

# З ІСТОРІЇ ВІДКРИТТЯ РУХУ ПОЛЮСІВ ЗЕМЛІ

До 125-річчя з часу створення Міжнародної служби широти



**Ярослав Яцків**  
доктор фіз.-мат. наук,  
академік НАН України,  
директор Головної  
астрономічної обсерваторії  
НАН України,  
м. Київ

## Передмова

Перші уявлення про кулястість Землі, її форму та розміри з'явилися ще у стародавні часи завдяки оригінальним спостереженням **Піфагора** (VI ст. до н. е.), **Аристотеля** (IV ст. до н. е.) та **Ератосфена** (III ст. до н. е.), якому належить заслуга першого визначення довжини кола Землі – приблизно 44 000 км, що відповідає радіусу приблизно 7000 км (досить близько до сучасного значення). А перші найточніші на той час визначення довжини кола Землі були здійснені у 1821–1831 рр. під керівництвом **В. Струве** методом вимірювань дуги меридіана від Дунаю до Північного Льодовитого океану завдовжки 2800 км із застосуванням методу триангуляції, запропонованого голландським математиком **В. Снелліусом** ще у XVII ст. Такі градусні вимірювання дуги меридіана дозволили визначити не тільки розміри, але й форму Землі. У 1924 р. було прийнято параметри Міжнародного земного еліпсоїда:

$$a = 6\,378\,388 \text{ м,}$$

$$b = 6\,356\,912 \text{ м,}$$

$$\alpha = 1/297,$$

де  $a$  та  $b$  – півосі еліпсоїда,  $\alpha$  – стиснення еліпсоїда.

## А чи обертається Земля?

Якщо кулястість Землі та її приблизні розміри були відомі вже понад тисячу років, то про обертання своєї планети її мешканці дізналися тільки приблизно чотири століття тому. У 1543 р. **М. Коперник** у своїй знаменитій книзі «Про обертання небесних сфер» написав про відносність рухів, що спостерігаються: «Найбільш дивним було б те, що за 24 години обертається вся громада світу, а не її частина, якою є Земля». Так з'явилася ідея геліоцентричної системи світу. Але ж будь-яка ідея потребує доказів.

На початку XVII ст. **Г. Галілей**, вперше використовуючи телескоп, відкриває фази Венери та супутники Юпітера. Отже, очевидно, що Земля обертається навколо Сонця. А чи обертається вона навколо своєї осі? Потрібні докази. На один з таких звернув увагу ще **І. Ньютон**, а саме: якщо Земля обертається навколо своєї осі, то має бути відхилення на схід від вертикалі тіл, що вільно падають. Такі досліди провели **Р. Гук** у Великій Британії (безуспішні) та **Ф. Бенценберг** у Німеччині (позитивні результати, але сумнівної точності).

Вирішальними були досліди **Л. Фуко** у 1851 р. у будинку Паризького Пантеону із використанням маятника завдовжки 67 м, на якому висіла куля масою 27 кг. Як і передбачалося, площина коливань маятника поверталася у відповідності з обертанням Землі. Відтоді досліди з маятником Фуко демонструвалися у різних містах та навіть у лабораторних умовах. Обертання Землі навколо своєї осі доведено!

## Як змінюється положення осі обертання Землі у просторі та у тілі Землі?

Ще у II ст. до н. е. Гіппарх за даними спостережень за зоряним небом встановив, що точки весняного та осіннього рівнодення не є нерухомими, а поступово пересуваються назустріч руху Сонця (приблизно 1 градус за століття). Так було відкрито явище прецесії – руху осі світу у просторі з періодом близько 26 тис. років. Пізніше у 1728 р. Дж. Брэдлей встановив, що крім такого вікового руху полюсу світу вісь



#### Міжнародна служба широти у Вікісховищі

обертання Землі має ще періодичні коливання – нутацію з періодом 18,6 року. І прецесія, і нутація є наслідками дії сил тяжіння Сонця та Місяця на еліпсоїдальну фігуру Землі. Ці рухи властиві Землі у цілому, так би мовити із закрипленою у її тілі віссю обертання.

А чи зберігає своє положення ця вісь у тілі Землі? Ще у 1765 р. **Л. Ейлер**, досліджуючи обертання твердого тіла, показав, що коли моменти інерції цього тіла не рівні між собою, то вісь обертання буде переміщатися у його тілі. Для моделі абсолютно твердої Землі таке переміщення відбуватиметься з періодом 305 діб. Це передбачення Л. Ейлера стимулювало численні спроби визначення змін широти, зумовлених рухом полюса Землі. Такі спроби були виконані на передових на той час обсерваторіях світу – у Пулкові, Гринвічі, Вашингтоні та Берліні.

