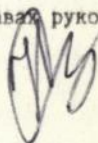


АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ  
ГОЛОВНА АСТРОНОМІЧНА ОБСЕРВАТОРІЯ АН УКРАЇНИ

На правах рукопису



ОПАНАСЕНКО МИКОЛА ВІКТОРОВИЧ

ОДНОЧАСНА ФОТОМЕТРІЯ ТА ПОЛЯРИМЕТРІЯ  
ДІЛЯНОК ПОВЕРХНІ МІСЯЦЯ

Спеціальність: 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

Київ - 1994

AB 29.86

Роботу виконано на Астрономічній обсерваторії Харківського університету.

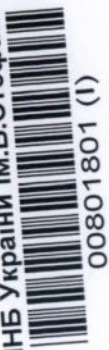
Науковий керівник: кандидат фізико-математичних наук  
ст. н. с. Ю. Г. Шкуратов.

Офіційні опоненти: Доктор фізико-математичних наук  
професор Й. М. Фукс  
(РІ АН України, м. Харків)

Кандидат фізико-математичних наук  
ст. н. с. Л. В. Колоколова  
(ГАО АН України, м. Київ)

Провідна організація: Астрономічний Інститут ім. Штернберга  
м. Москва

ЛНБ України ім. В. Стефаніка



Захист дисертації відбудеться "15" IV 1994 р. о 12  
годині на засіданні спеціалізованої ради Д 016.14.01 по захисту  
докторських дисертацій при Головній астрономічній обсерваторії  
АН України за адресою: 252 127, Київ-127, Голосіївський ліс,  
ГАО АН України, тел. 266-47-88.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці ГАО АН України.  
Автореферат розісланий "14" IV 1994 р.

Вчений секретар спеціалізованої ради,  
кандидат фізико-математичних наук Гусева Н. Г.

ЛНБ ім. В. Стефаніка  
АН України

AB - 29.886

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність проблеми. Перерва в дослідженнях Місяця автоматичними станціями та пілотованими кораблями продовжується, тому наземні оптичні спостереження є зараз одним з основних джерел інформації про фізичні та мінералого-геохімічні властивості поверхні Місяця. Найбільш інформативним методом дистанційного оптичного зондування поверхні Місяця є спектрофотометрія; поляриметрию відносять звичайно до допоміжних методів [10]. Причиною цього є як слабка інтерпретаційна база поляриметричних досліджень, так і недостатність високоточних даних спостережень. Дійсно, після фундаментальної роботи Дольфуса і Боуела [9] було проведено лише одне значне дослідження у галузі поляриметричних спостережень Місяця. Воно було виконано на Абастуманській астрофізичній обсерваторії ([6] та [7]).

На халь, як у роботі [9], так і в роботі [7] разом з поляриметриєю Місяця одночасні фотометричні вимірювання не проводились. Це дуже обмежує можливість використання отриманих даних для пошуку різноманітних залежностей поляриметричних параметрів від альbedo та/або інших фотометричних характеристик. Дослідження таких залежностей є дуже важливими, так як вони характеризують міру "самостійності" тих чи інших поляриметричних параметрів та диктують доцільність їх подальшого дослідження. Для в'яснення цього питання потрібні саме одночасні фотометричні та поляриметричні вимірювання, так як інакше досягти необхідної точності і зіставлення даних неможливо.

Одночасні фотометричні та поляриметричні вимірювання Місяця важливі саме як експериментальна основа для перевірки і відбору різноманітних теоретичних моделей поляризації світла безатмосферними небесними тілами і, в першу чергу, моделей від'ємної поляризації.

Нові високоточні поляриметричні та фотометричні вимірювання Місяця актуальні також і з точки зору космічних досліджень, що плануються (США, Японія та Європейське космічне агенство): запуску полярного супутника Місяця та побудови бази на Місяці. Ці дані можуть бути використані для відбору ділянок, аномальних з фотометричної та поляриметричної точки зору для космічної зйомки з високою роздільною здатністю. Цікаво, що в опублікованих програмах космічних досліджень Місяця використання поляриметрів поки що не планується. Так що, можливо, дані наземної поляриметрії Місяця ще довго будуть унікальними.

