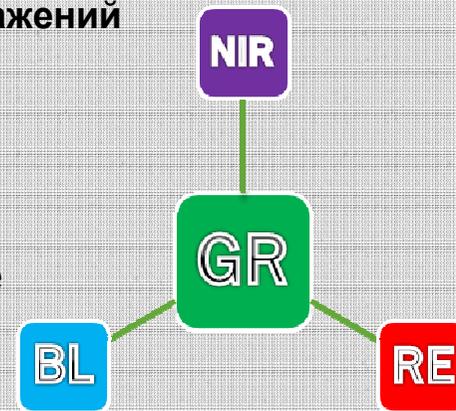
$$\frac{I}{F} = \frac{\omega}{4} \times \frac{\mu_0}{\mu_0 + \mu} \{ [1 + B(\alpha, h, B_0)] \times P(\alpha) + [H(\mu_0) \times H(\mu) - 1] \} \times S(\alpha, \theta)$$

Harke formula

#### Ко-регистрация ортотрансформированных изображений

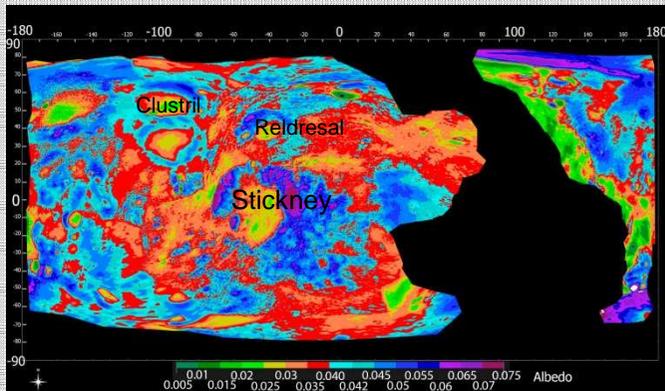


Для точного совмещения спектральных каналов «пиксель в пиксель» использовали программное обеспечение Scanex Image Processor

