

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ГЛОВНА АСТРОНОМІЧНА ОБСЕРВАТОРІЯ

На правах рукопису

КОРОХІН ВІКТОР ВАЛЕНТИНОВИЧ

РОЗПОДІЛ ПАРАМЕТРІВ ФАЗОВОЇ ЗАЛЕЖНОСТІ ЯСКРАВОСТІ
ПО ДИСКУ МІСЯЦЯ

УДК 523.34: 520.82

01.03.03. - Геліофізика та фізика Сонячної системи

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
дисертації на здобуття вченого ступеня
кандидата фізико-математичних наук

Дисертацією є рукопис.

Роботу виконано на Астрономічній обсерваторії
Харківського державного університету.

Науковий керівник: доктор фізико-математичних наук
Леонід Опанасович Акімов.

Офіційні опоненти: доктор фізико-математичних наук
Мороженко Олександр Васильович (ГАО НАН України);
кандидат фізико-математичних наук
Корнієнко Дрій Вячеславович (ІРЕ НАН України).

Провідна організація: Радіоастрономічний інститут
НАН України.

Захист дисертації відбудеться "29" березня 1996 р. на
засіданні спеціалізованої ради Д 01.74.01 по захисту
докторських дисертацій при Головніій астрономічній
обсерваторії НАН України за адресою: 252650, Київ, ГСП 22,
Голосііво, ГАО НАН України, тел. 266-47-88. Початок засідань
спецради о 11 годині.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці ГАО НАНУ за
адресою: 252650, Київ, ГСП 22, Голосііво, ГАО НАН України

Автореферат розісланий "20" лютого 1996 р.

Вчений секретар спеціалізованої ради,

кандидат фізико-математичних наук

Гусева Н.Г.

ЛННБ України ім.В.Стефаника

З. Стефаник
України



00740272 (M)

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми.

Застосування при вивченні властивостей поверхні Місяця параметрів фазової залежності яскравості, в порівнянні з традиційними оптичними параметрами: альbedo, показник кольору та ступінь поляризації, повинно принести нову додаткову інформацію про структуру реголіту Місяця та рельєф його поверхні. Але існуючі на даний час дослідження, як правило, відносяться тільки або до інтегральної яскравості Місяця, або до окремих ділянок поверхні. Тому актуальність роботи по вивченню розподілу параметрів фазової залежності яскравості по диску Місяця не викликає сумніву. Крім того, можливо, що zostались лічені роки, коли науці для спостережень доступна ще не заторкнута діяльністю людини поверхня Місяця. Тому дуже важливо усіма доступними методами зафіксувати та вивчити такий її стан.

Основною метою дисертаційної роботи є отримання та вивчення розподілу параметрів фазової залежності яскравості по диску Місяця з метою одержання інформації про фізичні властивості поверхні Місяця.

Наукова новизна роботи.

1. Розроблений автором при виконанні дисертаційної роботи програмно-апаратний комплекс дозволяє вирішувати широке коло задач фотометрії та поляриметрії небесних тіл. За даними автора аналога такому комплексу на території СНД немає.

2. Хоча роботи по картуванню фазової залежності вже проводилися іншими авторами, на основі проведених фотометричних спостережень автором вперше отримані карти

розподілу по диску Місяця дифузного альbedo та ефективного коефіцієнту шорсткості.

3. Автором дисертації вперше отримана карта розподілу по диску Місяця кутів нахилу рельєфу з базовою 4 км уздовж селенографічної довготи.

4. Автором вперше проведено районування поверхні видимої півкулі Місяця з застосуванням параметрів фазової залежності яскравості.

Теоретична та практична цінність дослідження.

1. Програмно-апаратний комплекс, розроблений при виконанні дисертаційної роботи, окрім вирішення задач фотометрії Місяця може бути використаний (та вже використовується на протязі 6 років) для досліджень Сонця та планет Сонячної системи.

2. Результати дисертаційної роботи дають змогу обчислювати відносну яскравість будь-якої ділянки поверхні Місяця у будь-який час. Це дозволяє використовувати Місяць як фотометричний стандарт.

