

## ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ ПЛАНЕТ И ОБЪЕКТОВ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

Н. Ю. Евпак

Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь, natalyevpak@gmail.com

Рассмотрены общие методы исследования и способы получения научных данных о планетах и объектах Солнечной системы. В процессе устанавливается связь между выбором целевой аппаратуры и научными исследованиями. Сама же связь определяется физическими принципами, лежащими в основе использования соответствующих датчиков и приемников излучения. Подчеркивается актуальность и современность вопроса отправки будущих космических миссий, автоматических межпланетных станций, зондов к телам Солнечной системы. Проведена обработка снимков в видимом диапазоне, полученных с реального космического аппарата Cassini.

Ключевые слова: Солнечная система; планеты; дистанционное зондирование; космический аппарат; исследование космоса.

Понимание истории возникновения и процессов развития нашей Солнечной системы базируется на научных исследованиях планет, далеких комет, астероидов, спутников и других космических тел. Такие исследования помогают установить пути будущей эволюции нашей собственной планеты, найти решения, как сохранить ее ресурсы для наших будущих потомков. Кроме того, есть определенная уверенность, что в текущем веке человечеством будет реализован проект пилотируемых полетов к планетам и спутникам. Поэтому для таких миссий необходима подробнейшая информация о физических и химических условиях на этих телах. Не исключено, что в перспективе возможно терраформирование этих тел и основание на них колоний.

Исследования планет с помощью радиофизической аппаратуры, устанавливаемой на автоматических межпланетных станциях позволяют получить информацию о высотной зависимости температуры и давления в атмосфере, концентрации электронов в ионосфере планеты, данные о рельефе поверхности, диэлектрической проницаемости, плотности и тепловом режиме грунта. Такие исследования объектов космоса могут быть пассивными и активными. Пассивные (или радиоастрономические) методы связаны с изучением характеристик собственного излучения объекта, которое может быть по своему происхождению тепловым, и тогда его интенсивность будет определенным образом зависеть от температуры источника. В остальных случаях излучение является нетепловым, и его интенсивность определяется либо величиной магнитного поля и интенсивностью потоков заряженных частиц, либо другими физическими величинами, характерными для данного механизма излучения. Активные методы исследования связаны с изучением характеристик поглощения, отражения, рассеяния и преломления радиоволн физической средой:

межпланетной средой, атмосферой, поверхностным слоем планеты. Метод радиолокации часто используется при определении местоположения какого-нибудь объекта. При этом передающее устройство посылает радиолокационный сигнал в направлении данного объекта, и после отражения определенная часть энергии сигнала возвращается обратно на приемное устройство. Анализируя характер отражения и рассеяния сигнала некоторой поверхностью, можно получить соответствующую информацию о ее физических характеристиках [1].

Лидар – технология получения и обработки информации об удалённых объектах с помощью активных оптических систем. Лазерные локаторы широко используют в космонавтике и авиации, где они могут выполнять роль точных измерителей высоты. Как и в радиолокации, в оптической локации для обнаружения объекта и получения информации о нем используются импульсы излучения, отраженные объектом. При этом оптическая локация является более точной и детальной. Это связано с острой направленностью лазерных пучков, высокой частотой оптического излучения, исключительно малой длительностью световых импульсов.

Гиперспектральное дистанционное зондирование стало новой областью космической отражательной спектроскопии, и в последние годы многие приборы для получения изображений с помощью спектроскопии выполняли полеты на разных планетах, например картографирование Moon Mineralogy Mapper на борту Chandrayaan-1, миссия VIMS на Cassini, миссия CRISM на Марс-разведчике и другие. Значение отражательной способности, нанесенное на график в зависимости от длины волны, дает кривую спектрального отражения, которая демонстрирует характерные особенности, используемые для определения конкретных присутствующих минералов, что позволяет идентифицировать типы пород. Состав минералов и их атомная структура отражают физико-химические условия, в которых сформировались породы. А это дает прямые подсказки о ключевых параметрах, то есть температуре, давлении, скоростях охлаждения и т. п.

Запуск фотокамер на борту космических аппаратов (КА) и межпланетных станций является важным решением для преодоления помех, связанных с огромными расстояниями до объектов, земной атмосферой и др. Обычно в космос запускают двойную фотокамеру. Одна из них является широкоугольной, другая длиннофокусной. Первая позволяет охватить значительные пространства, но все объекты в ее съемке будут мелкими, в то время как длиннофокусная камера позволяет рассматривать мелкие подробности со значительного расстояния. Часто вместо длиннофокусного объектива ставят полноценный зеркальный телескоп. На КА ставят и навигационные камеры. Их можно рассматривать как универсальные угломерные инструменты, способные определять направления на широкий круг ориентиров, окружающих КА.

По умолчанию, научные камеры снимают в панхроматическом (черно-белом) режиме, в котором фотоматрица принимает весь видимый свет и немного инфракрасного. Сами камеры оснащены сменными цветными фильтрами, которые позволяют анализировать некоторые спектральные характеристики поверхности исследуемых объектов. Обычно фильтры располагаются в специальном колесе, которое позволяет менять их на оптической оси камеры. Цветные изображения можно получить многократной съемкой с чередованием таких фильтров, а затем их объединением.

