НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ГОЛОВНА АСТРОНОМІЧНА ОБСЕРВАТОРІЯ НАН УКРАЇНИ

На правах рукопису

КРЕСЛАВСЬКИЙ МИХАЙЛО ОЛЕКСАНДРОВИЧ

ОБРОБКА ОПТИЧНИХ І РАДІОЛОКАЦІЙНИХ ДАНИХ ПРО ПОВЕРХНЮ ВЕНЕРИ

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

ХАРКІВ - 1994

Роботу виконано на Астрономічній обсерваторії
Харківського держ

ЛННБ України ім.В.Стефаника
00761328 (R)

Науковий керівник: ук,
ст. н. с. Ю. Г. Шкуратов.

Офіційні опоненти: доктор фізико-математичних наук
ст. н. с. О. В. Мороженко

кандидат фізико-математичних наук
ст. н. с. Ю. В. Корніенко

Ведуча установа: Державний Астрономічний Інститут
ім. Штернберга, МДУ, Москва

Захист дисертації відбудеться "22" грудня 1995 р.
на засіданні спеціалізованої ради Д 016.14.01 по захисту
докторських дисертацій при Головній астрономічній
обсерваторії НАН України за адресою: 252650, Київ, ГСП 22,
Голосіїво, ГАО НАНУ, тел. 266-47-88.
Початок засідань спецради о 11 годині

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці ГАО НАНУ.

Автореферат розіслано "21" листопада 1995 р.

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

ЛНБ ім. В. Стефаника

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність. Венера з усіх планет найбільш схожа на Землю за розміром та середньою щільністю, тому вивчення цієї планети не тільки дуже цікаво, воно також сприяє розумінню глобальних процесів розвитку і походження Землі.

Щільний шар хмар не дозволяє вивчати поверхню Венери методами наземної астрономії та за допомогою телевізійної зйомки з борту космічних апаратів. Вивчення поверхні Венери за допомогою спускних апаратів міжпланетних станцій є дуже складною проблемою через несприятливі умови на поверхні (високі температури та тиск). Тому з того невеликого обсягу даних з поверхні Венери, що ми маємо, включаючи дані оптичної телевізійної зйомки, треба здобути якомога більшу кількість інформації. З цього випливає актуальність робіт з обробки та аналізу телевізійних панорам поверхні Венери.

Основний обсяг даних про поверхню Венери був отриманий за допомогою радіолокації як з Землі, так і з борту космічних апаратів (КА) "Піонер-Венера" та "Магелан" і автоматичних міжпланетних станцій (АМС) "Венера-15" та "Венера-16". Частина радіолокаційних даних існує у вигляді радарних зображень і широко використовується для традиційного якісного геолого-морфологічного аналізу, як телевізійні зображення твердої поверхні інших тіл Сонячної системи. Тим часом радіолокаційні дані вміщують ще великий обсяг іншої, кількісної, інформації про властивості поверхні. Зараз лише невелика частина цієї інформації увійшла до активу дослідників. Це пов'язано з тим, що дані про радарні властивості поверхні нетрадиційні, а методи їх кількісного аналізу та інтерпретації не опрацьовані. З цієї

позиції зрозуміло актуальність розробок таких методів та одержання за їх допомогою висновків про поверхню Венери.

Мета роботи: одержання кількісної інформації про властивості та еволюцію поверхні Венери шляхом цифрової обробки оптичних і радіолокаційних даних.

Наукова новизна. Кількісний аналіз панорам, що передані АМС "Венера-13" і "Венера-14", дозволив вперше зробити висновок про те, що матеріали, які утворюють скелі та грунт у місцях посадок, мають різний хімічний склад.

Порівняння карт шорсткості та відбивної здатності поверхні Венери, що побудовані за радіолокаційними даними АМС "Венера-15,-16", з картами, що побудовані за даними КА "Піонер-Венера", виявляє істотні відміни, які не можна пояснити лише різницею довжини хвилі. Ці відміни випливають з різниці методів одержання параметрів. Автор дисертації вперше здійснив кількісний аналіз щодо впливу методів обробки і з'ясував, які саме властивості поверхні впливають на остаточний результат.