Мета роботи. Головним завданням цієї роботи було виконання одночасних фотометричних та поляриметричних вимірювань ділянок поверхні Місяця з метою отримання даних для статистичного досліджен-

ня взаємозв'язків фотометричних і поляриметричних характеристик.

Наукова новизна. Вперше у широкому інтервалі кутів фаз проведено одночасні фотометричні та поляриметричні вимірювання більш ніж 100 ділянок поверхні Місяця у синій (0,42 мкм) і червоній (0,65 мкм) частинах спектру та 18 ділянок у спектральному діапазоні 0,36-0,78 мкм з роздільною здатністю 0,01 мкм. Одночасність вимірювань дозволила значно покращити зіставлення фотометричних та поляриметричних даних, оскільки виключила вплив похибки наведення на деталі Місяця та інші джерела похибок.

Використання високоточного спектрофотополіариметра ІАО АН України в умовах доброго астроклімату (г. Майданак), а також використання для виконання фотометричних редукцій формули Акімова [1], яка значно точніше описує розподіл яскравості по диску Місяця, ніж формули відомих моделей Халке та Лге-Буела, дозволило помітно виграти у точності порівняно з існуючими даними. Завдяки цьому, вперше вдалося детально дослідити структуру такої кореляційної діаграми як  $P_{min} - A$ , де  $P_{min}$  і  $A$  - відповідно ступень поляризації в мінімумі та альbedo поверхні.

Вперше для статистичного аналізу фотометричних та поляриметричних вимірювань поверхні Місяця використано метод головних компонент.

Практичне значення роботи. Отриманий новий оптичний каталог, а також виявлені на основі його аналізу статистичні закономірності поведінки поляриметричних та фотометричних параметрів можуть бути використані для перевірки моделей від'ємної поляризації та опозиційного ефекту. Зокрема, існування кореляції  $P_{min}$  - нахил фазової залежності яскравості вказує, певно, на спільність походження посилення зворотного розсіювання та від'ємної поляризації.

Практично усі знайдені кореляційні взаємозв'язки між фотометричними та поляриметричними характеристиками Місяця підтверджуються лабораторними вимірюваннями зразків як природного, так і штучного походження (роботи [8] та [5,6] з переліку публікацій автора).

Новий оптичний каталог може бути використаний для калібровки майбутніх фотометричних та поляриметричних карт Місяця, а також для оцінки точності існуючих.

На захист виноситься:

1. Каталог фотометричних та поляриметричних характеристик більш ніж ста ділянок поверхні Місяця у двох довжинах хвиль ( $\lambda_{ef} = 0,42$  та 0,65 мкм).
2. Результати спектрофотометрії та спектрополіариметрії 18 ділянок

поверхні Місяця основних морфологічних типів в інтервалі спектру 0,36 - 0,78 мкм.

3. Дослідження кореляції фотометричних та поляриметричних характеристик. Зокрема, виявлення двох гілок на залежності  $P_{\min}$ - $A$ , яку отримано у синій частині спектру, та виявлення лінійної залежності  $P_{\min}$  - нахил фазової залежності яскравості в діапазоні кутів фаз  $3,1^\circ - 10,5^\circ$ .
4. Результати статистичного аналізу отриманих даних методом головних компонентів, які показали, що система фотометричних та поляриметричних параметрів, якими звичайно користуються в оптиці безатмосферних небесних тіл, має тільки два незалежних компонента.

Апробація. Результати роботи були представлені на VIII, XII та XIV радянсько-американських нарадах з порівняльної планетології (Москва: червень 1988 р., серпень 1990 р., листопад 1991 р.), на Всесоюзній конференції "Поляриметричні методи в астрономії" (Ленінград, жовтень 1990 р.), на Всесоюзних нарадах робочих груп "Місяць" (Львівська обл., Славське, вересень 1989 р.) та "Астероїди" (Київ, червень 1990 р.), на Всесоюзній нараді по створенню бази на Місяці (Москва, січень 1991 р.), на республіканській конференції молодих астрономів (Київ, березень 1988 р.), а також обговорювались на наукових семінарах АО ХДУ, Абастуманської астрофізичної обсерваторії АН Грузії, ГАО АН України, ДАІШ МДУ.

