

for 2003—2007. The purpose of our project is fundamental researches in field of ionospheric physics and the elaboration of some methods for near-Earth space monitoring. Novelty in the project is the use of UJS for the direct detection of ionosphere response to natural and man-caused influences from below (ecological monitoring). The proposed complex of devices onboard UJS includes electromagnetic field and ionosphere-particle detectors and also TV

and spectrometer devices for observations of both meteorological structures (cyclones, frontal zones) and disturbances on ground/water surfaces. The complex of devices under consideration can be used not only for solving scientific problems of the project but also for carrying out the Earth remote sensing. Most of the devices have their prototypes worked out for the projects «Interball», «Prediction», and «Variant».

© А. П. Видьмаченко, О. В. Мороженко

Головна астрономічна обсерваторія НАН України, Київ

КАРТИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ЛУНЫ И УЛЬТРАФИОЛЕТОВАЯ ПОЛЯРИМЕТРИЯ С ОРБИТАЛЬНОЙ ЛУННОЙ СТАНЦИИ

Наземні і космічні дослідження Місяця дозволили виконати крупномасштабне приблизне картування його поверхневого шару. Морфологічні деталі Місяця мають різні спектральні відбивні властивості. Їхньою характерною рисою є зменшення відбивної здатності при переході від візуальної до УФ-ділянки спектру і наявність смуг поглинання в ІЧ-ділянці спектру. Це дозволяє говорити про мінералогію поверхні Місяця. Різні морфологічні утворення поляризують світло по-різному. Значення ступеня поляризації багатьох деталей на Місяці в довгохвильовій області спектру практично однакові, але в ультрафіолетовій сильно відрізняються. Фазова крива в ультрафіолеті дозволяє визначити величину фазового кута α_{\max} , при котрому має місце максимальне значення ступеня поляризації P_{\max} , з похибкою, меншою від 1° . Знання цих оптичних параметрів поверхні дозволяє визначити показники заломлення мінеральних часток, тобто виконати картографування мінералів на Місяці.

Введение. Есть много свидетельств в пользу гипотезы, что именно гигантское воздействие на раннюю Землю создало Луну и что на молодой Луне был океан магмы. Последующее ее охлаждение и кристаллизация привели к образованию верхней части первоначальной коры Луны. В связи с практическим отсутствием атмосферы на нашем естественном спутнике возникает необходимость ответить на ряд вопросов: сколько из этой первичной коры «выжило» до настоящего времени? Она была полностью разрушена, или некоторые ее части остаются относительно неизменными? Какие минералы и где именно расположены на поверхности и, если возможно, то и под видимой поверхностью? и т. п. [1]. Наземные исследования и тщательные исследования с помощью космических аппаратов к настоящему времени позволили выполнить только довольно крупномасштабное и очень приблизительное картографирование поверхностного слоя нашего спутника. То есть, кроме чисто астрофизических исследований на повестку дня встают народнохозяйственные проблемы. Первостепенной задачей становится минералогическое картирование тел Солнечной системы, и в первую очередь Луны. Для повышения точности измерений и для лучшей детализировки по поверхности спутника необходимо выполнять основанное на анализе оптических свойств отраженного

излучения дистанционное картирование с небольшого расстояния от объекта исследований, и, лучше всего, с орбитального модуля, обращающегося по круговой орбите. Рассмотрим ниже возможные пути повышения достоверности получаемых результатов, касающегося картирования физических характеристик поверхностного слоя Луны.

Земные минералы и их характеристики. Минерал — это однородное твердое или жидкое неорганическое произведение природы определенного химического состава, входящего в состав твердой оболочки Земли и/или других небесных тел. Подавляющее большинство минералов представляют тела твердые, и только самородная ртуть, вода и нефть — жидкости. Наибольшее распространение получили силикаты, содержащие в основании щелочи, известь, магнезию, глинозем и окислы железа. Такова, например, группа полевых шпатов, слюд, хлоритов, роговых обманок и авгитов. За ними следуют окислы, водные и безводные (кварц со своими многочисленными видоизменениями и окислы железа, такие как красный железняк, магнитный железняк, бурый железняк и др.). Весьма распространены углекислые соединения, такие как кальцит и доломит, и некоторые представители сернистых соединений, например пирит; сернокислых — гипс; галоидных — каменная соль. Другие

минералы встречаются на земном шаре только в немногих местностях. Примером могут служить: самородная платина, осмистый иридий и иридий осмий, диоптаз, киноварь, самородная ртуть и др.

