

До 125-річчя від дня народження О. Я. Орлова

УДК 52 (091)

Я. С. Яцків<sup>1</sup>, А. О. Корсунь<sup>1</sup>, І. Б. Вавилова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Головна астрономічна обсерваторія Національної академії наук України  
03680 Київ, вул. Академіка Заболотного 27

<sup>2</sup>Центр досліджень науково-технічного потенціалу та історії науки ім. Г. М. Доброва НАН України  
01032 Київ, бульв. Т. Шевченка 60

### О. Я. Орлов та його астрогодинамічна наукова школа

*Досліджено витоки та етапи становлення астрогодинамічної школи академіка О. Я. Орлова (1880—1954). Показано, що зміна пріоритетів, наукової проблематики, ідейних засад та технологій приводили до трансформації наукової школи з плином часу.*

*А. Я. ОРЛОВ И ЕГО АСТРОГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ НАУЧНАЯ ШКОЛА, Яцкив Я. С., Корсунь А. А., Вавилова И. Б. — Исследованы истоки и этапы становления астрогодинамической школы академика А. Я. Орлова (1880—1954). Показано, что смена приоритетов, научной проблематики, идейных основ и технологий приводили к трансформации научной школы со временем.*

*A. Ya. ORLOV AND HIS ASTROGEODYNAMICAL SCIENTIFIC SCHOOL, by Yatskiy Ya. S., Korsun' A. A., Vavilova I. B. — The origin and stages of formation of the astrogeodynamical scientific school by A. Ya. Orlov (1880—1954) are studied. It is shown that the changes of priorities, scientific problematic, conceptual basis, and technology resulted in transformation of the scientific school with time.*

#### ВСТУП

У 2005 році наукова спільнота України відзначає 125-річчя від дня народження Олександра Яковича Орлова, видатного вченого ХХ ст., академіка ВУАН (1919—1922 рр.), члена-кореспондента АН СРСР (1927 р.), академіка АН УРСР (1939 р.). О. Я. Орлов — автор низки піонерських праць з багатьох напрямів астрономії і геофізики, організатор виконання масштабних проектів з дослідження змін широти та припливних деформацій Землі. Вагомим був також його внесок у становлення астрономічних досліджень в Україні: директор Астрономічної обсерваторії (1912—1934 рр.) та завідувач кафедри астрономії (1912—1927 рр.) Одеського національного університету ім. І. І. Мечникова, засновник і перший директор Полтавської гравіметричної обсерваторії Інституту геофізики НАН України (1926—1934 рр., 1938—1951 рр.) та Головної астрономічної обсерваторії НАН України (1944—1948 рр., 1950—1951 рр.). Навіть цей короткий перелік яскраво свідчить про непересічний таланти Олександра Яковича, його від-

даність науці, довіру та повагу до нього у непрості роки становлення науки на теренах України. Ім'я О. Я. Орлова широко відоме міжнародній астрономічній спільноті як одного з перших у світі дослідників комплексного вивчення обертання Землі методами астрономії і геофізики, — важливого напряму астрогодинаміки.

#### **АСТРОГЕОДИНАМІКА: ГОЛОВНІ ОЗНАЧЕННЯ ТА ІНФОРМАЦІЙНИЙ ЦИКЛ ДОСЛІДЖЕНЬ**

Наприкінці ХІХ ст. в науці про Землю з'явився термін «геодинаміка», який у різні часи використовувався для означення певних динамічних явищ нашої планети, зокрема:

- впливу геологічних процесів на обертання Землі (Дж. Скіапареллі);
- земних припливів та власних коливань Землі (А. Ляв);
- обертання Землі (О. Я. Орлов);
- фізичних механізмів тектоніки плит (Є. В. Артюшков).

Сьогодні прийнято вважати, що геодинаміка — це наука, що вивчає динамічну реакцію Землі на дію різних внутрішніх та зовнішніх сил. Дослідження природи цих сил і механізмів рухів різних оболонок Землі (твердої — кори та мантиї, рідкої — океану та зовнішнього ядра, газової — атмосфери) є основним завданням геодинаміки у геофізичному сенсі цього слова. Водночас на певному етапі досліджень важливо визначити масштаби цих рухів, побудувати їхні кінематичні моделі, встановити межі тектонічних плит і визначити швидкості їхнього переміщення та ін. Ці задачі є предметом досліджень геокінематики — розділу геодинаміки, присвяченого визначенню геометричних і кінематичних характеристик нашої планети.

З цією метою з кінця ХІХ ст., окрім традиційних геофізичних методів, для дослідження динаміки Землі стали використовуватися астрономічні спостереження. За їхніми результатами можна визначити положення вектора «спостерігач — об'єкт спостережень» та зміну його з часом. При цьому дані про рух спостерігача та об'єкта спостережень несуть різну інформацію про динаміку Землі. Наприклад, рух астрономічних станцій залежить від руху полюса, тектоніки плит та інших геодинамічних процесів. Отже, якщо для астрономії рух полюсів Землі — це перешкода, яку потрібно подолати при обробці спостережень, то для геофізики — це корисна інформація для дослідження внутрішньої будови Землі та вивчення її деформацій. Таким чином, у геодинаміці на початку ХХ ст. сформувався її окремий напрям — астрогодинаміка.

