

МІЖНАРОДНЕ СПІВРОБІТНИЦТВО

КОРСУНЬ

Алла Олексіївна —
кандидат фізико-математичних
наук, старший науковий
співробітник Головної
астрономічної обсерваторії
НАН України

До 30-річчя створення IERS

З ІСТОРІЇ СТВОРЕННЯ МІЖНАРОДНОЇ СЛУЖБИ ОБЕРТАННЯ ЗЕМЛІ. ІНІЦІАТИВИ УКРАЇНСЬКИХ АСТРОНОМІВ

У статті простежено основні етапи майже вікової історії розвитку служб — попередниць сучасної Міжнародної служби обертання Землі та референтних систем (IERS), яка цього року відзначає своє 30-ліття. Розглянуто важливу роль українських астрономів та їхні ініціативи щодо вдосконалення організації роботи цих служб.

Серед сучасних міжнародних служб, функції яких полягають у забезпеченні суспільства необхідною інформацією планетарного характеру, є служба, що надає відомості про орієнтацію нашої планети Земля у просторі та часі (поправки до прецесії та нутації, референтні системи координат — небесна і земна координати полюса Землі, всесвітній час тощо). Від 1987 р. ця служба називалася *Міжнародна служба обертання Землі* (International Earth Rotation Service — IERS), а з 2003 р. у зв'язку з розширенням тематики досліджень назву було уточнено — Міжнародна служба обертання Землі та референтних систем (International Earth Rotation and Reference System Service) зі збереженням попередньої аббревіатури IERS.

Центральне бюро IERS розташоване в Паризькій обсерваторії. До складу служби входять відділення прогнозування параметрів орієнтації Землі (Predictions of Earth Orientation Parameters), що базується у Військово-морській обсерваторії США (United States Naval Observatory) з координаційним центром у Вашингтоні, та кілька центрів, що знаходяться в Парижі, — Technique Centres, Product Centres, ITRS Combination Centres, Research Centres, Analysis Coordinator.



Від самого початку діяльність цієї міжнародної служби ґрунтується на мережі станцій, розміщених у різних країнах, що здійснюють спостереження з використанням сучасних технічних засобів (лазерна локація штучних супутників Землі, радіоінтерферометрія з наддовгими базами, глобальні позиційні системи (GPS), доплерівські спостереження за супутниками та ін.).

Офіційною датою створення IERS вважають 1987 р., а фактично вона почала працювати з 1 січня 1988 р. Проте створенню цієї служби передувала майже вікова передісторія. Її попередниками були Міжнародна служба широти (International Latitude Service – ILS), Міжнародне бюро часу (Bureau international de l'Heure – BIH), Міжнародна служба руху полюса (International Polar Motion Service – IPMS). Завдання, методи та засоби досліджень цих служб змінювалися відповідно до прогресу техніки, розвитку теорії обертання Землі, засобів спостереження та методів обробки даних.

Отже, простежимо основні етапи історії розвитку цих служб і відзначимо важливу роль, яку відіграли ініціативи українських астрономів щодо вдосконалення організації роботи з надання відомостей про орієнтацію Землі.

Міжнародна служба широти (МСШ, ILS) (1899–1962). Відкриття в XIX ст. руху полюсів Землі, який зумовлює зміни географічних координат на земній поверхні та впливає на точність визначення часу, сприяло організації спостережень за зміною широт на астрономічних обсерваторіях, що здобули назву *широтних станцій*.

Для визначення руху північного полюса Землі в 1899 р. було створено Міжнародну службу широти, яка складалася спочатку з п'яти обсерваторій: Мідзусава (Японія), Карлофорте (Італія), Юкайя, Цинциннаті, Гейтерсберг (США), розташованих на так званій міжнародній паралелі 39°08' північної широти, і Центрального бюро (воно часто змінювало своє місцезнаходження). Обсерваторії вели спостереження зміни широти

на однотипних зеніт-телескопах, але за роки існування служби кількість станцій, програми спостережень, методи їх аналізу неодноразово змінювалися, що негативно впливало на ефективність застосування отриманих результатів на практиці. Крім того, ці результати ще й надходили до споживачів з великим запізненням.

Звісно, така робота служби не задовольняла ані дослідників обертання Землі, ані геофізиків, ані геодезистів-практиків. Про ці недоліки часто писали вчені з різних країн, проте протягом багатьох років ситуація ніяк не поліпшувалася.

Ідеї щодо істотних змін на краще в організації МСШ та їх практичного втілення найбільш чітко висловили представники відомої тепер української наукової школи з геодинаміки, заснованої О.Я. Орловим, про що детальніше йтиметься далі.

