

УДК 523.34.82

Диаграмма альbedo — цвет лунной поверхности**Н. В. Бондаренко, Ю. Г. Шкуратов, Л. А. Акимов, Ю. В. Корниенко**

По новым фотометрическим и колориметрическим данным для 256 участков лунной поверхности размером около 6" построена диаграмма альbedo — цвет $A(0.65 \text{ мкм})$ — $C(0.65 \text{ мкм}/0.43 \text{ мкм})$. С помощью системы цифровой обработки изображений построена диаграмма $A(0.4 \text{ мкм})$ — $C(0.70 \text{ мкм}/0.4 \text{ мкм})$ и карта оптических типов грунтов района, включающего восточную часть Моря Влажности и луч кратера Тихо. Предложена интерпретация диаграммы альbedo — цвет Луны на основе одномерной модели рассеяния света порошкообразными средами.

ALBEDO — COLOUR DIAGRAM OF THE LUNAR SURFACE, by Bondarenko N. V., Shkuratov Yu. G., Akimov L. A., Kornienko Yu. V.—The albedo — colour diagram $A(0.65 \text{ }\mu\text{m})$, $C(0.65 \text{ }\mu\text{m}/0.43 \text{ }\mu\text{m})$ was obtained from new photometric and colorimetric data for 256 small (6") regions of the lunar surface. The diagram $A(0.4 \text{ }\mu\text{m})$, $C(0.7 \text{ }\mu\text{m}/0.4 \text{ }\mu\text{m})$ and the map of optical types of soil for east part of Mare Humorum region were obtained using the system of digital image processing. The interpretation of the diagram is suggested on the basis of the model of light scattering by powder-like surfaces.

Первые количественные исследования корреляции альbedo и показателя цвета участков поверхности видимого полушария Луны проведены Л. Н. Радловой [12], указавшей на существование слабой прямой корреляции между этими параметрами, что позднее подтверждалось и некоторыми другими работами [3]. Дальнейшие колориметрические и фотометрические исследования Луны показали, что связь альbedo — цвет носит значительно более сложный и неоднозначный характер [14, 15]. Лабораторные исследования образцов некоторых земных грунтов также указывали на сложный характер этой связи [21—23]. Наиболее представительные современные исследования диаграммы альbedo — цвет Луны в видимой части спектра приведены в работах [5, 20]. Из них следует, что зависимость альbedo — цвет носит двузначный характер: с возрастанием альbedo показатель цвета лунных образований сначала увеличивается, а затем уменьшается. Следует однако отметить, что исходные колориметрические данные, использовавшиеся в [5], как указывалось в работах [6, 9, 10, 19], требуют уточнения и пересмотра, а диаграммы, опубликованные в [20], построены по весьма ограниченной выборке данных спектрофотометрических измерений [24—26] и не дают полного представления о связи альbedo — цвет. Уместно добавить также, что к настоящему моменту практически полностью отсутствуют попытки физической интерпретации этой связи. Все это указывает на необходимость продолжения исследований диаграммы альbedo — цвет Луны с целью детализации структуры и выяснения диагностической роли этой диаграммы в целях развития дистанционных методов геолого-минералогического дешифрирования лунной поверхности.

Данные дискретной колориметрии и фотометрии. Колориметрические и фотометрические измерения отдельных образований на видимом полушарии Луны производились на телескопе АЗТ-8 АО ХГУ. Исследовались 256 участков размером около 6", приблизительно равномерно распределенные по лунному диску.

Основной материал для определения альbedo получен фотографическим способом в красной части спектра ($\lambda_{\text{эф}} = 0.65 \text{ мкм}$), в которой

меньше сказываются изменения прозрачности земной атмосферы. Так как точность фотографической фотометрии невысока и ошибки могут достигать 10 %, то при получении наблюдательного материала применялись специальные меры, а именно: использовались свежие фотопластины ORWO WP-3 и FP-1, имеющие низкую собственную вуаль; снятые фотопластины обрабатывались проявителем Чибисова при пониженной температуре, что позволило удлинить время проявления; применялся особый режим перемешивания проявителя.