Большинство минералов в химическом отношении представляет тела сложные, состоящие обыкновенно из небольшого числа элементов. Некоторые же являются простыми или вообще отдельными химическими элементами, которые в таком случае называются самородными: таковы самородные металлы золото, платина, серебро, ртуть, медь; самородные металлоиды сера, углерод (графит и алмаз). Минералы сложного состава представляют те же типы, которые приняты в химии для всех соединений вообще.

Есть также различные типы гидратов и солей. Большинство же минералов имеют солеобразный характер, являясь солями различных кремневых кислот, серной, угольной, фосфорной, хромовой и др. Вследствие этого общий состав таких минералов оказывается весьма сложным. Сложность обуславливается и другими причинами, например включениями одного минерала в другой, различного рода химическими изменениями, происходящими под влиянием атмосферы или же различных растворов и пр. Большая часть минералов принадлежит телам кристаллическим, немногие же из них являются аморфными (например, опалы, палит). В одних случаях в природных условиях известны только мелкие кристаллики (например, кристаллы каолинита в виде весьма мелких чешуек и листочков, кристаллики платины, золота в виде зерен и пр.), в других же минералы отличаются способностью кристаллизоваться в более совершенных формах, достигающих иногда огромных размеров.

По своему происхождению минералы делятся на первичные и вторичные. Первыми называют такие, которые произошли непосредственным выделением из раствора, расплавленной массы или из парообразного состояния (при испарении морской воды: гипс, каменная соль и др.; при остывании лав: оливин, санидин, анортит; при возгонке по трещинам и в кратерах вулканов — сера, хлористый натрий). Вторичными называют такие, которые образовались вследствие разрушения и изменения первичных минералов или под влиянием атмосферы, или подземных водных растворов, или действием расплавленных масс, или паров и газов, или же, наконец, под влиянием одного давления и высокой температуры.

Физические свойства минералов весьма разнообразны. Для их характеристики большей частью пользуются цветом, блеском, прозрачностью, твердостью, тягучестью, изломом, спайностью и удель-

ным весом. По цвету минералы разделяются на цветные и окрашенные. Цветными называют такие, у которых окраска зависит от цвета вещества, составляющего минерал (например, малахит: его зеленый цвет зависит от основной углекислой меди, из которой малахит и состоит; уваровит или хромистый гранат: зеленый цвет его зависит от известково-хромистого силиката, из которого он состоит и пр.) Окрашенными называют минералы, цвет которых зависит от примесей, иногда ничтожно малых. Примером могут служить окрашенные разновидности кварца: аметист, цитрин, морион; разновидности корунда: сапфир, рубин, восточный изумруд и пр., топаза, циркона и многих других. Минерал, не имеющий никакой окраски и прозрачный, называется бесцветным.

По способности пропускать световые лучи минералы делятся на прозрачные, полупрозрачные, просвечивающие, просвечивающие в краях и непрозрачные.

Количество минералов и их распространенность. До 1800 года было известно менее 100 самостоятельных минеральных видов; в последующие годы темп открытия новых минералов непрерывно растет.

Среди установленных на Земле 4000 минералов всего лишь 20—30 минералов (главнейшие из которых — кварц, полевой шпат и роговая обманка) составляют 99.5 % земной коры, а остальные встречаются относительно редко. При этом большая часть известных минералов образуется в приповерхностных слоях, примерно 200 являются продуктами глубинных магматических процессов, а около 1000 связано с химическими реакциями, в которых участвуют нагретые подземные воды (гидротермальные растворы).

Количество минералов на Луне. Из более 4000 известных на Земле минералов только 89 минералов найдено на Луне. Такое численное превосходство земных минералов над лунными связано с тем, что масса лунных пород, доставленных на Землю двумя российскими космическими кораблями «Луна» и шестью американскими кораблями «Аполлон», не превышает 380 кг. Это относительно немного, поскольку число минералов растет пропорционально анализируемой массе и площади, с которой они собраны.