У другій половині ХХ ст. на зміну астрономічним методам досліджень геодинамічних процесів прийшли космічні — лазерна локація штучних супутників Землі та Місяця, радіотехнічні вимірювання сигналів навігаційних супутникових систем та ін. Це обумовило зміну назви «астрогодинаміка» на «космічну геодинаміку».

Якби Земля була ізольованим однорідним небесним тілом, на яке не діють зовнішні та внутрішні сили, то вона оберталася б навколо незмінної осі з постійною кутовою швидкістю. В дійсності обертання Землі — дуже складне явище, в якому відбиваються особливості внутрішньої будови та різні процеси в надрах нашої планети, на її поверхні та навколишньому космічному просторі. Для визначення положення і переміщення Землі в цілому, окремих точок її поверхні застосовують різні системи координат, у тому числі дві основні — загальноземну та небесну.

З накопиченням нових знань про нашу планету та підвищенням вимог до точності визначення орієнтації Землі у просторі та переміщень окремих її складових виникає необхідність досконалішого визначення і практичної реалізації цих основних систем координат. Сьогодні на практиці використовують дві їхні реалізації — Міжнародну земну систему координат (ITRF)

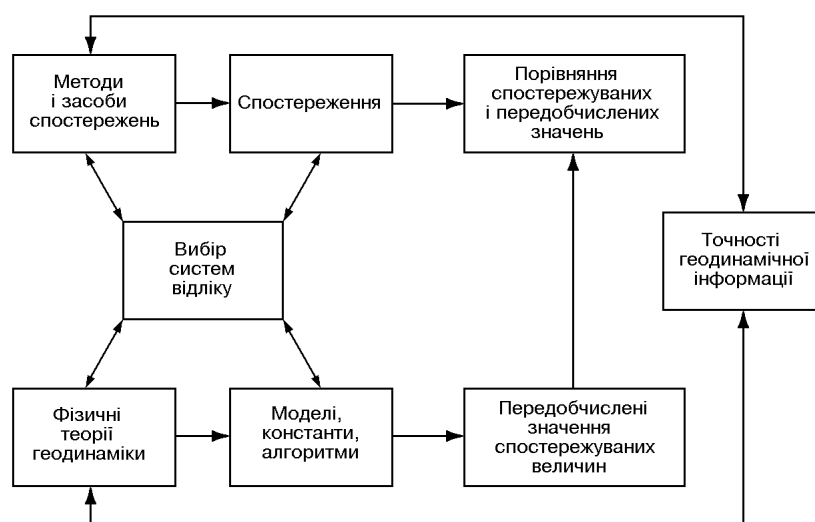


Схема інформаційного циклу геодинамічних досліджень

та Міжнародну небесну систему координат (ICRF). Детальніше про визначення та реалізації систем відліку в астрономії та геодинаміці можна прочитати в роботі [20].

При вивченні обертання Землі в залежності від вибору системи координат умовно виділяють такі взаємопов'язані явища:

- прецесія та нутація (довгоперіодичні зміни орієнтації осі обертання Землі у просторі з періодами понад дві доби);
- рух полюсів Землі (зміна положення осі обертання в тілі Землі);
- нерівномірність обертання Землі (варіації швидкості обертання Землі).

Основою геодинамічних досліджень є спостереження, результати яких порівнюються з теоретичними уявленнями чи моделями. Цей процес має циклічний характер (рисунок), оскільки він приводить до нового етапу удосконалення методів і засобів вимірювань геодинамічних характеристик, а також побудови досконаліших теоретичних моделей досліджуваних явищ.

Отже, із порівняння результатів спостережень з теорією (моделями) отримують нові відомості про досліджуване явище, які на певний строк можуть задовольнити потреби науки і практики. З часом інформаційний цикл знову повторюється. Наприклад, у проблемі вивчення обертання Землі (нутація, рух полюсів і нерівномірність обертання) за останні півстоліття цей цикл повторився тричі.

Сучасний етап досліджень характеризується істотним випередженням розвитку методів і засобів спостережень (і досяжної за їхньою допомогою точності визначення параметрів орієнтації Землі) порівняно з рівнем теоретичних досліджень. Останнє зумовлено передусім браком необхідної інформації про глобальні характеристики Землі, зокрема про циркуляцію океану, зміну рівня ґрунтових вод, топографію та фізичні умови на межі ядра та оболонки тощо [18].

#### ІДЕЙНА ОСНОВА НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ О. Я. ОРЛОВИМ ПРОБЛЕМИ ЗМІН ШИРОТИ ТА РУХУ ПОЛЮСІВ ЗЕМЛІ

Кінець XIX ст. був періодом надзвичайно великого інтересу в астрономії і геофізиці до проблеми змін широти та руху полюсів Землі. Стало зрозумілим, що спостереження змін широти і припливних деформацій Землі можуть бути засобом для визначення загальних механічних властивостей

нашої планети і перевірки моделей її внутрішньої будови. Широко освічена людина, О. Я. Орлов одним із перших оцінив таку можливість [16], вибрав для себе саме цю проблему і присвятив їй більшу частину свого наукового життя. Маючи глибокі знання в галузі сейсмології та небесної механіки, О. Я. Орлов на початку своєї наукової діяльності зацікавився деформаціями Землі, обумовленими місячно-сонячними припливними силами (земні припливи). На відміну від своїх попередників, Орлов зумів розглянути проблему змін широти і руху полюсів Землі на більш високому рівні її розуміння як комплексної проблеми астрономії та геофізики і запропонувати оригінальні методи її вивчення.