Міжнародне бюро часу (МБЧ, BIH) (1920–1987). Міжнародне бюро часу було створено за рішенням Міжнародного астрономічного союзу (МАС) у 1919 р., а діяти почало з 1920 р. Таке об'єднання розрізаних національних служб часу для точного визначення всесвітнього часу (єдиної форми часу, запропонованої ще Міжнародною меридіанною конференцією у Вашингтоні в 1884 р.) було необхідним як для наукових досліджень, так і для технічних і практичних цілей (наприклад, для порівняння національних шкал часу, синхронних спостережень, для забезпечення залізничного сполучення між країнами та ін.). Завдання центру Бюро, що розташувався в Парижі, полягало насамперед в об'єднанні всіх обсерваторій (служб часу), збереженні та поширенні сигналів всесвітнього часу (для чого, до речі, стала в пригоді Ейфелева вежа в Парижі). Цей центр здобув назву *Міжнародне бюро часу при Паризькій обсерваторії*. Згодом у складі МБЧ було створено секцію обертання Землі для термінового визначення координат полюса Землі, необхідних для обчислення поправок на рух полюса і уточнення всесвітнього часу, оскільки Міжнародна служба широти своє-

часно не забезпечувала користувачів такою інформацією.

Слід зазначити, що секція обертання Землі МБЧ використовувала для визначення координат полюса не лише спостереження міжнародних служб широти, а й широтні спостереження обсерваторій різних країн, які називали *незалежними обсерваторіями*, оскільки вони, на відміну від міжнародних обсерваторій, вели спостереження за різними програмами і на різних телескопах. Така ситуація з визначенням координат полюса Землі тривала аж до створення Міжнародної служби руху полюса.

Міжнародна служба руху полюса (МСРП, IPMS) (1962–1987). Міжнародна служба руху полюса почала діяти за рішенням Міжнародного астрономічного союзу замість Міжнародної служби широти в 1962 р. Центр МСРП знаходився у Мідзусаві (Японія). Завдання служби полягало у визначенні як координат полюса Землі, так і всесвітнього часу на основі всіх наявних тоді астрономічних спостережень служб широти і служб часу різних країн. А функції МБЧ зосередилися лише на визначенні і поширенні всесвітнього часу. Згодом, із початком застосування з 1972 р. атомних стандартів для визначення часу, ці функції було передано Міжнародному бюро мір і ваг (Bureau international des poids et mesures – BIPM), також розташованому в Парижі. МСРП проіснувала чверть ХХ ст., використовуючи астрономічні спостереження так званими класичними засобами (на зеніт-телескопах, фотографічних зенітних трубах, пасажних інструментах, астролібіях Данжона) майже всіх служб часу і широти світу. З розвитком методів астрономічних спостережень у 1970-х роках МСРП була приречена поступитися новим, більш точним, технічним засобам спостереження.

Міжнародна служба обертання Землі (МСОЗ, IERS) (з 1987 р. і дотепер). Як уже зазначалося, у зв'язку з розвитком нових, більш досконалих і точних технічних засобів спостережень виникла потреба в їх використанні для вивчення параметрів обер-

тання Землі. У 1980–1984 рр. було проведено міжнародну кампанію МЕРІТ з порівняння класичних астрономічних і нових технічних засобів. Підсумки цього проекту переконливо засвідчили значні переваги нових засобів і методів, що й зумовило створення нової служби обертання Землі (МСОЗ) з центром у Парижі.

Ініціативи українських учених щодо вдосконалення організації міжнародних служб. Питання про організацію чи реорганізацію міжнародних служб вирішує відповідна наукова спільнота на своїх конференціях та з'їздах (в астрономії, зокрема, на генеральних асамблеях Міжнародного астрономічного союзу та Міжнародного геодезичного і геофізичного союзу). Втім, спочатку ідеї таких рішень породжують і пропонують ініціативні видатні вчені на основі аналізу результатів діяльності та потреб тієї чи іншої галузі науки.

Засновником української наукової школи з глобальної геодинаміки є академік **Олександр Якович Орлов** (1880–1954) — перший академік-астроном Української академії наук (з 1919 р.), директор Одеської обсерваторії (з 1912 р.), засновник Полтавської гравіметричної (1926 р.) та Головної астрономічної обсерваторій АН УРСР (1944 р.), член-кореспондент АН СРСР (з 1927 р.). Серед його фундаментальних робіт з вивчення руху полюса Землі належне місце було відведено ретельному аналізу широтних спостережень станцій МСШ за 50 років з метою досліджень глобальних характеристик планети Земля. Вчений розумів, що недоліки в організації служби не дають можливості отримувати однозначні, переконливі та достовірні результати, і запропонував шляхи реорганізації роботи служби та методів обробки спостережень.

