УДК 314.72 DOI: https://doi.org/10.24028/gj.v48i3.364852

100-річний ювілей Полтавської гравіметричної обсерваторії: минуле та сьогодення

М.В. Лубков, В.Г. Павлик, Л.Я. Халявіна, Р.В. Ващишин, М.Ф. Тищук, 2026

Полтавська гравіметрична обсерваторія Інституту геофізики
ім. С.І. Субботіна НАН України, Полтава, Україна
Надійшла 26 березня 2026р.

До сторічного ювілею Полтавської гравіметричної обсерваторії Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України створено розширений історичний опус про доцільність заснування наукової установи, її завдання, основні етапи розвитку, основні наукові здобутки в минулому та в наш час. Полтавська гравіметрична обсерваторія є однією з найстаріших наукових установ астрономо-геофізичного профілю в Україні; 7 квітня 2026 р. їй виповнилось 100 років. Була створена за ініціативою видатного астронома і геофізика академіка О.Я. Орлова, який очолював її в 1926—1934 та 1938—1951 рр. На початку основними її завданнями були проведення знімання та створення гравіметричної карти України з метою реалізації її природничо-ресурсного потенціалу. Цю велику роботу успішно виконав порівняно невеликий колектив співробітників обсерваторії у 1938 р. З іншого боку, О.Я. Орлов по праву вважається одним із зачинателів сучасної геодинаміки. Будучи вченим високої ерудиції у сферах астрономії, геодезії, геофізики, сейсмології, О.Я. Орлов послідовно впроваджував, особливо в полтавський період діяльності, комплексне вивчення Землі як планети на основі методів указаних дисциплін. Його новаторські ідеї та оригінальні методи втілювались та розвивались самим ученим та його видатними учнями — Є.П. Федоровим, З.М. Аксентьєвою, М.А. Поповим та іншими фахівцями. Період 1938—1961 рр. у науковій діяльності обсерваторії у сфері астрономо-геодинамічних і геофізичних досліджень можна без перебільшення назвати епохою великих досягнень. На сучасному етапі розвитку Полтавської гравіметричної обсерваторії основними завданнями є продовження фундаментальних і прикладних наукових досліджень у галузі астрономії, геодинаміки, геофізики, геотектоніки та нафтогазовидобуванні з метою отримання нових наукових знань та їх використання для наукових і практичних цілей в народному господарстві України.

Ключові слова: Полтавська гравіметрична обсерваторія ІГФ НАН України, історія становлення та розвитку, наукові досягнення в минулому та у наш час.

Цьогоріч минає 100 років із дня заснування одного з найстаріших наукових закладів України — Полтавської гравіметричної обсерваторії (ПГО). Ідея її створення виникла в 1924 р. у м. Харкові на з'їзді з вивчення природних продуктивних сил України. Присутній на з'їзді видатний фахівець у сфері астрономії та геофізики академік УРСР Олександр Якович Орлов запропонував проєкт гравіметричного суцільного знімання території України з метою пошуку корисних копалин. Для реалізації цього проєкту у 1926 р. було створено ПГО (спочатку вона мала назву Магнітно-гравітаційна станція при Українській Головній палаті мір і ваг у Харкові).

Citation: Lubkov, M.V., Pavlyk, V.G., Halyavina, L.Ya., Vachishyn, R.V., & Tyshuk, M.F. (2026). The 100th anniversary of the Poltava Gravimetric Observatory: past and present. *Geofizychnyi Zhurnal*, *48*(3), 7—40. https://doi.org/10.24028/gj.v48i3.364852.

Publisher Subbotin Institute of Geophysics of the NAS of Ukraine, 2026. This is an open access article under the CC BY-NC-SA license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

Днем відкриття ПГО її засновник і перший директор О.Я. Орлов (рис. 1) вважав 7 квітня 1926 р., коли в Полтаві був закладений основний гравіметричний пункт, пов'язаний з м. Потсдам — центром Європейської гравіметричної системи, та іншими опорними пунктами СРСР.

Рис. 1. Олександр Якович Орлов у 1920-х роках.

Обсерваторія була розташована на північно-західній окраїні Полтави на території колишньої садиби відомого художника Григорія Мясоєдова. Штат обсерваторії розмістився у двоповерховій будівлі (рис. 2), яку після смерті батька збудував його син Іван (у майбутньому також відомий художник), 1921 р. він разом із сім'єю назавжди емігрував до Європи.

Крім реалізації поставленого практичного завдання з виготовлення гравітаційної карти України, О.Я. Орлов планував також організацію фундаментальних наукових робіт з вивчення проблем геодинаміки. Згідно з положенням про Полтавську гравіметричну обсерваторію, яке було затверджено Генпланом УРСР, передбачалось таке.

«1. В Полтаві організовується Центральна українська гравіметрична обсерваторія з метою:

а) вивчення сили тяжіння по всій території України;

б) вивчення змін сили тяжіння в одному і тому ж місці як за величиною, так і за напрямком;

в) спостереження за коливанням полюса Землі.

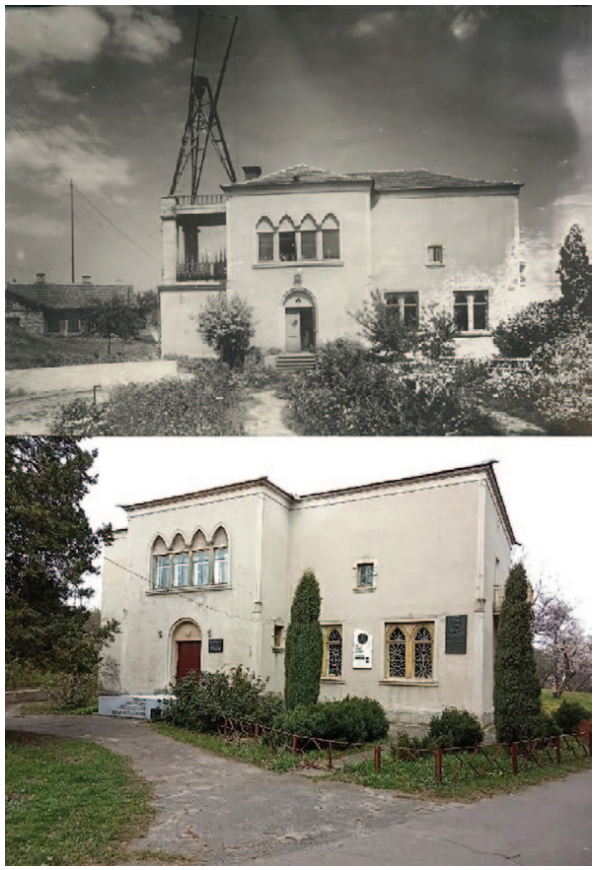

Рис. 2. Головний корпус Полтавської гравіметричної обсерваторії у минулому і в наш час.

2. Центральна українська гравіметрична обсерваторія в Полтаві є відділенням Української Головної палати мір і ваг.

3. Полтавська гравіметрична обсерваторія є вихідним пунктом для визначення сили тяжіння на території Україні і в найближчий час буде гравіметрично зв'язана з Пулково, Потсдамом і Віднем.

4. Щорічно з 1 квітня і по 1 листопада обсерваторія буде направляти експедиції з чотирьохмаятниковим приладом для визначення сили тяжіння на території Україні».

Місце для розміщення обсерваторії було вибрано невипадково, оскільки саме тут з'являлась можливість вивчення пружних властивостей і внутрішньої будови Землі двома незалежними і взаємодоповнювальними методами: земних припливів та руху земних полюсів. Зі слів О.Я. Орлова: *«В Україні відповідним місцем для таких*

спостережень виявилась Полтава. Тут є глибокі льохи, будівництво яких відносять до XVIII століття. Було вигідно саме в них встановити горизонтальні маятники… Було й інше, вельми вагоме міркування організувати гравіметричні спостереження саме в Полтаві. Справа в тому, що про твердість Землі і міру її податливості можна судити не лише за місячно-сонячними вимірами сили тяжіння, але й за періодом, з яким змінюється широта місця спостережень. Полтава ж особливо була зручна для широтних спостережень, оскільки на її широті в зеніті кульмінують дві яскраві зенітні зірки: α Персеї і η Великої Ведмедиці, доступні для спостережень вдень і вночі. Таким чином, в Полтаві легко і зручно об'єднати два види спостережень: широтні і гравіметричні…» [Орлов, 1950].

У 1926 р. у підвалі будівлі обсерваторії було закладено опорний гравіметричний пункт, для якого було потрібно знати із високою точністю значення сили тяжіння. Адже високоточні на той час гравіметричні вимірювання виконували маятниковими приладами відносним методом, який полягав у знаходженні різниць сили ваги між пунктами, що визначаються, і опорним з відомим значенням прискорення сили тяжіння. На той час в Україні існувало лише 11 гравіметричних пунктів. Тому впродовж 1926—1933 рр. працівники обсерваторії здійснювали гравіметричні зв'язки опорного пункту в Полтаві з Потсдамом — центром європейської гравіметричної мережі та всіма пунктами СРСР, які раніше були зв'язані з Потсдамом (Одеса, Пулково, Ленінград, Тбілісі, Казань, Москва). Всього було виконано 20 гравіметричних зв'язків маятниками Штюкрата та Штернека. Виконавцями цих робіт були працівники обсерваторії — О.Я. Орлов, Т.А. Буй, В.В. Єлістратов, П.І. Михайловський, Д.В. Пясковський. Закладений у 1926 р. опорний пункт у Полтаві нині є фундаментальним пунктом гравіметричної мережі України, де прискорення сили тяжіння відомо з точністю до 5 мкГал.

Паралельно зі встановленням гравіметричних зв'язків виконувалось і гравіметричне знімання території України. Упродовж 1926—1938 рр. невеликим за чисельністю колективом обсерваторії було визначено 465 гравіметричних пунктів. З.М. Аксентьєва (рис. 3) згадувала, що спостереження за силою тяжіння маятниковим способом потребувало від виконавців невтомної праці, великої фізичної витримки і постійної уваги за поведінкою маятників.

Рис. 3. Зінаїда Миколаївна Аксентьєва.

Адже спостереження за визначенням періодів їх коливань здійснювалось неперервно впродовж 12 годин підряд за програмами, що розраховані на одну, дві, а то й більше діб [Аксентьева, 1961]. Одночасно спостереження виконувались кількома маятниками: в приладі Штюкрата їх було чотири, в приладі Штернека — не менше трьох. Експедиційне обладнання (маятники, лічильники, хронометри, барометри, радіостанція та ін.) перевозили з одного пункту до іншого звичайним селянським возом, часто по бездоріжжю, в глухих, віддалених від залізниці куточках. Усього

було проведено 42 експедиції, в яких під керівництвом О.Я. Орлова брали участь співробітники обсерваторії: З.М. Аксентьєва, Т.А. Буй, В.В. Гуссова, В.А. Єлістратов, Є.В. Лаврентьева, Н.К. Мигаль, П.І. Михайловський, М.А. Попов (рис. 4), а також працівники інших організацій: І.А. Дюков, А.С. Козаков, Б.В. Новопашенний, А.Р. Орбінський.

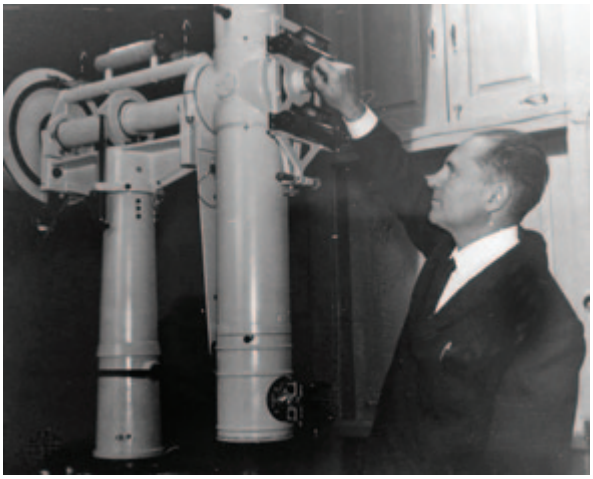

Рис. 4. Микола Андрійович Попов.