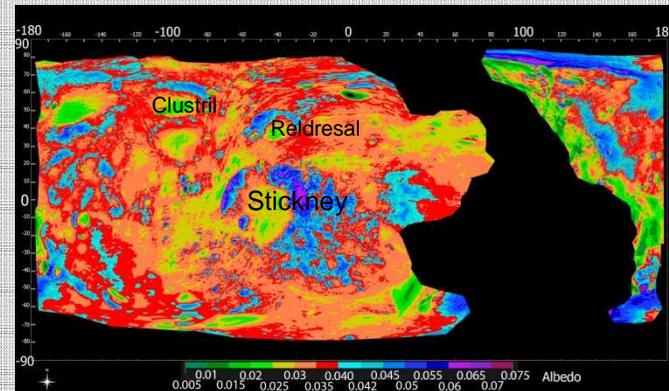


## 4. Albedo Maps

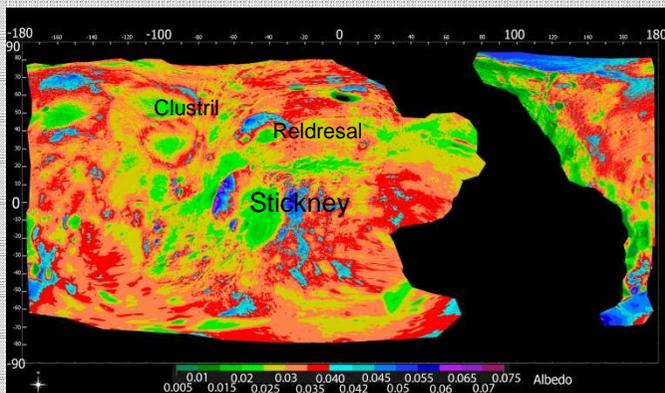
### Карты альbedo поверхности Фобоса



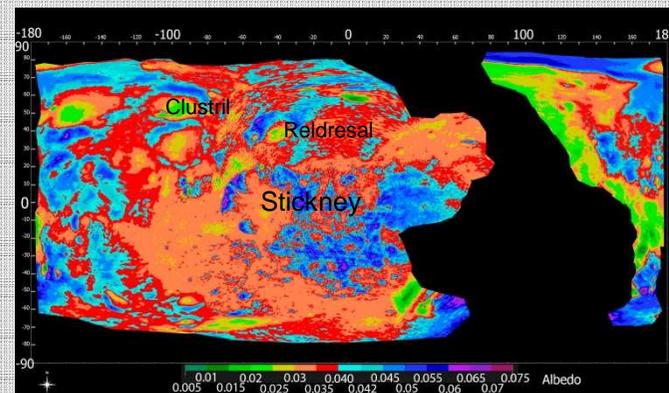
Blue channel



Green channel



Red channel

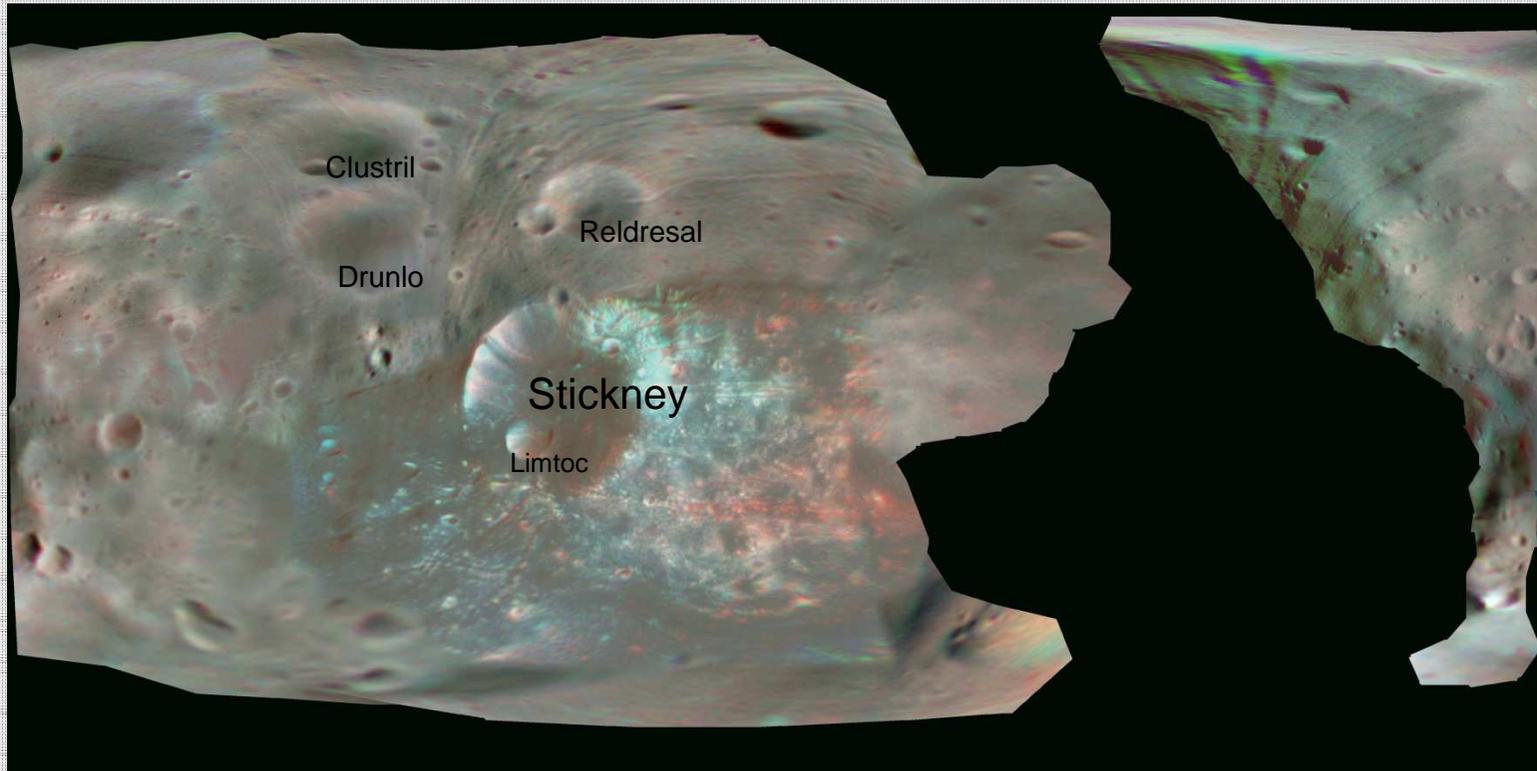


Near IR channel

Карты альbedo строились для каждого из четырех каналов с учетом коэффициента перевода значений пикселей из *density* в альbedo. 5