Обсяг та структура роботи. Робота складається зі вступу, чотирьох розділів, закінчення, примітки, переліку літератури (161 найменування) та додатку. Загальний обсяг роботи: 180 сторінок, із них 49 сторінок малюнків, 15 сторінок додатку. У роботі наведено 12 таблиць, 3 із них - у додатку.

#### ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано необхідність одночасних фотометричних та поляриметричних спостережень поверхні Місяця; сформульовано мету дисертаційної роботи; обґрунтовано її наукову новизну та практичне значення; викладено положення, які виносяться на захист; коротко викладено зміст дисертації.

У першому розділі наведено огляд фотополариметричних досліджень поверхні Місяця, інших безатмосферних небесних тіл та лабораторних зразків, визначено оптичні параметри, що досліджуються.

Фазова залежність поляризації відбитого світла може бути описана таким набором параметрів:  $P_{\min}$  та  $P_{\max}$  - величини ступеня поляризації, відповідно, в мінімумі та максимумі;  $\alpha_{\min}$  та  $\alpha_{\max}$  - кути фаз при яких, відповідно,  $P = P_{\min}$  і  $P = P_{\max}$ ;  $\alpha_{inv}$  - кут інверсії (кут

фази при  $P = 0$ );  $h$  - параметр, який характеризує нахил фазової залежності поляризації при  $\alpha = \alpha_{inv}$ ; а саме  $h = \left. \frac{dP}{d\alpha} \right|_{\alpha = \alpha_{inv}}$ . Фазову залежність яскравості будемо описувати такими двома параметрами:  $A(\alpha)$  - величина альbedo ділянки поверхні при деякому фіксованому куті фази  $\alpha$ ;  $z = A(\alpha_1) / A(\alpha_2)$  - нахил цієї залежності в інтервалі кутів фаз  $\alpha_1$  і  $\alpha_2$ . У роботі використано відношення  $z/z_L$ , де  $z_L$  відповідає нахилу фазової залежності яскравості стандартної ділянки у кратері Лемон'є. Також будуть використані величини:  $S_{min} = |P_{min}| \cdot A(\alpha_{min})$  та  $S_{max} = P_{max} \cdot A(\alpha_{max})$ , які пропорційні другому параметру Стокса, відповідно,  $Q_{min}$  та  $Q_{max}$  при відповідних кутах фази.

Приведено короткий огляд основних моделей, що описують виникнення від'ємної поляризації та зворотного розсіювання поверхнями БНТ, а також наведено перелік деяких невирішених питань у фотометричних та поляриметричних дослідженнях поверхні Місяця.

У другому розділі наведено короткий опис Астрономічного спектрофотополариметра ГАО АН України [3,4,5], встановленого на 60-см телескопі Цейса на г. Майданак в Узбекистані, декотрі результати його досліджень, представлено методику фотометричних і поляриметричних спостережень ділянок поверхні Місяця та обробки результатів, а також проаналізовано точність проведених вимірювань.

З'ясувалося, що величина випадкової похибки поляриметричних вимірювань головним чином зумовлена похибками гідрування: вона, як виявилось, дорівнює 0,034% для однорідних за альbedo та рел'єфом ділянок, і близько 0,045% для ділянок поверхні інших типів при спостереженнях у діапазоні малих кутів фаз. Вона була приблизно в 2,5 рази більшою поблизу  $\alpha_{max}$ . Ця точність підтвердилась також у спеціально виконаних контрольних вимірюваннях декількох ділянок Місяця за допомогою поляриметра Інституту астрофізики АН Таджикистану, якого встановлено на 1-м телескопі на г. Санглок (див. [1] з переліку робіт автора).

