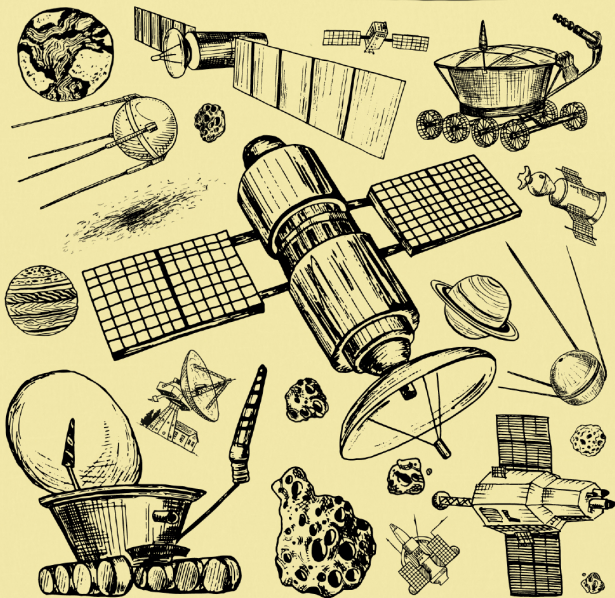


ДЕЛАЙ КОСМОС!



Земля – колыбель человечества. Пока мы остаемся в колыбели,
но уже неплохо кидаемся игрушками...



ВИТАЛИЙ ЕГОРОВ (ZELENYIKOT)

Виталий Егоров (Zelenyikot)

Делай космос!

Серия «Научпоп Рунета»

Текст предоставлен правообладателем

http://www.litres.ru/pages/biblio_book/?art=38267459

Делай космос! / Виталий Егоров: АСТ; Москва; 2018

ISBN 978-5-17-109423-2

Аннотация

Покорители далеких планет часто становятся героями книг или фантастических фильмов. Они пересекают пояса астероидов, проносятся мимо живописных планет-гигантов, поднимаются на склоны инопланетных гор и любуются вземными закатами... Будущее наступило, но не такое, как мы хотели. Теперь изучают и открывают космос настоящие покорители – роботы. Вместе с ними люди, не покидая Земли, пересекают миллионы километров пустоты, преодолевают трудности, находят решение в безвыходной ситуации и открывают нам загадки космоса. Предлагаем отправиться в путешествие с настоящими покорителями космоса: межпланетными зондами, луноходами и марсоходами. Нашим проводником станет популяризатор и энтузиаст космонавтики Виталий Егоров (блогер Zelenyikot) – основатель сообщества в соцсетях «Curiosity-марсоход», администратор и редактор сообщества «Открытый

космос», человек, нашедший на поверхности Марса советский спускаемый аппарат «Марс-3».

Содержание

1. Что такое автоматические межпланетные станции?	6
1.1. Из чего состоят Автоматические межпланетные станции	6
1.2. Как узнать состав других планет: спектроскопия	14
1.3. Как исследуют планеты с помощью света	19
1.4. Как изучают планеты с помощью радио и радиации	35
Конец ознакомительного фрагмента.	46

Виталий Егоров

Делай космос!

ДЕЛАЙ КОСМОС!



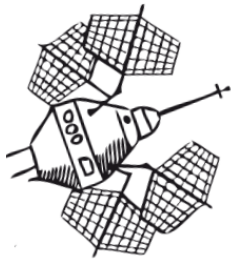
© В.Егоров, текст, изображения, инфографика

© ООО «Издательство АСТ»

1. Что такое автоматические межпланетные станции?

1.1. Из чего состоят Автоматические межпланетные станции

Автоматическая межпланетная станция – это беспилотный космический аппарат, который запускают с Земли для исследования межпланетного пространства и различных тел Солнечной системы: Солнца, планет и их спутников, комет и астероидов, межпланетной пыли и газа. Для того чтобы околоземный спутник стал автоматической межпланетной станцией, ему требуется развить вторую космическую скорость – 11 км/с или около 40 000 км/ч – для преодоления силы притяжения Земли и выхода на околосолнечную орбиту. Иными словами, межпланетный полет – это полет по орбите вокруг Солнца.



Нескольким космическим аппаратам удалось развить третью космическую скорость ($\sim 16,6$ км/с), которая позволила им преодолеть силу притяжения Солнца. Такой полет уже является межзвездным, несмотря на то, что путь до соседних звезд займет десятки тысяч лет.

Автоматические межпланетные станции еще иногда называют зондами, потому что они занимаются научными исследованиями, то есть зондируют при помощи различных приборов межпланетное пространство и встречные космические тела.