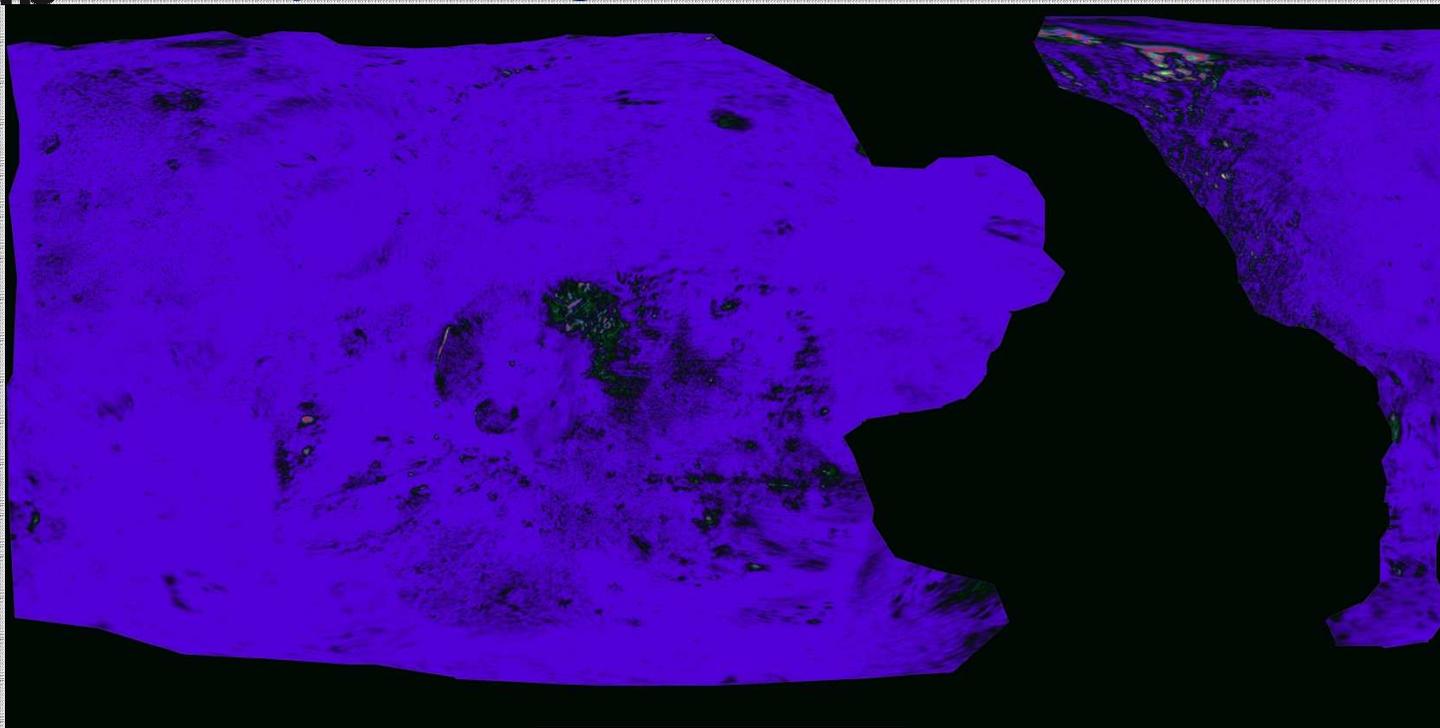
## 5. Creation of image mosaics

Используя мозаики спектральных каналов, получили цветосинтезированное изображение поверхности Фобоса в естественных цветах



Цветосинтезированное RGB-изображение  
(Red-750 nm, Green-530 nm, Blue-440 nm)

## 6. Analysis of image mosaics

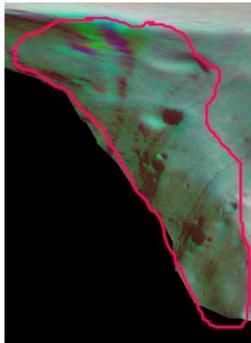
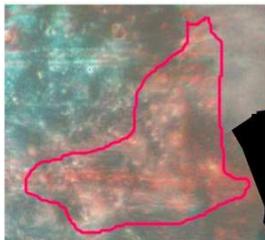
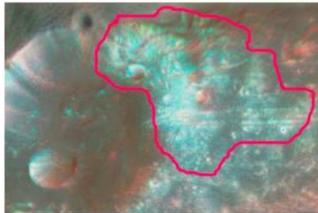


ENVI RX Anomaly Detection Tool приложение предназначенное для быстрого обнаружения объектов, которые по своим спектральным характеристикам отличаются от общего фона изображения.

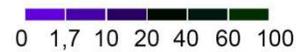
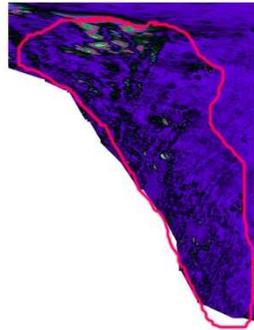
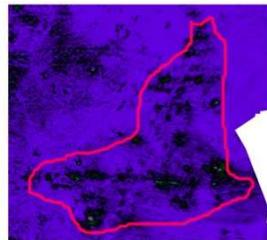
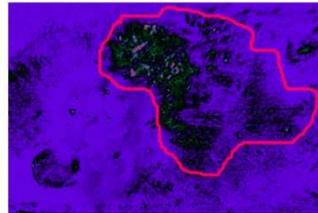
Результат обнаруженных аномалий, полученный, с помощью алгоритма RX может быть визуализирован в виде черно-белого (или цветного) изображения, в котором, тем выше вероятность аномалий, чем выше значение пикселя.

