

ТОЧНИЙ ЧАС ЗНАЮТЬ У ПАРИЖІ

Нотатки учасника Орловської конференції

(Париж, вересень 1998 р.)

У тому, що Париж законодавець світової моди, немає потреби когось переконувати. Але про те, що він законодавець точного часу, що в Парижі формується найточніша шкала часу, за якою звіряють годинники всі країни світу, і що тут зберігається еталон вимірювання часу (а відповідно, і частоти), мабуть, знають не всі. Однак це так. І тому саме в столиці Франції щороку відбуваються міжнародні конференції учених-астрономів, що вивчають час у земному та космічному вимірах.

ВІКОВИЙ РУХ ПОЛЮСА ЗЕМЛІ: ДИСКУСІЯ ТРИВАЮТЬ

Невелика делегація наших астрономів на чолі з директором Головної астрономічної обсерваторії (ГАО) НАН України академіком НАНУ Я.С.Яцківом взяла участь у конференції JOURNEES, яка щорічно проводиться Паризькою обсерваторією. Присвячена вона проблемам вивчення обертання Землі, визначення часу, системі координат на Землі і в космічному просторі. Характерною особливістю JOURNEES-98 було те, що одну з її сесій назвали Орловською. В науковій програмі вона позначалася як 4-та Орловська конференція. Такі конференції мають свою передісторію.

Навесні 1980 року відзначалося 100-річчя від дня народження видатного астронома і геофізика, академіка Олександра Яковича Орлова (1880—1954), який був засновником Полтавської гравіметричної обсерваторії (1926) та Головної астрономічної обсерваторії Академії наук України в Києві (1944). Тоді на ювілейній Ученій раді в ГАО вирішили проводити Орловські конференції раз на 6 років (такий період биття у русі полюса Землі, визначенням якого займався О.Я.Орлов). Ці конференції передбачалося проводити в містах, пов'язаних з науковою діяльністю вченого. Так, перша Орловська конференція відбулася у вересні 1980 року в Києві. Її тематика була досить

широкою — «Вивчення Землі як планети методами астрономії, геофізики та геодезії». На думку академіка Є.П.Федорова (1909—1986), саме О.Я.Орлов став одним з фундаторів нової науки — глобальної геодинаміки, для якої характерне комплексне вивчення Землі як однієї з планет Сонячної системи. Другу Орловську конференцію проводили в Полтаві (1986), третю — в Одесі (1992). У цьому місті Олександр Якович плідно працював як учений і організатор науки. Упродовж 1913—1934 років він був директором Одеської обсерваторії і професором Новоросійського університету.

Планувалося, що четверта Орловська конференція відбудеться у Пулковській обсерваторії, де О.Я.Орлов багато років займався науковими дослідженнями. Однак фінансові труднощі не дали змоги організувати тут конференцію. І тоді французькі колеги з Паризької обсерваторії, з якими підтримують тісні наукові зв'язки астрономи ГАО, запропонували провести цю конференцію у них як Орловську сесію у дні роботи JOURNEES-98. З Парижем була пов'язана молодість ученого, тут у 1903—1904 роках він слухав лекції з небесної механіки та астрономії у Сорбонні та Колеж де Франс.

Науковою темою Орловської сесії була дискусія про віковий рух полюса Землі. Відкрив дискусію Я.С.Яцків оглядовою доповіддю про наукову школу О.Я.Орлова

з проблем геодинаміки. Адже Олександр Якович одним з перших визначив віковий рух полюса Землі на основі астрономічних спостережень п'яти станцій Міжнародної служби широти протягом 1900–1950 років. Оцінка цього руху – швидкість $0,004''$ на рік і напрямок 69° на захід від Гринвічського меридіана – узгоджуються із сучасними оцінками. Однак, будучи надзвичайно вимогливим до результатів наукових досліджень, С.Я.Орлов здійснив додатковий ретельний аналіз спостережень. І після цього висловив сумніви щодо реальності вікового руху полюса, визначеного на основі спостережень усього лише п'яти станцій. Він показав, що ці оцінки можуть бути обчислювальним ефектом, спричиненим впливом так званих неполярних змін станцій (регіональна зміна гравітаційного поля, тектонічні зміщення станцій та інші геофізичні явища, а також інструментальні похибки).

Відтоді питання про віковий рух полюса залишається предметом дискусій. Тим більше, що такий рух не підтверджується теоретичними розрахунками, які ґрунтуються на уявленні про Землю як пружне тіло.

Українські астрономи, наслідуючи наукові традиції О.Я.Орлова, у доповідях на конференції вказали на неоднозначність трактування лінійного тренду в русі полюса Землі і звернули увагу на дивовижну збіжність неполярних змін ряду американських станцій з визначеним віковим рухом полюсу. Постає питання: а чи не є спостережуваний ефект у русі полюса відображенням того факту, що північноамериканський континент «спливає», і причина цього явища – танення льодовиків, зокрема в Гренландії?