О. Я. Орлов написав порівняно «невелику кількість (140) наукових статей, оскільки до друкованого слова відносився надзвичайно відповідально» [16]. Завдяки цьому його наукові праці відрізняються новизною і оригінальністю підходу до вирішення актуальних за часів О. Я. Орлова задач сейсмології, астрономії і геофізики. Вони викликали жваву дискусію і стимулювали постановку нових теоретичних і експериментальних досліджень, у тому числі створення нових станцій для спостереження змін широти та земних припливів. Його ідеї отримали подальший розвиток у працях учнів і послідовників. Деякі з висловлених ним ідей зберігають свою актуальність до цього часу, що ми й спробуємо показати на окремих прикладах з досліджень змінюваності широти і руху полюсів Землі.

**Визначення понять «середня широта» і «середній полюс епохи».** О. Я. Орлов приступив до дослідження змінюваності широти і руху полюсів Землі, коли вже мав великий досвід застосування гармонічного аналізу при вивченні земних припливів. Тому він чітко розрізняв три різних поняття:

початкова широта — деяке довільне значення широти, яке віднімається зі спостережуваних широт;

середньоарифметичне значення широти — середньоарифметична величина всіх значень широт, які визначені за деякий проміжок часу;

середня широта — середнє для даного моменту часу значення широти, яке дорівнює такому її значенню, яке б мало місце тоді, коли б не було її періодичних змін.

В одній із своїх перших робіт з вивчення змінюваності широти [25] О. Я. Орлов запропонував розраховувати середню широту для моменту

$T_m = t + 7.5$  за такою формулою:  $\psi_m = \frac{1}{20} \sum_{i=0}^4 (\varphi_i + \varphi_{i+5} + \varphi_{i+6} + \varphi_{i+11})$ , де час

$t$  виражається в десятих долях року. Орлов писав, що «зміни  $\psi_m$ , якщо такі існують, залежать тільки від повільних змін широти, оскільки річна, піврічна і чотирнадцятимісячна складові виключаються». Він розумів, що практична реалізація означення «середня широта» є складною задачею, оскільки «закони зміни широти відомі лише наближено». Однак він вважав, що «для невеликих проміжків часу, наприклад, не більше ніж півтора року, ці закони можна виразити сумою двох гармонічних складових з періодами 1 та 1.2 роки з достатньою для визначення середньої широти точністю». Означення середньої широти, запропоноване О. Я. Орловим, широко обговорювалося. Були запропоновані формули (фільтри), більш громіздкі у порівнянні з наведеною вище формулою, для визначення середньої широти, що ставили на меті точніше врахувати особливості коливання з періодом 1.2 роки і наявність у спектрі змін широт інших коливань [14, 24].

Як зауважив Є. П. Федоров, «обговоренню підлягало не визначення середньої широти, а лише спосіб її розрахунку, запропонований О. Я. Орловим» [16, с. 15]. В результаті цей спосіб виявився зручнішим і достатньо досконалим. Він широко використовувався в практиці роботи Радянської служби широти і деяких іноземних центрів аналізу широтних спостережень. Орлов вважав, що «помилка Центрального бюро (Міжнародної служби широти, — *авт.*) в тому і полягає, що воно не враховує неперервних змін

середніх широт міжнародних станцій» ([11, с. 13]) і відносить свої результати не до «середнього полюса епохи», а до різних початків відліку.

За аналогією з означенням середньої широти, Орлов називає «середнім полюсом» в даний момент часу таке його положення, «яке він займав би в даний момент часу, якщо б не було його періодичних коливань». При цьому Орлов розумів, що це означення «середнього полюса» є справедливим лише у тому випадку, коли віковий рух полюса настільки малий, що ним можна знехтувати.

**Повільні зміни широти і віковий рух полюса.** О. Я. Орлов надавав особливого значення дослідженню природи знайдених ним повільних змін широти ( $\psi_m$ ). Перш за все він спробував знайти певні закономірності цих змін, зокрема 4-річної хвилі [25] і вікового руху полюса, в існуванні якого не сумнівався, оскільки «різноманітні геологічні і геофізичні процеси повинні змінювати положення осей інерції Землі і викликати вікове переміщення її осі обертання» ([10, с. 14]). Той факт, що це не було із впевненістю знайдено, він пояснював двома причинами:

або тим, що віковий рух полюса дуже малий і маскується великими змінами широти неполярного походження,

або тим, що невдало зорганізовані спостереження не дають досконалого матеріалу для вивчення вікових варіацій широти.