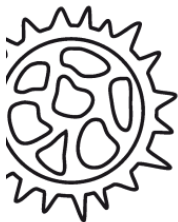
Некоторые автоматические межпланетные станции отправляют в путешествие для исследования нескольких целей (например, астероидов и комет) с пролетных или облетных траекторий, и тогда станции или зонды остаются на около-солнечной орбите. Для других же аппаратов выбирают опре-

деленные цели, например: выход на орбиту вокруг Луны или Венеры или посадку на Марс, в таком случае их межпланетное путешествие вокруг Солнца завершается у цели исследования, и они совершают маневр торможения для изменения орбиты.



Космический аппарат – это сложная многофункциональная система, которая должна работать в суровых условиях далеко от Земли, поэтому все космические аппараты долго и старательно разрабатывают, многократно испытывая перед стартом.

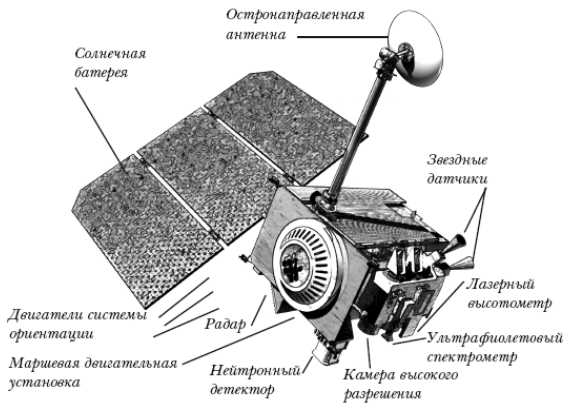
Для маневрирования в космосе зонды оснащаются ракетными двигательными установками, а для изучения космоса – научными приборами: телескопами, спектрометрами, радарами, лазерами.



Во время миссий перед космическим аппаратом стоит несколько задач:

1. Обеспечивать себя электричеством при помощи система электропитания. Она сохраняет рабочую температуру за счет системы обеспечения теплового режима.
2. Уметь определять свое положение в пространстве, используя систему ориентации.
3. Передавать данные и получать управляющие команды посредством бортового радиокомплекса.

Научные приборы называют полезной нагрузкой, а все вспомогательные средства – служебными системами или платформой космического аппарата.



Компоновка автоматической межпланетной станции на примере NASA Lunar Reconnaissance Orbiter (американский спутник на орбите вокруг Луны).

Маршевая двигательная установка – необходима для изменения скорости полета и совершения орбитальных маневров: достижения второй космической скорости, торможения для выхода на целевую (рабочую) орбиту, изменения формы орбиты и ее наклона.

Двигатели системы ориентации – используются для управления ориентацией автоматической межпланетной станции, то есть изменения положения космического аппарата относительно центра его массы. При помощи системы ориентации меняется направление «взгляда» телескопов и

фотокамер, направленность радиоантенны, угол освещения солнечных батарей.

Звездные датчики – фотокамеры для определения положения космического аппарата относительно центра его масс при помощи ориентации по звездам. Определяя, на какие звезды и созвездия направлены звездные датчики, космический аппарат понимает, куда смотрят его камеры, направлена антенна и развернуты солнечные батареи.

Солнечные датчики – фотоэлементы, которые позволяют определить направление на Солнце и освещенность солнечных батарей.

Солнечные батареи – средство получения электрической энергии для электропитания всех служебных систем и полезной нагрузки.

Остронаправленная антенна бортового радиокomплекса – используется для передачи больших объемов научных данных с космического аппарата на наземные радиостанции и радиотелескопы.



Малонаправленные антенны – используются для передачи служебной информации о «жизнедеятельности» космического аппарата на близком расстоянии от Земли или для связи с другими космическими аппаратами поблизости.

Магнитометр – научный прибор для определения направления и напряженности магнитного поля.

Оптические научные приборы – телескопы и спектрометры для изучения атмосферы или поверхности космических тел.

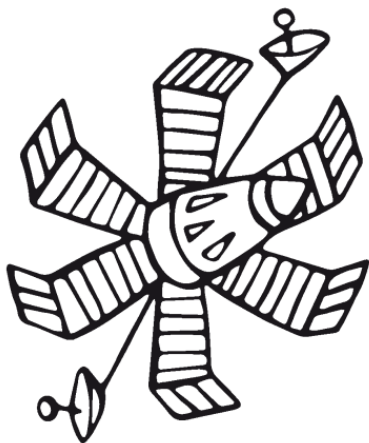
Навигационные камеры – телескопы и фотокамеры, которые помогают осматривать изучаемое космическое тело, выбирать цели для научных камер и спектрометров.

Лазерный высотомер — средство для изучения рельефа.

Радар – прибор, зондирующий поверхность космических

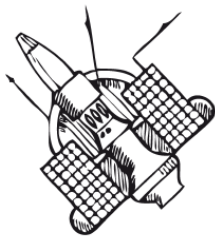
тел при помощи облучения радиоволнами и регистрации отраженных волн.