Важным фактором, ограничивающим разнообразие лунных минералов, является отсутствие воды в химическом составе Луны. До сих пор на Луне не установлено водосодержащих минералов, и лишь в одном — гетите FeOОН есть гидроксильные группы. Тогда как примерно для половины известных на Земле минералов, характерно участие в их

составе молекул воды и ОН-групп. Так, к водосодержащим минералам относятся около 75 % фосфатов, 65 % карбонатов и 50 % силикатов.

Спектральные дистанционные исследования Луны. На первый взгляд Луна кажется бесцветным скалистым и безводным планетарным телом. Однако цветовые различия все же составляют выходящие за пределы ошибок наблюдений несколько процентов отличия от распределения солнечной радиации по спектру, а в некоторых длинах волн отличия могут превышать и 10 % (например, в полосе поглощения пироксена).

В общем случае поверхностный слой характеризуется физическими свойствами вещества, т. е. спектральными значениями комплексного показателя преломления $m(\lambda) = n_r(\lambda) - in_i(\lambda)$, микроструктурой поверхностного слоя и функцией распределения неровностей по размерам. Здесь $n_r(\lambda)$, $n_i(\lambda)$ — действительная и мнимая части показателя преломления. Солнечный свет, упавший на такую поверхность, частично поглощается, преломляется и отражается. В общем виде диффузно отраженное излучение полностью описывается четырьмя параметрами Стокса $\{I, Q, U, V\}$, являющимися функциями угла фазы α , углов падения и отражения света. В принципе вся информация о физических и структурных характеристиках поверхностного слоя закодирована в этих четырех параметрах. Параметр F характеризует интенсивность диффузно-отраженного излучения, которая определяется значениями альbedo однократного рассеяния ω и индикатрисой рассеяния $\chi(a)$. Альbedo частиц определяется в первую очередь величиной мнимой части показателя преломления, размером неровностей и очень слабо зависит от величины $n_r(\lambda)$. В случае поверхностного слоя отсутствует дифракция Фраунгофера, поэтому даже для крупных частиц предельным минимальным значением будет не $\omega = 0.5$, как это имеет место для атмосферного аэрозоля, а $\omega = 0$. Спектральная зависимость альbedo частиц характеризует спектральные изменения величины $n_i(\lambda)$ и безразмерного параметра $\rho = 2\pi r/\lambda$. Здесь r — размер неровности. Поэтому даже в идеальном случае, когда $n_i(\lambda) = \text{const}$, ω будет уменьшаться с уменьшением длины волны из-за увеличения ρ . Это приведет к тому, что отражательная способность шероховатой поверхности даже с не зависящими от длины волны физическими свойствами будет уменьшаться к УФ-концу спектра. Вид индикатрисы рассеяния определяется в основном размером неровностей, их формой и значением показателя преломления.

При рассеянии света в поверхностном слое часть

света выходит из слоя непосредственно после первого акта соприкосновения с неровностью (однократное отражение), а часть света покидает слой только после взаимодействия с двумя или большим числом частиц (многократное рассеяние). Так как интенсивность многократного рассеянного излучения нелинейно зависит от ω , то ее относительный вклад будет больше в той области спектра, для которой больше ω , т. е. в видимых и красных лучах. Кроме того, интенсивность однократно и многократно рассеянного излучения по-разному зависит от углов падения и отражения света, а также от угла фазы. Так как альbedo однократного рассеяния реальных минералов зависит от длины волны, то влияние многократного рассеяния приведет к изменению показателя цвета с углом фазы. Перечисленные качественные рассуждения подтверждаются имеющимися спектрофотометрическими наблюдениями Луны и земных образцов.

Морфологические детали Луны имеют различные спектральные отражательные свойства. Общей характерной чертой является уменьшение отражательной способности к УФ-лучам и наличие в длинноволновой области спектра депрессий, совпадающих с полосами поглощения тех или иных минералов (см. рис. 1) [2].

Лабораторные измерения показали также, что интенсивность отраженного излучения уменьшается с увеличением размера неровностей, при этом также уменьшается остаточная интенсивность R полос поглощения в ближнем ИК-участке спектра.