Найбільш аргументованим доказом першої обставини, а саме наявності великих неполярних змін середньої широти, Орлов вважав відмінності широт близьких між собою за довготою обсерваторій (Пулково і Карлофорте, Цінцінатті і Гейтерсбург тощо). Він вирахував різниці середніх широт станцій Гейтерсбург і Цінцінатті, а також суму середніх широт станцій Чарджуй і Юкайя, які вільні від впливу руху полюса. Отримані результати дозволили йому зробити висновок, що «помічені всюди повільні зміни широти мають неполярне походження, і їх треба попередньо виключити *при визначенні координат полюса*» [10, с. 15]. Ми спеціально виділили ці слова, щоб, наслідуючи Орлова, підкреслити, що «не можна стверджувати, що серед повільних змін широти немає складової, залежної від руху полюса». Для кінцевої відповіді на це запитання необхідно, щоб «в Америці і Азії було три широтні станції, довготи яких відрізнялися б попарно, можливо, менше ніж на  $180^\circ$ » ([11, с. 67, 309]).

За часів О. Я. Орлова і дещо пізніше думки вчених з питання про віковий рух полюса чітко розділилися. Одні вважали, що цей рух реально існує і відбувається зі швидкістю  $0.004''/\text{рік}$  у напрямі приблизно  $70^\circ$  західної довготи. Інші пояснювали цей результат впливом великих неврахованих змін середніх широт обсерваторій неполярного походження, зокрема Юкайї. І перші, і другі вважали необхідним врахування впливу неточності систем схилень і власних рухів зір на результати визначення вікового і довгоперіодичного руху полюса. Тому особливо очікувалися результати кінцевої обробки рядів спостережень часу і широти в системі HIPPARCOS, що виконувалася робочою групою на чолі з Я. Вондраком [28].

Результати цієї обробки підтвердили наявність вікового руху полюса зі швидкістю  $0.00339''/\text{рік}$  у напрямі  $78.5^\circ$  західної довготи. І все ж уважний аналіз цієї роботи не може не викликати сумнівів в остаточності такого результату: є великий розмах лінійних трендів змін широти для різних інструментів однієї й тієї самої обсерваторії або близьких за довготою обсерваторій.

І тут ми знову хочемо звернутися до слів О. Я. Орлова: «Але якби навіть вдалося встановити єдність системи схилень зір, то неминучі і при тому досить значні зміни ціни оберту мікрометра викличуть нову, таку, що не піддається усуненню, складність для безсумнівного зв'язку старих серій спостережень одну з іншою» [11, с. 276]. Нові космічні методи дослідження руху полюсів Землі, започатковані в другій половині ХХ ст., остаточно

підтвердили наявність вікового руху полюса, але кінцевої відповіді на питання про величину і напрям цього руху поки що не дано.

**Чандлеровий рух полюса.** Упродовж 1924—1925 рр. О. Я. Орлов здійснив серію досліджень Чандлерова руху полюса з метою перевірки сталості його періоду і наявності інших коливань у цій смузі частот [9, 25]. Приводом послужило передбачення С. Чандлера про те, що в русі полюса, окрім 14-місячної, є ще й 15-місячна хвиля. Дослідивши детально зміни широт низки обсерваторій, Орлов дійшов висновку, що передбачення Чандлера здається підтвердженим і що можна очікувати, що спостереження наступних років покажуть, до якої міри змінюваність цього періоду може бути вимушеною [25]. Пізніше він звертає увагу на те, що уявна зміна періоду Чандлера зумовлена тим, що «вільні коливання осі обертання Землі з'єднуються з вимушеним річним її рухом... і є вказівка на можливість існування у русі полюса членів з іншими періодами. Між тим, цей період залежить тільки від фізичних властивостей Землі, які зазвичай не змінилися за короткий час людської науки і його, по суті справи, треба вважати постійним» [12, с. 338].

Це протиріччя між теоретичним передбаченням і результатами спостережень не давало Орлову спокою. Він декілька разів повертався до аналізу спостережень широти, які нібито підтверджували, що «період  $T$  не залишається постійним, а зростає з амплітудою» [11, с. 342]. І все ж О. Я. Орлов доходить висновку, що «значення  $T$ , які визначаються зі спостережень, є різними лише за причини різних поштовхів і збурень...» [11, с. 345]. Іншими словами, оперуючи прийнятими зараз термінами, Орлов висловив думку про нестационарність процесу збудження чандлерівського руху полюса і складність визначення справжнього значення його періоду. З часів О. Я. Орлова цій актуальній і досі невіршеній проблемі присвячено багато робіт (див., зокрема, [22, 29]).

#### АСТРОГЕОДИНАМІЧНА НАУКОВА ШКОЛА О. Я. ОРЛОВА

Працюючи в Одесі, Полтаві та Києві, О. Я. Орлов залучав до своїх досліджень студентів, здібних молодих науковців та спеціалістів з інших напрямів науки і техніки. Це дозволило йому запровадити нові підходи до вивчення змін широти та обертання Землі, організувати систематичні спостереження в різних місцях тодішнього СРСР, дослідити геофізичні причини явища та передбачити розвиток цього наукового напрямку досліджень у майбутньому [1]. Все це дало підставу говорити про наукову школу О. Я. Орлова [16, 19, 30]. Розглянемо це питання детальніше.