Снимки аппарата Cassini (занимающийся изучением планеты Сатурн и ее системы колец) после отправки на Землю почти сразу появляются в галерее (<https://solarsystem.nasa.gov>) на сайте миссии и доступны всем желающим. Цветное изображение из набора черно-белых снимков получается смешением базового набора цветов. Для работы были выбраны последовательности кадров (рис. 1), сделанных через RED (красный), GRN (зеленый) и BL1 (синий) фильтры. Часто перед компоновкой кадров их необходимо выровнять друг относительно друга, так как камеры на подобных КА – это сложные научные платформы, которые перемещаются в пространстве с огромными скоростями относительно объекта съемки.

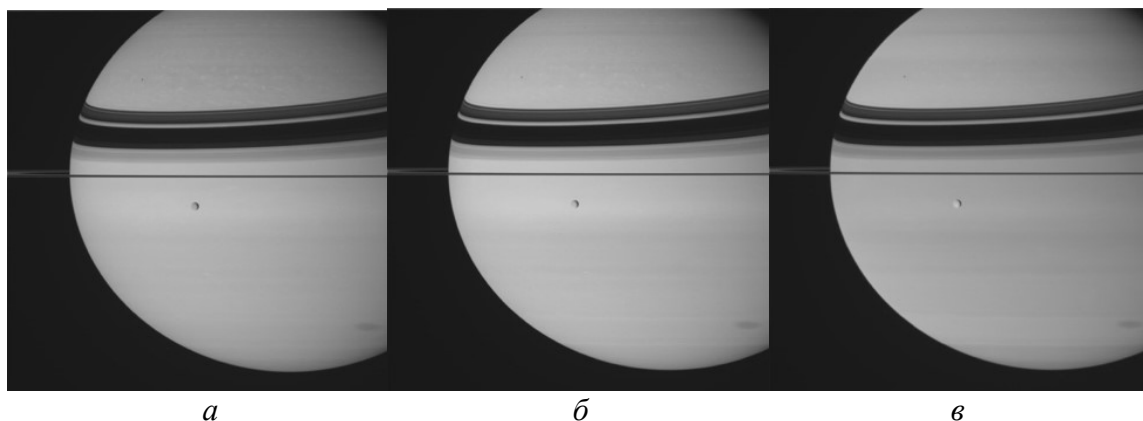


Рис. 1. Оригинальные кадры.  
*a* – фильтр RED, *б* – фильтр GRN, *в* – фильтр BL1.

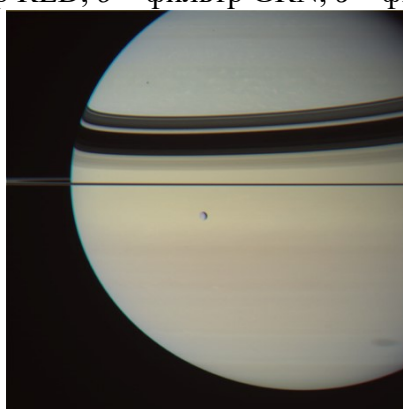


Рис. 2. Итоговый снимок

Поочередно слоями были загружены изображения в редактор GIMP. Через вкладку «Каналы» и выбора функции «склейки» изображений была выбрана соответствующая цветовая комбинация (RGB). В итоге, смешение каналов в верной последовательности и дает цветное изображение. После, с помощью набора других функций редактора (фильтра, цветокоррекции и т.д.), можно далее улучшить его вид. На итоговой фотографии отчетливо виден спутник Рея в момент прохождения по диску Сатурна.

Из вышесказанного можно сделать вывод, что при проектировании космических аппаратов и автоматических межпланетных станций, существенно важным является рациональный выбор набора решаемых задач, качественной и высоконаучной целевой аппаратуры, а также подробнейшее планирование самих запусков. Такие миссии являются высоко финансово затратными и проектируются от нескольких до десятков лет. Поэтому часто в космос запускают аппаратуру, которая на земле уже не сравнится с современными технологиями, однако является проверенной и надежной. Трудно представить дальнейшее развитие фундаментальной науки без подобных средств познания Вселенной. Такие наблюдения вносят огромный вклад в понимание геологических, физических и химических процессов, которые объясняют расхождение эволюционных путей, проходящих по различным планетарным объектам, лунам, небольшим телам Солнечной системы (астероиды и кометы) и нашей планеты, в частности.

#### **Библиографические ссылки**

1. Яковлев О. И. Космическая радиофизика, Москва. 1998. 432 с.
2. Planetary Remote Sensing. An introduction and research guide to Planetary Remote Sensing. URL: <http://dgl.salemstate.edu>.

*УДК 630\*58/64*

### **ДИСТАНЦИОННАЯ ОЦЕНКА ДИНАМИКИ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ПОСЛЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ СИБИРСКОГО ШЕЛКОПРЯДА**

С. В. Князева, Н. В. Королева, С. П. Эйдлина, Е. Н. Сочилова

Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН г. Москва, Россия,  
[knsvetl@gmail.com](mailto:knsvetl@gmail.com)

Представлены результаты дистанционной оценки динамики растительности на территории очага повреждения темнохвойной тайги сибирским шелкопрядом (1994-1995 г.) в районе Нижнего Приангарья. Оценка проведена на основе классификации снимков Landsat с использованием при выборе эталонов для обучения детальных снимков с пространственным разрешением 1 м Ресурс-П. По результатам классификации рассчитаны площади листовых и хвойных древостоев, подроста (возобновления), травяно-кустарниковой растительности, открытой почвы. В 2017 – 2018 г. возобновление наблюдается на участках, не