Из изучения лунных образцов с возвращаемых автоматических станций и пилотируемых кораблей

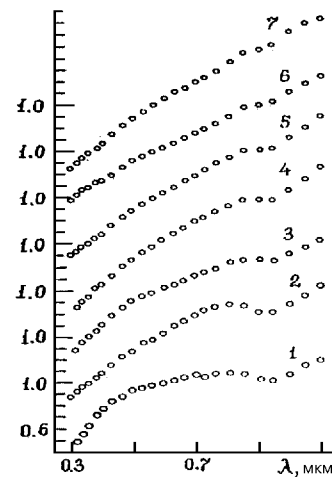


Рис. 1. Спектральная зависимость относительной отражательной способности лунных деталей, нормированной на $\lambda = 0.57$ мкм: 1 — Аристарх, 2 — Море Хуморум 45, 3 — Тихо 1, 4 — Море Фрикорис 1, 5 — Море Серенитатис 2, 6 — Море Транкулитатис, 7 — Море Хуморум 41)

мы знаем, что полезные лунные ископаемые имеют все диагностические спектральные свойства, замеченные и в земных материалах, но без огромного дополнительного влияния воды и растительности. Такие исследования позволили выполнить их приблизительную идентификацию и нанести на соответствующие карты. Для этого использовался дистанционный спектроскопический метод изучения основных минералов на Луне: базальты, нориты, габбро, анортозиты, троктолиты (возможно дани-ты), и ряд минералов со смешанной литологией.

Большинство поверхности Луны покрыто хорошо развитой почвой, которая включает и ряд других компонентов, характерных для данной местности. Именно отличие спектральных оптических свойств лунных почв помогают характеризовать лунные грунты. Данные космического аппарата «Клементина» в пяти цветах, выделяемых отдельными широкополосными светофильтрами, хотя и с низким спектральным разрешением, но обеспечили беспрецедентные по охвату поверхности естественного спутника Земли карты глобальных лунных цветовых вариаций. Хотя, конечно, они имеют все же довольно приблизительные указания на минералогический состав поверхности Луны.

Например, огромное до 2500 км в диаметре море Aitken возле южного полюса на обратной стороне Луны, является аномальным по своему геологическому строению. Он один из двух самых старых участков на лунной поверхности. В отличие от меньших бассейнов на обращенной к Земле стороне, вышеуказанное образование по какой-то причине практически не было заполнено базальтами, но ее поверхность обогащена полезными ископаемыми, включающими в себя железо, большинство которых пористые по своей природе. Полагают, что подобный материал обычно залегает в более глубоких слоях [6]. Это остаточное железо является антикоррелированным с возрастом исследуемого участка. Оказалось, что более «возрастные» темные моря содержат меньше оливина. Поэтому наиболее вероятная интерпретация имеющихся на сегодня данных связана с тем, что железо является остатком распада оливина [8].

На 1.5-м телескопе обсерватории Сьерра-Невады (Гранада, Испания) в 96 спектральных полосах диапазона $\lambda\lambda = 0.4...1.0$ мкм, были получены изображения двух темных областей на Луне, Rima Bode и Sinus Aestuum, а также расположенных рядом областей горной гряды [7]. С использованием новых статистических методов обработки этих изображений удалось не только отличить горные и равнинные области, но и идентифицировать некоторые участки равнинной поверхности, на которых

наблюдалось смешивание грунтов лунных морей с горными почвами. Особенно контрастно спектры темных равнинных регионов отличаются от спектров горных участков, что может помочь лучшему пониманию возможного развития лавовых извержений, которые и привели к имеющемуся на сегодня месторасположению геологических структур. Неоценимым при этом является сравнительный анализ дистанционного изучения лунной горной местности совместно с анализом лунных материалов, возвращенных автоматическими станциями и пилотируемыми аппаратами из известных местоположений на поверхности Луны. Именно он и позволил намного более определенно говорить об истинной литологии во многих местах на Луне.

Таким образом спектральные исследования лунной поверхности дистанционными методами позволяют (хотя и довольно грубо) говорить о минералогии поверхности Луны.