Які головні ознаки, що відрізняють наукову школу від інших об'єднань науковців? Зауважимо, що багатогранність поняття «наукова школа» обумовила різноманіття його означень. Характерним є те, що ці означення можна поділити на дві основні групи: таку, що трактує наукову школу як неформальний колектив, який певними рисами відрізняється від інших колективів дослідників, і таку, що трактує наукову школу як певне явище або особливу форму організації наукової діяльності вчених. На думку одного із авторів статті [3], наукова школа є однією з форм організації наукових досліджень, яка надзвичайно продуктивна для розвитку науки, перш за все у так званих точках росту науки. Ця форма організації наукової діяльності передбачає:

- наявність неформально структурованої наукової або інженерно-конструкторської спільноти;
- здатність цієї неформально структурованої спільноти запропонувати новий напрям досліджень, створити нові знання, сформулювати нові ідеї і концепції, вирішити низку проблем на авангардному світовому рівні, тобто здатність творити високу науку;

– спроможність цієї неформально структурованої спільноти створювати самій або використовувати високотехнологічне обладнання і знання з суміжних галузей;

– засновника наукової школи, лідера — вченого, інженера-конструктора, який вперше означив нову проблему або новий напрям, розвинув його сам та зі своїми учнями і послідовниками;

– особливий стиль роботи й мислення, особлива атмосфера, поважне ставлення до учнів і надання їм можливості солідарної роботи, педагогічна робота з відбору учнів і вдосконалення їхніх знань, тобто все те, що закладає основи спадкоємності школи.

В історико-наукових дослідженнях діяльності певного колективу науковців або аналізу наукового напрямку пропонується також скористатися категорією «простір» наукової школи [3]. Зокрема, для характеристики наукової школи можна використати чотири різновиди цієї категорії:

науковий простір — напрям і специфіка організації досліджень, його трансформації в контексті світового розвитку науки і технологій;

соціо-гуманістичний простір — лідер, учні, послідовники; форма і спосіб спілкування між ними; соціоформат та світогляд;

регіональний простір — регіональне походження наукової школи; становлення та поширення запропонованого напрямку досліджень; міжнародне визнання результатів, отриманих представниками наукової школи;

часовий простір — передумови виникнення, розвиток і тривалість існування наукової школи, припинення її діяльності.

Ці різновиди категорії «простору» наукової школи взаємопов'язані, при цьому трансформаційні процеси охоплюють не тільки зміну об'єкту, методів та засобів досліджень, розширення або звуження тематики в залежності від ступеня розв'язання проблеми міжнародною науковою спільнотою, але й появу нових учнів і послідовників. Якщо вплив хоча б однієї з цих категорій «простору» наукової школи слабшає без підсилення іншої, наукова школа як форма діяльності неформального колективу дослідників втрачає свою потенцію для подальшого функціонування. Тільки підтримка органічного єднання цих категорій у «позитивному творчому балансі» дозволяє науковій школі розвиватися, а її представникам забезпечувати спадкоємність задач, виховувати нового лідера, генерувати нові ідеї та творити високу науку і технології.

З цієї точки зору наукова школа Орлова з астрогоєдинаміки є певним феноменом, на прикладі якої можна дуже чітко побачити, як зміна пріоритетів, наукової проблематики, ідейних засад та технічних засобів приводила до трансформації школи з плином часу та викликами прогресу науки і технологій.

Виділимо чотири етапи такої трансформації наукової школи О. Я. Орлова.

**Кінець XIX ст. — середина XX ст.** Проблема полягала в тому, щоб знайти спостережні підтвердження теоретичних передбачень Ейлера про рух осі обертання Землі навколо осі інерції з періодом близько 305 діб. Це мало б принципове значення, оскільки в той час вся астрономія була, за виразом Лапласа, «основана на нерухомості земної осі в тілі Землі та незмінності періоду обертання Землі». На цьому принципі незмінності осі обертання Землі базувалися всі астрометричні роботи з визначення положення зір та створення каталогів. Оскільки потреба у значному збільшенні точності цих каталогів зростала, то астрометристи світу прагнули врахувати всі можливі систематичні помилки, у тому числі з визначення широт за спостереженнями зір у верхніх і нижніх кульмінаціях. Перші такі зміни було виявлено Петерсом та Нюреном у Пулковській обсерваторії. Але ці астрономи дуже вимогливо підходили до інтерпретації астрометричних спостережень і не

приписували ці зміни широти руху полюсів Землі. Згодом такі зміни були відкриті. Історія цього відкриття драматична та повчальна і про неї, зокрема, можна дізнатися в роботі [27].

Принциповим тут є те, що передумовою відкриття руху полюсів Землі була потреба у визначенні високоточних положень зір. Згодом Ньюкомбом було показано, що відхилення від передбаченого Ейлером періоду руху полюсів Землі обумовлене ефектами пружності Землі. Отже, проявився геофізичний аспект проблеми — за даними спостережень руху полюсів Землі уточнювати реологічні характеристики планети. О. Я. Орлов був одним із перших, хто це усвідомив.