У 1938 р. гравіметрична карта України була завершена і передана в розпорядження геологічних організацій для подальшої деталізації. Видатний гравіметрист та астроном академік А.А. Михайлов писав: *«Лише в Україні було зроблено Полтавською обсерваторією перший успішний і правильно поставлений досвід проведення суцільної гравіметричної зйомки, але з невеликою густотою пунктів»* [Михайлов, 1937]. Точність визначення сили ваги за нинішніми мірками була невисокою і становила 10^{-5} м/с^2. Це не завадило виявити цілий ряд аномалій — Чернігівську, Київську, Кіровоградську, Красноградську, Брянську та інші. Метод суцільного гравіметричного знімання отримав загальне визнання і був використаний під час знімання території СРСР, яке розпочалось у 1932 р.

О.Я. Орлов справедливо вважається одним із зачинателів сучасної геодинаміки. Будучи вченим високої ерудиції в галузі астрономії, геодезії, геофізики, сейсмології, О.Я. Орлов послідовно впроваджував, особливо в полтавський період діяльності, комплексне вивчення Землі як планети на основі методів указаних дисциплін. Його новаторські ідеї та оригінальні методи їх вирішення втілювались і розвивались у ПГО самим ученим та його видатними учнями — Є.П. Федоровим (рис. 5), З.М. Аксентьєвою, М.А. Поповим та іншими. Період 1938—1961 рр. у науковій діяльності обсерваторії в межах астрономічних досліджень можна без перебільшення назвати епохою великих досягнень. Дійсно, протягом трьох десятиліть О.Я. Орлов зі своїми учнями і соратниками задавали «мейнстрім» у вивченні обертання Землі та руху полюса [Федоров, 1980].

Шляхи наукових пошуків і подолання труднощів, видатні досягнення та завоювання всесвітнього визнання творців планетарної геодинаміки, видатних учених О.Я. Орлова та Є.П. Федорова, відображе-

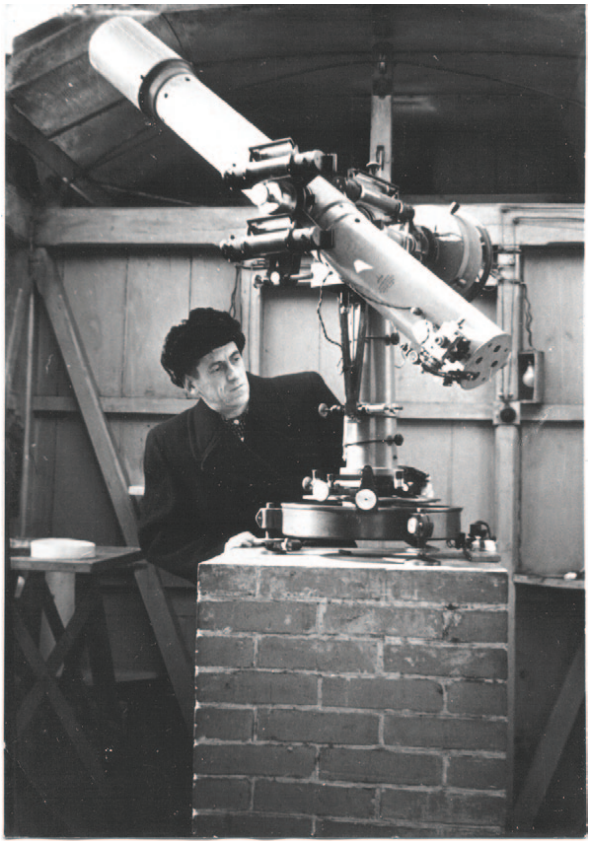

Рис. 5. Євген Павлович Федоров у Полтаві.

но в багатьох докладних статтях, присвячених їх діяльності. Детально ідеї Орлова та їх реалізація описані його учнями і соратниками — З.М. Аксентьєвою, Є.П. Федоровим [Аксентьева, 1961; Федоров, 1980]. Згодом діяльність Учителя (Орлова) і Учня (Федорова) і закладеного ними наукового напряму була висвітлена послідовниками і продовжувачами їх справи — Я.С. Яцківом (рис. 6) та А.О. Корсунь [Яцків, Корсунь, 1999; Корсунь, 2001] (рис. 7). Краще і ґрунтовніше розповісти про діяльність основоположників планетарної геодинаміки, ніж це зробили їх учні та соратники, навряд чи можливо.

Як зазначено вище, розташування обсерваторії пов'язане з кульмінацією на широті Полтави двох яскравих зірок αPer і ηUma, які можна було спостерігати не лише вночі, а й вдень. Це давало змогу швидко і найточніше на той час відстежувати варіації широти протягом усього року, а також вивчати короткоперіодичні зміни широт, спричинені припливними ефектами з боку Місяця.

У 1929 р. обсерваторія придбала зеніт-телескоп фірми Цейс (D=135 мм, F=1760 мм), який після необхідних удосконалень в 1939 р. був задіяний для спостережень яскравих зенітних зірок αPer і ηUma, а згодом була апробована програма слабких зенітних зірок та зенітних пар. Основну роботу з організації і виконання спостережень яскравих зірок здійснив М.А. Попов. Цій справі і науковим дослідженням широтного ряду яскравих зірок, про які йдеться нижче, М.А. Попов присвятив усе своє життя.

Спостереження на зеніт-телескопі давали передусім емпіричний матеріал про полярні варіації широти, які, за думкою О.Я. Орлова, «необхідно використати для перевірки моделей будови ядра Землі» [Корсунь, 2001]. Втім широтні спостереження мали велике значення і для вирі-

Рис. 6. Академік НАН України Ярослав Степанович Яцків.

Рис. 7. Алла Олексіївна Корсунь.

шення інших завдань, пов'язаних з обертанням Землі та актуальними проблемами астрометрії.

Уточнення схилень зірок. У 1940 р. С.В. Дроздов (рис. 8) розпочав спостереження спеціально складеної програми слабких зірок, що кульмінували в зеніті Полтави, з метою отримання їх високоточних схилень. Він провів на зеніт-телескопі Цейса дві серії спостережень 204 зенітних зірок у 1940—1941 та 1945—1947 рр. На основі розробленої ним оригінальної методики обробки зенітних спостережень учений отримав схилення зірок з високою на той час точністю [Корсунь, 2001].

Уточнення нутаційного руху земної осі та змін середньої широти пункту спостережень. Широтні дані давали емпіричний матеріал для уточнення коефіцієнтів нутації земної осі та оцінювання припливних коливань лінії виска. Так, О.Я. Орлов одним із перших виявив нутаційну і припливну півмісячні хвилі з аналізу ряду спостережень зенітної зірки δ Cassiopeiae в Пулково на інтервалі від 1915 по 1928 р. Аналогічну роботу з оцінювання півмісячної хвилі на матеріалі спостережень яскравих зірок αPer і ηUMa в Полтаві виконав М.А. Попов.

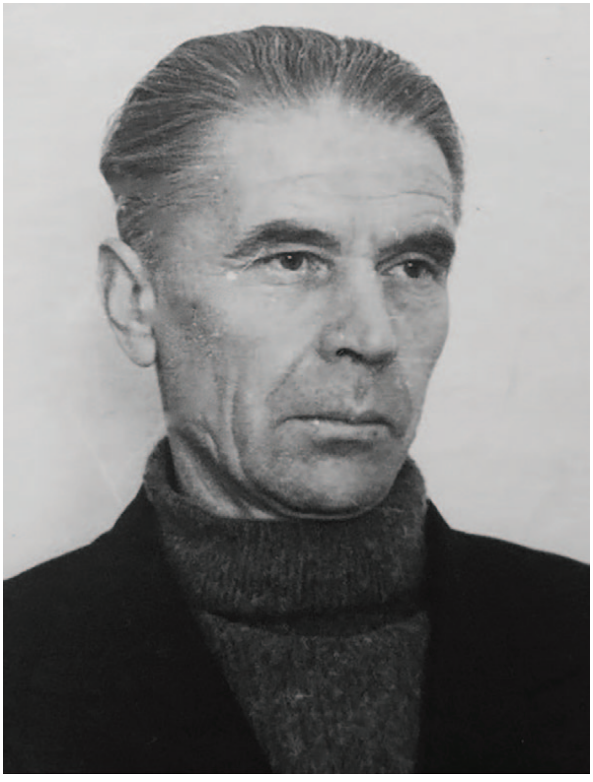

Рис. 8. Сергій Вікторович Дроздов.

Вирішення задачі уточнення нутаційних коефіцієнтів обертового руху Землі та отримання строгого доказу реальності вікового руху полюса на основі широтних спостережень викристалізувалось у ПГО ще наприкінці 1940-х. Для цього в 1949 р. в Полтаві були розпочаті спостереження за спільною програмою на двох зеніт-телескопах — Цейса і Бамберга. Її запропонував Є.П. Федоров для отримання однорідного матеріалу для уточнення параметрів нутаційного руху земної осі та достовірних визначень повільних змін широти. Програма складалась із чотирьох груп, дві з яких — А і С, що розташовані в зоні прямих сходжень 5^h—7^h та 17^h—19^h, можна було спостерігати протягом тривалого часу, щонайменше 37 років — двох нутаційних циклів.

Програми такого типу для розв'язання вказаних задач були впроваджені в деяких службах широти під назвою «Полтавська», наприклад в Казані (В.В. Лапаєва , 1986), Іркутську, Боровці (Польща).

Найбільш розгорнуто і системно питання про уточнення нутаційних коефіцієнтів на підставі широтних даних розглянуто в монографії Є.П. Федорова «Нутація та вимушений рух полюсів Землі за даними широтних спостережень», в якій «вперше було викладено теорію обертального руху пружно-деформованої Землі і наведено результати порівняння висновків цієї теорії з результатами аналізу широтних спостережень». Головний її висновок — необхідність створення нової моделі будови Землі, яка в реальності не є ні твердою, ні абсолютно пружною. Саме ця робота Є.П. Федорова принесла світове визнання вченому та науковим досягненням ПГО і стимулювала розвиток моделей внутрішньої будови Землі [Яцків, Корсунь, 1999; Корсунь, 2001].

Як зазначає його учениця А.О. Корсунь: «Визнанням досліджень, які велися

у Полтавській обсерваторії, та особистих заслуг Є.П. Федорова як талановитого теоретика і практика-спостерігача, стало обрання його президентом Комісії МАС № 19 «Зміна широт» (1955—1961). На цьому посту Є.П. Федоров багато зробив для вдосконалення роботи Міжнародної служби широти (МСШ=ILS). Один із здійснених ним заходів — реорганізація МСШ у 1963 р. у Міжнародну службу руху полюсів (МСРП), статут якої він же і розробив. У 1970-х роках ученого запросили для надання консультацій до Міжнародного центру МСРП у Міцузаві (Японія)» [Корсунь, 2001].

Земноприпливні дослідження. У 1926 р. було розпочато будівництво першої земноприпливної нахиломірної станції у Полтаві, яка являла собою спеціальну камеру з подвійними стінами на глибині 4 м і перекриту зверху термоізолювальним шаром ґрунту завтовшки 1,5 м. Від серпня 1930 р. розпочато регулярні спостереження за припливними нахилами земної поверхні горизонтальними маятниками типу Репсольда—Левицького, які тривали до серпня 1941 р. Спостереження виконували З.М. Аксентьєва, О.А. Моссіна та М.К. Максимова-Язєва під керівництвом О.Я. Орлова (1930—1933 рр., 1938—1941 рр.), І.Н. Язєва та М.А. Попова (1934—1938 рр.). Припливні нахиломірні спостереження дають змогу визначати земноприпливні параметри γ — відношення амплітуди припливного нахилу під дією Місяця і Сонця, отриманої зі спостережень до теоретично розрахованої амплітуди для абсолютно твердої Землі та $\Delta\varphi$ — запізнення за фазою отриманого фактичного нахилу до теоретичного, які характеризують пружні властивості Землі. На той час виконані спостереження були унікальними завдяки значній тривалості та високій на той час точності (0,02 сек дуги/мм). Наукову цінність спостережень підвищував той факт, що вони були виконані на глибоко-континентальному пункті, де вплив океанічних припливів на отримані результати був незначним. Результати спостережень, а також аналіз даних інших станцій, дали змогу дійти важливих висновків: на кожній земноприпливній станції існують місцеві особливості припливних деформацій, що не дозволяє зі спостережень на одній станції визначати параметри припливу для всієї Землі; спостереження за земними припливами слід організовувати в різних місцях земної кулі для вилучення їх місцевих особливостей шляхом осереднення [Аксентьєва, 1967].