3. Вільний від впливу макрорельєфу розподіл по диску Місяця ефективного коефіцієнту шорсткості несе у собі інформацію про структуру поверхні у масштабі мікрорельєфу (мікрони-сантиметри) та мезорельєфу (метри - десятки метрів). Така інформація важлива як для селенології, так і для програм створення населених баз на Місяці.

4. Аналіз розподілу параметрів фазової залежності по поверхні Місяця та їх взаємозалежності з іншими оптичними параметрами поверхні, наприклад, показником кольору та ступенем поляризації, може сприяти більш глибокому розумінню

процесів розсіяння світла поверхнями зі складною структурою.

5. Автором розроблено методику одержання кутів нахилу рельєфу, що дає змогу отримання рельєфу за фотометричними спостереженнями. Якщо використовувати космічні данні, одержані з високим просторовим розділенням, то по розподілу середньоквадратичних кутів нахилу стінок кратерів можна оцінювати вік різних регіонів.

Апробація роботи.

Дисертаційна робота є складовою частиною НДР Обсерваторії "Астрофізичні дослідження Місяця та планет", номер державної реєстрації 01.09.10030422.

Результати, що увійшли до дисертації, доповідались на:

- Міжнародній конференції "Фізика Місяця та планет", присвяченій 100-річчю з дня народження академіка М.П.Барабашова, Харків, 1994;

- Науково-практичній конференції "Застосування персональних комп'ютерів в наукових дослідженнях та урбовому процесі", Харків, 1994;

- 22-му Російсько-Американському мікросимпозіумі з планетології, Москва, 1995;

- Астрофізичних семінарах АО ХДУ;

- Астрофізичному семінарі ГАО НАН України.

Основні результати надруковано у 4-х роботах, список яких приведений у кінці автореферату.

На захист вноситься:

1. Програмно-апаратний комплекс для фотополариметричних досліджень астрономічних об'єктів на основі одновимірного ПЗЗ-фотоприймача (ПЗЗ - прилад з зарядовим зв'язком) та IBM

РС-сумісного персонального комп'ютеру.

2. Карти розподілу параметрів фазової залежності яскравості (дифузного альбедо та ефективного коефіцієнту шорсткості) по диску Місяця для $\lambda_{\text{еф}}=0.76$ мкм.

3. Карта розподілу по диску Місяця кутів нахилу рельєфу з базою 4 км уздовж селенографічної довготи.

Особистий внесок автора.

Розробка та виготовлення фотополариметричного комплексу на основі одновимірного ПЗЗ та персонального комп'ютеру і розробка програмного забезпечення для керування приладом та обробки фотометричних даних цілком належать авторові.

Розробка методів приведення даних спостережень до стандартних умов, побудування розподілу еквігонального альбедо та параметрів фазової залежності по диску Місяця належить на рівних правах дисертанту та керівнику дисертації Л.О.Акімову. Розробка належного програмного забезпечення цілком належить авторові.

Загальна ідея звільнення параметрів фазової залежності яскравості від впливу макрорельєфу та отримання кутів нахилу останнього з фотометричних спостережень належить на рівних правах дисертанту та керівнику дисертації Л.О.Акімову. Розробка належного програмного забезпечення цілком належить авторові.

Ідея використання для районування поверхні Місяця параметрів фазової залежності яскравості та розробка програмного забезпечення для цієї мети цілком належить авторові.

Метод досліджень. Для отримання результатів у роботі

застосовувались методи експериментальної астрофізики: фотометричні спостереження з подальшою обробкою та аналізом даних за допомогою персонального комп'ютера.

Обсяг та структура дисертації. Робота складається зі вступу, трьох розділів, закінчення, літератури (101 найменування) та додатку. Загальний обсяг роботи: 153 сторінки, з них 126 сторінок тексту, 25 малюнків, 2 таблиці.

ЗМІСТ ДИСЕРТАЦІЇ

У вступі обгрунтовано актуальність робіт по дослідженню фазової залежності яскравості поверхні Місяця, сформульовано мету дисертаційної роботи, показано її наукову новизну і практичне значення, перелічено головні положення, які виносяться на захист, викладені структура та короткий зміст дисертації.