У 1899 р. була створена Міжнародна служба широти (МСШ) з метою визначення руху полюсів Землі за даними широтних спостережень шести спеціальних станцій МСШ, оснащених зеніт-телескопами. Працюючи в Одесі, а згодом і в Полтаві, Орлов велику увагу приділяв дослідженню програм широтних спостережень МСШ та аналізу їхніх результатів. О. Я. Орлов усвідомлював недоліки, властиві цим програмам, зокрема пов'язані з їхніми частими змінами, перервами в роботі окремих станцій та їхньою недостатньою кількістю. Це було одним із мотивів створення у 1926 р. Полтавської гравіметричної обсерваторії АН УРСР (ПГО), в якій Орлов започаткував комплексний підхід до вивчення геодинаміки методами астрономії і геофізики. Першими його учнями і послідовниками у цій справі були З. М. Аксентьева (дослідження земних припливів та варіацій сили тяжіння, створення земно-припливних станцій в Україні [2], згодом — директор ПГО), Є. В. Лаврентьева (керівництво та участь у широтних спостереженнях у Полтаві та Іркутську, координація роботи Радянської служби широти), М. А. Попов (унікальні спостереження двох яскравих зір, що кульмінують на широті Полтави, аналіз 30-річного ряду цих спостережень з метою визначення поправок до коефіцієнтів нутації та так званої. близькодобової вільної нутації Землі [13]).

Ще в Одесі О. Я. Орлов захопив проблемами астрометрії та дослідження руху полюсів Землі своїх учнів-студентів — Ж. Вітковського (згодом — відомий польський астроном, засновник та директор широтної станції в м. Боровці, яка за ідеєю О. Я. Орлова створювала нову «паралель» на широті Іркутська) та М. М. Стойка-Радиленка (згодом — керівник Міжнародного бюро часу Паризької обсерваторії, відомий дослідник методів та засобів вимірювання часу). Крім того, одеський період творчої діяльності Орлова ознаменувався широким залученням молодих науковців до вивчення проблем небесної механіки, астрометрії та геодезії. Серед них згодом стали відомими вченими В. С. Жардецький, Д. В. Пясковський, М. В. Цімерман, І. Д. Андросов, І. О. Дюков, Б. В. Новопащенко.

Широкого розмаху дослідження з вивчення обертання Землі та астрометрії набули у Полтавській гравіметричній обсерваторії у післявоєнний період, а також заснованій О. Я. Орловим у 1944 р. Головній астрономічній обсерваторії АН УРСР у Києві. У першу чергу це пов'язано з іменем Є. П. Федорова (аспірант Орлова у 1944—1947 рр., згодом — директор ГАО у 1959—1973 рр.), який дослідив різні аспекти теорії обертання Землі, запропонував нову т. зв. полтавську програму широтних спостережень та розпочав дослідження з нутації Землі [6]. Учень Орлова О. К. Король виконав зведену обробку пулковських спостережень широти та визначив координати полюса Землі. Згодом він став відомим спеціалістом з фундаментальної астрометрії, автором унікального каталогу абсолютних схилень яскравих і слабких зір [5].

Середина ХХ ст. — 1960-ті роки. Крім зазначеної вище проблеми створення каталогів зір в астрономічній науці сформувалася нова наукова проблема — утворення високоточної шкали часу (UT), в основу якою було покладено добове обертання Землі. Значний внесок у розв'язання цієї



проблеми належить М. М. Стойку-Радиленку, найбільш вагомим науковим здобутком якого є відкриття у 1955 р. сезонної нерівномірності обертання Землі [26].

У той самий час виникла проблема урахування руху полюсів Землі при створенні рівномірної шкали Всесвітнього часу (UT1). Для цього необхідно було вводити поправки за рух полюсів Землі, тому Міжнародне бюро часу (МБЧ) розпочало оперативну роботу з обчислення координат полюса. У свою чергу, це призвело до визначення руху полюсів Землі не тільки за даними спостережень широти, а і часу за допомогою астролябій, пасажних та інших інструментів. Ці зміни також обумовили необхідність реорганізації роботи МСШ. Цей період характеризується активною науковою та науково-організаційною діяльністю Є. П. Федорова. Як Президент Комісії 19 МАС він ініціював роботу з такої реорганізації, результатом чого стало створення Міжнародної служби руху полюсів Землі (МСРП).

Світове визнання отримали дослідження Є. П. Федорова з визначення поправок до головних та інших коефіцієнтів нутації за даними спостережень. З метою порівняння цих визначень з теоретично передбаченими коефіцієнтами нутації Федоров розробив теорію нутації для моделі ідеально пружної Землі. Ці дослідження були узагальнені в монографії «Нутація та вимушений рух полюсів Землі» [23].

Слід також згадати інших учнів та послідовників О. Я. Орлова та Є. П. Федорова у Полтаві, серед них — С. В. Дроздов (визначення схилень зенітних зір), С. Г. Кулагін (спостереження яскравих зенітних зір), А. Є. Філіпов (дослідження неполярних варіацій широти), К. І. Євтушенко (визначення коефіцієнтів місячних членів нутації), Є. І. Обрезкова (аналіз спостережень МСШ), М. І. Панченко (дослідження руху полюсів Землі, згодом — директор ПГО), К. С. Мансурова (широтні спостереження, згодом — директор Іркутської астрономічної обсерваторії).