Фотографирование проводилось в десятиметровом фокусе. Калибровка снимков выполнялась по практически одновременным фотоэлектрическим измерениям деталей Луны в той же фотометрической

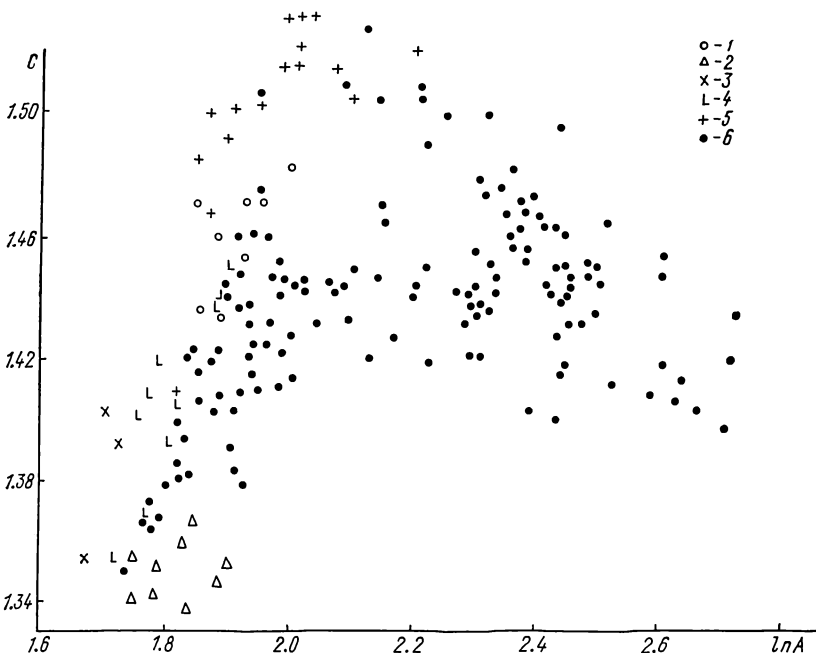


Рис. 1. Диаграмма альbedo (0.63 мкм) — цвет (0.63 мкм/0.43 мкм) видимого полушария Луны по данным дискретной фотометрии и колориметрии. 1 — Море Ясности, 2 — Море Спокойствия, 3 — темные пятна в центральной части лунного диска, 4 — Океан Бурь в окрестности кратера Флемстид, 5 — Море Холода, 6 — другие участки лунной поверхности.

системе. Такой способ калибровки был выбран потому, что обычно характеристическая кривая, построенная по маркам трубчатого фотометра или с помощью впечатанного ступенчатого ослабителя идет круче, чем построенная непосредственно по изображению. В результате принятых мер погрешность относительной фотометрии не превышала 2 %. Абсолютизация результатов измерения выполнялась по данным работ [13, 27], которые, как показывают исследования, до сих пор являются одними из самых надежных. Подробнее методика получения и обработки фотометрических данных изложена в [2].

Колориметрические измерения тех же 256 лунных площадок производились на двухканальном фотометре, в котором световой поток, прошедший полевую диафрагму, разделялся на две части и направлялся через светофильтры на два фотоумножителя (ФЭУ-15). В результате измерялся показатель цвета участков лунной поверхности относительно нескольких опорных участков. Показатель цвета соответствовал отношению альbedo при $\lambda_{\text{эф}}=0.63$ мкм и $\lambda_{\text{эф}}=0.43$ мкм. Внутренняя погрешность измерений ± 1 %. Абсолютизация колориметрических измерений осуществлялась по данным работ [24—26]. Для этого проводились дополнительные колориметрические измерения участков

лунной поверхности, исследованных в этих работах. Результат сопоставления наших измерений и данных [24—26], представленный в [11], показал хорошую сходимость.

Описанные фотометрические и колориметрические данные использовались для построения диаграммы альbedo — цвет (рис. 1). Значения альbedo приведены к тем значениям, которые получились бы, если бы все исследуемые площадки привести к стандартным фотометрическим условиям, а именно — расположить их на поверхности лунного шара в точке, соответствующей зеркальному отражению. Для выполнения этих фотометрических редукиций использовалась формула, хорошо описывающая распределение относительной яркости A по лунному диску в широком интервале изменения углов фазы α и значений фотометрической долготы λ_f [1]: $A(\alpha, \lambda_f) = \cos(\alpha/2) \cdot \cos[\pi \cdot (\lambda_f - \alpha/2) / (\pi - \alpha)] / \cos \lambda_f$. Шкала альbedo на рис. 1 соответствует $\alpha = 7^\circ$. Диаграмма альbedo — цвет Луны, построенная по нашим данным дискретной фотометрии и колориметрии отчетливо обнаруживает двузачную связь между альbedo и цветом, что подтверждает данные работ [5, 20]. Более тонкая структура диаграммы иллюстрируется с помощью различных обозначений, кодирующих точки поверхности, относящиеся к отдельным лунным районам. Так, отдельные группы образуют точки, относящиеся к Морю Холода (области с большим избытком красного цвета) и Морю Спокойствия (избыток синего цвета). Четко выраженную линейную последовательность образуют точки, относящиеся к Океану Бурь (в этом случае можно уверенно говорить о прямой пропорциональной зависимости показателя цвета от логарифма альbedo). Яркие молодые кратеры, как правило, имеют небольшой показатель цвета.