На основі порівняння даних АМС "Венера-15,-16" та КА "Піонер - Венера" автор побудував карту прогноза розповсюдження тесер, що не має аналогів.

На основі аналізу діаграми шорсткість - висота автор вперше довів, що поверхня рівнин Венери на найнижчих гіпсометричних рівнях зазнає процесу фізико-хімічного перетворення, що веде до зниження шорсткості поверхні.

На захист виноситься:

1. Карта прогнозу розповсюдження тесер на поверхні Венери, якість якого була підтверджена даними КА "Магелан".

2. Виявлення сильної кореляції шорсткості поверхні та висоти на рівнинах Венери на низьких гіпсометричних рівнях, що вказує на існування процесів фізико-хімічного перетворення поверхні.

3. Принципи створення карт і саме карти параметрів кореляції радіолокаційних властивостей поверхні Венери, що дозволили виявити ділянки аномальних радіофізичних та структурних властивостей.

4. Діаграма альбедо - колір та карта-схема оптичних типів поверхні Венери у місці посадки АМС "Венера-13", а також їх інтерпретація, що вказує на відміни складу матеріалу скель та грунту.

Практичне значення та достовірність.

До експедиції КА "Магелан" карта прогнозу розповсюдження тесер використовувалась як аргумент у дискусіях про будову та геологічну історію Венери, а також була використана при обробці даних КА "Магелан", і, таким чином, вже зіграла свою практичну роль.

Практичне значення інших результатів роботи після одержання нових даних КА "Магелан" збільшилося, тому що стало ясно, з якими об'єктами чи їх властивостями на поверхні Венери пов'язані ті чи інші особливості попередніх даних, що аналізуються у дисертації. Проведені автором досліди можуть стати відправним пунктом подальших робіт, допомагаючи зоріентуватися у великому обсязі нових даних, що одержані КА "Магелан".

Нарешті, виявлене за допомогою даних КА "Магелан" перетворення поверхні рівнин на низьких гіпсометричних

рівнях може бути використане у роботі по реконструкції геологічної історії Венери, що активно ведеться зараз.

Апробація. Результати, що складають дисертаційну роботу були повідомлені автором на щорічних Радянсько - Американських та Російсько - Американських робочих зустрічах з порівняльної планетології (Москва, 1986 р., Єреван, 1987 р., Москва, 1988-1994 рр.), на Республіканській конференції молодих астрономів (Київ, 1987 р.), на XXII Генеральній Асамблеї Європейського Геофізичного Товариства (Вісбаден, ФРН, 1991 р.), на Другій Міжнародній планетологічній конференції Американського Астрономічного Товариства (Мюнхен, ФРН, 1992 р.), на 25-й Конференції по Місяцю та планетах (Х'юстон, США, 1994 р.), на міжнародній конференції "Фізика Місяця та планет", що присвячена 100-річчю з дня народження акад. М.П.Барабашова (Харків, 1994 р.), а також неодноразово обговорювалися на наукових семінарах АО ХДУ, ГЕОХІ РАН (лабораторія порівняльної планетології) та ДАІШ МДУ (відділ досліджень Місяця та планет). Окрім того роботи за участю автора дисертації доповідалися на 18-й та 20-й Конференціях по Місяцю та планетах (Х'юстон, США, 1987, 1989 рр.)

Результати дисертації опубліковані в 10 наукових роботах.

Дисертаційна робота була складовою частиною найважливішої НДР обсерваторії - "Дослідження фізичних властивостей Місяця, планет та астероїдів в оптичному діапазоні", що входила до Координаційного плану НДР АН УРСР за проблемою 1.8. "Дослідження космосу" на 1986-1990 рр. (Постанова ООФА АН УРСР No 1, § 13 від 06.01.1986), яку

включено постановою Президії АН УРСР No 210 від 21.05.1986 до республіканського плану найважливіших досліджень у галузі природничих та суспільних наук на 1986-1990 рр., номер державної реєстрації 0187.0004412, та є складовою частиною НДР обсерваторії - "Дослідження фізичних властивостей супутників планет", номер державної реєстрації 0194U012815.