Нейтронный детектор – прибор, улавливающий тяжелые элементарные частицы без электрического заряда – нейтроны, вылетающие с поверхности космических тел, что позволяет определять содержание водорода в грунте.



1.2. Как узнать состав других планет: спектроскопия

Практически всё, что мы знаем о химическом строении космоса, включая Землю и нас самих, мы знаем благодаря спектроскопии. Излучение, отражение и поглощение элементарных частиц переносчиков света – фотонов – базовое свойство наблюдаемой материи, благодаря которому мы можем изучать не только те образцы, что попали в наши руки, но и те, что находятся за миллионы километров и миллиарды световых лет.



Для нас является привычным делом то, что разные предметы окружающего мира имеют разные цвета. Многие, вероятно, замечали, что горение различных материалов может сопровождаться пламенем различного цвета: так лесной костер – оранжевый, газовая конфорка кухонной плиты горит

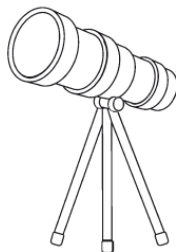
голубым, а если в костер бросить пластиковый стаканчик или кусок пенопласта, то можно увидеть и зеленое пламя. Такие, казалось бы, простые вещи, позволяют изучать Вселенную.

Поверхность далекой планеты или любого предмета у нас на столе имеет цвет, зависящий от химического состава веществ, покрывающих или составляющих эту поверхность. То же касается горящего огня или горячей звезды, только здесь цвет зависит от того, какие химические элементы испускают фотоны света.

Разница в видимых цветах, которые воспринимают наши глаза, зависит от длины волны безмассовых фундаментальных элементарных частиц – фотонов, чей поток мы и воспринимаем как свет. Короткая волна дает синий цвет, длинная – красный. Когда свет содержит фотоны всех видимых длин волн, наши глаза видят белый цвет, а если его разделить на составляющие цвета, то мы увидим спектр света.

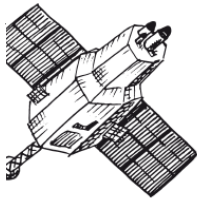
Естественный спектр солнечного света – радугоу видел, наверное, каждый. Конечно, радуга – хороший пример, но не самый удобный способ изучения спектра Солнца. Для искусственного наблюдения спектра используют стеклянную призму и специальный прибор – спектрометр. В зависимости от химического состава источника света его спектр будет

отличаться, и на определении этой разницы основан принцип спектрометрии.



Ученые составили полную картотеку спектров известных химических веществ и теперь им достаточно сравнить, например, спектр далекой звезды с имеющейся на Земле картотекой, чтобы узнать, какие вещества звезды испускают свет, добравшийся до нас. Если в состав этой звезды будет входить какой-либо неизвестный науке химический элемент – его также определят, поскольку он будет отличаться ото всех известных. Именно так в 1868 году на Солнце обнаружили гелий, который в то время еще не был известен на Земле.

Свет может добираться до наших глаз или до спектроскопа двумя способами: непосредственно от источника или отраженным.

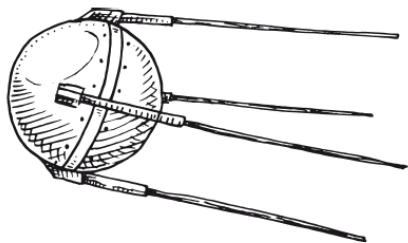


Источники излучения света – это Солнце, звезды, открытый огонь, лампочка, раскаленный до высокой температуры предмет и т. п. Для источников света характерен спектр испускания – та самая радуга.

Отраженный свет мы видим, например, от Луны, от поверхности Земли, от камней и почти всех предметов, которые нас окружают. Для отраженного света определяют спектр поглощения, то есть сначала учитывается спектр падающего на поверхность света, например от Солнца, а затем спектрометр определяет, на каких длинах волн свет был поглощен поверхностью, а на каких отразился. Также спектр поглощения помогает изучать состав газов в атмосферах других планет. Спектр поглощения отраженного света будет содержать темные участки, которые возникли из-за рассеяния и поглощения фотонов. То же касается изучения атмосфер других планет, – проходя сквозь газовую оболочку, свет звезды рассеивается на элементах и химических соединениях, составляющих ее, что отражается в спектре и позволяет

понять химический состав атмосферы.

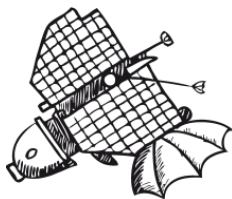
Человеческий глаз способен реагировать на небольшую область спектра электромагнитных излучений. Если длина волны фотона будет короче, чем та, которая соответствует фиолетовому свету, то мы их уже не увидим, это будет ультрафиолетовый свет, если волну укорачивать еще, то начнется рентген, а потом – гамма-излучение – самая коротковолновая и самая высокоэнергичная форма света. Также в обратную сторону: если длина волны фотона будет длиннее красного света, то мы не увидим и их – это будет инфракрасный свет, за ним лежит микроволновое излучение, а потом уже радиоволны. Современные приборы расширяют возможности наших глаз и позволяют изучать космос в тех длинах волн, которые никогда ранее не были доступны астрономам. Для этих целей используются ультрафиолетовые и инфракрасные камеры, телескопы и спектрометры.