Не оминули стороною Полтавську обсерваторію і сталінські репресії 1930-х років. З 1 січня 1934 р. О.Я. Орлова несподівано звільняють з посади директора. А навесні того року з'являється Акт, зміст якого викладено у рукописі О.Я. Орлова, що зберігається в архіві Полтавської гравіметричної обсерваторії. *«Обстеження» моєї діяльності як директора Полтавської Обсерваторії було здійснено за моєї відсутності навесні 1934 р. Як я потім дізнався, обстеження велося в атмосфері крайнього озлоблення і було схоже на бандитський напад… Факти підтасовували і спотворювали. «Обстежувачі» користувалися навіть явним наклепом, щоб звинувати мене і дискредитувати в очах Партії та Уряду. Замки моїх столів було зламано; розкрито замкнені мною шухляди; перерито речі навіть у моїй квартирі. ...У результаті нападу було складено огидний «Акт», у якому було зібрано наклепницькі вигадки; немає, здається, злочину, в якому б мене не звинувачували...»* [Корсунь, Лубков, 2020]. Цей Акт було відправлено в усі обсерваторії Радянського Союзу з метою отримання підтвердження висунутих обвинувачень. Проте укладачі Акту отримали від наукової спільноти реакцію, протилежну від очікуваної. Провідні вчені підтримали О.Я. Орлова, високо оцінивши його організаторські здібності та здійснену ним і колективом обсерваторії роботу. Однак слідство продовжувалось, О.Я. Орлов і З.М. Аксентьєва були змушені заради власної безпеки покинути Полтаву.

На посаду директора обсерваторії було призначено відомого геофізика і геодезиста, директора Київської геофізичної обсерваторії Петра Кириловича Нечипоренка

(рис. 9). У ті часи призначення провідних науковців керівниками кількох установ було звичною практикою. О.Я. Орлов до 1934 р. також очолював крім Полтавської ще й Одеську обсерваторію. П.К. Нечипоренко брав активну участь у створенні гравітаційної карти України, довів наявність зв'язку між гравітаційним полем планети та її геологічною структурою. 10 травня 1937 р. П.К. Нечипоренко був заарештований за звинуваченням у справі так званого «Академічного центру» (сфабрикованої НКВС української гілки «Пулковської справи») і 3 вересня того ж року розстріляний. Реабілітований у 1958 р. [Макаренко, Созаньский, 1992].

Рис. 9. Петро Кирилович Нечипоренко.

Рис. 10. Олександр Якович Орлов після повернення в Полтаву 1938 р.

У 1936 р. Полтавська гравіметрична обсерваторія входить до складу Академії наук УРСР як самостійна установа. У 1938 р. після офіційного зняття усіх необґрунтованих обвинувачень О.Я. Орлов (рис. 10) повертається до Полтави та знову очолює обсерваторію.

Під час Другої світової війни у вересні 1941 р. обсерваторію разом з приладами та документацією було евакуйовано в Іркутськ, де були продовжені наукові дослідження на базі Іркутського державного університету. В той час здійснено заключний аналіз 11-річного ряду нахиломірних визначень у Полтаві та виконано аналіз дворічних мареографічних спостережень за коливанням рівня озера Байкал для визначення припливних параметрів місячної хвилі M_2 земного припливу.

У 1944 р. після звільнення Полтави від фашистських окупантів обсерваторія повертається в Україну. Того самого року О.Я. Орлов засновує Головну астрономічну обсерваторію АН УРСР у Києві і стає її директором сумісно з керівництвом гравіметричної обсерваторії у Полтаві. З 1951 р. Полтавську обсерваторію очолює З.М. Аксентьєва.

Післявоєнні нахиломірні дослідження. У 1948—1952 рр. З.М. Аксентьєва виконує другий ряд нахиломірних визначень у Полтаві, який підтверджує наукові результати, отримані у довоєнний період [Аксентьєва, 1967]. У 1953—1956 рр. П.С. Матвєєв (рис. 11) опрацьовує результати трирічних нахиломірних спостережень на сейсмічній глибококонтинентальній станції «Душанбе». Припливний параметр γ в меридіональному напрямку, як і для Полтави, виявився більшим, ніж у широтному, що не узгоджувалося з результатам, отриманими зі спостережень у Західній Європі. Ці закономірності будуть пояснені значно пізніше впливом непрямих ефектів і локальними особливостями розміщення приладів [Булацен и др., 1986].

Друга половина 1950-х років була дуже продуктивною для обсерваторії. Її штат поповнився групою талановитої молоді, яка із завзяттям і захопленням зайнялася нау-

Рис. 11. Павло Степанович Матвєєв.

ковою діяльністю. Установа отримує нове сучасне наукове обладнання, будується новий лабораторний корпус, розширюється експериментальна майстерня, будується житло для працівників, уперше з'являється можливість здійснювати рутинні математичні обчислення за допомогою ЕОМ. Участь ПГО у проведенні Міжнародного геофізичного року (1957—1959) дала змогу значно розширити мережу нахиломірних станцій в Україні, які розташовували в регіонах з різною геологічною будовою. Спостереження намагалися організовувати у підземних гірських виробках, де зручно встановлювати масивні нахиломіри Репсольда—Левицького і де практично відсутні коливання температури. Так, упродовж 1957—1969 рр. створено нахиломірні станції «Шмаково» (в шахті Криворізького залізорудного басейну на глибині 237 м, П.С. Матвєєв), «Торез I» і «Торез II» (у вугільній шахті Донбасу на глибині 160 м, К.І. Євтушенко), «Інгулець» (у південній частині Криворізького басейну на глибині 260 м, П.С. Матвєєв), «Сімферополь» (штольня на околиці Сімферополя на глибині 25 м, З.М. Аксентьєва, О.В. Чупрунова), «Калуш» (шахта калійного комбінату в Калуші на Прикарпатті, А.Г. Григоренко, О.В. Чупрунова), «Інкерман» (штольня північніше Севастополя на глибині 70 м, З.М. Аксентьєва, І.О. Дичко, П.С. Корба), «Київ I» і Київ II» (Ближні і Дальні печери Києво-Печерської лаври на глибині 10 і 16 м (В.Г. Баленко (рис. 12), А.М. Кутний (рис. 13), А.М. Новікова) [Булацен и др., 1986].

Рис. 12. Василь Гаврилович Баленко.

У 1964 р. завдяки спільним науковим завданням і плідній співпраці обсерваторія увійшла як філія до складу Інституту геофізики НАН України і в такому статусі перебуває до цього часу.

8 квітня 1969 р. раптово помирає З.М. Аксентьєва, яка була ідейним натхненником нахиломірних робіт і планувала дослідити вплив геологічних особливостей земної кори на отримані зі спостережень припливні параметри.

Директором обсерваторії з 1969 по 1983 рр. було призначено Миколу Івановича Панченка (рис. 14).

У середині 1960-х років для виконання спостережень почали використовувати фотоелектричні дистанційні нахиломіри А.Є. Островського. Ці прилади мають

Рис. 13. Андрій Михайлович Кутний.

Рис. 14. Микола Іванович Панченко та Алла Олександрівна Славінська.

суттєві переваги порівняно з оптико-механічними нахиломірами Репсольда—Левицького. Вони значно компактніші та чутливіші, що дає змогу встановлювати їх у спеціально збудованих шурфах завглибшки близько 10 м, де вплив ефекту порожнини (пустот шахтних виробок) на отримані результати практично відсутній порівняно зі спостереженнями, які виконувались у шахтах, штольнях і печерах.

Подальші нахиломірні земноприпливні спостереження виконувались уздовж двох профілів. Мета першого профілю Суми—Херсон, що простягався в субмеридіональному напрямку, — дослідження впливу зон тектонічних глибинних розломів земної кори на пружний приплив. Упродовж 1965—1985 рр. організовано та виконано спостереження у пунктах «Великі Будища», «Самотоївка» і «Лихівка» (П.С. Матвєєв, І.Ю. Богдан, Г.М. Лисенко), «Мурахівка» і «Судіївка» (П.С. Матвєєв, В.Г. Голубицький (рис. 15)), «Христофорівка» (П.С. Матвєєв, В.Г. Голубицький, І.Ю. Богдан), «Перегонівка» і «Кірово» (П.С. Матвєєв, В.Г. Голубицький, І.Ю. Богдан, А.Л. Кривонос), «Вісичі» (П.С. Матвєєв, А.Л. Кривонос, В.Г. Голубицький) [Булацен и др., 1986].

Мета другого профілю, що перетинав Дніпровсько-Донецьку западину (ДДЗ) у субширотному напрямку, — отримання з максимально можливою точністю регі-

Рис. 15. Вадим Георгійович Голубицький.

ональних значень гармонічних постійних припливних хвиль. Для цього було створено нові нахиломірні станції у місцях з однорідною геологічною будовою та простою тектонікою: «Шевченково», «Карло-Либкнехтовськ» у соляній шахті Донбасу на глибині 120 м, «Покровська Багачка» і «Березова Рудка» (В.Г. Баленко, А.М. Кутний, А.М. Новікова). На підставі аналізу отриманих результатів зроблено такі основні висновки: вплив тектонічних порушень на приплив є незначним порівняно з дією локальних чинників; для регіонів протяжністю понад 500 км, які перекриті потужним шаром осадових порід і віддалені від океанів, можна отримати припливні характеристики з точністю до 1 %. Виконані спостереження дали змогу дослідити також вплив на земноприпливні параметри ефекту порожнини (В.Г. Баленко, Л.Є. Хасилєв, А.М. Кутний), ефекту топографії (В.Г. Баленко, Б.С. Дубик), інших аномалій припливних нахилів, зокрема метеорологічного походження (П.С. Матвєєв, В.Г. Голубицький, І.Ю. Богдан, Б.С. Дубик, А.Л. Кривонос).

Полтава — широтна столиця Радянського Союзу. Вже в 1939 р. визначні досягнення О.Я. Орлова у розв'язанні проблем руху полюса були відзначені створенням за його ініціативою спеціальної широтної комісії при Астрономічній раді Академії наук Радянського Союзу, яку він і очолював до 1952 р.

Із статті [Корсунь, 2001]: «Висунуті Орловим ідеї були новаторськими, а запропоновані методи увійшли в історію як «методи Орлова». Йдеться про «визначення середніх широт», «обчислення координат полюса за спостереженнями на одній станції», «систему Орлова визначення руху полюса — систему середнього полюса епохи спостережень» тощо.

Саме ці напрацювання сприяли швидкому створенню в Полтаві Центрального бюро Радянської служби широти для оперативних визначень координат полюса. План створення цієї служби було ухвалено на 10-й Всесоюзній конференції в 1952 р., а вже у травні 1953 р. розпочались обчислення координат полюса на основі методу Орлова за даними спостережень радянських обсерваторій. Актуальність служби полягала в тому, що в період розгортання космічного проєкту Радянського Союзу були потрібні оперативні дані щодо координат полюса. З 1953 по 1961 р. у ПГО здійснювалось автономне та оперативне визначення координат полюса за даними радянських обсерваторій астрометричних спостережень. Мережа включала пункти: «Полтава», «Пулково», «Китаб», «Казань», з 1958 р. — «Іркутськ», з 1959 р. — «Благовєщенськ»).