## 6. Analysis of image mosaics

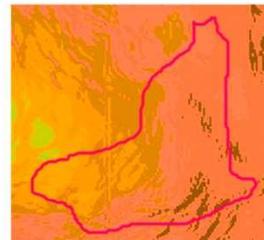
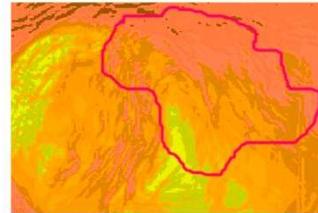
Цветосинтезированное изображение



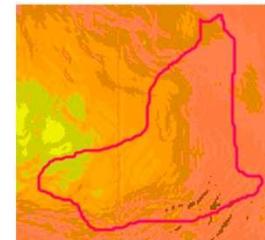
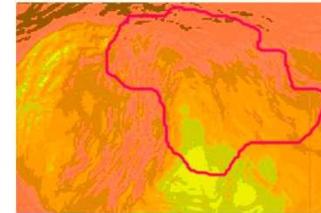
Карта аномалий



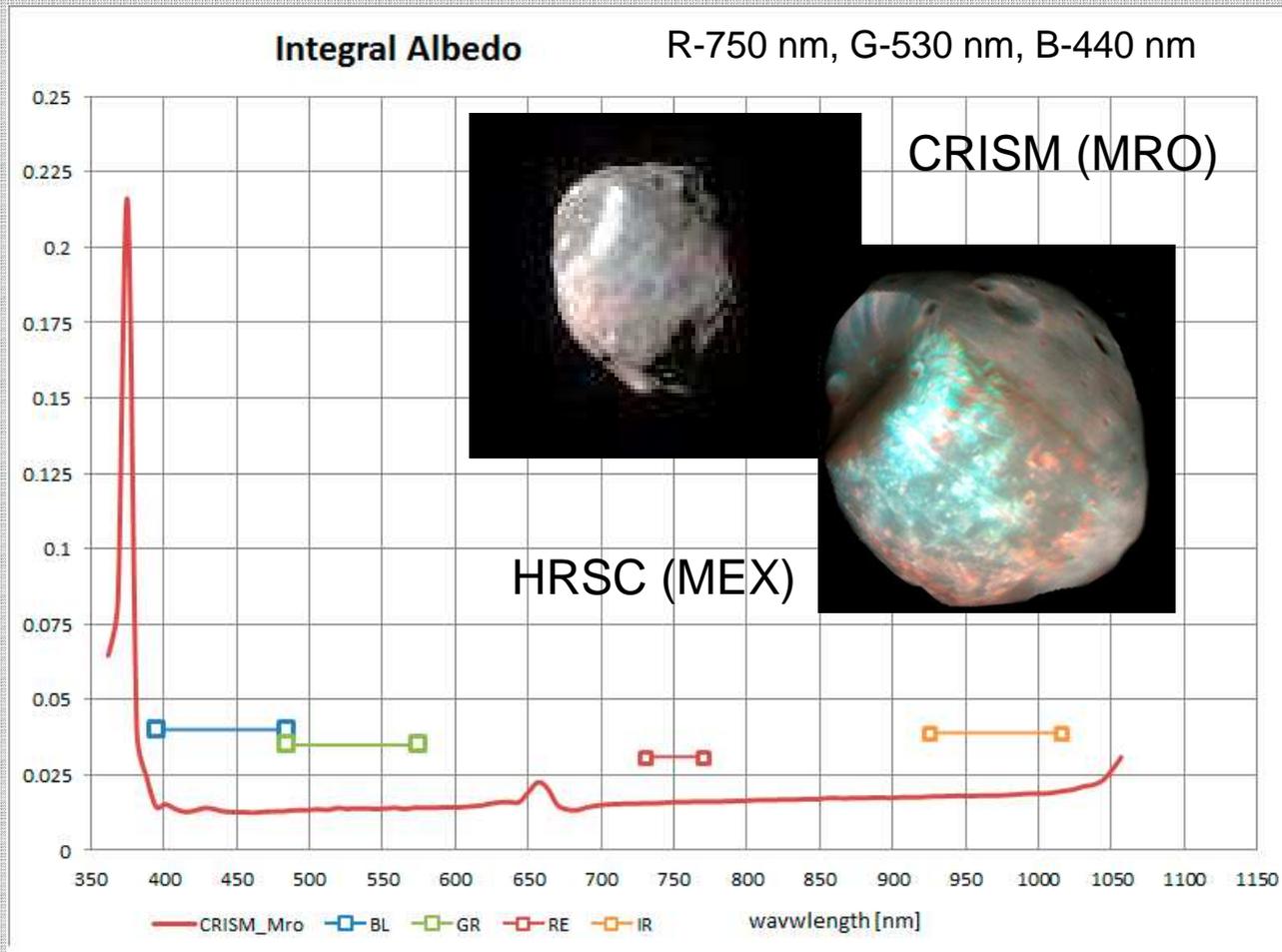
Угол отражения солнечного излучения от поверхности на оптическую систему