Особистий внесок автора.

Роботи по порівнянню радіофізичних характеристик поверхні Венери та їх кореляції з висотою за даними з різних джерел цілком належать особисто авторові.

Ідея прогнозу розповсюдження тесер на Венері належить на рівних правах автору та керівнику дисертації Ю.Г.Шкуратову. Винахід методів прогнозу, створення алгоритмів і програм обробки даних та створення карт прогнозу цілком належать авторові дисертації. Аналіз створених карт виконувався автором на рівних правах з колегами з Університету Брауна (Д.Біндшадлер і Дж.Хед) та Інституту Вернадського (М.А.Іванов і О.Т.Базилевський).

Загальна ідея створення карт кореляції параметрів належить авторові на рівних правах з керівником дисертації Ю.Г.Шкуратовим. Винахід методів побудови карт кореляції, створення алгоритмів і програм обробки даних, створення карт та їх інтерпретація цілком належать авторові дисертації.

Автор дисертації приймав участь у постановці задач, пов'язаних з обробкою кольорових панорам поверхні Венери на рівних правах з керівником робіт Шкуратовим Ю. Г. Створення програм і обробка даних виконані автором дисертації особисто. В аналізі результатів разом з автором і керівником

приймали участь колеги з Інституту Вернадського (О.В.Ніколаева та О.Т.Базилевський) на рівних правах.

Обсяг та структура дисертації. Робота складається зі вступу, чотирьох розділів, закінчення, літератури (124 найменування). Загальний обсяг роботи: 157 сторінок, з них 109 сторінок тексту, 26 малюнків, 3 таблиці.

ЗМІСТ ДИСЕРТАЦІЇ

У вступі обгрунтовано актуальність робіт по обробці даних про поверхню Венери, сформульовано мету дисертаційної роботи, показано її наукову новизну і практичне значення, перелічено головні положення, які виносяться на захист, викладені структура та короткий зміст дисертації.

У першому розділі подано огляд робіт з радіолокаційних досліджень поверхні Венери. Особисту увагу додано особливостям космічних експериментів, результати яких були використані в дисертаційній роботі як вихідні дані. Розглянуто також роботи по обробці та інтерпретації цих даних.

Другий розділ містить опис робіт автора дисертації, в яких проаналізовано глобальні взаємні залежності радарних властивостей поверхні Венери. Сюди входять наступні роботи.

(1) Порівняння даних з шорсткості та відбивної здатності поверхні Венери, що одержані на КА "Піонер-Венера" та АМС "Венера-15,-16".

Наведено аналіз результатів попередньої обробки даних: перетворення відліків радарного альтиметра КА "Піонер-Венера" у карти розподілу параметрів та компенсація залежності коефіцієнту поглинення радіохвиль в атмосфері від

висоти місцевості у карті відбивної здатності, що побудована за даними АМС "Венера-15,-16". Проведено кількісне моделювання процедур отримання даних у радарних експериментах на КА "Піонер-Венера" та АМС "Венера-15,-16", яке дозволило оцінити, як відхилення розсіювальних властивостей поверхні від моделі, яку закладено до процедури отримання даних, впливає на остаточні оцінки шорсткості та відбивної здатності поверхні.

Спираючись на розуміння цього впливу, проаналізовано відміни карт шорсткості та відбивної здатності поверхні Венери, що були отримані за даними КА "Піонер-Венера" та АМС "Венера-15,-16". Порівняння дозволило зробити висновки про особистість поверхні у деяких районах. Нові дані КА "Магелан" дозволили ототожнити більшість областей з незвичайними розсіювальними властивостями з деякими гало ударних кратерів та іншими радарно-темними покривами. Проаналізовано також відміни висотної залежності відбивної здатності за даними КА "Піонер-Венера" та "Венера-15,-16".

(2) Прогноз розповсюдження тесер на поверхні Венери на основі радарних властивостей поверхні.