Тема про віковий рух полюса досить обширна і заслуговує на окрему розповідь. Ми ж розглянемо тут питання визначення часу і збереження його еталона, оскільки Париж, як уже сказано, – світовий центр розв'язання цих проблем. Саме при Паризькій обсерваторії міститься

МІЖНАРОДНА СЛУЖБА ОБЕРТАННЯ ЗЕМЛІ

Потрапити у Паризьку обсерваторію не так уже й складно навіть для того, хто вперше приїхав до столиці Франції. Швидкісна лінія Паризького метро за півгодини домчить вас з аеропорту імені Шарля де Голля до майдану Данфер-Рошєро. У центрі його – чіткий орієнтир для гостей столиці: величезна статуя лежачого бронзового лева, яку час вкрив зеленим нальотом. Від майдану променями розходяться бульвари, один з яких названо іменем відомого французького астронома Доменіка Араго (1786–1853), котрий був директором обсерваторії упродовж 1830–1853 років.

Затишний сквер відділяє будівлю обсерваторії від бульвару. А вхід до неї – з протилежного боку, з Авеню Обсерваторії – невеликого чудового проспекту, прокладеного вздовж паризького меридіана, котрий проходить якраз по центру Обсерваторії. Проспект, обрамлений акуратно підстриженими велетнями-каштанами, упирається у Люксембурзький сад з його неповторним палацом, фонтанами та скульптурами королів Франції. В центрі Авеню Обсерваторії – знаменитий фонтан «Чотири сторони світу»: граціозні жіночі фігури підтримують на руках небесну сферу, символізуючи ці сторони.

Паризьку обсерваторію збудовано 1671 року за наказом, точніше, як вважали сучасники, за примхою короля Людовика XIV. Її зводили за проектом відомого архітектора Клода Перро, як і знаменитий Лувр. Першим директором Обсерваторії був італієць Доменік Кассіні (1625–1712). Він відомий як астроном, що відкрив обертання Юпітера та Марса, чотири нові супутники Сатурна, великий порожній проміжок, який розділяє кільце Сатурна на дві частини (тому його названо «щілиною Кассіні»). У наступні періоди Паризьку обсерваторію очолювало чимало знаменитих астрономів. Серед них – У.Левєр'є (1811–1877), який,

вивчаючи неправильності в русі Урана, зробив висновок про існування Нептуна і обчислив його положення, склав точні таблиці руху великих планет і відкрив віковий рух перигелію орбіти Меркурія.

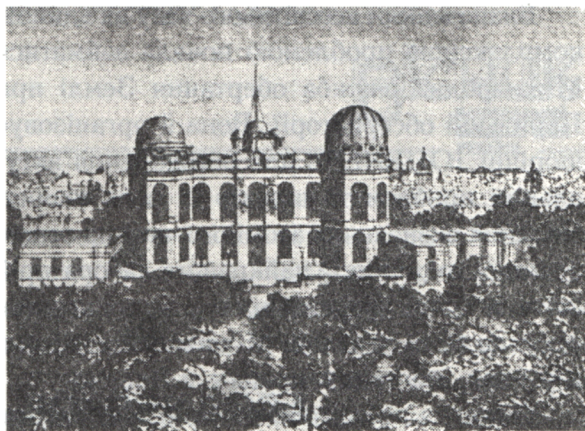
Продовжуючи славні традиції, Паризька обсерваторія і наприкінці ХХ століття підтримує високий рівень наукових досліджень.

Знаменита вона і своєю службою часу. 1919 року тут почало функціонувати Міжнародне бюро часу (МБЧ), яке складало щоденні, щомісячні і щорічні зведення визначень всесвітнього часу на основі астрономічних спостережень обсерваторій різних країн і надсилало такі зведення усім, хто цього потребував. Цікаво, що протягом 1924–1964 років МБЧ очолював учень О.Я.Орлова — випускник Новоросійського університету Микола Стойко (Радиленко).

Отже, саме Парижу було довірено обчислення всесвітнього часу (UT), хоча він і прив'язаний до нульового Гринвічського меридіана (UT — це місцевий середній сонячний час на Гринвічському меридіані).

Нагадаємо, що до нинішнього століття система відліку часу базувалася на природному ритмі зміни дня і ночі, тобто на обертанні Землі навколо осі, й одиниця часу — секунда — визначилася як $1/86400$ частка доби. У першій половині ХХ століття за еталон часу було взято більш точну ефемеридну секунду, яка обчислюється з урахуванням обертання Землі не тільки навколо своєї осі, а й навколо Сонця. Вона дорівнює $1/31556925,9747$ частки тропічного року на початок 1900 р.

Удосконалення годинників, а саме введення кварцових зберігачів часу, дало змогу підвищити точність одиниці часу і навіть з'ясувати, що час, визначуваний за обертанням Землі, є нерівномірним. Так, М.Стойко у 1967 році виявив сезонну нерівномірність обертання Землі: тривалість доби у січні перевищує її тривалість у липні на 0,002 секунди. Введення атомних стандартів частоти відкрило нову еру у вимірюванні часу.