Угол падения солнечного излучения на поверхность



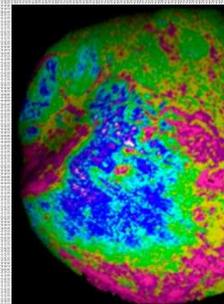
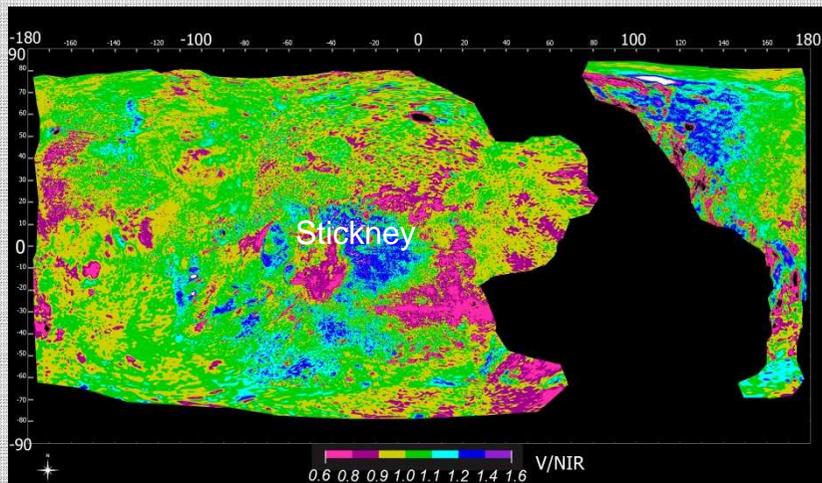
# Some Results HRSC data analysis for Phobos



	BL	GR	RE	IR
albedo	0.040	0.035	0.031	0.039
wavelength	440±45	530±45	750±20	970±45

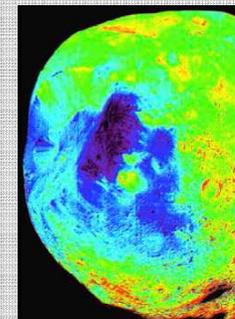
## 7. Ratio Maps

Карты распределения цветового отношения V/NIR и V/Red по поверхности Фобоса

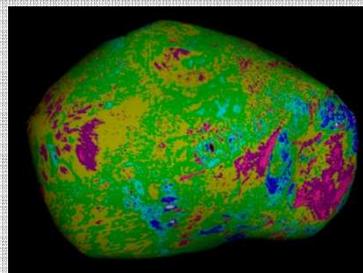
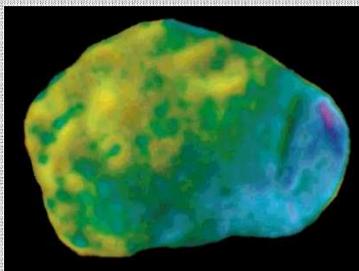