Тесери на Венері - це особий тип місцевості, виявлений на фотопланах за даними АМС "Венера-15,-16", які вкривають чверть поверхні планети. За радарними властивостями тесери дещо відрізняються від домінуючих на поверхні Венери рівнин. В дисертаційній роботі ці відміни були використані для того, щоб, базуючись на радарних властивостях поверхні за даними КА "Піонер- Венера", завбачити розповсюдження тесер поза зоною зйомки АМС "Венера-15,-16". Побудовану за спеціальною процедурою карту прогнозу розповсюдження тесер детально

проаналізовано. Порівняння результатів прогнозу зі справжнім розташуванням тесер, що стало відомим після експедиції КА "Магелан", показує добру згоду.

(3) Аналіз залежності шорсткості поверхні від висоти.

В цьому аналізі використано дані КА "Магелан". Залежність середньої шорсткості від висоти порівняно з аналогічною залежністю за даними КА "Піонер-Венера", обговорено можливі причини відмін. Детально проаналізовано зміну характеру розподілення шорсткості з висотою. Особливості, що спостерігаються, пояснюються зміною домінуючих типів місцевості з висотою та деякими особливостями отримання даних. Винятком є сильна кореляція шорсткості та висоти для низин. Вона, ймовірно, свідчить про те, що на низьких гіпсометричних рівнях йде деякий процес фізико-хімічного перетворення поверхні.

В третьому розділі запропоновано методи побудови карт кореляційних властивостей параметрів. Побудова таких карт дозволяє оцінити варіації кореляційних властивостей радіолокаційних параметрів по поверхні Венери. Розглянуто три методи побудови карт кореляції: обчислення коефіцієнту кореляції у змінному вікні, градієнтної кореляції та рангового коефіцієнту кореляції у змінному вікні. Проаналізовано особливості, переваги та вади кожного з методів, а також питання алгоритмічної реалізації цих методів та її ефективності.

Проаналізовано карту кореляції відбивної здатності та шорсткості поверхні Венери за даними КА "Піонер-Венера" та подібну карту за даними АМС "Венера-15,-16". Аналіз

базується на деяких результатах, що їх наведено у другому розділі, а саме на особливостях радарних властивостей тесер та особливостях одержання параметрів при відхиленні розсіювальних властивостей від моделі.

Проаналізовано карту рангового коефіцієнту кореляції радарної яскравості та шорсткості поверхні. Переважна частина поверхні Венери являє помітну пряму кореляцію цих параметрів. Особисто розглянуто всі ділянки, що мають зворотну кореляцію. Більшість з них пов'язані з деякими гало ударних кратерів та іншими ділянками радарно-темних покривів, а також з дифузними радарно-яскравими плямами, що є наслідком вибухів метеороїдів в атмосфері.

Четвертий розділ присвячено обробці оптичних даних про поверхню Венери. Він починається оглядом робіт, що пов'язані з нечисленними оптичними даними про поверхню. Далі розглянуто обробку кольорових панорам поверхні, перш за все панорами, що була передана АМС "Венера-13". На ній усунуто затінення поверхні апаратом. Разом з тим одержано незалежну від калібровки камери оцінку коефіцієнту контрастності панорами. Далі побудовано карту-схему кольору поверхні, діаграму альбедо - колір та карту-схему оптичних типів поверхні. На базі аналізу діаграми альбедо - колір зроблено висновок про те, що скелі та грунт на панорамі складено з різних матеріалів. Коротко проаналізовано діаграму альбедо - колір та карту-схему оптичних типів поверхні на панорамі, що була передана АМС "Венера-14".

В закінченні коротко перелічено основні висновки, що одержані у дисертації, та вказано внесок співавторів в сумісні роботи автора дисертації.