«Полтава стала широтною столицею Союзу» Корсунь, 2001]. До 1956 р. Радянський Союз випереджав в оперативності отримання координат полюса наукові установи інших країн світу, поки в BIH (Bureau international de l'Heure, Міжнародне бюро часу) не розпочалось термінове обчислення координат полюса. Причому з 1959 р. міжнародні служби — BIH і новостворена за активної участі Є.П. Федорова Міжнародна служба руху полюса (IPMS) — розпочали обчислення координат полюса в «системі Орлова» [Федоров, 1980].

Офіційно Центральне бюро Радянської служби широти в ПГО діяло до 1961 р., поки в 1960 р. при Головному метрологічному центрі Радянського Союзу не почали визначати параметри обертання Землі для потреб космічної навігації. Для наукових досліджень з 1961 р. стали надходити термінові дані щодо руху полюса Землі з Міжнародного бюро часу (BIH). Дані щодо зміни широт радянських обсерваторій надходили до ПГО аж до початку 1980-х років. Це давало змогу вивчати ряди варіацій широт, досліджувати їх неполярні коливання, виявляти характерні особливості для різних типів телескопів, порівнювати координати полюса, отримані зі спостережень декількох континентальних обсерваторій, зі значеннями всесвітньої мережі. Такі дослідження в ПГО продовжувались до початку 1980-х років під керівництвом М.І. Панченка.

У 1960—1970-х роках ПГО залишався провідною установою Радянського Сою-

зу з досліджень руху полюса. Оснащення обсерваторії було на високому технологічному рівні. Розпочались спостереження змін широти новітніми інструментами: в 1961 р. — астролябією Данжона, а в 1967 р. — ширококутним зеніт-телескопом ЗТЛ-180 (D=180 мм, F=2360 мм) продовжено ряд спостережень яскравих зенітних зірок. Результати передавали в міжнародні центри визначень параметрів обертання Землі — BIH, IPMS.

У 1965 р. розпочались також роботи з вивчення нерівномірностей обертання Землі зі спостережень покриття зірок Місяцем на рефракторі АВР-2 (D=200 мм, F=3020 мм). Для цього обсерваторію було оснащено високоточним кварцовим хронометром і апаратурою для прийому сигналів точного часу. Візуальні спостереження покриття зірок Місяцем виконував 52 роки майстерний і талановитий спостерігач Сінческул Б.П. (рис. 16). Розроблена ним методика оцінки особистого рівняння спостерігача дала змогу наблизити точність візуальної реєстрації моментів покриттів до рівня фотоелектричних спостережень — 0,02—0,04^s. За обсягом таких спостережень ПГО упродовж багатьох років була лідером серед установ Союзу, а згодом — України.

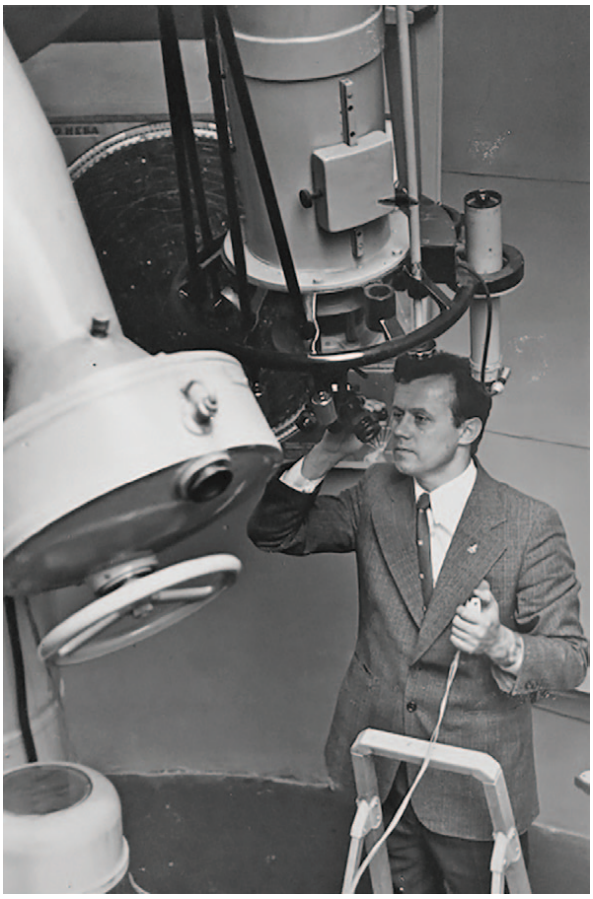

Рис. 16. Борис Пилипович Сінческул.

Домінували дослідження широтних рядів у рамках згаданої вище програми О.Я. Орлова і Є.П. Федорова: накопичувався матеріал для вивчення повільних змін широти та уточнення нутаційних коефіцієнтів. Систематичні спостереження на інструментах різних типів, що спираються на різні оптичні принципи і методи спостережень, сприяли виявленню достовірних (реальних) змін середньої широти пункту, що не залежать від інструментальних ефектів та особливостей зовнішніх впливів. У Полтаві проводились дослідження полярних і неполярних коливань, повільних змін широти з обов'язковим порівнянням результатів, отриманих на сусідніх інструментах чи однотипних в інших обсерваторіях.

Це був період рясного нарощування емпіричного матеріалу, який згодом став базовим для розв'язання геодинамічних задач. Тому слід зупинитись на характеристиці астрооптичних рядів і відзначити спостерігачів, завдяки яким вони були отримані.

Характеристика рядів спостережень. ***Ряд спостережень яскравих зенітних зірок αPer і hUMa.*** Серед інших, отриманих в Полтаві, слід виділити легендарний ряд спостережень яскравих зенітних зірок αPer і ηUMa, загальна тривалість якого перевищила 70 років. Цей ряд вважали еталонним, і велика заслуга в цьому М.А. Попова [Булацен и др., 1986]. Саме він майстерно і ретельно виконував спостереження яскравих зірок понад чотири десятиліття, а розпочав — у травні 1939 р. По вересень 1941 р. М.А. Попов з Є.В. Лаврентьєвою та С.В. Дроздовим отримали 731 миттєве значення широти. Восени 1941 р., коли нависла загроза фашистської окупації Полтави, колектив і наукове облад-

нання обсерваторії були евакуйовані до Іркутська. У період Великої Вітчизняної війни Микола Андрійович перебував на військовій службі в Мурманську, куди по ленд-лізу морськими конвоями доставлялось військово-технічне обладнання для Радянської армії.

Після звільнення Полтави від німецької окупації з липня 1944 р. Є.В. Лаврентьєва відновила спостереження яскравих зірок. До неї згодом приєдналась С.В. Дроздов і Є.П. Федоров, а в серпні 1947 — М.А. Попов, пізніше — і К.І. Євтушенко. З березня 1950 р. по жовтень 1968 р. спостерігав фактично тільки М.А. Попов.

З грудня 1967 р. А.П. Цапова розпочала, а з листопада 1968 р. М.А. Попов приєднався до спостереження яскравих зірок за допомогою ширококутного зеніт-телескопа ЗТЛ-180, а внесок Миколи Андрійовича у ряд спостережень яскравих зірок у період 1939—1980 рр. становить 7 449 миттєвих широт.

Завдяки актуальним дослідженням на матеріалі широтного ряду яскравих зірок М.А. Попов здобув високий авторитет в астрометричному товаристві. Найбільш відомий результат досліджень, отриманий М.А. Поповим на основі ряду яскравих зірок, — оцінка амплітуди близькодобової нутації ядра Землі. Теорія обертання Землі за новітніми моделями її будови та дані визначень параметрів обертання Землі сучасними методами дають значення цього параметра в ≈40 разів нижчі (≈0,0003″ замість 0,012″ із спостережень яскравих зірок). Але вказана робота для свого часу була проривною і сприяла розгортанню цілого напряму досліджень. Особливий внесок у пошук параметрів близькодобової нутації з аналізу широтних спостережень зробив видатний продовжувач школи планетарної геодинаміки Я.С. Яцків [Корсунь, 2001].

Спостереження яскравих зірок на ЗТЛ-180 з 1967 по 1979 р. активно проводила А.П. Степа (Цапова), яка була дублером Миколи Андрійовича в спостереженнях і помічницею в наукових дослідженнях.

З 1980 р. до цих спостережень підключився А.В. Гожий (рис. 17); у 1983 р. долучився В.Б. Бакушевич; а з 1991 р. — Ю.П. Новікова, котра разом з А.В. Гожим виконувала спостереження програми яскравих зірок аж до її завершення в 2014 р.

Рис. 17. Адам Васильович Гожий.

Ряд спостережень «полтавської» 4-групової програми. Широтний ряд «полтавської» 4-групової програми, розпочатий на зеніт-телескопі Цейса в 1949 р., вже до середини 1970-х років мав тривалість, достатню для фундаментальних визначень. Після отримання 20-річного ряду спостережень була виконана спроба визначити поправки головного та півмісячного членів нутації (Р.І. Попова, М.І. Панченко, 1982) (рис. 18).

Фактично спостереження за 4-груповою програмою на зеніт-телескопі Цейса тривали майже 48 років — до 1996 р. Їх проводили астрономи трьох поколінь. Значні обсяги спостережень 4-групової програми виконані К.І. Євтушенко (1949—1958), І.П. Огородником (1949—1961), Р.І. Поповою (1959—1982), В.М. Сінческул

Рис. 18. Рена Іванівна Попова та Володимир Михайлович Горбань.

(1965—1979), В.К. Будзьком (1968—1979), Є.І. Подщипковою (Соколовою) (1976—1995), Л.С. Откидач (рис. 19) (1979—1996), О.В. Борисюком (1990—1996).

Спостереження 4-групової програми на зеніт-телескопі Бамберга тривали з 1949 по 1961 р. Було отримано 18,7 тис. миттєвих широт. Основні спостерігачі — Є.П. Федоров (1949—1959), Є.І. Обрєзкова (1953—1961), М.І. Панченко (1954—1959), С.Г. Кулагін (1949—1952). Обробку 12-річного ряду виконала Є.І. Обрєзкова. Цей ряд також був застосований при отриманні координат полюса київською школою широтників.

Особливості широтного ряду зі спостережень на астролябії. Призмову астролябію OPL-21 було передано в ПГО у 1957 р. у зв'язку з проведенням Міжнародного геофізичного року. 15 серпня 1959 р. інструмент встановлено в новому павільйоні.

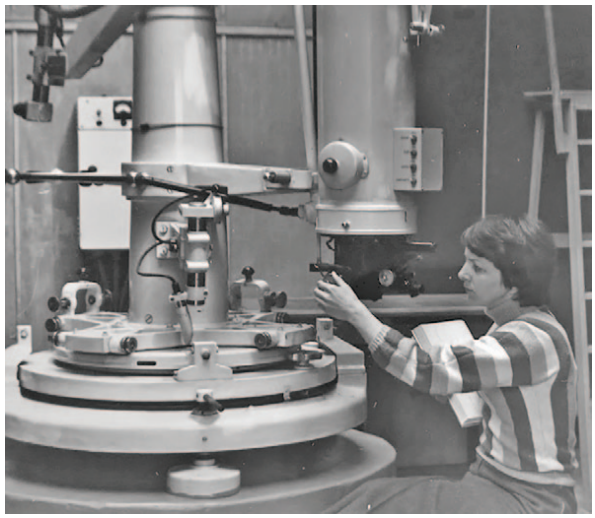

Рис. 19. Любов Сергіївна Откидач.

Основну роботу з налаштування і розгортання спостережень на астролябії виконали М.І. Панченко і А.О. Славінська.

Регулярні спостереження на цьому інструменті тривали більш як півстоліття — з 1961 по 2018 р. За той час було виконано близько 11 тис. спостережень двогодинних груп зірок, що відповідає реєстрації близько 275 тис. зірок. Найрезультативнішими спостерігачами були А.О. Славінська (1962—1993), М.І. Панченко (1962—1969), О.Г. Дичко (1964—1973), А.В. Гожий (1964—1968), К.М. Кислиця (1971—2021), К.І. Курисько (1971—1996), М.М. Заливадний (рис. 20) (1975—2018), Л.Я. Халявіна (рис. 21) (1979—2019), Т.Є. Борисюк (1993—2021).