Похибку відносно фотометрії при проведенні спостережень на зенітних відстанях менших  $50^\circ$  вдається звести до величини не більш 1%. Це значення впливає як із внутрішньої збіжності даних, так і з співставлення з опорним каталогом оптичних властивостей Місяця Акімова [2], який в наш час є одним з самих точних.

Для отримання фотометричних характеристик результатів спостережень приводились до однакових фотометричних умов з урахуванням зміни кута фази під час спостережень, його варіацій по диску Місяця та розподілу яскравості по диску Місяця за емпіричною формулою Акімова [1].

Третій розділ присвячено загальному опису матеріалів спостережень та обговорення спектральних залежностей фотометричних та поляриметричних характеристик поверхні.

Одночасні фотометричні та поляриметричні спостереження поверхні Місяця проводились в різні лунації у широкому діапазоні кутів фаз від  $-122^\circ$  до  $+155^\circ$ , але частіше усього при кутах фази, близьких до  $\alpha \approx 0$ ,  $\alpha_{\min}$ ,  $\alpha_{\text{inv}}$  та  $\alpha_{\max}$ .

Найбільш повний набір фотометричних та поляриметричних характеристик отримано для 31 ділянки в червоному (0,65 мкм) та синьому (0,417 мкм) діапазонах спектру. Для кожної ділянки наведено її назву, селенографічні координати  $l$ ,  $b$  та значення параметрів:

$$A, |P_{\min}|, \alpha_{\text{inv}}, h, S_{\min}, z/z_L, P_{\max}, S_{\max}$$

Приблизно для 100 ділянок було виміряно параметри:

$$A_{\min} \approx A(10,5^\circ), |P_{\min}|, A_{\max} \approx A(90^\circ) \text{ та } P_{\max} \approx P(90^\circ)$$

Вісімнадцять ділянок поверхні різноманітних морфологічних типів було проскановано у спектральному діапазоні 0,36 - 0,78 мкм з кроком 0,01 мкм, що дозволило отримати спектральні залежності таких характеристик:  $A(\lambda) \Big|_{\alpha=z, l}, |P_{\min}(\lambda)|, S_{\min}(\lambda), \alpha_{\text{inv}}(\lambda), h(\lambda)$ .

Для двох десятків ділянок з метов пошуку слабких смуг поглинання мінералів поверхні Місяця отримано спектральні залежності  $A(\lambda)$  та  $P(\lambda)$  у спектральному діапазоні 0,4-0,58 мкм з кроком 0,002 мкм.

Аналіз отриманих даних показав таке.

1. При найменш можливому для спостереження з Землі куті фази Місяця (близько  $1^\circ$ ) підтверджується поляриметричний лімбовий ефект Лю. В наших вимірваннях він проявив себе в зростанні  $|P|$  поблизу екваторіальної зони лімбу приблизно на 0,1% і в такому ж зменшенні поблизу фотометричних польсів.

2. Величина  $|P_{\min}|$  варіює по поверхні Місяця в інтервалі 0,55 - 1,4%, що підтверджує дані Кварацхелія [7], до того ж у синьому діапазоні спектру інтервал варіацій менш на 0,15% і дорівнює 0,55 - 1,25%. Найменші значення  $|P_{\min}| \approx 0,6 - 0,7\%$  мають молоді яскраві кратери. Найбільші величини  $|P_{\min}| \approx 1,35\%$  у спектральному діапазоні 0,65 мкм мають "червоні" ділянки морів та деякі "червоні" материкові ділянки, які розташовані близько до кордону море - материк.

3. Спектральна залежність  $|P_{\min}|$  відсутня у яскравих материкових кратерів, їх променевих систем та світлих материкових поверхонь, намічається (0,05-0,15% у діапазоні спектру 0,36-0,80 мкм) у більш темних материкових утворень і досягає 0,5% для морських поверхонь в тому ж спектральному інтервалі. У "синіх" ділянках  $|P_{\min}|$  менший приблизно на 0,2% ніж у "червоних". Зменшення  $|P_{\min}|$  з рос-

том  $\lambda$ , яке отримане в роботі [7] у кратерів Прокл та Аристарх, не підтвердилось.