Оскільки визначення широти проводилися на меридіанних інструментах з невеликою точністю, то їхні результати виявилися неоднозначними. Знадобилося провести вирішальний експеримент – виконати одночасні спостереження широти в Європі та на Гавайських островах. Позаяк різниця довгот цих станцій спостережень дорівнює приблизно 180°, то зміни їхніх широт мають бути протилежних знаків. Так і сталося – реальність руху полюсів Землі було доведено. Але подальші дослідження не підтверджували, що в цих змінах широт є період в 305 діб. У 1892 р. **С.К. Чандлер**, порівнюючи зміни широт багатьох обсерваторій, визначив, що період їхніх змін дорівнює 1,2 року. Згодом **С. Ньюком** пояснив таку зміну величини періоду (названого періодом Чандлера) відхиленням реальної Землі від моделі абсолютно твердого тіла. Амплітуда коливань широти з періодом Чандлера досить мала і досягає 0,2 с дуги, що відповідає всього 6 м на поверхні Землі.

### Рух полюсів Землі – надзвичайно важлива проблема для астрономії, геодезії та геофізики

Чому? В астрономії без визначення параметрів руху полюсів Землі неможлива точна реалізація Небесної системи відліку, як і в геодезії – Земної системи відліку. Для геофізики – це можливі тести моделей внутрішньої будо-

ви Землі. Все це зумовило відповідні дії міжнародних наукових організацій.

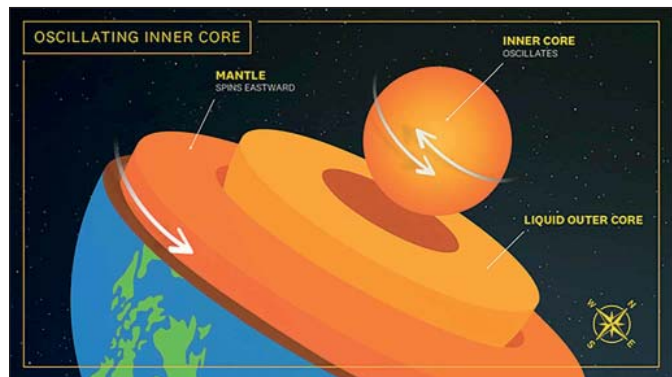
У 1883 р. Міжнародний геодезичний конгрес (МГК) у Римі ухвалив рішення створити Міжнародну організацію для вивчення обертання Землі. З того часу почалася велика підготовча робота з вибору місць станцій спостережень, типу інструментів та методів спостережень, яка тривала понад десятиліття. У 1887 р. той же МГК знову розглянув це питання та виділив значне фінансування для створення станцій спостережень широти на паралелі 39°08'. Це були станції Гейтерсбург та Юкая (США), Мідзусава (Японія) та Карло-форте (Італія). Згодом до них долучилися Чарджуй (Росія) та Цинциннаті (США). Було вирішено провадити широтні спостереження методом Талькотта на зеніт-телескопах діаметром від 68 до 108 мм. Так у 1899 р. (125 років тому) почала функціонувати Міжнародна служба широти (МСШ), Центральне бюро якої розмістилося у Потсдамі, куди регулярно пересилалися дані спостережень для обробки та визначення координат полюса за формулою

$$\Delta\varphi = x \cos\lambda + y \sin\lambda,$$

де  $x, y$  – координати полюса,  $\lambda$  – довгота станції спостереження.

У такому стані (з певними змінами складу станцій, місця локалізації Центрального бюро та методів обробки результатів) МСШ проіснувала до 1962 р. Докладніше про це можна довідатися з видань, наведених у списку літератури.

З часом з'являлися нові вимоги до визначення параметрів обертання Землі, що зумовило провести відповідні зміни в організації роботи МСШ та створення на її основі нових міжнародних служб. Але це вже тема для іншої статті. ■



Візуальна модель неоднорідного обертання структурних компонентів Землі: внутрішнього ядра, зовнішнього рідинного ядра, мантії. Credits: John Vidale, Wei Wang, Edward Sotelo,

#### Література

1. Корсунь А.О. З історії створення Міжнародної служби обертання Землі. Ініціативи українських астрономів. Вісник НАН України. 2017. 7. С. 97–102.
2. Михайлов А.А. Земля и ее вращение. М.: Наука. 1984. 80 с.
3. Орлов А. Я. Служба широты. М.: Изд. АН СССР. 1958. 125 с. (російською та французькою мовами).
4. Capitane N., Dehant V., Yatskiv Ya., et al. Commission 19: Rotation of the Earth. H. Rickman (ed.), Reps Astron. 2003. XXVA, P. 49–68