

УДК 551.3:528.88

А. П. ГУСЕВ, И. А. ШАВРИН, И. И. КОЗЮЛЕВ

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СНИМКОВ ASTER ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ  
СОСТАВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ**

*УО «Гомельский государственный университет имени Франциска  
Скорины», г. Гомель, Беларусь,  
[gusev@gsu.by](mailto:gusev@gsu.by)*

*В работе рассмотрено применение многозональной космической съемки для изучения минералогического и литологического состава поверхностных отложений. Дана характеристика возможностей сенсора ASTER. Рассмотрены спектральные индексы, которые можно*

*использовать для оценки минералогического и литологического состава поверхностных отложений.*

*Ключевые слова: дистанционное зондирование Земли, ASTER, индикатор, спектральные индексы, поверхностные отложения*

Индикация с помощью дистанционного зондирования геологического строения базируется на спектральных характеристиках наиболее распространенных минералов (классов минералов и гидроксильных групп воды в минералах). Спектры горных пород весьма разнообразны и зависят от минерального состава, размера зерен, особенностей кристаллической решетки минералов. В ближнем инфракрасном диапазоне четко различаются спектры глин, карбонатов, сульфатов [2].

Важными свойствами поверхности горных пород, от которых зависят их спектральные характеристики, являются: вид неровностей поверхности, их размер и форма, скульптурность (текстура и структура породы), размер, степень связности, минеральный состав частиц, образующих массу горной породы. Эти свойства влияют на спектры отраженного и поглощенного потоков энергии. Причем, наибольшее влияние на спектральные свойства оказывает минеральный состав, степень цементации и величина зерен горной породы, ее пористость и микротрещиноватость.

Например, плотные и слаботрещиноватые породы и грунты имеют более высокий коэффициент спектральной яркости, чем трещиноватые и пористые. От минерального состава зависит цвет горных пород, который влияет на спектр отраженного и поглощенного излучения: светлые породы отражают свет сильнее, чем темные. На отражающую способность пород влияет их влажность: влажные породы и грунты темнее сухих на пахроматических снимках [1].

Для изучения состава поверхностных отложений могут эффективно использоваться методы дистанционного зондирования Земли, в частности космическая многозональная съемка сенсора ASTER спутника Terra. Сенсор ASTER разработан в Японии, эксплуатация, калибровка, обработка и распространение осуществляется Японией и США [3, 4].

Мультиспектральный сенсор ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer), размещенный на спутнике Terra, регистрирует изображения в трех диапазонах: видимом и ближнем инфракрасном (VNIR), коротковолновом инфракрасном (SWIR), тепловом инфракрасном (TIR). Съемка ведется с 1999 г.

Сенсор VNIR снимает в 4 каналах с разрешением 15 м, сенсор SWIR – в 6 каналах с разрешением 30 м, сенсор TIR – в 5 каналах

с разрешением 90 м. Ширина полосы захвата составляет 60 км. Используемая проекция – UTM. Зона VNIR предназначена для измерения параметров растительного покрова, снежного покрова, воды и степени окисления поверхности.

Зона SWIR оптимальна для диагностики минералов, в особенности гидратированных минералов в глинистых почвах и породах. Зона TIR предназначена для определения температуры земной поверхности и индикации основных типов горных пород. Цифровая модель рельефа разрабатывается с помощью стереоскопических изображений каналов 3N и 3B и предоставляются как продукт ASTER Global DEM (GDEM). Характеристика каналов сенсора ASTER приводится в [таблице 1](#).

Для решения геологических задач по данным съемки ASTER (каналы VNIR и TIR-диапазона) предложены следующие индексы (Pour, Hashim, 2011; Ninomiya, Fu, 2016): индексы оксидов железа (Ferric iron, Ferric iron), кварцевый индекс (QI), карбонатный индекс (CI), силикатный или мафический индекс (MI). На основе каналов SWIR-диапазона вычисляются индексы (Pour, Hashim, 2011): каолинитовый индекс (KLI), алунитовый индекс (ALI), кальцитовый (CLI). Формулы расчета данных индексов по каналам сенсора ASTER приведены в [таблице 2](#).