Зокрема, він пропонував збільшити кількість обсерваторій ще на одній міжнародній паралелі на широті Полтави. Для здійснення цієї мети О.Я. Орлов відвідав Сибір, де планував створити широтні станції в Іркутську та Благовещенську, а також вважав за потріб-

не організувати ще одну станцію на території США. Свої рекомендації щодо вдосконалення структури МСШ, методів аналізу спостережень, а також введення і визначення таких понять, як *середня широта, середній полюс епохи спостережень, неполярні коливання широти* та ін., він виклав у книзі «Служба широти», виданій французькою та російською мовами. Книгу було презентовано на Генеральній асамблеї Міжнародного астрономічного союзу в Москві в 1958 р. під час обговорення питання про подальшу долю МСШ. Згодом в Іркутську і Благовещенську було створено широтні станції, які зробили помітний внесок у підвищення точності визначення координат полюса.

Для практичних потреб і як приклад для термінового визначення координат полюса Землі О.Я. Орлов ще у 1952 р. ініціював створення радянської термінової служби широти з центром у Полтаві, яка за його методом (за спостереженням на одній станції, відокремленням неполярних коливань широт у системі середнього полюса епохи спостереження) визначала координати полюса Землі. Ця служба поєднувала спостереження обсерваторій у Полтаві, Пулково, Кітабі, Іркутську, Казані, Благовещенську. Результати її роботи задовольняли потреби геодезистів та служб часу Радянського Союзу. Однак на міжнародній арені ідеї О.Я. Орлова вдалося втілити в життя лише його учням.

Учень О.Я. Орлова **Микола Михайлович Стойко-Раділенко** (1894–1976), випускник Одеського університету, після стажування в Паризькій обсерваторії в 1916 р. залишився працювати там у службі часу. У 1944–1964 рр. М. Стойко очолював МБЧ і значно сприяв удосконаленню його роботи, створивши при бюро секцію обертання Землі, яка з 1956 р. організувала термінове обчислення координат полюса для уточнення всесвітнього часу методом урахування поправок на рух полюса Землі. У принципах діяльності цієї секції М. Стойко втілював ідеї О.Я. Орлова щодо використання для визначення координат полюса спостережень розширеної мережі

станцій широти та визначення координат у системі відліку, яка на той час вважалася новітньою, — у «системі координат середнього полюса Орлова». М. Стойко вперше відкрив сезонну нерівномірність обертання Землі, врахування якої при визначенні часу підвищувало точність. З його ім'ям пов'язують застосування атомних стандартів частоти у службі часу МБЧ.

Повністю реалізувати ідеї організації нової служби, відмінної від МСШ і МБЧ, вдалося учню і послідовнику вчення О.Я. Орлова академіку АН УРСР **Євгену Павловичу Федорову** (1909–1986). Його теоретична робота з теорії обертання пружної Землі та практична діяльність у Полтавській обсерваторії була високо оцінена сучасниками. У 1955–1961 рр. Є.П. Федорова обирають президентом Комісії МАС № 19 «Обертання Землі». Як очільник Комісії МАС, він ініціював створення нової міжнародної служби і проводив велику організаційну роботу, керував підготовкою та проведенням у 1960 р. в м. Гельсінкі (Фінляндія) Міжнародного симпозіуму «The future of the International latitude Service». Для більш ефективного обговорення завдань нової служби Є.П. Федоров як головний редактор підготував збірник статей «On the Present State and the Future of Latitude Investigation» (російською, англійською і французькою мовами), в якому видатні вчені різних країн висловили своє бачення стосовно стану і майбутнього МСШ. Саме цей Симпозіум став поворотним пунктом у створенні нової служби обертання Землі, яка за рішенням МАС у 1961 р. здобула назву *Міжнародна служба руху полюса* (МСРП) і з 1962 р. розпочала свою діяльність з Центрального бюро в Мідзусаві. Статут цієї служби розробив Є.П. Федоров. МСРП використовувала спостереження всіх світових служб широти і часу і проіснувала впродовж 25 років, поступившись, як уже зазначалося, більш конкурентоспроможним методам досліджень обертання Землі. У 1970–1980 рр. Є.П. Федорова залучили до участі в групі міжнародних експертів для вирішення подальшої долі міжнародної служби. До його авторитет-

ної думки завжди дослухалася світова астрономічна спільнота.