4. Кут інверсії у видимому діапазоні спектру розташований в інтервалі кутів фаз  $18,4^\circ - 25,2^\circ$ .  $\alpha_{inv}$  варіює по поверхні Місяця в межах  $3,5^\circ$  у червоних променях та  $5^\circ$  у синіх.

5. Усі ділянки поверхні мають спектральну залежність  $\alpha_{inv}$ , яка менш виражена (близько  $2^\circ$ ) у материкових поверхнях та яскравих кратерів, і більш виражена у морських ділянок - до  $5^\circ$ , до того ж "сині" утворення мають менші значення  $\alpha_{inv}$  порівняно з "червоними" на  $1 - 2^\circ$ . Раніш з питання залежності  $\alpha_{inv}(\lambda)$  для поверхні Місяця існували суперечливі дані. Так, залежність  $\alpha_{inv}(\lambda)$  була знайдена Кварацхелія [7] тільки для морських ділянок.

6. Параметри  $h$  та  $P_{max}$ , які характеризують позитивну гілку поляризації, для всіх ділянок поверхні показують зворотню спектральну залежність.

7. Величина  $S_{min}$  тільки збільшується з ростом  $\lambda$ , при цьому  $S_{max}$  може бути як зростаючою так і спадаючою функцією.

8. Виявити слабкі смуги поглинання в спектрах декількох ділянок поверхні Місяця спектрополяриметричним методом не вдалося. Значимих нерегулярностей залежності  $P(\lambda)$  в спектральному діапазоні  $0,48 - 0,57$  мкм за рівнем чутливості  $0,1\%$  не було знайдено. Спектрофотометричний метод дає численність деталей у спектрі  $A(\lambda)$ , які є наслідком остаточного впливу ліній сонячного спектру.

У четвертому розділі описано результати досліджень залежностей між різними поляриметричними та фотометричними параметрами поверхні Місяця та наведені результати аналізу даних спостережень методом головних компонентів.

Виділимо з досліджених залежностей найбільш важливі:

1. Залежність  $P_{min}$  від альбедо виявилась з двома гілками: для морських поверхонь існує пряма залежність  $|P_{min}(A)|$ , для материків - зворотна, що говорить про те, що відносно до  $P_{min}$  ефекту Умова в загальному випадку не існує. Це підтверджується даними лабораторних вимірювань зразків різного походження. Таку поведінку  $P_{min}$  треба обов'язково приймати до уваги при побудові моделей від'ємної поляризації.

2. Виявлено зв'язок між  $P_{min}$  та параметром опозиційного ефекту - нахилом фазової залежності яскравості при кутах фази  $3,1^\circ$  та  $10,5^\circ$ . Це свідчить на користь припущення про спільність походження від'ємної поляризації та опозиційного ефекту.

3. Залежність нахилу фазової кривої яскравості при кутах фази

3,1° та 10,5° від альbedo, як і  $|P_{\min}(A)|$ , показує дві явно виділені гілки залежності: існує пряма кореляція для морів та зворотна для материків.

4. Кореляція  $\alpha_{inv}$  з  $A$  для материкових утворень в червоному та синьому діапазонах спектру дуже слабка. Для морів у червоних променях тільки намічається слабка пряма залежність  $\alpha_{inv}$  від  $A$ , в синіх же променях вона стає явно вираженою. Для яскравих морських кратерів кореляція  $\alpha_{inv}$  з  $A$  відсутня, але ці утворення показують більш низькі значення  $\alpha_{inv}$  (близько 2°) порівняно з материками.

5. Морські та материкові утворення показують тісну пряму кореляцію між  $S_{\min}$  та  $A$ , дуже близьку до лінійної. Молоді морські та материкові кратери "псувуть" її, відхиляючись вправо і дають при цьому великий розкид значень на діаграмі. Пропорційність між  $S_{\min}$  та  $A$ , означає, що від'ємна поляризація притаманна багаторазово розсіяному світлу, оскільки саме цей компонент відбитого потоку вносить головний вклад до формування альbedo поверхні.