К сожалению, данные дискретной фотометрии и колориметрии, обладая высокой точностью, все же не могут дать достаточно полного представления о структуре диаграммы альbedo — цвет Луны. Для получения более детальных данных требуется использовать изображения, передающие распределение альbedo и цвета по лунному диску.

Данные цифровой обработки изображений. Исходным материалом, используемым для цифровой обработки изображений, являлись фотографические снимки Луны, полученные в десятиметровом кассегреновском фокусе телескопа АЗТ-8 АО ХГУ. Применялись фотопластинки ORWO WT-2 и светофильтры, обеспечивающие в комбинации с фотоэмульсией эффективные длины волн 0.7 мкм и 0.4 мкм. Из серии снимков были отобраны два изображения путем предварительного исследования фотометрических ошибок с помощью микрофотометра, с привлечением в качестве эталонных данных результатов фотоэлектрических и спектрофотометрических данных [2, 24—26]. Затем методом Цвикки — Уиттэкера [31] синтезировалось изображение, передающее распределение показателя цвета (0.7 мкм/0.4 мкм). Это изображение, а также изображение, передающее распределение альbedo (0.7 мкм), использовались для дальнейшей обработки, которая проводилась с помощью системы цифровой обработки изображений, разработанной и созданной в ИРЭ АН УССР [16]. С помощью механического устройства ввода фрагменты изображений, отвечающие на лунной поверхности участку, ограниченному примерно 18° — 34° южной широты и 18° — 38° западной долготы, вводились в ЭВМ. Четкость ввода фрагментов составляла примерно 500×500 элементов. Калибровка изображений выполнялась по опорным деталям, поиск которых осуществлялся оператором с помощью полутонового дисплея. Для калибровки привлекались данные работ [24—26]. Калибровочные зависимости альбедного и цветоделительного изображения представлены на рис. 2. Наблюдающийся разброс точек свидетельствует прежде всего об ошибках, вызванных фотографической неоднородностью фотоэмульсии, обусловленной эффектами неравномерности ее старения и полива, а также флуктуациями фотографической плотности, возникающими при проявлении. В случае

альбедного изображения максимальный разброс точек на калибровочной зависимости достигает 5 % (рис. 2 а), а в случае цветоделительного изображения — 20 %.

Исследовался район, включающий восточную часть Моря Влажности, луч кратера Тихо и западные области Моря Облаков. Карта альбедо этого района представлена на рис. 3 а. Весь диапазон альбедо разбит на 6 полутоновых градаций. Карта цвета того же участка представлена на рис. 3 б. Диапазон изменения показателя цвета разбит на 6 полутоновых градаций. Темным тонам соответствуют большие значения показателя цвета. По альбедному и цветоделительному

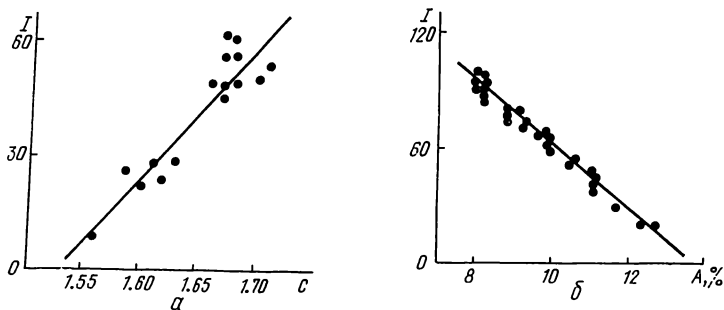


Рис. 2. Калибровочные зависимости для изображений, передающих распределение альбедо — а и показателя цвета — б. (По оси ординат отложена интенсивность в относительных единицах)