У 1959–1973 рр. Є.П. Федоров очолював Головну астрономічну обсерваторію АН УРСР. Тут він заснував відому київську школу «широтників», яка привнесла в обробку широтних спостережень новітні методи, основані на теорії випадкових функцій та математичній статистиці. Ці методи широко застосовували і в новій службі з вивчення обертання Землі.

Продовжуючи традиції досліджень, учні школи Орлова – Федорова виконали великий обсяг робіт з оброблення всіх широтних спостережень світу і отримали унікальні на той час координати полюса Землі за період з 1899 до 1969 р., відомі як *київський ряд координат полюса Землі*.

Далі естафету участі українських учених в організації нової міжнародної служби перейняв академік НАН України **Ярослав Степанович Яцків** – учень Є.П. Федорова, продовжувач наукової школи Орлова – Федорова з планетарної геодинаміки. Саме на його долю випала активна фаза втілення в життя сучасних методів спостереження і організації нової служби обертання Землі – IERS, про що красномовно свідчить навіть простий перелік подій за його участю*:

1978 р. – доповідь на Симпозіумі МАС «Час та обертання Землі» (Кадіс, Іспанія) та обрання членом робочої групи зі втілення нових методів вивчення обертання Землі;

1979 р. – XVII Генеральна асамблея МАС (Монреаль, Канада), організація міжнародного проекту MERIT, мета якого полягала в порівнянні класичних і нових методів спостереження для остаточного вирішення майбутньої долі служби; член робочої групи, відповідальний за участь СРСР у проєкті;

1980 р. – перша спостережна кампанія MERIT; відповідальний за організацію кампанії MERIT в СРСР;

1981 р. – Колоквіум МАС № 56 (Грасс, Франція), підбиття підсумків першої кампанії MERIT; зробив доповідь-звіт про участь у проєкті СРСР;

1983–1984 рр. – основна спостережна кампанія MERIT; брав участь в організації спостережень у різних країнах світу;

1985 р. – XIX Генеральна асамблея МАС (Нью-Делі, Індія), засідання Комісії № 19 МАС, на якому прийнято резолюцію щодо результатів проєкту MERIT та створення IERS; як президент Комісії МАС № 19 «Обертання Землі» (1982–1985) організував і готував резолюцію;

1987–1988 рр. – створення дирекції IERS; брав участь як віце-президент МАС з 1982 по 1988 р.;

1988 р. – XX Генеральна асамблея МАС (Балтимор, США); брав участь у засіданні IERS як представник МАС;

1990–1991 рр. – засідання та робочі наради IERS (Париж, Франція; Мідзусава, Японія); брав участь як член дирекції;

1992–1995 рр. – голова дирекції IERS.

Слід також зазначити, що Я.С. Яцків – незмінний член наукових оргкомітетів з проведення міжнародних конференцій JOURNEES, на яких, крім наукової тематики, розглядаються організаційні питання з метою вдосконалення роботи IERS. За ініціативою Я.С. Яцківа в Головній астрономічній обсерваторії НАН України, яку він очолює з 1975 р., було створено центри аналізу IERS з обробки даних лазерних та РНДБ-спостережень за власними оригінальними програмами молодих співробітників.

Минулого року на науковій конференції у Брюсселі Я.С. Яцків разом із Ніколь Капітен із Паризької обсерваторії зробили доповідь, у якій було проведено аналіз результатів роботи конференцій JOURNEES упродовж 30 років. Ця доповідь стала своєрідним підсумком діяльності IERS.

Скоріш за все, попереду нас чекає новий етап розвитку Міжнародної служби обертання Землі, на якому поряд з виконанням завдань щодо визначення параметрів орієнтації Землі більше

* Інформацію взято з книги Я.С. Яцків «Моє земне тяжіння». Т. 1. К., 2015. С. 105.

уваги приділятиметься теоретичним моделям фізичної Землі, практичним дослідженням і геофізичній інтерпретації матеріалів, отриманих за допомогою як наземних астрономічних, так і космічних спостережень за глобальними змінами, зокрема змінами гравітаційного поля Землі, варіаціями її геоцентра, переміщенням мас у глобальних геофізичних оболонках (в атмосфері, океанах, гідросфері, мантії та ядрі).

Отже, своє 30-річчя Міжнародна служба обертання Землі (IERS), коріння якої походить з майже вікової історії (1899–2017 рр.), зустрічає як потужна міжнародна організація, що постійно і динамічно розвивається відповідно до вимог часу. З гордістю можемо констатувати, що в історії становлення і розвитку IERS істотну роль відіграли ініціативи українських учених-астрономів.