6. Залежність поляриметричного нахилу  $h$  від  $P_{\max}$  у широкому діапазоні змінення альbedo виявляється нелінійною. Це підтверджує некоректність припущення щодо взаємозаміни величин  $h$  та  $P_{\max}$  при використанні поляриметричного методу для визначення альbedo та діаметру темних астероїдів.

7. Виявлено максимум залежності  $|P_{\min}| - P_{\max}$ . Для материкових утворень як в синій, так і в червоній частині спектру спостерігається практично лінійна залежність між  $|P_{\min}|$  та  $P_{\max}$ . Для морських ділянок у червоних променях  $|P_{\min}|$  не залежить від  $P_{\max}$ , а в синіх променях зменшується з ростом  $P_{\max}$ .

8. Дослідження залежності  $\log P$  від  $\log A$ , де  $P \approx P_{\max}$ , показало реальність відхилень від регресії, що обґрунтовує можливість детального вивчення структури цієї діаграми.

9. Показано, що при дослідженнях ділянок поверхні Місяця різноманітних морфологічних типів, найменшу дисперсію відхилень від регресії  $\log P - \log A$  має діаграма, на якій використовуються значення  $A$ , які виміряно одночасно з  $P$ .

10. Статистичний аналіз даних спостережень, який виконано методом головних компонентів (опис методу див. наприклад у [12]), показує, що в наборі восьми фотометричних та поляриметричних параметрів:  $A$ ,  $z/z_L$ ,  $P_{\min}$ ,  $\alpha_{inv}$ ,  $h$ ,  $P_{\max}$ ,  $S_{\min}$ ,  $S_{\max}$  є тільки два головних компонента. Один з них, мабуть, пов'язаний зі складом regolіту а другий - ймовірно, з його структурними властивостями. Цей результат дозволить розвинути відому оптичну класифікацію повер-

хні Місяця [11], доповнивши її "структурними" ознаками.

В закінченні наведено основні результати та висновки роботи.

В додатку дисертації представлено початкові спектральні дані спостережень фотометричних та поляриметричних вимірювань деяких ділянок поверхні Місяця при малих кутах фази.

#### ВИСНОВКИ

Головні результати цієї роботи є такі:

1. Систематичні спостереження протягом 6 років у широкому діапазоні кутів фаз на високоточному спектрополяриметрі ГАО АН України дозволили суттєво витрати в точності порівняно з існуючими даними.

2. Численний матеріал спостережень дозволив скласти каталоги фотометричних та поляриметричних характеристик для більш як 100 ділянок поверхні Місяця в синіх (0,417 мкм) та червоних (0,65 мкм) променях, та спектрополяриметричний і спектрофотометричний каталог 18 ділянок у діапазоні 0,36 - 0,78 мкм.

3. Спектрополяриметричні вимірювання виявили, що всі фотометричні та поляриметричні параметри (включаючи  $\alpha_{inv}$ ) залежать від  $\lambda$ . Навіть яскраві материкові кратери, які показують відносно плоский спектр альbedo та  $P_{min}$ , мають досить крутий хід залежності  $\alpha_{inv}(\lambda)$ .

4. Залежність  $P_{min}$  від альbedo виявилась з двома гілками, що підтверджується даними лабораторних вимірювань зразків різного походження.

5. Виявлено зв'язок  $P_{min}$  та параметра опозиційного ефекту - нахилу фазової залежності яскравості при кутах фази  $3,1^\circ$  та  $10,5^\circ$ .

6. Залежність поляриметричного нахилу  $h$  від  $P_{max}$  у широкому діапазоні змінення альbedo виявляється нелінійною.

7. Статистичний аналіз даних спостережень, який виконано методом головних компонентів, показує, що в наборі восьми фотометричних та поляриметричних параметрів:  $A$ ,  $z/z_L$ ,  $P_{min}$ ,  $\alpha_{inv}$ ,  $h$ ,  $P_{max}$ ,  $S_{min}$ ,  $S_{max}$  є тільки два головних компоненти.