Поляризационные исследования Луны. При угле падения света на поверхность диэлектрика (минерала), отличном от нуля, отраженный и преломленный лучи оказываются частично поляризованными. В отраженном луче преобладают колебания, перпендикулярные к плоскости падения. В преломленном луче преобладают колебания, параллельные плоскости падения. Степень поляризации зависит от угла падения. Если тангенс угла падения равен относительному показателю преломления n двух сред ($\operatorname{tg}\alpha_B = n$), то преломленный луч полностью поляризован в плоскости, совпадающей с плоскостью падения (закон Брюстера). При этом отраженный и преломленный лучи взаимно перпендикулярны.

Для гладких поверхностей (неровности много меньше длины волны) законы отражения и преломления хорошо изучены и описаны формулами Френеля. При отражении света различают две поляризации: S-поляризация, при которой вектор E перпендикулярен к плоскости падения, P-поляризация, при которой вектор H перпендикулярен к плоскости падения. Расчеты показывают, что при нормальном падении света ($\alpha = 0$) коэффициенты отражения и S- и P-поляризации равны, и степень поляризации волны не изменяется. Для стекла при угле $\alpha = 57^\circ$ (угол Брюстера) коэффициент отражения для P-поляризации равен нулю, отражается только S-поляризация, и свет полностью поляризован.

Поверхность Луны — яркий пример поверхности безатмосферных космических тел, состоящих из минералов в разных физико-химических состояниях. Лунные образования, различные по морфологическим и физическим свойствам, поляризуют свет по-разному. Кварцхелия [1] выполнил многочис-

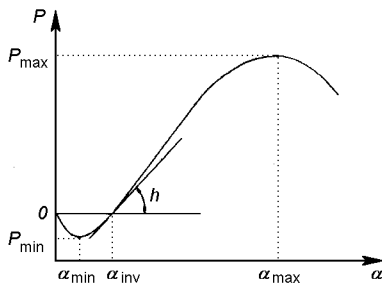


Рис. 2. Параметры фазовой кривой шероховатой поверхности: $\alpha_{\min} = \alpha(P_{\min})$, $\alpha_{\max} = 2\alpha_B = \alpha(P_{\max})$, $\alpha_{\text{inv}} = \alpha(P=0)$

ленные спектрополяризметрические измерения лунных деталей. По этим данным им были вычислены усредненные значения степени максимальной поляризации P_{\max} (рис. 2) (т. е. поляризации при фазовом угле, равном удвоенному значению угла Брюстера) для отдельных типов образований лунной поверхности.

По этому параметру поляризации Кварцхелия сгруппировал лунные участки следующим образом: лунные моря и заливы обнаруживают степень максимальной поляризации от 10 до 16 %, для большинства кратеров на морской поверхности она находится в пределах 8—12 %, для кратеров с центральными горками — 6—8 %, для лучевых кратеров — 4—6 %. Его специальные исследования позволили обнаружить, что самая низкая поляризация имеет место для кратера Прокл (3.6 % при угле фазы около 100°), а самая высокая (18 %) — внутри разрушенного кольца в Океане бурь между кратерами Флемстид Д и Флемстид К.

Лунную поверхность в течение 29 безоблачных ночей можно наблюдать из Земли фактически во всем возможном диапазоне фазовых углов. Этот факт позволяет исследовать ее различные оптические характеристики, хотя и для очень крупномасштабных деталей. Благодаря работам Кварцхелия, Дольфюса и Бовела [3], а также наблюдениям сотрудников Астрономического института Харьковского национального университета им. Каразина фазовая зависимость положительной поляризации (и в особенности в максимуме положительной поляризации P_{\max}) в зависимости от альbedo в видимом диапазоне спектра изучена довольно хорошо. Но распределение значения фазового угла, при котором наблюдается максимальное значение поляризации α_{\max} по лунному диску (и тем более для деталей меньше нескольких десятков километров) и его корреляции с другими оптическими параметрами — фактически не исследованы. Можно назвать практически только одну такую работу [4],

касающуюся изучения данного вопроса в двух широкополосных фильтрах (λ 461 и 669 нм) видимого диапазона.