У той же час почала формуватися у Полтаві «геофізична» гілка школи Орлова, важливий внесок у становлення якої належить З. М. Аксентьєвій та її учням П. С. Матвєєву, В. Г. Баленку, В. І. Дичку, В. Г. Булацену (наразі — директор ПГО), П. С. Корбі.

**1960-ті роки — 1988 р.** Переїхавши у 1959 р. у Київ, Є. П. Федоров разом із своїми учнями започаткував низку оригінальних досліджень з вивчення похибок широтних спостережень та аналізу точності визначення координат полюса Землі [6, 7]. Разом із І. І. Глаголевою, Я. С. Яцківим, Й. В. Джуном розробив методикку оцінки точності широтних спостережень на основі використання теорії випадкових процесів. Разом із А. О. Корсунь та С. П. Майором дослідив методи визначення координат полюса та виконав обробку даних МСШ у однорідній системі. В. К. Тарадій, використовуючи більший масив широтних спостережень та нові підходи, продовжив роботу Є. П. Федорова з визначення коефіцієнтів нутації Землі та порівняння їх з теорією. Всі ці піонерські роботи Федорова та його учнів отримали широке визнання, що стало підставою говорити про так звану «київську школу широтників». Ці дослідження були узагальнені в монографії [17]. М. Т. Миронов, один із останніх учнів Є. П. Федорова, запропонував оригінальну методикку визначення повільних змін широти і довготи обсерваторій та визначення руху тектонічних плит.

Один із авторів цієї статті (Я. С. Яцків) застосував нові статистичні методи для аналізу каталогів положень зір та створення зведених каталогів. Зокрема, на цій основі разом із А. М. Кур'яною та співробітниками Пулковської обсерваторії М. С. Зверевим та Д. Д. Положенцевим було завершено роботу зі створення каталогу положень фундаментальних слабких зір [4]. У той же час в ГАО було розпочато роботу з визначення параметрів вільного руху полюсів Землі та їхньої фізичної інтерпретації, які було узагальнено в роботі [21].

Достойними продовжувачами справи О. Я. Орлова були його сини, О. О. Орлов та Б. О. Орлов [8]. О. О. Орлов — визначний фахівець з небесної механіки, вніс вагомий внесок у створення теорії руху ШСЗ та зовнішніх супутників планет-гігантів, виховав не одне покоління небесних механіків у Московському державному університеті ім. М. В. Ломоносова. Б. О. Орлов — дослідник змін широти. Під його керівництвом у 1957 р. було завершено будівництво широтної станції та розпочалися спостереження у Благовещенську — тим самим здійснився задум О. Я. Орлова про створення широтної станції на Далекому Сході.

З початком космічної ери виникли нові можливості дослідження обертання Землі за допомогою доплерівських та лазерних спостережень ШСЗ, радіоінтерферометрії з наддовгими базами (РНДБ), а згодом і спостережень супутників глобальних навігаційних систем (GPS-спостереження). У міжнародному масштабі розпочалася робота з використання цих методів спостережень в роботі міжнародних служб МБЧ та МСРП в рамках проекту MERIT. Один із авторів цієї статті (Я. С. Яцків) брав участь в організації цього проекту, а згодом у 1982—1985 рр. як Президент Комісії 19 МАС займався створенням нової Міжнародної служби обертання Землі (МСОЗ), яка вже виключно базувалася на нових, космічних методах досліджень. Одночасно в СРСР була ініційована робота з упровадження цих методів дослідження та створення програм лазерних спостережень ШСЗ- і РНДБ-спостережень.

Зміни, що відбулися у цьому напрямі науки, а саме перехід від ери використання наземних астрометричних спостережень для визначення параметрів обертання Землі до нових космічних методів і засобів спостережень, обумовили радикальну трансформацію школи О. Я. Орлова.

**1988 р. — по т еперішній час.** Цей період характеризується удосконаленням методів і засобів спостережень в космічній геодезії і геодинаміці, формуванням міжнародних спостережних мереж (International Laser Ranging Service, ILRS; International Very long Service, IVS; International Global position system Service, IGS) та використанням їхніх результатів у діяльності МСОЗ. На початку 1990-х р. Україна, сформувавши свої мережі станцій космічної геодезії та геодинаміки, увійшла до цих міжнародних мереж [15], а ГАО НАН України зараз виконує функції центрів аналізу МСОЗ. Це стало можливим завдяки роботі учнів Є. П. Федорова та вже їхніх учнів, серед яких С. І. Ігнатович, М. М. Медведський, М. Л. Цесіс, К. Х. Нурутдінов, В. Я. Чолій, С. П. Руденко, С. Л. Болотін, О. О. Хода, Н. І. Каблак, В. Р. Суберляк.

Отже, на прикладі астрогеодинамічної наукової школи О. Я. Орлова видно, як з плином часу змінювалися передумови, вимоги до точності вимірювань, проблематика, технічні засоби спостережень у цьому напрямі науки, і як його дослідники адекватно реагували на виклики часу, зберігаючи спадкоємність поколінь.