изображениям была построена диаграмма альбедо (0.7 мкм) — цвет (0.7 мкм/0.4 мкм), приведенная на рис. 4. Градации полутонов кодируют плотность точек. В целом эта диаграмма по виду напоминает диаграмму, построенную по дискретным данным для всего лунного диска (рис. 1), однако в данном случае двузначность зависимости альбедо — цвет выражена значительно слабее. Диаграмма имеет сложную структуру, выраженную в существовании множества сгущений (кластеров), часть которых имеет вытянутую форму. Для определения границ нескольких наиболее крупных, статистически достоверных кластеров на изображении диаграммы были найдены области отрицательного лапласиана («холмы» на рельефе диаграммы). Тонкие перемычки между некоторыми кластерами искусственно разрушались. В результате на диаграмме было выделено семь кластеров. Полученный результат использовался для построения карты оптических типов исследуемого участка лунной поверхности (рис. 5 а). В нижнем левом углу рис. 5 а расположена диаграмма с выделенными кластерами. Тип штриховки этих кластеров соответствует штриховке областей на карте. Двухпараметрическая карта, представляющая одновременно огрубленное распределение альбедо и цвета, приведена на рис. 5 б. Способ расщепления диаграммы показан в нижнем левом углу рис. 5 б. Описываемые карты подтверждают колориметрическую неоднородность Моря Влажности. Юго-восточная часть этого Моря имеет избыток красного цвета. Эта область выделяется на диаграмме в отдельный кластер. В целом, карты на рис. 5 обнаруживают сходство со схемой оптического дешифрирования изучаемого района, составленной по другой методике без применения машинного анализа [28].

Модель диаграммы альбедо — цвет. Как следует из результатов, приведенных в данной статье, и анализа литературных данных, зависимость цвета от альбедо носит для Луны двузначный характер, при этом наблюдается значительный разброс точек относительно кривой регрессии. Возникает вопрос: почему эта зависимость именно такова и чем обусловлен разброс точек? К настоящему моменту нам неизвестно ни одной попытки дать ответ на поставленные вопросы. В такой ситуации уместно начинать теоретический анализ результатов с построе-

ния наиболее простых моделей. В частности, в этой статье использована одномерная модель рассеивающего слоя (модель стопы) [4, 8], применение которой в практике лабораторной спектрофотометрии порошкообразных сред дает неплохие результаты [7, 8]. Согласно этой модели величина альбедо рассеивающего слоя зависит от показателя поглощения κ и показателя преломления n частиц грунта, их размеров

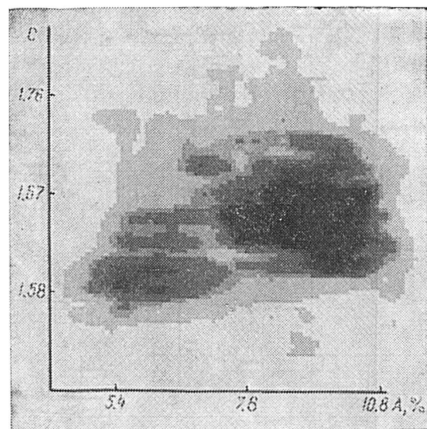
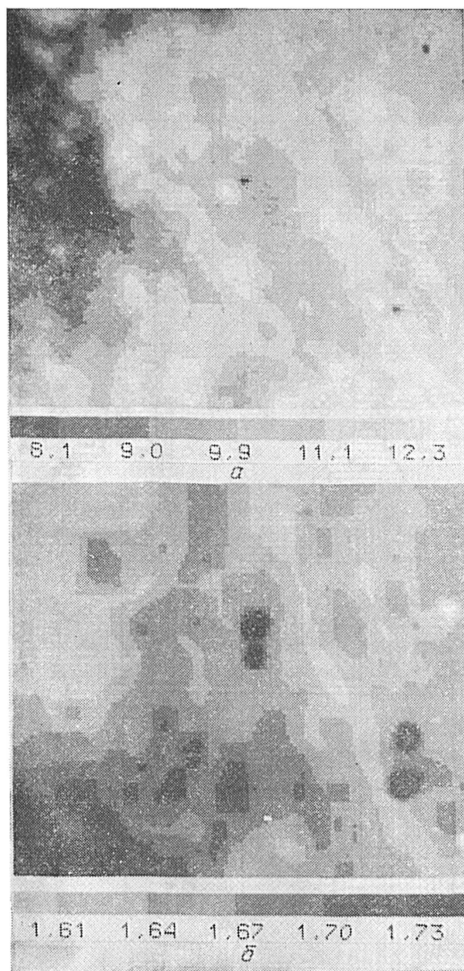


Рис. 4. Диаграмма альбедо — цвет района, изображенного на рис. 3

Рис. 3. Карты исходных оптических характеристик района, включающего восточную часть Моря Влажности, луч кратера Тихо и западную часть Моря Облаков: а — карта альбедо (цифрами указано альбедо (0.7 мкм) в процентах); б — карта цвета (цифрами указаны значения показателя цвета (0.7 мкм/0.4 мкм))

l и длины световой волны λ . Основные предположения, использующиеся при построении модели стопы, следующие. Считается, что слой плотно упакованных частиц (при условии $l \gg \lambda$) эквивалентен по отражательным свойствам стопе плоскопараллельных пластин, толщина которых равна среднему размеру частиц слоя (свет, проникающий в стопу пластин падает по нормали). Считается, что показатель преломления и коэффициент поглощения пластин равны средним значениям этих характеристик для частиц слоя. Для расчетов мы воспользовались формулами модели стопы, приведенными в [8]:

$$A = \frac{1 + r^2 - t^2}{2r} - \sqrt{\left[\frac{1 + r^2 - t^2}{2r}\right]^2 - 1},$$

$$r = r_0 + \frac{r_0(1 - r_0)^2 \exp(-8\pi\kappa l/\lambda)}{1 - r_0^2 \exp(-8\pi\kappa l/\lambda)},$$

$$t = \frac{(1 - r_0)^2 \exp(-4\pi\kappa l/\lambda)}{1 - r_0^2 \exp(-8\pi\kappa l/\lambda)}, \quad r_0 = \left(\frac{n - 1}{n + 1}\right)^2.$$

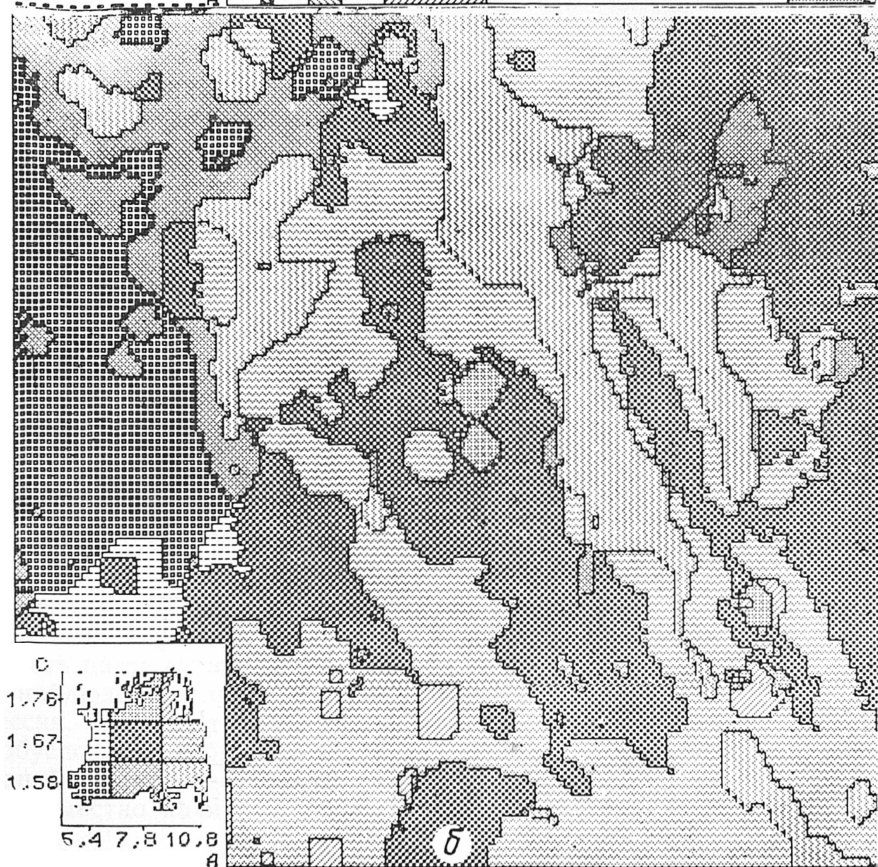
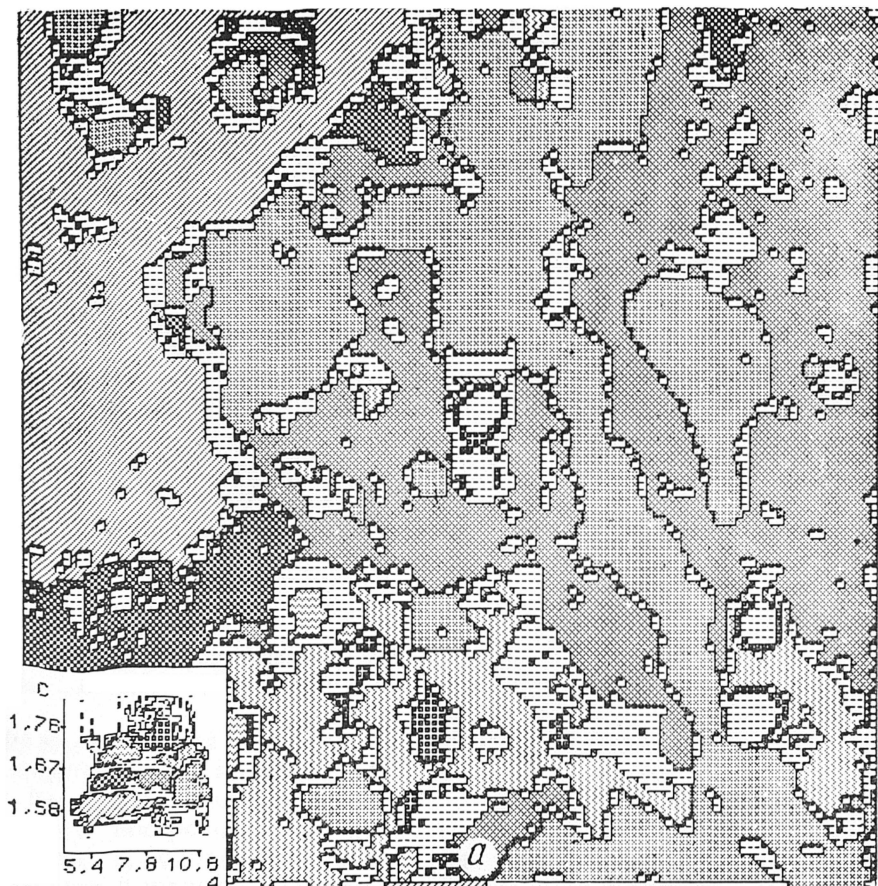
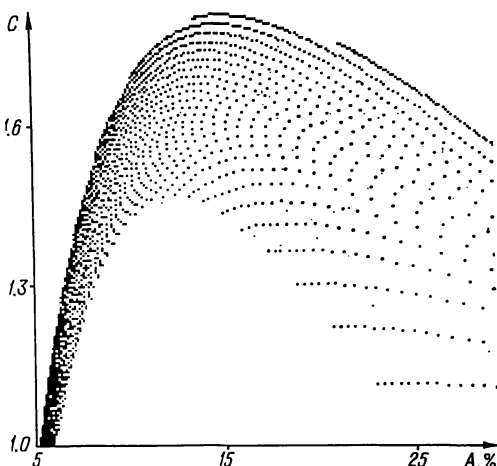