Mars Express

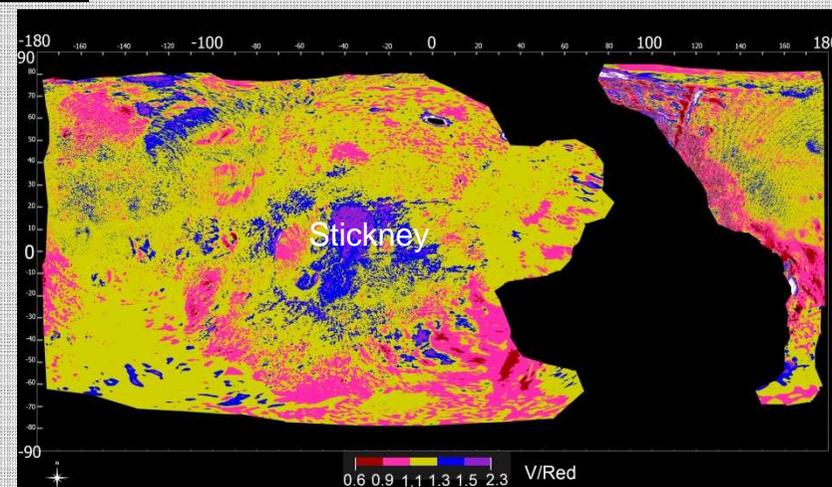
MRO



Phobos-2

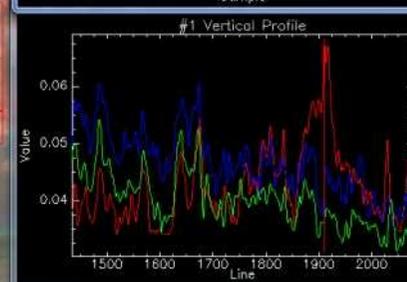
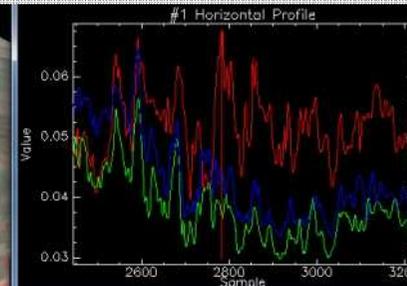
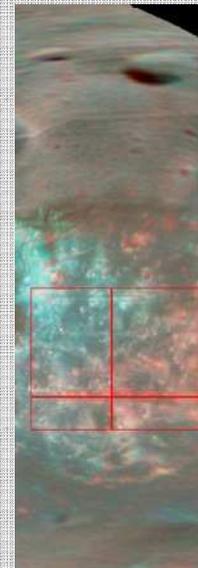
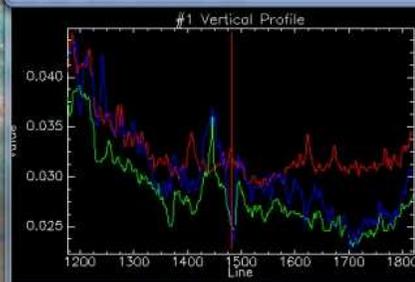
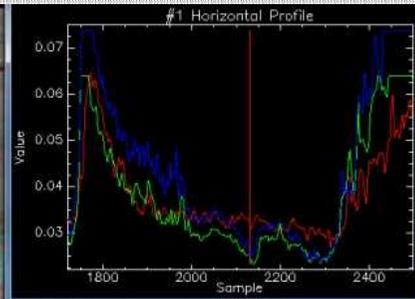
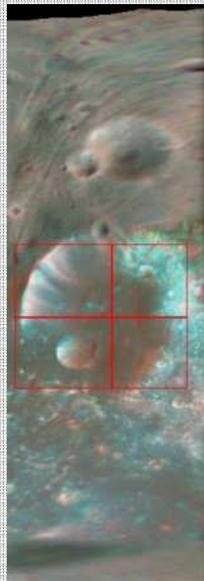
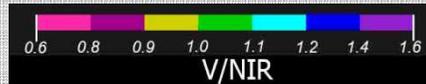
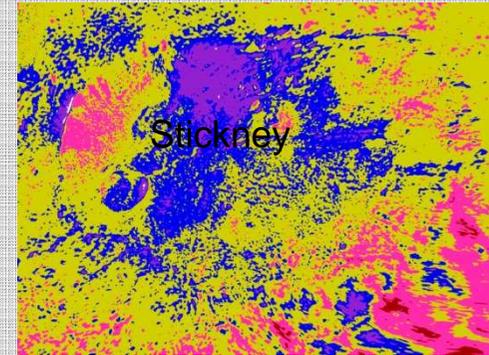
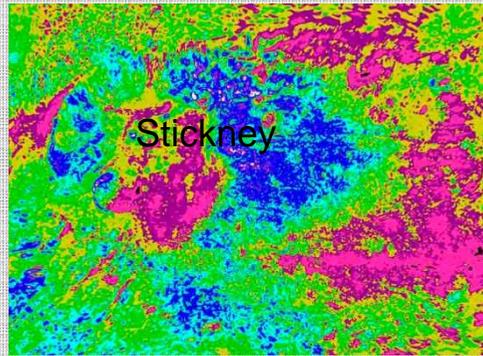