Паризька обсерваторія

Було створено атомну шкалу часу (фізичну, не пов'язану з обертанням Землі), основою якої стала високочастотна атомна секунда, що визначається періодом переходу атома цезію-133 між двома надтонкими рівнями.

Атомний час введено в практику з 1967 року. А в 1972 МБЧ у Парижі почало створювати на базі атомних стандартів багатьох лабораторій світу Міжнародну атомну шкалу і визначати її одиницю — атомну секунду як еталон для вимірювання часу. Кожна національна шкала часу зв'язується з міжнародною шляхом приймання радіосигналів часу.

Єдина шкала часу необхідна в астрономічних дослідженнях, космічній навігації, у геодезії. Вона є фундаментом теорії відносності. Показово, що з 1957 року МБЧ займалося не тільки питанням обчислення і збереження всесвітнього часу, а й іншими проблемами: обчисленням координат полюса, побудовою систем координат на поверхні Землі і в космічному просторі тощо. З розвитком досліджень на зміну класичним оптичним астрономічним методам вивчення обертання Землі прийшли нові, точніші, пов'язані з лазерною локацією штучних супутників Землі і Місяця, радіоінтерферометричними спостереженнями квазарів і т.п. У зв'язку з цим за рішенням Міжнародної астрономічної спілки у 1988 році МБЧ було реорганізовано.

Визначенням всесвітнього часу як єдиною комплексною проблемою почала займатися Міжнародна служба обертання Землі при Паризькій обсерваторії. Вона й організовує щорічні JOURNEES для обговорення актуальних проблем та шляхів їх розв'язання. Питання визначення атомного часу на основі атомних годинників найкращих лабораторій світу, а також збереження еталонної атомної секунди були передані Міжнародному бюро мір і ваг, яке також працює у Парижі.

Одним з провідних центрів, чий виміри використовуються для створення Міжнародної атомної шкали, є лабораторія первинного часу і частоти Паризької обсерваторії (колишня служба часу). У неї тепер статус національного бюро метрології. З 1996 року тут діє кращий у світі первинний цезієвий стандарт (Фонтейн), в якому використовуються і досягнення лазерної технології. Цей первинний стандарт реалізує одиницю часу — секунду — з точністю і стабільністю, які стали найвищим світовим досягненням у визначенні та збереженні часу.

НАПЕРЕДОДНІ 2000 року

Париж відраховує дні, що залишилися до кінця тисячоліття. Для своєрідного календаря обрано Ейфелеву башту. Як відомо, вона зведена за проектом інженера А.Г.Ейфеля на Марсовому полі в 1887—1889 роках напередодні відкриття Всесвітньої паризької виставки, приуроченої до сторіччя Великої французької революції. Висота башти — 326 м. У найспекотніші дні вона збільшується від нагрівання на 10—15 см, однак споруда напрочуд стійка: рвучкі пориви сильного вітру відхиляють її вершину всього на 10 — 12 см. Башта має кілька платформ і майданчиків, на які можна піднятися або ліфтами, або по сходах (їх тут 1710).

І ось на цій башті на рівні другої платформи, на висоті 196 м, встановлено електричне панно, яке вдень і вночі висвічує величезні цифри. Вони вказують, скільки днів

залишилося до 2000 року. У день нашого візиту, 24 вересня 1998 року, на табло світилося — 464. Безперервна служба у Парижі стежить за обертанням Землі і в наші дні. У вересні 1998 року Міжнародне бюро мір і ваг надіслало в усі країни циркуляри з повідомленням про те, що в ніч з 31 грудня 1998-го року на 1 січня 1999-го (в нуль годин за всесвітнім часом) в усі еталонні годинники вводиться додаткова секунда. Кожна країна коригуватиме власні еталонні годинники за своїм поясним часом. Для України цей момент настане о 2-й годині 1 січня 1999 року.

Факт введення додаткової секунди варто прокоментувати. Обертаючись навколо своєї осі, Земля задає нам природний (але не ідеально рівномірний) ритм для вимірювання часу. Людство придумало еталон — атомний час. Тепер Земля уповільнює своє обертання, значить, продовжується тривалість доби. Аби уникнути великих розходжень між годинниками, які зв'язуються з атомним часом, і годинниками, що йдуть згідно з природним ритмом обертання Землі, довелося створити додаткову шкалу часу — всесвітній координований час (UTC), яку виправляють «стрибками», вводючи додаткову секунду в кінці або в середині місяця (залежно від зміни швидкості обертання Землі). Радіосигнали часу подаються саме в системі всесвітнього координованого часу. А необхідне коригування здійснюється у Парижі.

«А все-таки вона обертається!» — сміливо вигукнув у далекому Середньовіччі Галілео Галілей. У ХХ столітті щодо цього вже ні в кого немає сумнівів. І символом торжества цієї істини, а, можливо, і своєрідним пам'ятником мужньому вченому, що кинув виклик цілій епосі, є неперервний хід маятника Фуко у паризькому Пантеоні.

А.КОРСУНЬ,
кандидат фізико-математичних наук,
старший науковий співробітник ГАО
(Київ)