Диаграмма альbedo — цвет генерировалась с помощью этих формул на ЭВМ, а результат выводился в виде изображения на механическом устройстве вывода изображений. Интервал изменения величин n , κ , l выбирался исходя из результатов существующих лабораторных измерений лунного грунта и его аналогов [17, 29, 30]: $n=1.4-1.7$, $\kappa=2 \cdot 10^{-4}-2 \cdot 10^{-3}$, $l=5-100$ мкм. Расчеты проводились для длин волн 0.4 мкм и 0.6 мкм, при этом для простоты предполагалось, что n и κ не зависят от длины световой волны. Интервал изменения каждого параметра разбивался примерно на 10 участков с равномерным шагом. Расчетная диаграмма альbedo — цвет представлена на рис. 6. Монотонное возрастание величины $\kappa \cdot l$ от минимальных значений к максимальным порождает двузначную зависимость $C(A)$. Изменение величины n порождает семейство дуг $C(A)$, смещающихся вниз по оси C при возрастании n .

Обсуждение результатов. Результаты и выводы данного раздела статьи являются лишь пер-

Рис. 6. Диаграмма альbedo — цвет, синтезированная на ЭВМ с использованием теории рассеяния света в одномерной среде (модель стопы [8])



вой попыткой применения теоретической модели диаграммы альbedo — цвет к интерпретации реальных наблюдательных данных и поэтому могут впоследствии претерпеть некоторые изменения.

1. Согласно модельной диаграмме лунные образования, имеющие высокое альbedo и невысокие значения показателя цвета, характеризуются низким значением κ грунтов ($\sim 10^{-4}$) при условии небольших отличий среднего размера частиц светорассеивающего слоя от аналогичной характеристики других участков поверхности. В целом это согласуется с тем, что этой части лунной диаграммы соответствуют незрелые грунты, расположенные в зонах выбросов ярких молодых ударных кратеров (на рис. 5 а, б этой части диаграммы соответствует луч кратера Тихо). В этих грунтах доминирует плагиоклазовая молекула, а хромофорные примеси минимальны. Ширина лунной диаграммы альbedo — цвет по оси C для самых высоких значений A обусловлена, в основном, разбросом значений n грунтов.

2. Низкоальбедная часть лунной диаграммы, как следует из модели, представлена грунтами с высокими значениями показателя поглощения ($\kappa \sim 10^{-3}$). Эта величина κ характерна для темных лунных и земных базальтов [29, 30]. Вариации n в этой части диаграммы значительно меньше сказываются на ее ширине.