Mars Express



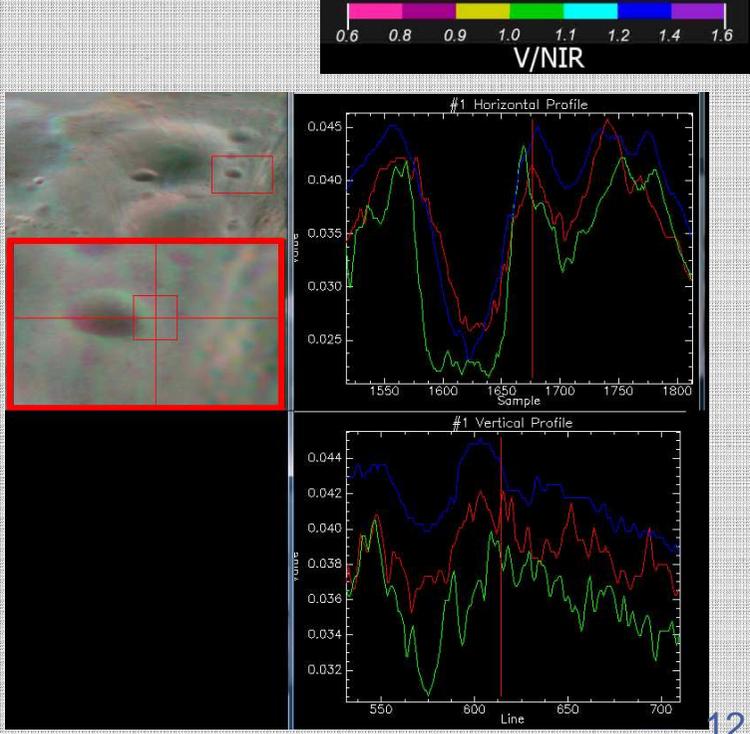
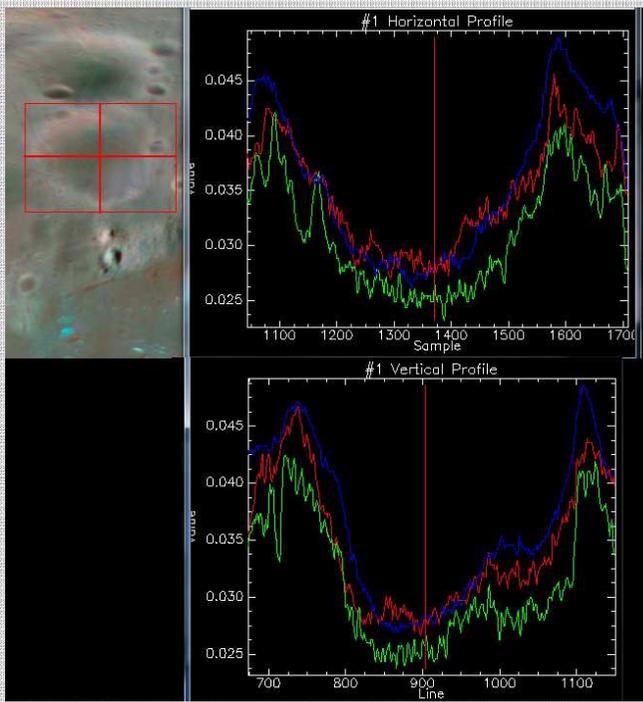
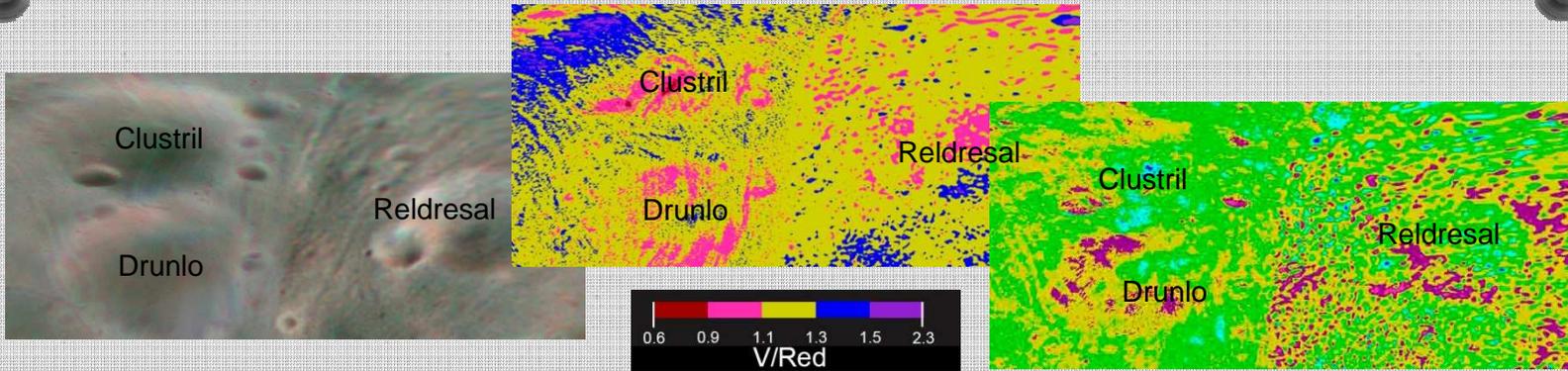
Изображения показывают, что поверхность является спектральной неоднородной. Цветовое отношение V/NIR изменяется в пределах от 0.70 до 1.60, а отношение V/RED от 0.6 до 2.3.