1.3. Как исследуют планеты с помощью света

Что нужно для детального исследования другой планеты, астероида или кометы?

Для начала – запустить поближе космический аппарат и оборудовать его приборами, чтобы они рассказали как можно больше о предмете изучения, исходя из ограничений на объем, массу и количества доступной энергии у этого зонда. Значительный объем информации об окружающем мире и Солнечной системе человек получает при помощи оптических средств: своих глаз, телескопов, спектрометров.



Вокруг Солнца вращается множество космических тел, которые очень сильно отличаются друг от друга. Газовые гиганты не имеют твердой поверхности, а каменные планеты

имеют атмосферу разной плотности: от ничтожной до сверхплотной. Астероиды бывают каменные, а бывают железные, а кометы сильно меняют свою активность в зависимости от расстояния до Солнца.

Для изучения объектов с разными свойствами потребуются разные приборы. В то же время ученые уже накопили немалый опыт применения многих типов исследовательских методов, смогли понять, что дает максимум полезной информации при минимальной массе. Попробуем рассмотреть такой «джентльменский набор» роботизированного исследователя космоса.

Съемка в видимом диапазоне

Глаза продолжают быть нашим главным исследовательским прибором, поэтому на Земле астрономы вкладывают миллионы долларов в гигантские телескопы, а для космоса создаются специальные фотокамеры. Научную камеру стараются делать двойной, то есть запускать две камеры: широкоугольную (короткофокусную) и длиннофокусную. Широкоугольная позволяет охватывать взглядом значительные пространства, но все объекты в ее съемке – мелкие. Длиннофокусная – наоборот, является «дальнобойным оружием» и позволяет со значительного расстояния рассматривать небольшие участки местности с мелкими подробностями.

Этот принцип сохраняется как в космосе, так и на поверхности планет. Например, у марсохода Curiosity две цветные камеры на «голове»-мачте: одна с широкоугольным объективом с фокусным расстоянием 34 мм, вторая – более длиннофокусная: 100 мм.



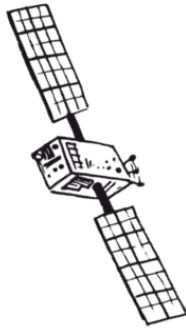
Для орбитальных модулей соотношение между «длинным» и «широким» обычно намного существеннее. Вместо длиннофокусного объектива ставят полноценный зеркальный телескоп.

Самый удаленный от Земли большой телескоп сейчас работает на орбите Марса. Камера HiRise, установленная на спутнике Mars Reconnaissance Orbiter, оборудована оптикой с главным зеркалом диаметром 50 см. Камера снимает с высоты 250–300 километров в феноменальном разрешении – до 26 см. Разрешением оптики называют показатель наименьшего размера различимых деталей снимаемых объектов.



HiRise позволяет ученым изучать Марс и следить за перемещением марсоходов. На его снимках видны даже сами марсоходы и следы, которые они оставляют на пыльной поверхности планеты.

Помимо научных камер на космические аппараты часто ставят навигационные. Они позволяют лучше ориентироваться «на местности» операторам аппаратов и выбирать цели для научных камер. Навигационные или «инженерные» камеры охватывают еще более широкие углы обзора (даже по принципу «рыбий глаз» – самый широкоугольный объектив, который позволяет увидеть почти полную полусферу перед собой) и могут также создаваться спаренными, но уже для повышения надежности или для стереосъемки. Съемка в стерео имитирует взгляд двумя глазами с разных углов, который позволяет увидеть трехмерную форму.

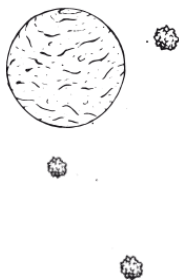


Разница между научными и навигационными камерами заключается не только в широте угла обзора. Научные камеры оснащаются еще и сменными цветными фильтрами, позволяющими анализировать различные спектральные характеристики поверхности исследуемых объектов. Обычно фильтры располагаются в специальном колесе, которое позволяет менять их между объективом и фотоматрицей камеры.

По умолчанию научные камеры снимают в панхроматическом диапазоне – черно-белом режиме, в котором фотоматрица принимает весь видимый свет и даже немного невидимого – ближнего инфракрасного. Такая съемка позволяет получить самое высокое разрешение и увидеть мельчайшие детали, поэтому большинство снимков из космоса черно-бе-

лые.