Лідером у цих спостереженнях слід вважати К.М. Кислицю як за кількістю отриманих координат, так і за якістю спостережень. В останні роки функціонування астролябії К.М. Кислиця і Т.Є. Борисюк успішно проводили серії спостережень до 2021 р. включно, на підставі яких були отримані достовірні оцінки координат.

Подовження нахиломірних досліджень. У 1980-х роках було організовано нахиломірні станції в кількох пунктах Кримського геодинамічного полігону («Севастополь», «Алушта», «Феодосія» і «Ялта»), де разом із Кримською дослідно-методичною партією ІГФ АН УРСР здій-

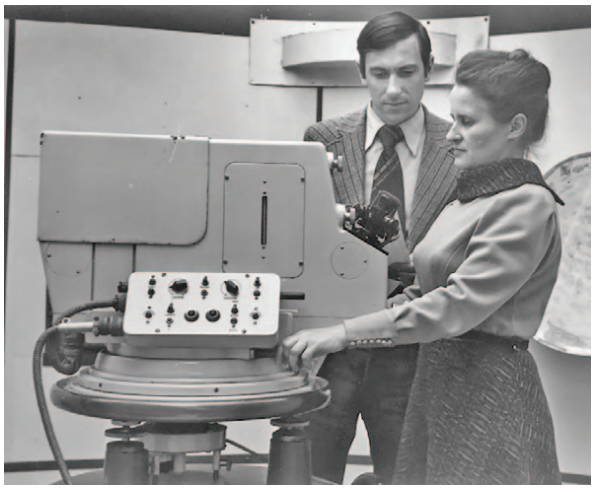

Рис. 20. Микола Митрофанович Заливадний та Алла Олександрівна Славінська.

Рис. 21. Халявіна Людмила Яківна.

снювали пошук зв'язків між припливними та повільними нахилами земної поверхні, з одного боку, і процесами підготовки землетрусів, з іншого (В.Г. Голубицький, А.Л. Кривонос) [Булацен и др., 1986].

З 1982 р. обсерваторію очолює В.Г. Булацен (рис. 22).

Рис. 22. Валентин Гаврилович Булацен.

Рис. 23. Володимир Григорович Павлик.

З 1976 р. по 1994 р. на замовлення ВО «Артемсіль» фахівці ПГО здійснювали контроль за станом обвалонебезпечної зони в

м. Соледар (тоді м. Карло-Лібкнехтовськ), яка утворилась над відпрацьованим полем соляної шахти внаслідок порушення технології видобутку солі. Упродовж того періоду часу виконувались неперервні спостереженнями за повільними нахилами земної поверхні в чотирьох шурфах і повторне нівелювання реперів. Завдяки інтенсивності вертикальних рухів та значній тривалості спостережень уперше отримано однакові кількісні результати вивчення динаміки земної поверхні геодезичним і нахиломірним методами (А.М. Кутний, В.І. Токар, В.Г. Павлик) (рис. 23).

Паралельно з виконанням нахиломірних спостережень постійно здійснювалися роботи з удосконалення методики спостережень та аналізу вихідних даних, модернізації та розробки приладів. Так, П.С. Матвєєв у 1960-х роках розробив метод гармонічного аналізу 30-добових серій земноприпливних спостережень, який широко використовували для знаходження параметрів окремих припливних хвиль. В.Г. Голубицький та А.М. Кутний у 1973—1974 рр. розробили методику еталонування нахиломірів А.Є. Островського з використанням калібрувальної платформи обсерваторії, що дало змогу суттєво підвищити точність нахиломірних спостережень. Б.С. Дубик розробив схеми аналізу земноприпливних спостережень на основі методу найменших квадратів, що дало змогу опрацьовувати матеріали спостережень довільної протяжності, а також автоматично вилучати зі спостережень добову метеорологічну хвилю S_1. А.М. Кутний розробив свердловинний двокомпонентний нахиломір з фотоелектричною реєстрацією, який був виготовлений в експериментальній майстерні обсерваторії. Цей прилад з успіхом використовували в ПГО для реєстрації припливних і повільних нахилів земної поверхні. У 1974—1977 рр. В.П. Шляховий (рис. 24) на базі нахиломіра А.Є. Островського розробив автокомпенсаційну нахиломірну установку, що не лише підвищило точність визначення припливних і повільних нахилів земної поверхні, а й розширило смугу реєстрації частот коливань Землі до 10 Гц. Це дало змогу здійснювати запис сейсмічних явищ.

Рис. 24. Володимир Павлович Шляховий.

З 1983 по 1996 рр. спостереження виконували автокомпенсаційним нахиломіром у Полтаві та поблизу Кишинева у Молдові з метою пошуку передвісників землетрусів. Виявлено аномалії в записах нахилів земної поверхні як перед настанням землетрусів, так і під час самого землетрусу (В.П. Шляховий).

У 1987 р. В.Г. Баленко за параметрами пружного припливу для хвилі M_2 семи нахиломірних станцій профілю Київ—Артемівськ і параметрами чотирьох основних припливних хвиль, отриманих з гравіметричних спостережень у Полтаві, знаходить числа Лява h і k, які в межах похибок збігаються з відповідними величинами, отриманими на основі лазерних спостережень штучних супутників Землі, вимірювань зміни швидкості обертання Землі і екстензометричних спостережень.

У 1990 р. розроблену спеціальну технологію щодо застосування сейсмонахиломірів для оцінювання стійкості геологічного середовища було використано при дослідженні міцності моста через р. Дністер у Тирасполі (В.П. Шляховий).

Екстензометричні спостереження лінійних припливних деформації дають змогу отримати ще одну важливу пружну інтегральну характеристику Землі — число Шида, яке, як і числа Лява, залежить від внутрішньої будови нашої планети. У 1969 р. обсерваторія організувала лінійні припливні спостереження в Криму на станції в м. Інкерман поблизу Севастополя. У штольні на глибині 80 м було встановлено однокомпонентний штанговий кварцовий деформограф завдовжки 12,5 м, розроблений В.Г. Булаценом і виготовлений у майстерні обсерваторії механіком В.О. Овчинніковим. Спостереження виконувались упродовж 2,7 року, було визначено припливний параметр Шида l=0,0752±0,015, величина якого узгоджується з теоретичними аналогами.

Гравіметричні спостереження. У результаті високоточних спостережень за припливними змінами нахилу та сили тяжіння знаходять параметри γ і $\Delta\varphi$, за якими отримують числа Лява, що характеризують пружні властивості Землі і сприяють вибору теоретичної моделі її внутрішньої будови.

Після Другої світової війни для уточнення існуючих та складання нових гравітаційних карт замість маятникових приладів стали широко використовувати гравіметри. Ці прилади виявились дуже зручними для неперервного моніторингу припливних змін сили тяжіння після модернізації їх системи реєстрації шляхом використання дзеркальних гальванометрів. Перші спостереження за припливними змінами сили ваги у колишньому СРСР виконані в Полтаві у 1955 р. З.М. Аксентьєвою за допомогою гравіметра «Граф-2» [Аксентьєва, 1967]. Незважаючи на те, що цей інструмент виявився дуже недосконалим, вдалось отримати з невисокою точністю за результатами серії спостережень тривалістю чотири місяці припливний параметр γ для двох найбільших припливних хвиль M_2 і O_1.

На початку 1960-х років обсерваторія отримала високоточні гравіметри «Аскания» GS-11 і GS-12. Це дало змогу виконувати спостереження за варіаціями сили тяжіння у двох напрямах. Перший напрям передбачав визначення параметрів припливних хвиль на тимчасових станціях упродовж одного-двох років у регіонах, які становлять інтерес у тектонічному сенсі. Другий — визначення впродовж тривалого періоду часу на базовій земноприпливній станції у Полтаві параметрів γ і $\Delta\varphi$ основних припливних хвиль з максимально можливою високою точністю, вдосконалення методики спостережень, виявлення тонких ефектів: ймовірної зміни пружних властивостей кори і мантії внаслідок дії глибинних процесів всередині Землі, запізнення земного припливу, резонансного впливу рідкого ядра на земні припливи тощо. Для встановлення гравіметра у Полтаві збудовано спеціальну підземну камеру на глибині 4 м з подвійними стінами та масивним постаментом.

Перший ряд спостережень із гравіметром GS-11 у 1961—1964 рр. виконано у Полтаві І.О. Дичком. Отримані ним результати за точністю були одними з найкращих у світі на той час. Крім того, він зробив важливий висновок щодо інструментального впливу на запізнення земного припливу за фазою.

У 1964—1971 рр. П.С. Корба виконав гравіметричні земноприпливні спостереження у Криму на трьох станціях, що суттєво різняться між собою геологією, тектонікою та рельєфом: «Сімферополь» — межа степової та гірської частин Криму, «Бахчисарай» — гірський регіон, «Ялта» — південне узбережжя півострова. Незважаючи на дуже розчленований рельєф і складну глибинну будову в місцях розташування трьох пунктів, числові характеристики земного припливу в межах точності спостережень збіглись між собою. Отримані результати показали, що місцеві та локальні особливості будови земної кори не впливають на

результати припливних гравіметричних спостережень. Перші результати спостереження у Полтаві та Криму дали змогу впевнено отримати різниці амплітудних факторів $\Delta\varphi$ для припливних хвиль O_1 і K_1, які відображають ефект динамічного впливу рідкого ядра Землі на її припливні деформації. Втім отриманої точності було явно недостатньо для вибору конкретної теоретичної моделі внутрішньої будови нашої планети.

Під час другого ряду гравіметричних спостережень за вдосконаленою методикою у Полтаві у 1973—1976 рр. двома гравіметрами GS-11 і GS-12 (П.С. Корба, В.Г. Булацен, В.П. Шляховий, І.О. Дичко) виявлено значні (близько 2 %) розбіжності у визначені параметра δ для різних приладів у різні роки спостережень. Виконані спеціальні інструментальні дослідження виявили конструктивні недоліки мікрометричного вузла гравіметрів, які здатні викликати систематичні похибки в амплітудних характеристиках припливу. Гравіметри було модернізовано та запропоновано вдосконалену методику визначення чутливості приладів, яка виключає використання мікрометричного вузла гравіметра (П.С. Корба, В.Г. Баленко, В.П. Шляховий, В.Г. Булацен).

Земноприпливні спостереження гравіметром GS-12 у Полтаві впродовж 1980—1981 рр. та GS-11 і GS-12 у 1987—1997 рр. (з нетривалими пропусками, зумовленими ремонтом і модернізацією інструментів та виконанням їх необхідних досліджень) слід вважати еталонними, оскільки під час їх виконання були враховані всі відомі джерела похибок, що дало змогу отримати максимально високу точність. Так, параметр γ найбільшої припливної хвилі M_2 отримано з похибкою менш як 0,1 %, а хвиль O_1, K_1, S_2 — менше як 0,2 %. Середня квадратична похибка фазового фактора $\Delta\varphi$ не перевищувала величини 0,1° (В.Г. Баленко, В.Г. Булацен, В.Г. Павлик, А.М. Новікова).

У 1982—1985 рр. виконувались гравіметричні спостереження з модернізованим гравіметром GS-12 на станції «Сімеїз», яка розташована на Південному березі Криму. Результати спостережень підтвердили наявність незначної систематичної похибки при визначенні припливних параметрів γ на станціях «Сімферополь», «Бахчисарай» та «Ялта» внаслідок використання мікрометричного вузла гравіметра при його калібруванні.

Гравіметричні припливні спостереження виконувались на п'яти станціях України у різні епохи, опрацьовувались різними методами і були неоднорідні за точністю. Тому виникла необхідність їх повторного аналізу за найсучаснішими на той час методиками для приведення до єдиної системи, що й було зроблено наприкінці 1990-х років. У результаті переобробки раніше виконаних спостережень на земноприпливних станціях у Полтаві та Криму точність визначення параметрів припливних хвиль зросла у 2—3 рази. Для фундаментального гравіметричного пункту в Полтаві було отримано представницьке значення земноприпливних параметрів γ і $\Delta\varphi$ для 14 основних припливних хвиль на епоху 1997 р. Порівняння отриманих зі спостережень величин γ і $\Delta\varphi$ після введення необхідних поправок з теоретичними аналогами для найімовірніших моделей внутрішньої будови Землі дало змогу зробити висновок, що модель Молоденського II найліпше відповідає результатам гравіметричних припливних спостережень (В.Г. Баленко, В.Г. Булацен, П.С. Корба, В.Г. Павлик).