# 8. Analysis



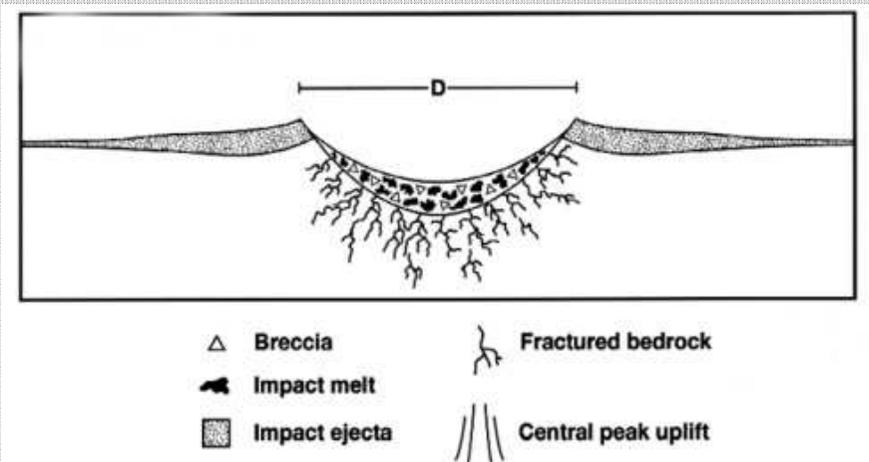
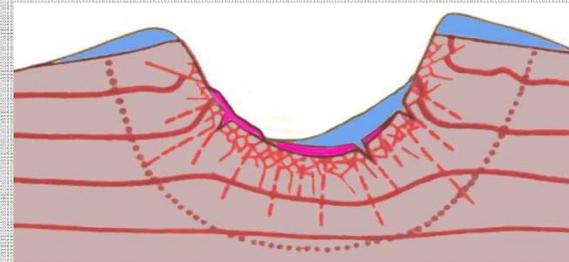
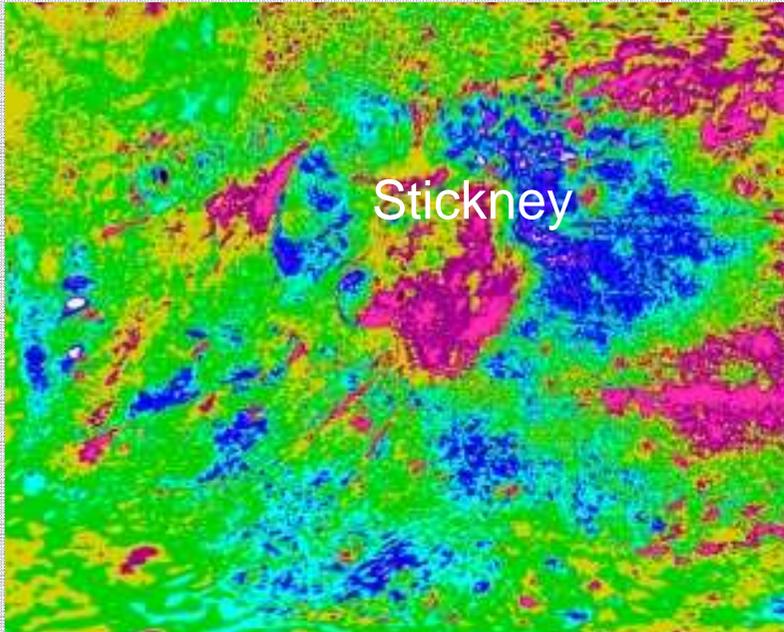
Profiles for IrGrBl images

# 8. Analysis



Profiles for IrGrBl images

## 8. Analysis



### Результаты:

- Построены карты альbedo поверхности Фобоса;
- Построены карты распределения цветовых отношений V/NIR и V/RED по поверхности Фобоса;
- Выполнен анализ и сравнение результатов с результатами, полученными в ходе предыдущих миссий к Фобосу.

### Планы:

- Использовать иные формулы для фотометрической коррекции (в том числе формулы Акимова, Шкуратова);
- Сравнить новые результаты фотометрической коррекции с полученными ранее, продолжить спектральный анализ поверхности Фобоса;
- Геоморфологический и спектрометрический анализ поверхности в районе возможной посадки будущей миссии к Фобосу.

Some Results HRSC data analysis for Phobos

# Спасибо за внимание

## Благодарности

Работа выполнена при поддержке гранта Правительства РФ по постановлению от 9 апреля 2010 г. № 220 «О мерах по привлечению ведущих ученых в российские образовательные учреждения высшего профессионального образования» по договору № 11.G34.31.0021, заключенному между Министерством образования и науки РФ, профессором Юргеном Оберстом и Московским государственным университетом геодезии и картографии.

15