**Таблица 1 – Характеристика каналов мультиспектрального сенсора ASTER**

Подсистемы	№ канала	Спектральный диапазон, мкм	Пространственное разрешение, м
VNIR	1	0,52-0,60	15
	2	0,63-0,69	
	3N	0,78-0,86	
	3B	0,78-0,86	
SWIR	4	1,60-1,70	30
	5	2,145-2,185	
	6	2,185-2,225	
	7	2,235-2,285	
	8	2,295-2,365	
	9	2,360-2,430	
TIR	10	8,125-8,475	90
	11	8,475-8,825	
	12	8,925-9,275	
	13	10,25-10,95	
	14	10,95-11,65	

Простейшим индексами являются индексы, указывающие на содержание оксидов железа в поверхностных отложениях. Они вычисляются по соотношению яркостей (коэффициент отражения)

красного (RED) и синего (BLUE) каналов. Так, по индексу трехвалентного железа (Ferric iron) можно выделять области с повышенным содержанием гематита в поверхностных отложениях.

**Таблица 2 – Спектральные индексы – индикаторы минералогического состава горных пород**

Показатель	Формула для расчета индекса (каналы ASTER)	Решаемая задачи
Индекс трехвалентного железа (Ferric iron)	$B2/B1$	Оценка содержания оксидов железа
Индекс двухвалентного железа (Ferrous iron)	$B1/B2$	
Кремнеземный индекс (QI)	$B11*B11 / B10*B12$	Оценка содержания кварца
Карбонатный индекс (CI)	$B13/B14$	Оценка содержания карбонатов
Мафический индекс (MI)	$B12/B13$	Оценка содержания силикатов
Каолинитовый индекс (ALI)	$(B4/B5)*(B8/B6)$	Оценка содержания каолиновых глин
Алунитовый индекс (ALI)	$(B7/B5)*(B7/B8)$	Оценка содержания квасцов
Кальцитовый индекс (CLI)	$(B6/B8)*(B9/B8)$	Оценка содержания кальцита

По данным [3] для горных пород, богатых кварцем, значение  $QI > 1,05$ , для горных пород, богатых карбонатами, значения  $CI > 1,05$ . Выходы на поверхность ультраосновных пород можно индцировать по индексу  $MI (> 0,92)$ . Покровы из базальта и габроидов имеют значения  $MI$  около 0,90. Алунитовый индекс (ALI) служит для оценки содержания сульфатов, т.е. зон засоления. Кроме того, имеются и другие индексы, чувствительный к содержанию таких минералов, как доломит, амфиболы, серицит, мусковит, иллит, эпидот и т.д.

Основным ограничением использования индексов-индикаторов минералогического состава является растительный покров. Поэтому наиболее эффективно применение космической съемки ASTER в пустынных и горных районах. Использование дистанционных методов для изучения состава поверхностных на территории Беларуси возможно только на локальных участках, лишенных растительного покрова (обрабатываемые земли до появления всходов растений), карьеры, строительные площадки и т.д.

## Список литературы

1 Кронберг, П. Дистанционное изучение Земли: основы и методы дистанционных исследований в геологии / П. Кронберг. – М.: Мир, 1988. – 343 с.

2 Тронин, А.А. Спектральные методы дистанционного зондирования в геологии. Обзор / А.А. Тронин, В.И. Горный, С.Г. Крицук, И.Ш. Латыпов // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2011. – Т.8. – №4. – С. 23-36.

3. Ninomiya, Y. Regional Lithological Mapping Using ASTER-TIR Data: Case Study for the Tibetan Plateau and the Surrounding Area / Y. Ninomiya, B. Fu // Geosciences. – 2016. – Vol. 6 (39). – P. 1-52.

4 Pour, A.B., Application of advanced spaceborne thermal emission and reflection radiometer (ASTER) data in geological mapping / A.B. Pour, M. Hashim // International Journal of the Physical Sciences. – 2011. – Vol. 6(33). – P. 7657 – 7668.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНА Ф.СКОРНИЦЫ