Для отримання надійних результатів гравіметричних спостережень потрібно постійно здійснювати інструментальні дослідження та модернізацію апаратури відповідно з набутим досвідом і прогресом в елементній базі електроніки, вдосконалення первинної обробки та аналізу спостережень, вивчати вплив зовнішніх чинників на земноприпливні параметри з метою їх врахування або методичного виключення. Серед найвагоміших результатів у цій діяльності слід зазначити таке: встановлення фотоелектричних перетворювачів і нову методику визначення чутливості гравіметрів без використання мікрометричного вузла (В.Г. Баленко, В.Г. Булацен), вигo-

товлення та використання спеціальної платформи для визначення масштабного коефіцієнта припливної кривої методом нахилу (В.Г. Баленко, В.О. Овчинніков), дослідження на підставі неперервних 11-річних спостережень (1982—1993 рр.) закономірностей варіацій атмосферного тиску як основного метеорологічного чинника, що впливає на періодичні зміни сили тяжіння, за допомогою високоточного барографа, розробленого і виготовленого в обсерваторії (В.Г. Баленко, В.Г. Павлик, А.М. Кутний).

Спостереження, які виконувались обсерваторією впродовж багатьох років, високо оцінені Міжнародним центром земних припливів і зберігаються в їх базі даних.

Участь ПГО в міжнародній програмі MERIT. Науково-технічний прогрес і початок космічної ери у 2-й половині XX ст. значно прискорили розвиток астрометрії. До 1980 р. було уточнено і розширено фундаментальні каталоги зірок (FK5) і прийнято нову теорію прецесії-нутації земної осі IAU1980. Обробка астрооптичних спостережень потребувала застосування нових стандартів. Також розгорталися новітні технології координатних вимірювань: SLR — лазерної локації штучних супутників, LLR — лазерної локації Місяця, VLBI — радіоінтерферометрії з наддовгими базами, DORIS — доплеровські спостереження штучних супутників Землі.

Для відпрацювання умов впровадження новітніх методів визначень (параметрів обертання Землі) було організовано міжнародну програму MERIT (Monitor Earth Rotation and Intercompaire the Techniques of observation and analysis). Результати, отримані новими методами, необхідно було узгодити як між собою, так і з чинною (базовою) на той час астрометричною системою. Проєкт потребував інтенсифікації астрометричних спостережень на інструментах, що входили до світових мереж BIH та IPMS, а також оперативної передачі результатів спостережень у Міжнародні центри обробки інформації при BIH, IPMS і Шанхайській обсерваторії.

До цього моменту астролябія була забезпечена автономною службою часу. Завдяки цьому з 1983 р. на інструменті розпочались строгі визначення поправок часу — UT0-UTC. Всю організаційну роботу по забезпеченню участі ПГО в основній кампанії спостережень за програмою MERIT виконав завідувач відділу вивчення обертання Землі А.В. Гожий. Кампанія тривала 14 місяців — з 1 вересня 1983 р. по 31 жовтня 1984 р. У ПГО були задіяні три інструменти та колектив досвідчених і кваліфікованих спостерігачів.

З 1983 р. широти, визначені на трьох інструментах, і поправки часу зі спостережень на астролябії оперативно передавались у Головний метрологічний центр Державної служби часу і частоти СРСР, в якому також опрацьовувались результати не лише астрооптичних, а й супутникових спостережень.

Після завершення програми MERIT розпочалась масштабна переобробка результатів астрометричних спостережень у системі каталогу FK5 із застосуванням астрономічних постійних за стандартами IAU1980. Цьому сприяла реалізація програми видимих місць зірок, створеної М.М. Заливадним, а також пакета прикладних програм ASTROSET, розробленого В.М. Горбанем. Було проведено повну переобробку рядів, отриманих на зеніт-телескопах Цейса і ЗТЛ-180 та астролябії. У цих роботах підбито підсумки виконання проєкту Орлова—Федорова з вивчення змін середньої широти і уточнення коефіцієнтів нутації. Так, за спостереженнями чотиригрупової програми було отримано значення постійної головного члена нутації: N=9,20297⇒. За аналогічними визначеннями зі спостережень ряду яскравих зірок отримано величину N=9,202548″.

Історія астрономічних спостережень у ПГО в епоху після HIPPARCOS. Стрімкий розвиток новітніх технологій координатних вимірів, тестування яких відбулося під час програми MERIT, дав змогу повністю перейти на їх застосування для визначень параметрів обертання Землі. У 1988 р. на заміну міжнародним службам IPMS і BIH,

що функціонували на основі глобальної мережі ≈90 астрометричних інструментів, було створено сучасну Міжнародну службу обертання Землі (IERS), яка застосовує дані вимірювань засобами LLS, LLR, GNSS, VLBI, DORIS. Точність визначень параметрів орієнтації Землі підвищилась на 1—2 порядки.

Розпочався завершальний етап існування класичної астрометрії. Завершення функціонування стосувалось не лише інструментів для визначень координат, а й всієї наземної астрометрії. Космічна місія ESA HIPPARCOS (HIgh Precision PARallax COllecting Satellite — «супутник для збору високоточних паралаксів») у 1989—1992 рр. забезпечила високоточний каталог положень, власних рухів і паралаксів зірок на мілісекундному рівні точності. Фактично відпала потреба у позиційній астрометрії, для якої атмосферні впливи є нездоланною завадою.

І все ж для спеціалістів у сфері класичної астрометрії лишалось поле діяльності. У 1991 р. на XXI з'їзді МАС (Буенос-Айрес) було сформульовано задачу використання довготривалих астрометричних рядів для вивчення варіацій локальних вертикалей, які визначають напрямок сили тяжіння (НСТ) на пункті спостережень. Куратором цього проєкту мала бути Шанхайська обсерваторія, куди мали надходити астрономічні дані. Проте на початку 1990-х років відбулось різке згортання астрооптичної мережі. Згідно з даними бюлетеня Шанхайської обсерваторії за 1995 р., кількість активних інструментів зменшилась до 28 (менше третини мережі ВІН). Скорочення астрономічних спостережень торкнулося і нашої обсерваторії. У 1996 р. зупинилися спостереження на зеніт-телескопі Цейса.

Дослідження Полтавської гравіметричної обсерваторії у сучасний період. ***Астрооптичні дослідження.*** Довготривалі астрооптичні ряди містять інформацію про зміни гравітаційного поля, спричинені як глобальними, так і регіональними геодинамічними процесами.

Визначення змін НСТ із аналізу довготривалих рядів стало можливим завдяки застосуванню: 1) високоточних каталогів (HIPPARCOS, ARIHIP, Tycho-2); 2) уточнених рядів координат полюса (моделі C01 IERS, C04 IERS); 3) удосконалених теорій обертання Землі (IAU2000); 4) моделі тектоніки плит (NUVEL-1A).

Виявилось, що декадні компоненти змін НСТ у напрямку меридіана, виділені в широтних рядах призмової астролябії та яскравих зенітних зірок, мають подібний характер, що вказувало на об'єктивність змін гравітаційного поля. Така інформація є одним із джерел для моделювання як глобальних, так і регіональних геодинамічних процесів. Для пояснення поведінки декадної компоненти НСТ розглядалися деякі гіпотези про глобальні та регіональні геодинамічні процеси, наприклад, гіпотеза Ю.В. Баркіна про північний дрейф ядра Землі відносно мантії.

Також у ряді варіацій НСТ зі спостережень на астролябії виявлена низькочастотна компонента з періодом близько 12 років, асинхронна головному циклу сонячної активності з коефіцієнтом кореляції K=–0,7. Не виключено, що саме такі хвилі в повільних змінах широти Полтави, Потсдама і Парижа зі спостережень на астролябіях були відмічені М.І. Панченком і А.О. Славінською. Залежність варіацій локальних вертикалей від сонячної активності виявлена для багатьох широтних станцій: Карлофорте, Гейтесберг, Китаб, Міцузава, Юкая, Пулково, Вашингтон. Проте в ряді спостережень яскравих зірок у Полтаві сонячна хвиля чітко не проявилася. Дослідження рефракційних зміщень зеніту під час спостережень груп зірок на астролябії виявили статистично стійкі режими атмосферної циркуляції на тривалих інтервалах. У періоди підвищення сонячної активності переважали зміщення рефракційного зеніту в південному напрямку, що й зумовило від'ємне значення кореляції. Це може означати, що «сонячна хвиля» має атмосферне походження. Втім причини встановлення стійких режимів у атмосфері потребують додаткового вивчення і пояснення.

У 1991—1995 рр. М.М. Заливадний та

К.І. Курисько вивчали атмосферні процеси на матеріалі спостережень з призмовою астролябією для виявлення короткоперіодичних коливань зеніту на частотах атмосферних гравітаційних хвиль. Було складено розширену програму (близько 150 зірок протягом 5—6 годин) і проведено серії спостережень такої групи зірок кожного сезону. Попередній аналіз даних підтвердив достовірність хвильових процесів в атмосфері (М.М. Заливадний).

Функціонування GPS-станції в ПГО та застосування даних спостережень у геодинамічних дослідженнях. У ПГО 2001 р. було встановлено GPS-станцію. Від 2008 р. Європейський центр ГНСС EUREF класифікував Полтавську GPS-станцію як опорну в системі Європейської перманентної мережі (EPN).

Автономна обробка GPS-спостережень у Полтаві не проводиться. Геодинамічні дослідження виконуються на підставі обробки даних центрами EPN EUREF. Служба EUREF дає доступ до широкого набору результатів GPS-спостережень для кожної з її станцій. З 2018 р. для Полтави доступні добові значення координат.

Найзручнішими в геодинамічних дослідженнях є дані стосовно зміни координат пункту в локальній системі, що задається трьома осями (N, E, U) — північною, східною та вертикальною відповідно, з центром у точці спостережень. Локальна система дає наочну картину динаміки земної кори в заданому пункті. У системі ITRS вказані координати містять глобальні зміщення, що охоплюють і тектонічні рухи Євразійської плити. У системі ETRS89 ряди координат характеризують «внутрішньоплитні» деформації земної кори з часом у відповідних напрямках.

Паралельні астрооптичні та GPS-спостереження тривали в ПГО майже два десятиліття. Порівняння змін геодинамічних параметрів, отриманих цими засобами: неполярних зміщень зеніту в меридіані Полтави зі спостережень на призмовій астролябії та N-компоненти зміщень земної кори за даними GPS-станції дає змогу з'ясувати, чи можливе їх узгодження в рамках єдиної моделі, що характеризує розвиток геодинамічної обстановки на пункті «Полтава».

Структурний аналіз рядів указаних параметрів виявив існування близьких за періодами циклічностей. Найзначущі хвилі мають періоди: близько 11 («сонячна» хвиля), 3,2, 2,8, 1,0, 0,5 та 0,32 рр. Такий спектр є в N-компонентах інших GPS-пунктів (Голосіїво, Миколаєва, Кракова, Вроцлава, Йозифослава), як і в астрооптичних рядах багатьох обсерваторій. Це засвідчує існування циклічних масштабних геофізичних процесів, що викликають збурення розглянутих геодинамічних параметрів.

Зіставлення тренду *N*-компоненти зміщень земної кори та дрейфу зеніту (≡НСТ) на пункті Полтави за період 2001—2021 рр. показало протилежні напрямки змін параметрів. Зміщення пункту відбувалось у північному напрямку зі швидкістю +0,3 мм/р., а дрейф зеніту — в південному напрямку із середньою швидкістю –0,9 мсд/р. Така поведінка геодинамічних параметрів узгоджується в рамках гіпотези про нарощування глибинної маси в зоні Полтавського рифтогенного вузла, кликаного магматичною активністю.