Базируясь на наборе поляризметрических наблюдений лунной поверхности, для восточного полушария Луны были построены карты максимума линейной положительной поляризации P_{\max} от ее фазового угла α_{\max} . Минимальный размер исследуемых деталей на поверхности Луны превышал 8 км. Оказалось, что распределение P_{\max} для морей имеет больший разброс, а диапазон изменения $P_{\max} = 4.0...21.0$ % для $\lambda = 461$ нм и $3.0...15.0$ % для $\lambda = 669$ нм. Значения фазовых углов с максимальным значением поляризации для синего фильтра находятся в пределах $94.0^\circ—106.0^\circ$, а для красного — $90.0^\circ—105.0^\circ$. Диаграмма корреляции α_{\max} — альbedo (рис. 3) показывает практически линейную зависимость между параметрами: коэффициент корреляции равен -0.905 для $\lambda = 461$ нм и -0.911 для $\lambda = 669$ нм, т. е. наблюдается существенная линейная антикорреляция.

Корреляционная диаграмма α_{\max} — P_{\max} харьковских наблюдений (рис. 4), в отличие от наблюдений Кварцхелия [1] и более ранних наблюдательных данных [3], показывает существенно нелинейную зависимость.

С целью интерпретации наблюдательных данных проводились также исследования многочисленных земных образцов. Результаты этих исследований показали, что лунные детали сильно различаются

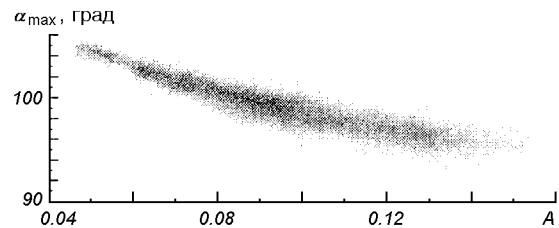


Рис. 3. Диаграмма корреляции α_{\max} — альbedo [4]

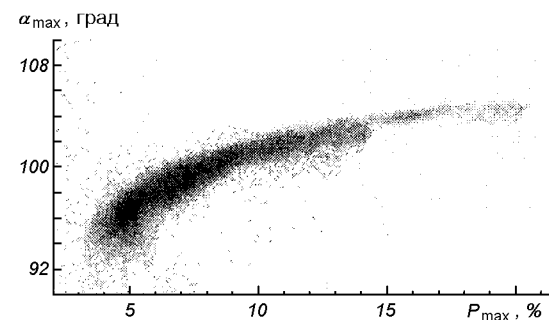


Рис. 4. Корреляционная диаграмма α_{\max} — P_{\max} [4]

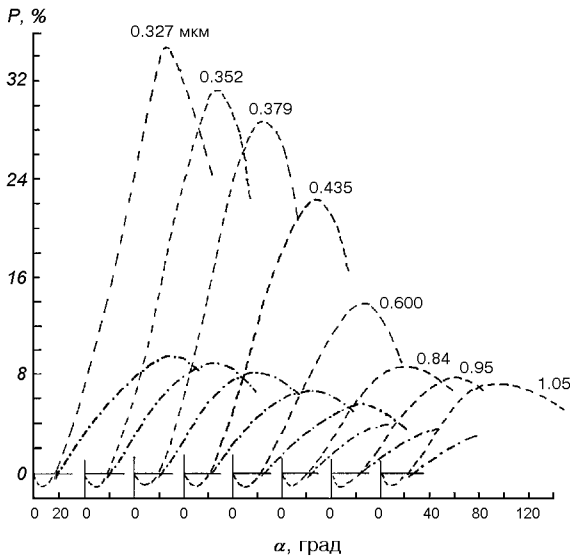


Рис. 5. Спектральные фазовые кривые поляризации деталей в океане Процелларум (пунктир) и в районе Шиллера (штрих-пунктир) [2]

значением максимума степени поляризации P_{\max} . С уменьшением длины волны в спектральном интервале $\lambda\lambda = 0.3...1.1$ мкм степень поляризации увеличивается (см. рис. 7 работы [2]). Именно параметры вектора Стокса Q и U определяют степень и положение плоскости линейной поляризации и являются функциями угла фазы. Значения этих параметров также зависят от величины показателя преломления $m(\lambda)$ и структуры поверхности. Еще в начале XX в. Умов экспериментально обнаружил, что более светлые детали имеют меньшую поляризацию, и объяснил это деполаризующим влиянием многократно рассеянного света.