НАУКОВІ РОБОТИ,

що відбивають основні положення дисертації

1. Шкуратов Ю.Г., Креславский М.А., Базилевский А.Т. Предварительные оценки цветовых неоднородностей на поверхности Венеры по данным телевизионной съемки АМС "Венера-13" и "Венера-14" // Письма в Астрон. Ж. - 1986. - Т. 12, N 10. - С. 795 - 800.
2. Шкуратов Ю.Г., Креславский М.А., Николаева О.В. Диаграмма альбедо-цвет участка поверхности Венеры и ее интерпретация // Астрон. вестник - 1987. - Т. 21, N 2. - С. 152 - 164.
3. Креславский М.А., Базилевский А.Т., Шкуратов Ю.Г. Прогноз распространенности зон площадных тектонических нарушений (местности типа "паркет") по данным КА "Пионер-Венера" и "Венера-15 и 16" // Астрон. вестник. - 1988. - Т. 20. - С. 277 - 286.
4. Bindshadler D.L., M.A. Kreslavsky, M.A. Ivanov et al // Distribution of tessera terrain on Venus: Prediction for Magellan // Geophys. Res. Lett. - 1990. - V. 17, No 2. - P. 171 - 174.
5. Shkuratov Yu. G., Kreslavsky M. A. Diagram albedo - color of Venus surface according to Venera-13 data // Lunar Planet Sci. 18-th - 1986. - P. 914-915.
6. Kreslavsky M.A., Basilevsky A.T. Tentative analysis of RMS slope map of Venus surface based on Venera-15,-16 measurements: comparison with Pioneer Venus data // Lunar Planet Sci. 20-th. - 1989. - P. 544 - 545.

7. Kreslavsky M.A., Basilevsky A.T. Tentative analysis of reflectivity map of Venus surface based on Venera-15,-16 measurements: comparison with Pioneer Venus data // Lunar Planet Sci. 20-th. - 1989. - P. 542 - 543.
8. Креславский М.А. Прогноз распространенности геолого-морфологических типов местности на Венере. / Тезисы 8-й Советско-Американской встречи по сравнительной планетологии. ГЕОХИ АН СССР, Москва - 1988. - с. 60 - 61.
9. Шкуратов Ю.Г., Креславский М.А. Тематические карты Венеры нового типа: исследование региональных корреляций радиолокационных характеристик поверхности. // Тезисы 8-й Советско-Американской встречи по сравнительной планетологии. ГЕОХИ АН СССР, Москва - 1988. - с. 99 - 100.
10. Kreslavsky M.A. Meter-scale roughness of Venus surface: correlation with elevation // Abs. papers submit. to Vernadsky - Brown microsymposium. Moscow - 1994 - p.50 - 51.

Креславский М.А. Обработка оптических и радиолокационных данных о поверхности Венеры. Диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.03- Гелиофизика и физика солнечной системы, ГАО НАН Украины, Киев, 1994 г. Защищается 10 научных работ, посвященных цифровой обработке цветных панорам поверхности Вененры (АМС "Венера-13,-14") и карт радарных характеристик поверхности Венеры (данные АМС "Венера-15,-16", КА "Пионер-Венера" и "Магеллан"). Показано, что скальные породы и грунт на панораме АМС "Венера-13" образованы различным материалом. По картам радарных свойств поверхности сделан прогноз распространенности тессер, который подтвердился после полета КА "Магеллан". Разработаны методы и построены карты корреляции радарных параметров. Обнаружен процесс преобразования поверхности равнин Венеры на низких гипсометрических уровнях.

M. A. Kreslavsky. Processing of optical and radar data on Venus surface properties. "Kandidat in physics and mathematics degree thesis in heliophysics and Solar System physics. Defending are 10 papers on processing of Venera-13, -14 panoramas and Pioneer-Venus, Venera-15,-16 and Magellan surface properties maps. Rocks and soils at Venera-13 landing site are shown to differ in composition. Distribution of tesserae on Venus was predicted basing on Pioneer-Venus data. Magellan data confirmed the prediction. Methods to map correlation of parameters were developed and the maps were built. Surface modification at lowest elevations on plains was revealed.

Ключові слова: Венера, радіолокація, відбивна здатність

ЛНБ ім. В. Стефаника
АН України

Підп. до друку 17.01.1995. Формат 60x84/16. Папір тип.
Друк офсетний. Умовно-друк.арк. 0,9. Облік.-вид. арк.0,9.
Тир.100. Зак. № 4.

Ротапринт Інституту монокристалів.
30-70-97

ч45576

AB 33.377