3. Самым «красным» грунтам при промежуточных значениях $\kappa \cdot l$ должны соответствовать небольшие n . Можно предположить, что этот случай реализуется применительно к грунтам Моря Холода. Однако в среднем избыток красного цвета у некоторых лунных образований, как



Рис. 5. Карты оптических типов лунного грунта района, изображенного на рис. 3. а — карта, построенная на основе кластерного анализа диаграммы альbedo — цвет; б — двухпараметрическая карта, представляющая одновременно огрубленное распределение альbedo и цвета в исследуемом районе (обработка ИРЭ АН УССР, АО ХГУ)

это видно из модельной диаграммы, обусловлен тем, что эти образования сложены породами с подходящими значениями $\kappa \cdot I$, порождающими экстремум зависимости $C(A)$. Этот вывод полностью соответствует результатам, приведенным в работах [18, 20], где двузначность лунной диаграммы цвет — альbedo объяснялась перераспределением вкладов в результирующий световой поток внешней (френелевской) и внутренней (рассеянной внутри частиц) составляющих потока.

Представленная интерпретация диаграммы альbedo — цвет является весьма упрощенной даже в рамках используемой модели. Следует детально изучить вопрос о влиянии зависимостей $n(\lambda)$ и $\kappa(\lambda)$ на вид модельной диаграммы. К сожалению, соответствующие исходные экспериментальные данные для лунного грунта отсутствуют. Необходимо тщательно исследовать границы применимости одномерных моделей светорассеяния для анализа колориметрических и фотометрических данных наблюдений на основе лабораторных спектрофотометрических измерений.

Наши последующие работы будут ориентированы на дальнейшее применение методов машинного анализа к задачам оптического районирования Луны, а также на создание более адекватных (трехмерных) теоретических моделей спектральной зависимости альbedo лунных грунтов.

1. Акимов Л. А. О влиянии мезорельефа на распределение яркостей по диску планеты.— Астрон. журн., 1975, 52, вып. 3, с. 635—641.
2. Акимов Л. А., Латынина И. И., Стадникова Н. П. Опорный каталог оптических характеристик избранных районов Луны.— Вестн. Харьк. ун-та Астрометрия и физика Солнеч. системы, 1982, № 232, с. 70—80.
3. Барабашов Н. П., Езерский В. И., Федоренко В. А. О цветовых контрастах лунной поверхности.— Астрон. журн., 1959, 36, вып. 3, с. 496—502.
4. Гирин О. П., Степанов Б. Н. Спектры отражения окрашенных рассеивающих объектов. II.— Журн. эксперим. и теорет. физики, 1954, 24, № 4, с. 467—476.
5. Евсюков Н. Н. Диаграмма цвет — альbedo лунной поверхности.— Астрон. журн., 1974, 51, № 3, с. 611—617.
6. Езерский В. И., Олифер Н. С., Шкуратов Ю. Г. Колориметрическая структура участков лунной поверхности.— Вестн. Харьк. ун-та. Физика Луны и планет. Фундам. астрометрия, 1977, № 160, с. 14—19.
7. Жидкова З. В. Спектры отражения окрашенных рассеивающих объектов. I.— Журн. эксперим. и теорет. физики, 1954, 27, № 4, с. 458—466.
8. Иванов А. П. Оптика рассеивающих сред.— Минск: Наука и техника, 1969.—592 с.
9. Новиков В. В. Поляризация как инструмент дистанционной селенохимии.— Тр. Гос. астрон. ин-та, 1980, 50, с. 135—149.
10. Новиков В. В., Попов А. П., Титов В. В. Особенности цвета восточного полушария Луны.— Там же, с. 125—134.
11. Опанасенко Н. В., Шкуратов Ю. Г., Акимов Л. А., Латынина И. И. Спектрофотометрический каталог участков лунной поверхности.— Вестн. Харьк. ун-та. Астрономия Солнеч. системы, 1983, № 247, с. 18—29.
12. Радлова Л. Н. Фотографическая колориметрия Луны.— Астрон. журн., 1943, 20, № 5—6, с. 1—13.
13. Сытинская Н. Н., Шаронов В. В. Исследования отражательной способности лунной поверхности.— Учен. зап. Ленингр. ун-та, 1952, № 153, с. 114—154.
14. Тейфель В. Г. О нормальных колор-индексах и соотношении цвет — яркость деталей лунной поверхности.— Астрон. журн., 1959, 36, № 1, с. 114—121.
15. Тейфель В. Г. Различие спектральных свойств областей лунной поверхности.— Там же, № 6, с. 1041—1045.
16. Усиков А. Я., Бабичев А. А., Егоров А. Д. и др. Система цифровой обработки изображений.— Вестн. АН УССР, 1977, № 10, с. 47—65.
17. Флоренский К. П., Базилевский А. Т., Николаева О. В. Лунный грунт: свойства и аналоги. Модель 1974 года.— М.: Ин-т геохимии и аналит. химии АН СССР, 1975.—71 с.
18. Шкуратов Ю. Г. Еще раз о взаимосвязи показателя цвета Луны (0.56 мкм/0.40 мкм) с содержанием TiO_2 в зрелом морском грунте.— Астрон. циркуляр, 1972, № 1031, с. 1—2.
19. Шкуратов Ю. Г. Цвет лунных регионов.— Астрон. вестн., 1981, 15, № 2, с. 69—79.
20. Шкуратов Ю. Г. Цветовые различия и содержание химических элементов в грунтах лунной поверхности.— Там же, 1982, 16, № 2, с. 69—76.
21. Adams J. B. Lunar surface composition and particle size: Implications from laboratory and lunar spectral reflectance data.— J. Geophys. Res., 1967, 72, N 22, p. 5717—5720.