1. *Аксентьева З. Н.* Очерк жизни и творчества А. Я. Орлова // А. Я. Орлов. Избранные труды. — Киев: Изд-во АН УССР, 1961.—Т. 1.—С. 7—31.
2. *Аксентьева З. Н.* Результаты 11-летнего ряда наблюдений (с 1930 по 1941 гг.) над колебаниями отвеса в Полтаве // Тр. Полтав. гравиметр. обсерватории АН УССР.— 1948.—2.—С. 121—138.
3. *Вавилова І. Б.* Наукові астрономічні школи України ХХ ст.: умови формування та ідентифікація // Наука і наукознавство.—2005.—№ 5.—Додаток.
4. *Зверев М. С., Курьянова А. Н., Положенцев Д. Д., Яцкив Я. С.* Сводный каталог фундаментальных слабых звезд со склонениями от +90° до -20° (ПФКСЗ-2). — Киев: Наук. думка, 1980.—112 с.
5. *Король А. К.* Склонения ярких и слабых фундаментальных звезд в единой системе. — Киев: Наук. думка, 1969.—236 с.
6. *Корсунь А. А. Е. П. Федоров и его научная школа // Историко-астрономические исследования. — М.: Наука, 1989.—С. 327—341.*

7. Корсунь А. О. Наукова школа дослідників глобальної геодинаміки // Вісник НАН України.—2001.—Вип. 4.—С. 56—63.
8. *Неизвестный И. Г.* Семейная профессия Орловых // Избранные проблемы астрономии. — Иркутск: Облмашинформ, 2001.—С. 53—58.
9. Орлов А. Я. О формуле О. А. Баклунда для периода Чандлера // Циркуляр ОАО.—1924.—9.—С. 1—2.
10. Орлов А. Я. О вековом движении полюса // О задачах и программе наблюдений Международной службы широты. — М.: Изд-во АН СССР, 1954.—С. 13—19.
11. Орлов А. Я. Служба широты. — М.: Изд-во АН СССР, 1958.—125 с.
12. Орлов О. Я. Избранные труды. — Киев: Изд-во АН УССР, 1961.—Т. 1.—354 с.
13. Попов Н. А. Малые периодические члены в колебаниях широты Полтавы. — Киев: Наук. думка, 1968.—150 с.
14. Сахаров В. Н. О преимуществах формулы А. Я. Орлова для определения средней широты // Тр. 12-й астрометр. конф. СССР. — Л.: Изд-во АН СССР, 1957.—С. 314—320.
15. Українська мережа станцій космічної геодезії та геодинаміки (Укргеокосмосмережа). — Киев: ВАГТЕ, 2005.
16. Федоров Е. П. Александр Яковлевич Орлов: жизнь, творчество, научное наследие // Геодинамика и астрометрия. — Киев: Наук. думка, 1980.—С. 7—24.
17. Федоров Е. П., Корсунь А. А., Майор С. П. и др. Движение полюсов Земли с 1890.0 по 1969.0. — Киев: Наук. думка, 1972.—263 с.
18. Яцків Я. С. Вибрані твори. — Київ, 2000.—496 с.
19. Яцків Я. С., Корсунь А. А. Слово об А. Я. Орлове и Е. П. Федорове — учителя и ученике // Кинематика и физика небес. тел. Приложение.—1999.—№ 1.—С. 7—16.
20. Яцків Я. С., Корсунь А. О., Хода О. О. Базове координатно-часове забезпечення розвитку в Україні топографо-геодезичної діяльності, землеупорядкування та навігації рухомих об'єктів // Інноваційні технології.—2003.—№ 4/5.—С. 4—20.
21. Яцків Я. С., Миронов Н. Т., Корсунь А. А., Тарадий В. К. Движение полюсов Земли и неравномерность вращения Земли // Итоги науки и техн. ВИНТИ. Астрон.—1976.—12.—Ч. 1, 2.
22. Brzezinski A., Nastula J. Oceanic excitation of the Chandler wobble // Adv. Space Res.—2002.—30, N 2.—P. 195—200.
23. Fedorov Ye. P. Nutation and forced motion of the Earth's pole. — London: Pergamon press, 1963.—152 p.
24. Melchior P. Sur la fluctuation des latitudes moyennes des stations du service des latitudes et la methode d'Orlov // Bull. Geod.—1957.—46.—P. 22—27.
25. Orloff A. Harmonic Analysis of the Latitude Observations. I. Kazan, Carloforte, Greenwich. — Odessa: Gublit, 1925.—P. 7—30.
26. Stoyko N. Sur la variation saisonniere de la rotation de la terre. — Paris: Compt. Rend. Seances Acad. Sci., 1950.—230 p.
27. Tiemann K.-H. Wilhelm Julius Foerster — ein einflussreicher Universitätslehrer und Weitblickender, vielseitig wirkender Wissenschaftsorganisator // Kolloquien: Beitrage zur Astronomie und Physikgeschichte. — Berlin, 1987.—H. 61.
28. Vondrak J. Secular and long-periodic polar motion as derived from combination of astrometric and space geodetic observations // Proc. Journees 1998. — Paris, 1998.—P. 195—201.
29. Yatskiv Ya. On the excitation of the Chandler Wobble // Artif. Satell.—1996.—N 28.—P. 191—199.
30. Yatskiv Ya. The Ukrainian Geodynamics School of A. Ya. Orlov // Proc. Journees 1998. — Paris, 1998.—P. 189—194.

Надійшла до редакції 05.11.05