

АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ  
ГОЛОВНА АСТРОНОМІЧНА ОБСЕРВАТОРІЯ

на правах рукопису

Медведський Михайло Михайлович

УДК 521.93:520.872

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ОБЕРТАННЯ ЗЕМЛІ МЕТОДОМ  
РАДІОІНТЕРФЕРОМЕТРІЇ З НАДДОВГОЮ БАЗОЮ

( спеціальність 01.03.01 - астрономія і небесна механіка )

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття вченого ступеня  
кандидата фізико-математичних наук

Київ 1993

Ав 26. 753

Робота виконана в Головні Астрономічній обсерваторії Академії наук України.

Науковий керівник – академік Академії наук України Я.С.Яцив.

Науковий консультант – к.ф-м.н. Курьянов А.Н.

Офіційні оппоненти :

д.ф-м.н. Нестеров В.В. (ДАШ м. Москва)

к.ф-м.н. Тельнюк-Адамчук В.В. (АО КДУ м. Київ)

Ведуча організація – Інститут прикладної астрономії РАН

(м. Санкт-Петербург)

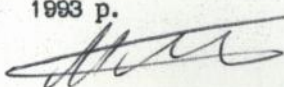
Захист відбудеться "2" *квітня* 1993 р. в 10 годин

на засіданні Спеціалізованої ради *Доктри* Головної Астрономічної обсерваторії АН України за адресою: 252127, Київ-127, Голостево,

Головна Астрономічна обсерваторія АН України.

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотечі Головної Астрономічної обсерваторії АН України.

Автореферат розісланий "25" *02* 1993 р.



Вчений секретар Спеціалізованої ради

кандидат фізико-математичних наук

Н.Г.Гусева

ЛНБ України ім.В.Стефаніка



00825872 (W)

ЛНБ ім. В. Стефаніка  
АН України

AB-26,753

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

### Актуальність проблеми:

За останні роки завдяки використанню радіоінтерферометрії з наддовгою базою (РНДБ), високія точності моделювання РНДБ спостережень та сучасні методиці оцінювання параметрів, вдалося значно підвищити точність визначення параметрів орієнтації Землі (ПОЗ) в космічному просторі. Для цієї мети в світі функціонують спеціальні РНДБ-сітки та комплекси обробки спостережень цих сіток. При досягнутому зараз рівні точності (0.05 нс) визначення спостережної часової затримки сигналу для одного РНДБ спостереження, необхідно знати з високою точністю координати баз (1 см) та координати радіоджерел (1 мілісекунда дуги). З такою ж точністю необхідно проводити переходи (перетворення) між різними системами відліку, які використовуються при обробці спостережень. І відповідно з такою ж точністю можуть бути отримані параметри обертання Землі, поправки до моделей нутації, припливів, тектоніки плит та інші параметри, які являються основою для побудови високоточної інерціальної системи відліку, вивчення сучасної тектоніки Землі, тощо.

Єдиною можливістю перевірки точності визначення цих параметрів є порівняння результатів які отримані з допомогою різних комплексів обробки спостережень. Тому створення нових комплексів обробки РНДБ спостережень є актуальною проблемою.

### Мета роботи:

Основною задачею даного дослідження є відпрацювання методики обробки РНДБ спостережень з метою визначення параметрів обертання

Землі та інших параметрів моделі цих спостережень. При цьому проводились спеціальні дослідження на реальних спостереженнях, які отримані на радіоінтерферометрі WESTFORD-WETZELL в 1986 Р., а також дослідження невязок "0-С" (спостереження - обчислення).

### Наукова новизна.

В дисертації описується створений автором програмний комплекс обробки РНДБ спостережень "Київ-GR2" з допомогою якого можна визначати параметри обертання Землі, кути нутації та інші геодинамічні параметри.

Програмний комплекс написаний на алгоритмічній мові ФОРТРАН IV і реалізований на ЕОМ ЕС 1061, а також адаптований на персональний комп'ютер І80386 SX.

За допомогою цього програмного комплексу опрацьовані РНДБ спостереження, які були отримані сіткою станція IRIS-A в період 1984.0-1988.0.

В роботі проведено порівняння результатів визначення параметрів обертання Землі з результатами обробки цих же спостережень, які виконані Національною Геодезичною службою США (NGS). На основі цього порівняння зроблено висновки, що програмний комплекс може використовуватись для оперативного визначення ПОЗ. Точність цього комплексу в випадковому відношенні знаходиться на рівні комплексу NGS. Існує систематична різниця в координаті У полюса, причину якої встановити поки що не вдалось.

Проведено детальний аналіз впливу на ПОЗ багатьох параметрів моделі, а також взаємного впливу (кореляції) деяких з цих параметрів.

Запропонована методика тестування складних програмних комплексів обробки спостережень для цілей астрометрії та геодинаміки.

Наукова і практична цінність роботи полягає в створенні програмного комплексу "Київ-GR2" для обробки РНДБ спостережень, аналогів якого немає в країнах СНД. Цей комплекс дозволяє оперативно визначати параметри обертання Землі з високою точністю, а також проводити дослідження тектоніки плит для потреб координатно-часового забезпечення об'єктів науки та народного господарства.