Перший розділ є оглядом літератури. В ньому розглядаються основні поняття поверхневої фотометрії безатмосферних тіл, коротко приводиться історія розвитку уявлень про закон розсіяння світла поверхнею Місяця. Після цього розглядаються фізичні механізми, що формують зворотнє розсіяння світла Місяцем. Далі розглядаються моделі відбиття світла, що не залучають конкретні оптичні механізми, а використовують деякі особливості твердих поверхонь. В кінці першого розділу дається короткий огляд експериментальних робіт по дослідженню фазової залежності яскравості поверхні Місяця.

Другий розділ присвячено опису програмно-апаратного комплексу, що був розроблений автором дисертації для проведення фотополяриметричних досліджень Місяця. Спочатку

мова йде про конструкції та принципи функціонування електронної частини приладу, побудованого на основі охолоджуваного одновимірного ПЗЗ-фотоприймача та персонального IBM PC - сумісного комп'ютеру. Далі приводиться схема та розглядається конструкція оптико-механічного блоку комплексу.

Окремий параграф присвячено дослідженням фототехнічних характеристик комплексу, які показали, що завдяки застосуванню сучасного фотоприймача (ПЗЗ) та ряду особливостей конструкції електронних блоків (подвійна корельована вибірка, сколуження та термостабілізація ПЗЗ, подвійна стабілізація блоків живлення) забезпечена можливість проведення фотометричних спостережень з відносною точністю не гірше 1..2%.

Після цього розповідається про програмне забезпечення комплексу, розробленого автором для керування апаратною частиною та обробки і аналізу даних фотометрії поверхні Місяця. Програми реалізовані у вигляді інтегрованої програмної системи "WK_DIP", при написанні якої були закладені такі принципи:

- максимальна функціональна повнота;
- графічний інтерактивний багатовіконний інтерфейс, що відповідає міжнародному стандарту SAA (Systems Application Architecture);
- можливість швидкого і легкого розширення системи;
- орієнтація на обробку файлів даних у міжнародному форматі FITS.

В закінченні розділу приведені приклади використання

програмно-апаратного комплексу на АО ХДУ для проведення астрофізичних спостережень окрім Місяця, ще і Сонця та планет Сонячної системи.

Останній, третій розділ присвячений дослідженню фазової залежності яскравості поверхні Місяця.

В перших параграфах викладається методика фотометричних спостережень Місяця з використанням описаного у другому розділі програмно-апаратного комплексу, методика первинної обробки даних та приведення їх до стандартних умов (тривимірна трансформація зображення Місяця). Спостереження проводилися на 70-сантиметровому телескопі-рефлекторі, встановленому на Чугуївській спостережній станції АО ХДУ. Відносна фотометрична точність оцінюється як 2%. Результати фотометрії отримувались у машинно-читаємій формі у вигляді розповсюджених в астрономії FITS-файлів.

Далі викладається методика побудування карт розподілу параметрів фазової залежності яскравості по диску Місяця, та визволення їх від впливу макрорельєфу. Паралельно з цим отримуються кути нахилу рельєфу. Так як, на превеликий жаль, автор ще не має достатньої кількості спостережень, що проведені при малих кутах фази, в розділі приводяться результати обчислення тільки параметрів m (дифузне альbedo) та μ (ефективний коефіцієнт шорсткості), які описують тіньові механізми формування фазової залежності.

Наприкінці розділу проводиться аналіз отриманих даних: обчислюються гістограми параметрів m і μ , вивчається залежність параметру μ від m , для чого будується та аналізується двохвимірний гістограма (кореляційна діаграма)

μ -т, проводиться двохпараметричне районування поверхні видимої півкулі з застосуванням параметрів фазової залежності яскравості. Докладніше основні результати наводяться нижче.

У висновках роботи наводяться її основні результати.

У додатку приведені деякі громіздкі формули та формати файлів даних.