22. Adams J. B., Filice A. L. Spectral reflectance 0.4 to 2.0 microns of silicate rock powders.— Ibid., p. 5705—5715.
23. Barabashev N. P. The rocks that may constitute the lunar surface.— In: The Moon / Ed. by Z. Kopal, Z. K. Mikhailov. London; New York : Acad. press, 1962, p. 379—384.
24. McCord T. B. Color differences on the lunar surface.— J. Geophys. Res., 1969, 74, N 12, p. 3131—3142.
25. McCord T. B., Charette M. P., Johnson T. V. et al. Lunar spectral types.— Ibid., 1972, 77, N 8, p. 1349—1359.
26. McCord T. B., Johnson T. V. Relative spectral reflectivity 0.4—1.0 μ of selected areas of the lunar surface.— Ibid., 1969, 74, N 17, p. 4395—4407.
27. Peacock K. Multicolor photoelectric photometry of the lunar surface.— Icarus, 1968, 9, N 16—66.
28. Pieters C., Head J. W., McCord T. B. et al. Geochemical and geological units of Mare Humorum. Definition using remote sensing and lunar sample information.— Proc. Lunar Sci. Conf. 6 th, 1975, p. 2689—2710.
29. Pollack T. B., Toon O. B., Khare B. N. Optical properties of some terrestrial rocks and glass.— Icarus, 1973, 19, N 3, p. 371—389.
30. Taylor S. R. Lunar Science: the post — Apollo area.— New York : Acad. press, 1975.— 361 p.
31. Whittaker E. A. Lunar color boundaries and their relationship to topographic features: A preliminary survey.— The Moon, 1972, 4, p. 348—355.

Харьков. ун-т им. А. М. Горького, ИРЭ АН УССР,
Харьков

Поступила в редакцию 30.01.85,
после доработки 16.04.85

Новые приборы

ФОТОГРАФИЧЕСКАЯ АСТРОНОМИЧЕСКАЯ ТЕЛЕВИЗИОННАЯ АППАРАТУРА

Фотографическая астрономическая телевизионная аппаратура (ФАТА) предназначена для получения изображений слабых небесных объектов с короткими экспозициями.

Телевизионная система сконструирована для работы в фокусах Кассегрена (10.5 м) и Ньютона (3.1 м) телескопа АЗТ-2 в Главной астрономической обсерватории АН УССР. ФАТА представляет собой аналоговую телевизионную систему, позволяющую найти и отождествить на небе слабый объект и сфотографировать его непосредственно либо через светофильтр. Изображение с экрана монитора фотографируется на обычную 35-мм пленку в покадровом режиме, или в режиме кинофильма. Максимальная частота съемки — один кадр в секунду. Система позволяет накапливать потенциальный рельеф на мишени передающей трубки (1 — 255 кадров, но не более числа, при котором потенциальный рельеф еще не расплывается) и на пленке (1 — 255 фотокадров, но не более числа, при котором на кадре получается слишком сильный фон).

ФАТА создана на базе прикладной телевизионной установки «Интроскоп». В качестве датчика видеосигнала применен суперизокон ЛИ-804 — трубка хорошо зарекомендовавшая себя при освещенности $5 \cdot 10^{-6}$ лк. Область спектральной чувствительности 0.4—0.8 мкм. Проницающая сила 15—17^m (лучшая в более холодное время года) в режиме непрерывного считывания в вещательном стандарте.

Получены изображения звездных скоплений, туманностей и трех комет. Применение подобных систем целесообразно для задач поиска, а также всегда, когда ради скорости регистрации можно пожертвовать некоторыми другими характеристиками.