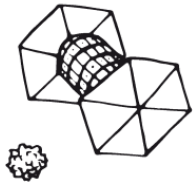
На фотокамере со сменными фильтрами цветные изображения можно получить многократной съемкой с чередованием цветных фильтров и путем объединения этих снимков. Такие камеры называют мультиспектральными. Единичный кадр, сделанный через один цветной фильтр, тоже будет черно-белым, поэтому снимки требуется объединять по три. Причем вовсе не обязательно полученный цвет на изображении будет таким, каким его увидели бы наши глаза. Для человеческого зрения мир состоит из сочетаний красного, зеленого и синего цветов. И «настоящий» цвет изображения можно получить при помощи красного, зеленого и синего фильтров.



В обычных цифровых фотоаппаратах и смартфонах принцип получения цветных кадров точно такой же – через трех-

цветный фильтр. Разница между камерой NASA и камерой в телефоне в том, что на бытовых камерах разноцветными фильтрами прикрываются отдельные пиксели фотоматрицы – такая схема называется «фильтр Байера» – поэтому нам достаточно одного кадра, чтобы увидеть цветное фото. При съемке через «фильтр Байера» за сведение информации полученной через трехцветный фильтр в один цветной кадр отвечают автоматические алгоритмы обработки данных. Использование колеса фильтров позволяет расширять возможности камеры за счет регистрации света в цветовых диапазонах, которые не видят наши глаза, и обрабатывать каждый кадр вручную, не доверяя алгоритмам или используя разные алгоритмы. На марсоходе Curiosity установлен «фильтр Байера», хотя сохранено и отдельное колесо с фильтрами.

Камеры с «фильтром Байера» принято называть цветными, а с возможностью выбора цветового фильтра – мультиспектральными. Если фильтров несколько десятков, то прибор называют гиперспектрометром или гиперспектральной камерой.

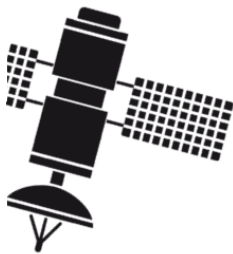


Если кадры сделаны через три фильтра, но не через красный/зеленый/синий, а, например, синий, красный и ближний инфракрасный, то при сложении кадров цвет изображения получится «ложным», хотя физические принципы его получения вполне естественны. Просматривая цветные снимки на официальных сайтах космических агентств, стоит обращать внимание на подписи, где указано, какие именно цветные фильтры использованы на снимке. Иногда люди не читают пояснений под фото и не знакомы с процессом получения цветных снимков, поэтому в Интернете до сих пор можно найти «разоблачения» про скрываемый цвет Марса или Луны и про «художников NASA», которые «раскрашивают» снимки из космоса.

Инфракрасная съемка

Инфракрасный свет наши глаза не видят, а кожа воспринимает его как тепло, хотя ИК-диапазон по ширине не мень-

ше диапазона видимого света. Сокрытую от глаз информацию позволяют добыть инфракрасные камеры. Даже самые обыкновенные фотоматрицы могут увидеть ближний инфракрасный свет (в качестве эксперимента можно попробовать снять огонек телевизионного пульта на смартфон). Для регистрации средней области инфракрасного диапазона на космическую технику ставят отдельные камеры с другим типом датчиков. А дальний инфракрасный диапазон электромагнитного излучения требует охлаждения датчиков до глубокого минуса.



За счет более высокой проникающей способности инфракрасного света приборам удастся заглядывать глубже как в дальний космос, сквозь газопылевые туманности, так и в грунт планет и прочих твердых тел.

Так при помощи зонда Venus Express, летавшего вокруг

Венеры в 2005–2015 гг, ученые наблюдали за движением полярных тайфунов на средних высотах в атмосфере Венеры. В видимом свете они скрыты от глаз более высокими облаками. Зонд New Horizons зарегистрировал тепловое излучение от вулканов спутника Юпитера Ио. Съемка как в фильме «Хищник» применялась на марсоходах Spirit и Opportunity.

Взгляд орбитальной станции Mars Express на полюса Марса показал разницу распределения углекислотного и водяного льда по поверхности ледяных шапок. В инфракрасном свете водяной лед выглядел голубым, а углекислотный – розовым, хотя нашим глазам оба типа льда кажутся белыми.

Для получения максимума информации инфракрасные камеры оснащают большим набором фильтров, либо полноценным спектрометром, который позволяет раскладывать на спектр весь отраженный от поверхности свет. Например, у New Horizons имеется инфракрасный фотодатчик размером всего 0,065 мегапикселей, зато они разделены на 256 спектральных линий. Каждая линия пропускает излучение только в своем узком диапазоне, и датчик работает в режиме сканера, то есть камерой с ним «проводят» по изучаемому объекту.