Особенно следует отметить, что многие детали, степень поляризации которых в длинноволновой области спектра практически одинакова, в УФ-лучах очень сильно различаются своими поляризующими свойствами.

Как отчетливо видно на рис. 5, кроме более чем четырехкратного роста значения степени поляризации при переходе от красных лучей к УФ-участку спектра, фазовая кривая в ультрафиолетовых лучах позволяет намного более точно и определенно говорить о величине фазового угла, при котором наблюдается максимальное значение степени поляризации. И если в синих лучах ($\lambda = 435$ нм) α_{\max} определяется с точностью до $4-6^\circ$, то уже при $\lambda = 327$ нм погрешность не превышает $1-2^\circ$. Даже простая линейная интерполяция позволяет нам утверждать, что при поляриметрическом исследовании лунной поверхности в УФ-диапазоне в

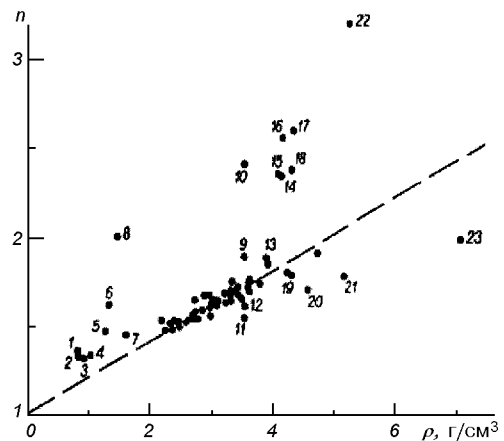


Рис. 6. Соотношение между коэффициентом преломления n и плотностью ρ жидких и твердых веществ. 1 — лед, 2 — ацетон, 3 — алкоголь, 4 — вода, 5 — глицерин, 6 — бисульфидный углерод, 7 — четыреххлористый углерод, 8 — сера, 9 — титанит, 10 — алмаз, 11 — хризалит, 12 — топаз, 13 — сидерит, 14 — «wurtzite», 15 — сфалерит, 16 — брукит, 17 — рутил, 18 — гоетит, 19 — «xenotime», 20 — барит, 21 — «monazite», 22 — «hematite», 23 — касситерит

$\lambda \approx 240...260$ нм с борта орбитальной станции Луны позволит определять значение фазового угла α_{\max} для участков поверхности размерами в сотни, а то и десятки метров с точностью лучше 1° . УФ-участок спектра намного более предпочтительный при дистанционных орбитальных изучениях минеральных шероховатых поверхностей безатмосферных космических тел еще и по той причине, что диффузно отраженное в этом диапазоне спектра излучение почти полностью формируется при однократном отражении от подстилающей поверхности. Знание таких оптических параметров поверхности Луны, как α_{\max} и P_{\max} , с указанными выше точностями позволит определить показатели преломления минеральных частиц на ее поверхности.

Выводы. Таким образом, коэффициенты преломления прозрачных и полупрозрачных материалов, которые довольно однозначно указывают на их химический состав, могут быть измерены с высокой точностью при дистанционных спектрополяриметрических измерениях в ультрафиолетовом участке спектра. В дополнение к этому для повышения надежности получаемых данных можно также использовать приведенную на рис. 6 зависимость между коэффициентом преломления n и плотностью ρ различных веществ.

Как видно, для подавляющего большинства веществ эти параметры подчинены выражению $n = 1 + 0.2\rho$, что показано пунктиром на рис. 6.

Тщательный анализ приведенных наблюдательных данных и результаты их интерпретации позволяют сделать вывод о том, что имеющаяся на сегодня инструментальная база и наш опыт в изготовлении спектрополяриметрической аппаратуры может быть успешно использован при подготовке и осуществлении научной программы космического эксперимента «Лунный орбитальный модуль».

Представленная работа выполняется при частичной финансовой поддержке Национального космического агентства Украины (контракт «АСТРО») и Научно-технологического центра в Украине (грант NN43).