На захист виносяться:

1. Програмний комплекс вторинної обробки РНДБ спостережень "Київ-GR2" .
2. Результати визначення параметрів обертання Землі з допомогою комплексу "Київ-GR2".
3. Методика тестування великих програмних комплексів, які призначені для обробки спостережень.

Особистий вклад автора

Створено нову версію програмного комплексу "Київ-GR2" для обробки РНДБ спостережень. Нова версія працює в автоматичному режимі, і дозволяє опрацьовувати довгі ряди РНДБ спостережень без втручання оператора. Запропонована методика тестування складних програмних комплексів, яка була перевірена на даному комплексі. Автором проведено обробку чотирирічного ряду спостережень, які отримані на сітці станцій IRIS-A. Результатом обробки являються визначені ПОЗ. Виконано дослідження впливу різноманітних

параметрів моделі на остаточні результати, а також проведено дослідження залишків 0-С.

### Апробація роботи

Результати роботи доповідались на:

всесоюзній школі по радіоінтерферометрії (м.Горькiя,1987р.); симпозиумі МАС № 141-у ( м. Ленінград, 1989р.); робочій групі COSPAR ( м.Будапешт , 1991р.); міжнародній нараді з геодинаміки ( м.Київ, 1991р.); III-й Орловській конференції ( м. Одеса, 1992р.); астрометричному семінарі ГАО АНУ (м.Київ, 1992р.).

### Структура і об'єм роботи

Дисертація складається із вступу, 4 розділів і заключення. Включає 115 сторінок, в тому числі 25 малюнків, 11 таблиць і бібліографію з 106 назв.

### ЗМІСТ РОБОТИ

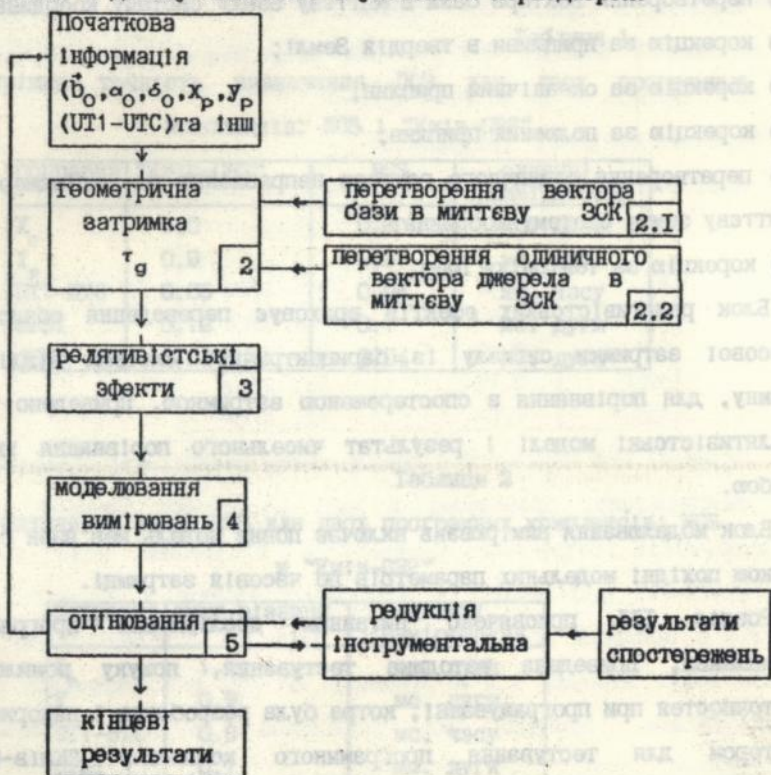
У вступі приведено короткий історичний огляд розвитку радіоінтерферометрії з наддовгою базою (РНДБ), стан РНДБ на даний момент і перспективи її розвитку в найближчому майбутньому.

В I-у розділі розглянуто можливість використання радіоінтерферометрії для цілей астрометрії та геодинаміки, принципи роботи радіоінтерферометра з наддовгою базою, основні спостережні величини, приведено короткий огляд можливостей РНДБ для побудови небесної та земної систем відліку, розглянуто основні фактори, котрі обмежують реальну точність РНДБ спостережень:

високоточне моделювання незалежних атомних годинників (синхронізація, взаємна поведінка в часі); моделювання атмосферної рефракції. Приведено основні методи їх розв'язання.

Описано одну з можливих методик опрацювання астрометричних РНДБ спостережень.

В II розділі описується програмний комплекс "Київ-GR2", котрий призначений для вторинної обробки РНДБ спостережень. Дана блок-схема (Мал.І) програмного комплексу з коротким і розгорнутим описом використаних блоків. Приведено основні алгоритми і формули, використані в даному комплексі з указанням першоджерел.