Как уже упоминалось, инфракрасный свет – это тепло, поэтому съемка в этом диапазоне открывает еще одну возможность исследования твердых космических тел. Если наблюдать за поверхностью длительное время в процессе нагрева от солнечных лучей в дневное время и остывания в ночное, то можно увидеть, что какие-то элементы поверхности нагреваются и остывают быстро, а какие-то – долго. Эти наблюдения называются исследованием тепловой инерции. Они позволяют определять физические характеристики грунта: рыхлый, как правило, легко набирает и легко отдает тепло, а плотный – долго нагревается и долго держит тепло. Также долго нагреваются и долго остывают грунты с высоким содержанием воды, а водяной лед, наоборот – препятствует нагреву.

Интересное наблюдение было сделано советским зондом «Фобос-2». Снимая Марс в тепловом режиме, он заметил

длинную полосу, которая протянулась по планете. В 90-е годы в прессе высказывались мистические домыслы об инопланетном самолете, оставившем конденсационный (такие белые полосы в небе от земных самолетов иногда ошибочно называют «инверсионными») след в атмосфере Марса, но реальность оказалась интереснее, хоть и прозаичнее. Тепловая камера «Фобоса-2» смогла зафиксировать полосу остывшего грунта, протянувшуюся за проходящей тенью спутника Марса – Фобоса.



Бывают и ошибки. Например, исследуя кратер Гейла со спутника Mars Odyssey, ученые определили местность с высокой тепловой инерцией неподалеку от севшего марсохода Curiosity. Там ожидали найти плотную скальную породу, а нашли глинистые породы с относительно высоким содержанием воды – до 6 %. Получилось, что причиной высокой тепловой инерции была вода, а не камень.

Ультрафиолетовая съемка

С помощью ультрафиолета изучают газовую составляющую Солнечной системы, да и всей Вселенной вообще. Ультрафиолетовый спектрометр стоит на телескопе Hubble (самый большой космический телескоп, названный в честь астронома Эдвина Хаббла), с его помощью удавалось получить представление о распределении воды в атмосфере Юпитера и обнаружить выбросы из подледного океана его спутника – Европы.



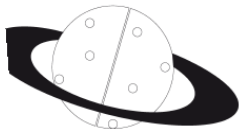
В ультрафиолете изучались почти все атмосферы планет, даже те, которых практически нет. Мощный ультрафиолетовый спектрометр зонда MAVEN позволил увидеть окружающие Марс водород и кислород на значительном удалении от поверхности. С его помощью даже сейчас можно наблюдать, как продолжается улечивание газов из атмосферы Марса,

и чем легче газ, тем интенсивнее этот процесс.

Водород и кислород в атмосфере Марса получают путем фотохимической диссоциации (разделения) молекул воды на составляющие под действием солнечного излучения, а вода на Марсе испаряется из грунта. В результате MAVEN позволил ответить на вопрос «почему сейчас Марс сухой, хотя когда-то там были океан, озера и реки?»

Зонд Mariner-10, пролетая мимо Венеры на пути к Меркурию, в ультрафиолете смог выявить подробности венерианских облаков, увидеть V-образную структуру турбулентных потоков и определить скорость ветров.

Существует и более сложный способ исследования атмосферы – на просвет. Для этого исследуемый объект размещается между источником света и спектрометром космического аппарата. Так можно определить состав атмосферы, оценив разницу спектра источника света до и после перекрытия атмосферой. Таким образом, удастся определить не только содержание газов в атмосфере, но и примерный состав и размер частиц пыли, если она тоже поглощает или рассеивает часть света.



Стоит отметить, что по части спектроскопических межпланетных исследований Россия занимает не последнее место. При участии Института космических исследований РАН создавался европейский инфракрасный спектрометр OMEGA для станции Mars Express; на том же аппарате стоит результат совместной работы российских, бельгийских и французских ученых – инфракрасный и ультрафиолетовый спектрометр SPICAM; совместно с итальянцами специалисты ИКИ РАН разработали прибор PFS. Схожий набор приборов был установлен на аппарате Venus Express, который закончил свою миссию в конце 2014 года. Сегодня у Марса работает тяжелый зонд ExoMars Trace Gas Orbiter Европейского космического агентства, на котором находятся несколько российских спектрометров для изучения атмосферы и поверхности «Красной планеты».

Свет обеспечивает нас значительным объемом информации о Солнечной системе – нужно только уметь смотреть и видеть, но есть и другие средства, связанные уже с ядерной и радиофизикой.



1.4. Как изучают планеты с помощью радио и радиации

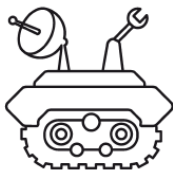
Космическая радиация – это потоки фотонов и других элементарных частиц с очень высокой энергией, которыми наполнено все межзвездное и межпланетное пространство. Это результат излучения звезд, выбросов газопылевых дисков вокруг черных дыр, нейтронных звезд и пульсаров, взрывов сверхновых. Космической радиацией называют гамма-лучи и элементарные частицы: протоны (ядра атомов водорода), нейтроны, альфа- и бета-лучи, рентген, тяжелые заряженные частицы. Практически любой катаклизм во Вселенной является источником космической радиации. Она является проблемой для космонавтов и электроники, но для ученых радиация – подарок, позволяющий узнать много подробностей о космосе.