Результати наведених досліджень наочно показують необхідність застосування різноманітних засобів вимірювань на геодинамічних пунктах.

Організація станції сумісних астрономічних, геодезичних і геофізичних спостережень. У період кризової ситуації 1990-х роках під керівництвом А.В. Гожого запроваджуються нові методи визначення координат за допомогою лазерної локації супутників (ЛЛС) і глобальної навігаційної супутникової системи (ГНСС), реалізується поєднання старих методів спостережень і нових. Для цього за участю інженера-будівельника О.Н. Заїки та працівників відділу М.Ф. Тищука (рис. 25), В.В. Некрасова, О.В. Борисюка у с. Степанівка на базі лабораторного корпусу РТ УРАН-2 створюється станція сумісних астрономічних, геодезичних і геофізичних спостережень (станція САГГС або геодинамічна станція «Степанівка»).

Рис. 25. Микола Федорович Тищук.

У Полтаві на будівлі головного корпусу ПГО створюється пункт (О.Н. Заїка) і встановлюється перманентна ГНСС-станція (2001 р.), що увійшла до європейської мережі. У Полтаві і Степанівці створюються локальні координатні мережі фахівцями Українського центру стандартизації і метрології (УкрЦСМ) із групи О.М. Самойленка (2000 р.). Епізодично з 1999 р. виконуються ГНСС-спостереження на відповідних пунктах локальних координатних мереж спеціалістами Українського державного аерогеодезичного підприємства (УкрДАГП), Полтавагеодезцентру та інших організацій з обробкою в ГАО чи в Науково-дослідному інституті геодезії і картографії (Київ). Це дало змогу відстежувати просторові рухи ГНСС-пунктів і прив'язати астрономічні та геофізичні інструменти обсерваторії до відповідних міжнародних систем координат.

Створення станції у Степанівці відбувалося на підставі тих конструктивних особливостей, які були закладені при будівництві лабораторного корпусу РТ УРАН-2 у 1980-х роках. Там передбачалась можливість виконання звичайних астрономічних спостережень на двох зовнішніх пунктах, де встановлені півсферичні металеві куполи; а також експериментальних — з двох місць підвальної кімнати, де були закладені цементні круги і здійснене часткове бетонування майбутніх постаментів. Над ними були зроблені наскрізні вертикальні отвори через всі перекриття будівлі в напрямку на зеніт, а над більшим із них — ще похилий отвір в напрямку на Полярну зірку; отвори були закриті залізними кришками.

Будівництво станції розпочалося з облаштування павільйону для лазерно-віддалемірних спостережень у верхній частині західної цегляної круглої башти (діаметром 3 м, висотою 11 м) з металевим півсферичним куполом з вертикально орієнтованою щілиною (основні будівельні роботи виконував інженер-будівельник О.Н. Заїка у 1992—1993 рр.). У цьому куполі встановили лазерно-віддалемірний комплекс ЛД-2к, який передала ГАО НАН України. Разом з цим комплексом у ПГО прибув високодосвідчений спеціаліст В.В. Некрасов, який і очолив напрям ЛЛС. Протягом 1994—1997 рр. проводились експериментальні спостереження низькоорбітних штучних супутників Землі Ajisai, Topex, Adeos та інших в режимі випробувань апаратного комплексу і його модернізації (В.В. Некрасов, М.Ф. Тищук, О.В. Борисюк). Початкова обробка спостережень здійснювалася у ПГО, а основна — в ГАО. Точність виміру відстаней до супутників була покращена з 1,5 м до 0,4—0,5 м. Проте й вона не була достатньою на той час. Основні причини низької точності спостережень — застаріла електронна апаратура комплексу та невідповідна конструкція купола. Спостереження на цьому пункті були припинені. Для подолання другої вади в серпні 1997 р. почалось будівництво нового павільйону в північно-східній верхній частині лабораторного корпусу РТ за участю О.Н. Заїки і згаданих вище спо-

стерігачів. Цей павільйон був прямокутної форми в плані, з відкатним дахом, з можливістю огляду неба і локації супутників у будь-яких напрямках. Однак будівництво не було завершене через скорочення фінансування у зв'язку зі зменшенням кількості пунктів спостережень ЛЛС в Україні і припиненням їх діяльності у Полтаві. Протягом 1997—1999 рр. разом з будівництвом основної частини нового павільйону для ЛЛС продовжувалося створення інших об'єктів станції САГГС. Ті самі співробітники виконали необхідну для подальших робіт реконструкцію верхньої північної частини лабораторного корпусу РТ і будівництво основного ГНСС-пункту (у вигляді залізного чотириногого штатива на металевій решітці, прикріпленій до залізобетонної плити, яка лежить на несучих стінах будівлі). Цей пункт під назвою «УРАН-Степанівка» увійшов до Державної геодезичної мережі України. Згодом А.В. Гожий і М.Ф. Тищук заклали азимутальний ГНСС-пункт у вигляді ґрунтового репера та завершили створення основного постаменту фундаментального геодинамічного пункту (ФГП) у підвалі лабораторного корпусу РТ. Протягом 2000—2001 рр. А.В. Гожий і М.Ф. Тищук завершили створення допоміжного постаменту ФГП неподалік від основного та заклали шість стінних реперів зовні по периметру будівлі. Заплановано, що наскрізні отвори над постаментами слугуватимуть для редукційних вимірів — передачі координат від зовнішніх пунктів спостережень до марок постаментів ФГП, а також для інших можливих цілей. Для забезпечення можливості використання вертикального наскрізного отвору над основним постаментом ФГП О.Н. Заїка, Д.О. Заїка, М.Ф. Тищук та інші у 2004 р. забетонували підлогу під східним куполом лабораторного корпусу РТ із закладенням двостулкової ляди.

На сьогодні М.Ф. Тищук забезпечує функціонування станції САГГС. Він вивчає просторову і висотну динаміку її пунктів, динаміку нахилів земної поверхні, а також стабільність лабораторного корпусу РТ. Для цього використовує результати попередніх ГНСС-кампаній на двох пунктах. Виконує з 2001 р. періодичні нівелірні роботи в локальній висотній мережі. Проводить з 2009 р. щотижневі нахиломірні спостереження в напрямках N—S і W—E чотирма приладами конструкції Б.О. Соколова на основному постаменті ФГП, а також супутні їм гідрометеорологічні виміри. М.Ф. Тищук визначив кореляції між нахилами і температурами. Показав, що нахили земної поверхні мають річний період. Отримав для відтинку 2010—2016 рр. характеристики річної хвилі для кожного приладу: амплітуди і періоди — зі спектрального аналізу Фур'є; амплітуди, періоди, фази та їх зміни в часі — методом сезонної декомпозиції й коректування (Census X-11). Виявив відмінності в роботі приладів у північній і південній частинах постаменту. Стосовно редукційних вимірів на станції поки що здійснюється передача лише висотної складової координат від зовнішніх точок локальної висотної мережі до марок постаментів ФГП. Крім того, слід зазначити, що з кінця 2023 р. на основному пункті ГНСС-спостережень діє станція VeroStar VSP6037L, встановлена працівниками Інституту іоносфери НАН і МОН України. У майбутньому її результати також будуть задіяні для аналізу. Потенційно на станції САГГС можуть бути організовані й інші види спостережень.

Геофізичні дослідження. Економічна криза наприкінці 1990-х років унеможливила подальший активний розвиток нахиломірних спостережень на станціях України. Гравіметри Асканія, які активно використовували 40 років, вичерпали свій технічний ресурс і морально застаріли. У світі для вивчення земних припливів стали використовувати надпровідникові гравіметри, придбати які обсерваторія не мала змоги. Тому подальші роботи були спрямовані на модернізацію земноприпливної апаратури, вдосконалення методики і системи реєстрації геофізичних сигналів, вивчення впливу екзогенних чинників на динаміку земної поверхні та розробку методів їх урахування та вилучення зі спостережень.

Розроблену в ПГО комп'ютерно-цифрову технологію для реєстрації сейсмічних і нахиломірних сигналів було вперше застосовано на початку 2000-х років на станції «Херсонес» поблизу Севастополя та у Полтаві. Це дало змогу досліджувати глобальні та регіональні геофізичні явища в пунктах, рознесених на відстань у 600 км. Глибока модернізація гравіметрів Асканія сприяла створенню земноприпливного комплексу у складі гравіметра та сейсмонахиломірів для паралельної реєстрації сейсмічної, гравіметричної та нахиломірної інформації (В.П. Шляховий, В.В. Шляховий). Цей комплекс встановлений у Полтаві і на постійній основі здійснює моніторинг геосередовища, а саме: отримує і вивчає геофізичні сигнали надпотужних землетрусів, що відбуваються у світі, та землетрусів найближчої до України сейсмоактивної зони Вранча, досліджує місцеві порушення деформаційного режиму земної кори техногенного характеру. Детально вивчено спектральний склад і виконано порівняльний аналіз деформаційних сигналів під час потужних вибухів на складах боєприпасів у 2017—2018 рр. (Балаклія, Калинівка, Ічня), створено методику, яка дає змогу надійно виявляти вибухи в сейсмоприпливних записах, навіть за великого рівня шуму. Вивчаються спектрально-кореляційні особливості слабих місцевих землетрусів, яких за період 2010—2025 рр. відбулось аж 19, хоча ще недавно центр Дніпровсько-Донецької западини вважали асейсмічною зоною. Аналіз сейсмогеодинамічних сигналів щодо ракетних і дронових обстрілів вказує на їх можливу параметризацію на відстанях до 300 км (В.П. Шляховий, Р.В. Шиян).

Розроблено методику підготовки вихідного матеріалу земноприпливних спостережень, що значною мірою дає змогу уникнути впливу метеорологічних збурень і суттєво підвищити точність визначення земноприпливних параметрів та чисел Лява. Здійснено переобробку спостережень на 20 найнадійніших нахиломірних та усіх 5 гравіметричних пунктах України. Отримано земноприпливні параметри та числа Лява, які слід вважати репрезентативними на цю епоху для України: припливні параметри за нахиломірними даними — γ=0,69295±0,00081, $\Delta\varphi$=–0,44°±0,20°; за гравіметричними даними — δ=1,15680±0,00021; $\Delta\varphi$=–0,00°±0,03°; числа Лява k=0,3005±0,0017 і h=0,6067± ±0,0025. Точність визначення чисел Лява зросла у 2,5 рази порівняно з отриманими раніше аналогічними величинами 1987 р. Різниці гравіметричного та нахиломірного амплітудних факторів припливних хвиль K_1 і O_1, що характеризують динамічний ефект та стан внутрішнього ядра, найкраще узгоджуються з теоретичними моделями Землі Гутенберга—Булена, Вара, Метьюза (А.М. Кутний).

Застосування розробленої в ПГО методики мінімізації впливу зовнішніх збурень при опрацюванні результатів 12-річних нахиломірних спостережень в обвалонебезпечній зоні м. Соледара дало змогу вперше на практиці виявити динаміку припливних параметрів у разі зміні несучої здатності підпірних стін соляної шахти. У процесі засипання відпрацьованих підземних галерей шахти сіллю для ліквідації аварійного стану аномальні припливні параметри наближаються до свого регіонального значення. Отримані результати переконливо довели реальну можливість використання земноприпливного методу для контролю та прогнозу обвалонебезпечного стану та споріднених явищ земної кори техногенного походження (А.М. Кутний, Т.М. Бабич).

На підставі спеціальних досліджень встановлено, що причиною систематичних збурень параметрів припливних хвиль є деформаційні процеси шару ґрунту на глибині 10—25 см, зумовлені локальними, ендогенними та екзогенними чинниками, серед яких основну роль відіграють нестабільність температурного поля, вологість ґрунту та довжина температурних хвиль в околі нахиломірного пункту. Показано можливість із залученням теорії термопружних деформацій, фізичних властивостей ґрунту та параметрів температурного поля в околі нахиломірного пункту

очистити параметри добових припливних хвиль від систематичних температурних збурень для підвищення достовірності їх визначення (А.М. Кутний, В.Г. Павлик, Т.М. Бабич).