1. Кварцхелия О. И. Зависимость степени поляризации отраженного Лунной светом от угла фазы // Сообщения АН ГрузССР.—1983.—112, № 2.—С. 293—296.
2. Мороженко А. В. О минералогическом картировании лунной поверхности // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка.—1983.—1.—С. 86—92.
3. Dollfus A., Bowell E. Polarimetric properties of the lunar surface and its interpretation. Part 1. Observations // Physique du systeme solaire. — Medon, Observatoire de Paris, 1969.—64 p.
4. Korokhin V. V., Velikodsky Yu. I. Parameters of the maximum positive polarisation of the Moon // 35th Lunar and Planetary Sci. Conf., March 15—19, 2004, League City, Texas. — League City, 2004.—Abstract n. 1306 (2P.)
5. Peterson C. A., Hawke B. R., Lucey P. G., et al. The Distribution of Anorthosite on the Lunar Farside // Workshop on New Views of the Moon 2: Understanding the Moon Through the Integration of Diverse Datasets, 1999.—P. 46.
6. Pieters C. M. Mineralogy of the Moon: How did we start? What

did we find? Where are we going? // American Geophysical Union, Fall Meeting 2002. — 2002.—Abstract #P51C-03.

7. Pinori S., Bellucci G. Regional Dark Mantle Deposits on the Moon: Rima Bode and Sinus Aestuum Analysis // Workshop on New Views of the Moon 2: Understanding the Moon Through the Integration of Diverse Datasets, 1999.—P. 49.
8. Sasaki S., Iijima Y., Tanaka K., et al. Scientific Research in the Lunar Orbiting Mission // IAF abstracts. 34th COSPAR Scientific Assembly, The Second World Space Congress, held 10-19 Oct., 2002 in Houston, TX, USA. — 2002.—P. Q-4-3-04.

MAPPING OF PHYSICAL CHARACTERISTICS OF THE MOON'S SUPERFICIAL LAYER AND ULTRA-VIOLET POLARIMETRY FROM A LUNAR ORBITAL STATION

A. P. Vid'machenko, A. V. Morozhenko

Ground and space researches of the Moon allowed one to carry out large-scale mapping of its superficial layer. Morphological details of the Moon have various spectral reflective properties. Their characteristic features are decrease of its reflectivity from visual spectral region to ultra-violet one and absorption bands in near infra-red spectral region. This points to mineralogy of the Moon's surface. Morphological features with different optical and physical properties have different polarization. In the long-wave spectral region, the degree of polarization is practically identical for many details on the Moon's surface, but its values differ strongly in ultra-violet region. The phase curve in ultra-violet region allows one to determine the value of phase angle α_{\max} at which the maximal value of degree of polarization P_{\max} takes place, with error less than 1° . These optical parameters of the Moon's surface enable us to determine refraction indexes of its mineral particles, i. e., to make mapping of the Moon's minerals.

УДК 523.4

© Є. П. Неводовський, А. П. Відьмаченко,
О. В. Мороженко, П. В. Неводовський, І. І. Синявський

Головна астрономічна обсерваторія НАН Україна, Київ

УКРАЇНСЬКИЙ МОЛОДІЖНИЙ СУПУТНИК: ДОСЛІДЖЕННЯ АЕРОЗОЛЬНОГО ШАРУ АТМОСФЕРИ ЗЕМЛІ ЗА ДОПОМОГОЮ УФ-ПОЛЯРИМЕТРА

Розглядаються механізми змін концентрації стратосферного озону у верхніх шарах земної атмосфери (вище 30 км). Пропонується проект бортового УФ-поляриметра на довжину хвилі $\lambda \approx 250$ нм для українського молодіжного супутника. Реалізація поданого проекту дозволить отримати спостережні дані, аналіз яких дасть змогу з високою достовірністю визначити значення комплексного показника заломлення, а також розмір частинок, горизонтальну структуру аерозольного шару і дослідити імовірну її зміну в часі.

ВСТУП

Останні десятиріччя минулого століття для землян позначились такими катастрофічними явищами, як появою озонних дірок в атмосфері. Була висунута

гіпотеза, що основним чинником цього явища є фреони. Тому Міжнародні угоди (Женевська конвенція про глобальний перенос забруднювальних домішок та відповідний Протокол до неї про обмеження викидів оксидів азоту, Віденська конвенція