Гамма-спектроскопия

Гамма-лучи – это высокоэнергичные фотоны, их источником является Солнце и далекие взрывные события в галактике и за ее пределами, но гамма-спектроскопия в планетологии изучает не те лучи, которые выбрасываются из звезд и черных дыр, а те, которыми «фонят» планеты и другие безатмосферные или слабоатмосферные космические тела.

Планеты и астероиды начинают излучать в гамма-диапазоне под воздействием бомбардировки более массивных частиц: высокоэнергетичных протонов, альфа-, бета-лучей и нейтронов. В результате взаимодействия заряженных частиц с грунтом на поверхности небесных тел образуются гамма-лучи. И, как мы помним, каждый химический элемент излучает в своем спектральном диапазоне. То есть нам достаточно провести гамма-спектрометром над поверхностью, чтобы понять из чего она состоит. Но так мы получим только ее химический состав, а вот если к нему добавить информацию, например с инфракрасных спектрометров и с камер видимого диапазона, то можно получить более наглядную картину, включающую геологический состав поверхности.



Так, с помощью гамма-спектрометрии ученые узнали об относительно высоких концентрациях ториевых, железных и титановых руд на Луне. Радиоактивные породы тоже хорошо искать этим методом. С помощью гамма-спектрометра на аппарате Mars Odyssey удалось обнаружить на Марсе два района с аномально высоким содержанием ториевых и, вероятно, урановых руд. Вполне возможно, что там когда-то происходили процессы (как на Земле, в Африке) с образованием естественного атомного реактора. Это обнадеживающая находка означает, что атомные электростанции будущих марсианских поселенцев могут работать на местном сырье.

Нейтронные детекторы

Космические частицы, врезающиеся в грунт безатмосферных тел, выбивают не только фотоны, но и более крупные элементарные частицы, в том числе нейтроны. Выбитые нейтроны движутся через грунт с высокой скоростью и при столкновениях с каждым атомом водорода теряют много энергии. Соответственно, измеряя энергию вылетающих

с поверхности нейтронов можно определить, находится ли под ней водород.



Водород – очень летучий газ, который не задерживается в грунте в свободной форме, особенно там, где атмосферное давление стремится к нулю. Чтобы сохранить водород в грунте, его нужно связать на химическом уровне, и лучшим средством для этого остается вода. Таким образом, пролетая над поверхностью и собирая данные о скоростях вылетающих нейтронов, можно определить примерное содержание воды в грунте. Разумеется, чем ниже мы пролетим, тем точнее будут данные.

Нейтронные спектрометры на орбитальных аппаратах пока дают погрешность в сотню километров. Если использовать специальный ограничитель, называемый «коллиматор», то можно повысить точность до десятков километров. Еще для этого метода ограничена глубина зондирования. Все нейтроны вылетают с глубины не ниже 1 метра, поэтому о

запасах воды в более глубоких слоях остается только догадываться и полагаться на другие методы исследования.



С помощью российских нейтронных детекторов LEND и HEND, были получены данные о распределении водорода/воды в приповерхностных слоях Луны и Марса. И если марсианские данные уже дважды подтвердились, то лунные еще ждут своей проверки.

На Марсе в приполярный регион высадился посадочный модуль Phoenix, и там, где HEND прогнозировал до 70 % воды в грунте, прямо под пылью нашелся пласт водяного льда. В кратере Гейла, где работает марсоход Curiosity, HEND обещал 5 %, а по данным марсохода содержание воды в грунте колеблется от 3 % до 5 %, и лишь изредка попадаются «оазисы» аж в 6 %.

После такого успеха HEND его российского «брата» DAN «усадили» прямо на марсоход, и он теперь собирает данные

не с высоты 300 километров, как предшественник, а гораздо ниже – с полуметра. Правда, глубина зондирования по-прежнему не превышает одного метра, зато пространственное разрешение увеличилось с десятков километров до сантиметров.

Впрочем, несмотря на успехи нейтронных детекторов, окончательного доверия к ним еще нет. Ледники на Луне ждут своего первооткрывателя, а космические агентства, как и частные компании, все больше внимания обращают на ее полюса. Хотя концентрация влаги на Луне, по данным спутников, не превышает 4 %.