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ТА ВИСНОВКИ

1. На базі одновимірного ПЗЗ-фотоприймача і персонального комп'ютера розроблено та виготовлено програмно-апаратний комплекс, який дозволяє вирішувати широке коло задач з фотометрії та поляриметрії небесних тіл на високому сучасному рівні.

2. На основі проведених з цим комплексом фотометричних спостережень побудовані карти розподілу по диску Місяця параметрів фазової залежності яскравості (дифузного альbedo μ і ефективного коефіцієнту шорсткості μ) для $\lambda_{\text{еф}} = 0.76$ мкм.

3. Розроблена методика визволення параметрів фазової залежності від впливу макрорельєфу. Водночас це дозволило побудувати карту розподілу по диску Місяця кутів нахилу рельєфу уздовж селенографічної довготи з базою 4 км.

4. Відмічено, що вільний від впливу макрорельєфу параметр μ несе у собі інформацію про структуру поверхні у масштабі мікрорельєфу (мікрони-сантиметри) та мезорельєфу (метри-десятки метрів). Якщо параметр μ визволити від впливу альbedo, то можна простежити розподіл коефіцієнту шорсткості по поверхні Місяця та з аналізу цього розподілу спробувати

оцінити відносний вік різних регіонів.

5. Показано, що знання розподілу параметрів фазової залежності та кутів нахилу рельєфу дають змогу обчислювати відносну яскравість будь-якої ділянки поверхні Місяця у будь-який час. Це дозволяє використовувати Місяць як фотометричний стандарт.

6. Показано, що гістограма параметру m для видимої півкулі Місяця має багатомодальний характер з максимумами $m=0.075$, $m=0.099$ та $m=0.121$. Гістограма параметру μ є одномодальною з максимумом $\mu=0.695$.

7. Побудована та досліджена двохвимірна гістограма (кореляційна діаграма) ефективний коефіцієнт шорсткості - дифузне альbedo. Підтверджена лінійна залежність між параметрами μ та m для морських районів. Відмічено, що для материків залежність μ - m має більш складний характер.

8. Проведено двохпараметричне районування видимої півкулі Місяця з застосуванням параметрів фазової залежності яскравості. Для цього проведено кластерний аналіз діаграми μ - m , в результаті якого виявлено 4 кластери оптично-типових ділянок поверхні Місяця. Проведена візуалізація цих ділянок. При цьому в окремий кластер виділяються материкові регіони, що покриті викидами кратера Тихо. Крім цього візуалізовані також ділянки поверхні з екстремальними значеннями параметрів μ і m . Комбінації максимум m - мінімум μ відповідають молоді утворення типу кратерів Тихо, Копернік, Кеплер, що говорить про можливість оцінки відносного віку різних ділянок поверхні Місяця за аналізом параметрів фазової залежності їх яскравості.

9. В подальшому було б корисно на основі фотометричних спостережень при малих кутах фази побудувати карти розподілу по диску Місяця параметрів g і γ , які описують опозиційний ефект. Також було б цікаво провести спільний аналіз розподілу параметрів фазової залежності з показником кольору та ступенем поляризації.

НАУКОВІ РОБОТИ,

що відбивають основні положення дисертації

1. Вакулик В.Г., Железняк А.П., Королін В.В., Коничек В.В., Плужник Б.А.. Быстрый микрофотометр Астрономической обсерватории Харьковского университета // Кинематика и физика небесных тел.-1994.-т.10, No 2.-с.107-112.
2. Королін В.В., Акамов Л.А. Картирование фазовой зависимости яркости лунной поверхности: приведение наблюдений к стандартным условиям, построение карт эквигонального альbedo // Кинематика и физика небесных тел.-1994.-т.10, No 2.-с.3-10.
3. Королін В.В., Акамов Л.А., Марченко Г.П., Стародубцева О.М. Наблюдения Юпитера, Луны и Солнца с помощью линейного ПЭС-приемника // Астрономический вестник.-1993.-т.27, No 3.-с.56-64.
4. Стародубцева О.М., Акамов Л.А., Королін В.В., Тейфель В.Г. Пространственные и временные вариации степени линейной поляризации Юпитера в видимом спектральном диапазоне // Кинематика и физика небесных тел.-1994.-т.10, No 2.-с.50-57.