Основні результати дисертації надруковані в таких роботах:

1. Опанасенко Н. В., Шкуратов Ю. Г., Кучеров В. А. Фотометрия и поляриметрия участков лунной поверхности при малых фазовых углах // Кинем. и физ. небес. тел. - 1990. - 6, No 1. - С. 3 - 9.
2. Шкуратов Ю. Г., Опанасенко Н. В. О лимбовом поляриметрическом эффекте, открытом Лео у Луны // Астрон. вестн. - 1990. - 24, No 4. - С. 333 - 336.
3. Shkuratov Yu. G., Opanasenko N. V., Akimov L. A. Connection

between the slope of brightness phase curve and lunar albedo // Lunar and Planet. Sci. Conf. XXII, Lunar and Planet. Inst. Houston, Tex. (Abstract). - 1991. - P. 1247 - 1248.

4. Opanasenko N. V., Shkuratov Yu. G. An attempt to find weak lunar absorption bands in the visible range on the base of Umov's effect // Lunar and Planet. Sci. Conf. XXII, Lunar and Planet. Inst. Houston, Tex. (Abstract). - 1991. - P. 1003-1004.
5. Shkuratov Yu. G., Opanasenko N. V., Kreslavsky M. A. Polarimetric and photometric properties of the Moon: Telescope observation and laboratory simulation. 1. The negative polarization // Icarus. - 1992. - 95. - P. 283 - 299.
6. Shkuratov Yu. G. Opanasenko N. V. Polarimetric and photometric properties of the Moon: Telescope observation and laboratory simulation. 2. The positive polarization // Icarus. - 1992. - 99. - 468-484

Особистий внесок автора. Усі спостереження та їх первинна обробка виконані автором самостійно (в окремих випадках у спостереженнях автору допомагали В. А. Кучеров та М. С. Оліфер, при обробці деяких результатів - Т. І. Сучкова).

Автору також належить ідея використання методу головних компонентів для аналізу одержаних даних і її реалізація (робота [5]).

Постановка спостережних задач, а також інтерпретація результатів - рівноправна зі співавтором статей та керівником роботи Ю. Г. Шкуратовим.

#### СПИСОК ЦИТОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Акимов Л. А. Кинем. и физ. небес. тел. - 1988. - Т. 4, No 1. - С. 3-10.
2. Акимов Л. А. и др. Деп. в УкрНИИТИ 18.11.86. - 1986. - No 2689. 31с.
3. Бугаенко Л. А. и др. В кн. Фотометрические и поляриметрические исследования небесных тел - Киев: Наукова Думка. - 1985. - С. 169-178.
4. Бугаенко Л. А. и др. Там же. - С. 164-169.
5. Бугаенко О. И. и др. Там же. - С. 160-164.
6. Джапашвили В. П., Король А. Н. Поляриметрический атлас Луны - Тбилиси: Мецниебера, - 1982. - 44 с.
7. Кварацхелия О. И. Виллетень Абастуман. АО - 1988. - 64. - 312 с.
8. Шкуратов Ю. Г. и др. Кинем. физ. неб. тел. - 1987. - Т. 3, - С. 32-37.
9. Dollfus A., Bowell E. Astron. Astrophys. - 1971. - 10. - P. 29-53.
10. Head J. et al. // Icarus. - 1978. - 33. - P. 145-172.
11. Pieters C. Proc. Lunar Sci. Conf. IX - 1978. - P. 2825-2849.
12. Tholen D. J. Asteroid Taxonomy from Cluster Analysis of Photometry. Ph. D. Thesis, Univ. of Arizona. - 1984.

АВ 29.886

**АВ 29.886**

Подп. к печ. *20.02.94* Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага тип. Печать офсетная. Усл. печ. л. 60  
Уч.-изд. л. 60 Тираж 100 экз. Зак. № 4732 Бесплатно.

---

Харьковское межвузовское арендное полиграфическое предприятие.  
310093, Харьков, ул. Свердлова, 115.