Мал.І. Блок-схема програмного комплексу "Київ-GR2"

вторинної обробки РНДБ-спостережень

Блок інструментальних редуція включає в себе редуція за вплив тропосфери, за геометрію антени, модель годинників. В частині, де розглянуто модель годинників, детально описано алгоритм і програму пошука стрибка в поведінці годинника ( як синхронізації, так і в лінійному ході ) в автоматичному режимі.

Блок геометричної затримки сигналу включає в себе:

- а) перетворення вектора бази в миттєву земну систему координат;
- б) корекцію за припливи в твердія Землі;
- в) корекцію за океанічний приплив;
- г) корекцію за полюсний приплив;
- д) перетворення одиничного вектора направлення на радіоджерело в миттєву земну систему координат;
- е) корекцію за тектоніку плит.

Блок релятивістських ефектів враховує переведення обчисленої часової затримки сигналу із барицентричної системи відліку в земну, для порівняння з спостереженою затримкою. Приведено різні релятивістські моделі і результат чисельного порівняння їх між собою.

Блок моделювання вимірювань включає повну модель нев'язок  $O-C$ , а також похідні модельних параметрів по часовій затримці.

Розділ III присвячено питанням дослідження програмного комплексу, приведена методика тестування, пошуку помилок і неточностей при програмуванні, котра була розроблена і використана автором для тестування програмного комплексу "Київ-GR2". Приведені результати дослідження програмного комплексу "Київ-GR2", а також результати аналізу залишків  $O-C$ . При дослідженні програмного комплексу використовувались графічний метод, кореляційний аналіз, спектральний аналіз, двохфакторний

дисперсійний аналіз.

В розділі IV приведені результати обробки чотирирічного ряду спостережень, отриманих сіткою станції IRIS-A. Результати представлені у вигляді таблиці параметрів обертання Землі. Приведено також порівняння отриманих параметрів обертання Землі з аналогічними даними NCS. Результати порівняння приведені в таблицях 1 і 2.

Таблиця 1

Внутрішня точність визначення ПОЗ для двох програмних комплексів: NCS і "Київ-GR2".

поправка	"Київ-GR2"	NCS	одиниці вимірювання
$X_P$	1.0	0.8	мс. дуги
$Y_P$	0.9	0.8	мс. дуги
UT1-UTC	0.05	0.04	мс. часу
dPSI	0.12	0.1	мс. дуги
dEPS	0.04	0.04	мс. дуги

Таблиця 2

Систематичні різниці ПОЗ для двох програмних комплексів: NCS і "Київ-GR2"

поправка	сист. різниця	одиниці вимірювання
$X_P$	1.0	мс. дуги
$Y_P$	0.9	мс. дуги
UT1-UTC	0.0	мс. часу
dPSI	0.1	мс. дуги
dEPS	0.0	мс. дуги

ЛНБ ім. В. Стефаника  
АН України

## ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ І ВИСНОВКИ

Основні результати роботи слідує:

1. Створено і відлагоджено програмний комплекс обробки РНДБ спостережень для цілей астрометрії і геодинаміки.
2. Розроблена і перевірена методика тестування програмних комплексів обробки спостережень.
3. Проведена обробка 4-х річного ряду радіоінтерферометричних спостережень сітки станція IRIS-A.
4. Отримано слідує результати:

визначено параметри обертання Землі з точністю:

поправка	точність	одиниці вимірювання
$X_P$	1.0	мс. дуги
$Y_P$	0.9	мс. дуги
UT1-UTC	0.05	мс. часу
dPSI	0.12	мс. дуги
dEPS	0.04	мс. дуги

Отримані ПОЗ порівняні з результатами аналогічної обробки, цих же спостережень, проведеної в NGS. Порівняння показало добру злагоженість отриманих результатів з даними NGS. Але є систематичні розбіжності в координаті полюса  $Y$  (5 мілісекунд дуги), в поправці до кута нутації dEPS (-1 мілісекунда дуги) а також існує віковий хід в різницях UT1-UTC між указаними двома результатами. Причина цих розходжень потребує додаткових досліджень.

5. Тестування програмного комплексу і порівняння результатів обробки з даними NGS вказують на те, що точність моделювання часової затримки сигналу програмним комплексом "Київ-GR2" становить 50 пікосекунд.

ПУБЛІКАЦІЇ ПО ТЕМІ РОБОТИ

1. Яцкив Я.С., Курьянова А.Н., Медведский М.М. Комплекс алгоритмов и программ для обработки РСДБ-наблюдений "Киев-GR1". 1991. Препринт ИТФ АН УССР.
2. Medvedsky M.M. The program complex "Kiev-Geodynamic R1". Proc. of the 141 Symp. of the IAU. 1989. p.156.
3. Курьянова А.К., Медведский М.М., Яцкив Я.С. Программный комплекс обработки РСДБ наблюдения "Киев-GR2". Материалы III-й Орловской конференции. Одесса, 1993г.

---

Зам. 40                      Формат 60x84/16.    Обл.-вид.арк. 0,7  
Підписано до друку 8.02.93 р.                      Тираж 100.  
Поліграфічна дільниця ІТФ ім.М.М.Боголюбова АН України

---

AB 26.753