АННОТАЦИЯ

Королич В.В. Распределение параметров фазовой зависимости яркости по диску Луны.

Диссертация (рукопись) на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.03 - Гелиофизика и физика Солнечной системы, ГАО НАН Украины, Киев, 1995 г.

Защищаются 4 научные работы, посвященные фотометрии лунной поверхности и исследованию распределения параметров фазовой зависимости яркости по диску Луны.

Разработан и изготовлен на основе линейного ПЗС-фотоприемника и персонального компьютера программно-аппаратный комплекс, позволяющий решать широкий круг задач фотометрии и поляриметрии небесных тел.

Получены распределения параметров фазовой зависимости (диффузного альbedo m и эффективного коэффициента шероховатости μ) по диску Луны для $\lambda_{\text{эфф}} = 0.76$ мкм. Предложена методика освобождения параметров фазовой зависимости яркости от влияния макрорельефа. Одновременно с этим получена карта распределения по диску Луны углов наклона рельефа на базе 4 км вдоль селенографической долготы.

Исследована зависимость μ от m . Проведено двух-параметрическое оптическое районирование диска Луны с использованием параметров фазовой зависимости яркости.

ABSTRACT

Korokhina V.V. Distribution of parameters of brightness phase dependence over the lunar disk.

ЛНБ ім. В. Стефаника
АН України

The dissertation (manuscript) for competition for the degree of candidate of physical and mathematical sciences in speciality 01.03.03. - Heliophysics and physics of Solar system, Main Astronomical Observatory of Ukrainian National Academy of Science, Kiev, 1995.

Four scientific work are being maintained, which deal with the photometry of lunar surface and studying the distribution of phase dependence parameters over the lunar disk.

Hardware-software complex on the basis of a one-dimensional CCD and a personal computer has been designed and produced. It enables to solve a wide range of problems, dealt with photometry and polarimetry of celestial bodies.

Distributions of parameters of brightness phase dependence (diffuse albedo m and effective roughness factor μ) over the lunar disk for $\lambda_{\text{eff}}=0.76 \mu\text{m}$ has been obtained. Method for releasing the phase dependence parameters from the effects of macrorelief is proposed. The map of distribution of slopes with the base of 4 km along selenographic longitude has been also obtained.

The μ - m relation was investigated. Two-parameter optical division into district of lunar disk was carried out using the phase dependence parameters.

Ключові слова: Місяць, фотометрія, фазова залежність.

ВЕРНЕСА

Підп. до друку 10.02.36. Формат 64x84/16. Папір друк. №2. Вихід паперовий.
Умовн.-друк. арк. 40. Обліг.-вида. арк. 10. Тираж 70 прим. Зам. 2265 Бюропечат.

Построєння сім'ї "Пікети".
318803, Харків, вул. Свободи, 115

444338

The dissertation (manuscript) ...
degree of candidate of physical and mathematical sciences in
speciality 23.03.03. - Heliophysics and physics of Solar
system, Main Astronomical Observatory of Ukrainian National
Academy of Science, Kiev, 1995.

Four scientific work are being maintained, which deal
with the photometry of lunar surface and studying the
distribution of phase dependence parameters over the lunar
disk.

Hardware-software complex on the basis of a one-
dimensional CCD and a personal computer has been designed
and produced. It enables to solve a wide range of problems,
dealt with photometry and polarimetry of celestial bodies.

Distributions of parameters of brightness phase
dependence (diffuse albedo μ and effective roughness factor
 μ_0) over the lunar disk for $\lambda_{eff} = 0.76 \mu m$ has been obtained.
Method for releasing the phase dependence parameters from
the effects of macror relief is proposed. The law of
distribution of slopes with the base of λ is along
selenographic longitude has been also obtained.

The μ - μ_0 relation was investigated. Two-parameter optical
division into district of lunar disk was carried out using
the phase dependence parameters.

... ..

... ..
... ..
... ..

8831111