Радиолокация

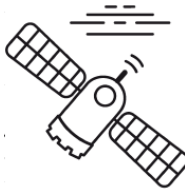
Зондирование планет в радиодиапазоне начали проводить еще с Земли. Много информации смог собрать известный радиотелескоп Аресибо в Пуэрто-Рико, чья параболическая антенна диаметром в 300 метров появлялась во множестве голливудских фильмов. Еще в 80-е годы он обнаружил на полюсах горячего Меркурия странный отблеск, источником которого мог стать водяной лед. Ученые долго не могли поверить в то, что на самой близкой к Солнцу планете могут существовать ледники. Пришлось ждать результатов зонда Messenger, который при помощи нейтронного детектора и лазерной локации смог подтвердить факт наличия льда на

полюсах Меркурия.



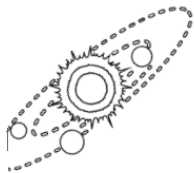
Впечатляющие картины показал радиотелескоп Аресибо во время суперлуния 2013 г. На Луне с его помощью удалось разглядеть последствия катастрофических лавовых потоков и «наводнений». Если совместить эти снимки с картами распределения минералов, полученных с орбитальных спектрометров, то можно составить подробную геологическую карту местности и, возможно, реконструировать эволюцию поверхности Луны. К ней неоднократно отправляли радары на спутниках, но их энергии было недостаточно, чтобы проникнуть глубоко в грунт.

Радиоволны позволяют не только заглядывать под поверхность планет и спутников, но и показывают высокую эффективность на облачных планетах. Три радара летало к Венере. «Венера-15» и «Венера-16» провели картографирование северного полюса в 80-е годы, а потом, в 90-е, Magellan составил почти полную его карту.



Аппарат Cassini на орбите Сатурна использовал свой радарный инструмент, чтобы проникнуть сквозь плотную атмосферу его спутника Титана. В ходе многочисленных пролетов космическая станция Cassini постепенно приоткрывала вечную пелену атмосферы и открывала науке этот поистине удивительный мир, в чем-то невероятно похожий на земной, а в чем-то разительно от него отличающийся. Многократная радарная съемка позволила не просто картографировать Титан, но и наблюдать динамические процессы на нем. Так, таинственно появившийся, а потом исчезнувший остров, сочли признаком происходящих сезонных изменений на самом крупном спутнике Сатурна. Возможно, это был ледяной айсберг, обрушившийся в метановое море.

Другие диапазоны радиоволн и другая конструкция радара позволяют забираться гораздо глубже. На орбите Марса работают два космических аппарата, оборудованные радаром, чьи волны проникают в кору планеты на 1–3 километра.



Исследование европейского космического аппарата Mars Express позволило получить информацию о мощности и структуре полярных льдов и оценить запасы воды на полюсах Марса. Его же сканирование позволило обнаружить древние астероидные кратеры, погребенные под сотнями метров вулканической лавы и осадочными накоплениями марсианского океана в северном полушарии планеты. Ранее ученые неоднократно отмечали видимую разницу в количестве метеоритных кратеров в южном и северном полушариях Марса, и Mars Express позволил разгадать эту загадку. А если бы на «Красной планете» существовали марсиане, зарывшиеся от вакуума, засухи и мороза в подмарсианский город-убежище, то Mars Express нашел бы его.

Радар привезли даже на поверхность Луны. Китайский лунноход Yutu («Нефритовый заяц») успел пройти всего сотню метров, но даже во время такого короткого пути ему удалось получить интереснейшие профили лунной поверхности на глубину около четырехсот метров. В будущем такая инфор-

мация будет жизненно необходима для строительства лунной станции, базы или поселения.

Альфа-лучевая и рентгенофлуоресцентная спектроскопия

Когда дело доходит до исследования космических тел посадочными аппаратами, практически невозможно обойтись без трогательных – в прямом смысле – моментов альфа-лучевой рентгенофлуоресцентной спектроскопии.



Приборы типа APXS (Alpha Particle X-Ray Spectrometer) устанавливались на все марсоходы NASA. APXS имеется на посадочном аппарате Philae на ядре кометы 67P/Чурюмова-Герасименко. На советских луноходах был установлен похожий прибор – РИФМА. Принцип работы метода напоминает гамма-спектроскопию, за тем исключением, что датчик имеет свой собственный источник заряженных частиц

(какой-нибудь радиоактивный материал), прежде всего альфа-лучей. Заряженными частицами бомбардируется исследуемый образец, в ходе процессов поглощения альфа-частиц ядрами атомов выделяется рентгеновское излучение. Для каждого химического элемента спектр излучения будет свой, что позволяет определять химический состав образца.

Это далеко не исчерпывающий обзор оборудования для исследования Солнечной системы. Как правило, на межпланетные аппараты ставятся и астрофизические приборы для регистрации энергичных частиц, межпланетной радиации, плазмы и пыли. Межпланетные перелеты позволяют изучать еще и космическое пространство, взаимосвязи Солнца, планет и межзвездной среды, но это уже другая история.

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.