Наприкінці 1980-х років створено три невеликі геодинамічні полігони, обладнані засобами геодезичних, геофізичних і гідрометеорологічних спостережень. На цих полігонах здійснюється постійний моніторинг динаміки земної поверхні для вивчення впливу екзогенних чинників гідрометеорологічного походження на її рухи. Найбільшу увага приділено вертикальній компоненті, що найбільш чутлива до зовнішніх збурень. Отримані зі спостережень на полігонах повільні, сезонні та епізодичні величини локальних вертикальних рухів гідрометеорологічного походження часто перевищують точність сучасних геодинамічних визначень. Завдяки виявленню закономірностей локальних вертикальних рухів підвищено точність і достовірність інтерпретації високоточних геодезичних спостережень, які виконуються на фізичній поверхні Землі та використовуються для визначення просторово-часових характеристик тектонічних і техногенних рухів земної поверхні. Також здійснюється постійний високоточний контроль впливу локальних екзогенних чинників на вертикальну компоненту міжнародної перманентної ГНСС станції «Полтава» (В.Г. Павлик, А.М. Кутний, Т.М. Бабич).

Історія створення балістичного гравіметра в ПГО. У 50—60-х роках XX ст. розпочались роботи зі створення балістичних гравіметрів, заснованих на принципах вимірів вільного падіння тіла. У ПГО, що була однією з провідних установ у сфері гравіметрії, також були розпочаті роботи з вирішення цього завдання (Б.І. Бродський) (рис. 26).

У ПГО були розроблені два типи балістичних гравіметрів БГУ-1 та БГУ-2. Робота з реалізації цих проєктів проводилась з 1968 р. Головним виконавцем на всіх етапах — проєктування, створення системи реєстрації, удосконалення всіх вузлів комплексу — був Б.І. Бродський. Значний

Рис. 26. Бенцион Ісакович Бродський.

внесок у доробку та налаштування механічних та оптичних вузлів вимірювального комплексу зробив видатний механік ПГО В.О. Овчинніков.

Уже в 1972 р. було апробовано перший екземпляр установки БГУ-1. Виявлені недоліки в роботі комплексу змусили продовжити роботи зі створення досконалішого зразка гравіметра (БГУ-2).

Робота зі створення БГУ-2 виконувалась упродовж двох десятиліть. Головною причиною такої тривалості була спроба застосувати перспективну конструкцію суміщеного падіння, коли тіло з призмою падає всередині камери, яка сама також падає з деяким випередженням тіла вздовж двох напрямних. Це давало змогу зменшити вплив залишків повітряних молекул у корпусі гравіметра і отримати максимальну точність вимірювань. За проєктом Б.І. Бродського на одному з полтавських заводів було виготовлено камеру з ліфтом. Проте довести гравіметр цієї конструкції до робочого стану не вдалося. Після випробувань кількох інших варіантів запуску пристрою від початкової ідеї довелось відмовитися і реалізували простішу конструкцію. Слід зауважити, що метод поєднаного

падіння тіла і камери в абсолютних гравіметрах був реалізований наприкінці 1990-х років фірмою Micro-g LaCoste (США) у гравіметрах FG5 і A10.

Нова конструкція БГУ-2 стала діючою завдяки майстерності механіка ПГО В.О. Овчіннікова. Паралельно Б.І. Бродський розробляв автоматизовану систему реєстрації та обробки вимірювань за допомогою БГУ-2. На початку 2000-х років у ПГО було розпочато пробні виміри прискорення сили тяжіння за допомогою системи БГУ-2 (рис. 27).

Нижче наведено основні оптико-механічні характеристики вимірювального комплексу.

1. Вакуумна камера заввишки 1 м, усередині якої у верхньому плечі лазерного інтерферометра відбувається вільне падіння пробного тіла.

2. Вільно падаюче тіло — трипель-призма, закріплена всередині алюмінієвого циліндра з конусом унизу, масою — 1,180 кг.

3. Нижня платформа, оснащена нівелірними гвинтами. На ній закріплені: газовий гелієво-неонний лазер, дзеркала, коліматор, світлороздільна пластина, трипель-призма нижнього плеча інтерферометра, фотоприймач.

4. Ліфт, який забезпечує підняття тіла, до його фіксації електромагнітом у верхньому (початковому) положенні.

5. Пастка, яка ловить падаюче тіло, в нижній частині камери.

6. Форвакуумний насос ВН-461М.

У 2023 р. талановитим інженером О.І. Халявіним розпочато роботи з відновлення функціонування та модернізації БГУ-2. Механічні та оптичні складові установки залишились без змін. За час паузи в роботі БГУ-2 відбувся значний прогрес у сфері електроніки та обчислювальної техніки. Тому в першу чергу було виконано модернізацію системи реєстрації процесу вимірювань БГУ-2.

Подальша модернізація проєкту мала наступні особливості: 1) низьку вартість; 2) універсальність; 3) малогабаритність; 4) технологічність — можливість програмування внутрішніх елементів мікросхеми (тактові частоти, порти введення-виводу, USART(COM) порт ПК, таймери, оперативна пам'ять), управління механізмами приладу, наявність розвинених бібліотек програмування.

Рис. 27. Комплекс абсолютного балістичного гравіметра БГУ-2.

Комплексні теоретичні дослідження у сфері геодинаміки, геотектоніки та геофізики. З 2001 р. комплексними теоретичними дослідженнями в області глобальної та регіональної геодинаміки, сучасної та регіональної геотектоніки, плитної та внутрішньоплитної геотектоніки та геофізики на основі варіаційного скінченоелементного методу, комбінованого скінчено-елементно-різницевого методу та інших аналітичних методів займається М.В. Лубков (рис. 28), який у 2016 р. захистив докторську дисертацію з фізико-математичних наук за спеціальністю «Геофізика» і з 2017 р. очолює ПГО.

Створені ним алгоритми та обчислювальні пакети програм дали змогу отримати якісно нову інформацію щодо: а) впливу реології та неоднорідності мантії, а також в'язкості рідкого ядра Землі на її обертальні параметри; б) характерних рис сучасних вертикальних рухів генетичних локальних структур ДДЗ і їх напружено-деформованого стану на сучасному етапі розвитку, а також особливостей сучасних горизонтальних рухів ДДЗ, впливу сучас-

Рис. 28. Михайло Валерійович Лубков.

них розломно-блокових рухів ДДЗ на гравітаційне поле; в) впливу субгоризонтальних геотектонічних рухів і напружень на формування та розвиток ДДЗ, особливостей геотектонічного формування та розвитку Західно-Чорноморської западини (ЗЧЗ), особливостей напружено-деформованого стану та аномального гравітаційного поля у вогнищі землетрусу, змін нахилів земної поверхні в зонах активних розломів, впливу різноспрямованих блокових рухів на формування геоструктур; г) напружено-деформованого стану океанічних літосферних плит у процесі їх згину, особливостей механічної поведінки океанічних літосферних плит у зоні субдукції, процесів середньо- і великомасштабного складкоутворення в осадовому шарі земної кори; д) розподілу середніх фонових температурних полів у регіоні ДДЗ, особливостей теплових процесів у зоні сучасної активізації (СА) ДДЗ, еволюції теплових полів ДДЗ у герцинський період, теплової моделі розвитку ЗЧЗ, особливостей процесу нагрівання океанічної літосфери в зоні субдукції, теплових особливостей передачі магми по розломах; е) процесів складкоутворення в зоні колізії континентів; ж) впливу геотектоніки на формування структури родовищ геосолітонового типу; з) впливу сучасних геотектонічних рухів на формування родовищ нафти і газу; к) утворення вуглеводневих пасток у локальних соляних структурах ДДЗ; л) зсувних процесів у неоднорідних за формою та внутрішньою будовою антиклінальних геоструктурах під дією гравітаційного навантаження; м) деформування соляних діапірів унаслідок гравітаційної плавучості.

Зазначені вище результати досліджень опубліковані у періодичних фахових виданнях, які цитуються в міжнародних наукометричних базах.

Теоретичні та прикладні дослідження у галузі нафтогазовидобування. М.В. Лубков на основі комбінованого скінченно-елементно-різницевого методу та інших аналітичних методів також системно займається теоретичними та прикладними проблемами у галузі нафтогазовидобування. Ним були розв'язані задачі в галузі нафтовидобування, а саме: а) розподіл тиску в неоднорідних нафтоносних пластах в умовах промислового видобування; б) фільтрація у вертикально-неоднорідних нафтоносних пластах; в) фільтрація у неоднорідних анізотропних нафтоносних пластах; г) витіснення нафтової фази у неоднорідних анізотропних пластах; д) фільтраційні процеси навколо горизонтальних свердловин у важкодоступних анізотропних нафтоносних пластах; е) нагрів нафтоносного пласта з метою збільшення нафтовіддачі; ж) динаміка виснаження нафтоносного пласта; з) підтримка видобутку нафти у слабопроникних пластах; к) збільшення нафтовіддачі у слабопроникних анізотропних пластах; л) оптимальне розміщення горизонтальних свердловин у слабопроникних анізотропних нафтоносних пластах. Було також розв'язано задачі у галузі газовидобування: а) вплив фільтрації газової фази на межах газоконденсатних родовищ; б) заповнення газової шапки геосолітонового родовища; в) процеси

витіснення газової фази в неоднорідних анізотропних газоносних пластах; г) фільтраційні процеси навколо горизонтальної видобувної свердловини у газоносних анізотропних пластах; д) збільшення газовіддачі в анізотропних слабопроникних пластах; е) оптимальне розташування горизонтальних свердловин у слабопроникних анізотропних газоносних пластах. Також було розв'язано задачу про оптимальне розміщення геотермальних станцій в ізотропних та зсувно-ізотропних пористих водоносних пластах. Наведені результати опубліковано у періодичних фахових виданнях, які цитуються у міжнародних наукометричних базах.

Лабораторія декаметрової радіоастрономії. Другим науковим підрозділом ПГО є лабораторія декаметрової радіоастрономії, яка була створена у 1979 р. У перші роки існування лабораторії основним її завданням було будівництво радіотелескопа УРАН-2. Починаючи з 1992 р., коли було введено в дію першу чергу антенної ґратки радіотелескопа, почалися регулярні дослідження радіовипромінювання галактичних і позагалактичних джерел у декаметровому діапазоні хвиль під керівництвом завідуючого лабораторією А.І. Браженка (рис. 29).

Рис. 29. Анатолій Іванович Браженко.

Із завершенням будівництва антени в 2001 р. радіотелескоп УРАН-2 став другим за розмірами та чутливістю українським декаметровим інструментом, його віднесено до національного надбання (Постанова Кабінету Міністрів України від 19.12.2001 р., № 1709). Було продовжено регулярні дослідження різноманітних джерел радіовипромінювання на частотах 8—32 МГц. Розпочато створення радіополяриметра на базі антенної ґратки УРАН-2, який введено в дію у 2005 р. З того року започатковано моніторинг декаметрового радіовипромінювання Сонця та Юпітера.

У 2010 р. радіотелескоп УРАН-2 обладнано широкосмуговим цифровим приймачем DSPz вітчизняного виробництва, характеристики якого залишаються неперевершеними для низькочастотного діапазону. Це дало змогу зробити якісний крок у спостереженнях і зберегти світовий пріоритет української радіоастрономії. У лабораторії декаметрової радіоастрономії отримано вагомі наукові результати міжнародного рівня, що визнані науковим співтовариством в Україні і за кордоном, у сферах дослідження структури позагалактичних об'єктів (радіогалактики, квазари) методами РСДБ на інтерферометрі УРАН-2, вивчення особливостей радіовипромінювання Сонця, Юпітера, Сатурна, пульсарів та інших космічних об'єктів.

Система УРАН і радіотелескоп УРАН-2. Система декаметрових радіоінтерферометрів УРАН (Український радіоінтерферометр Академії наук) є унікальною мережею низькочастотних радіотелескопів, розробленою в Україні для досліджень Всесвіту в декаметровому діапазоні хвиль (довжини хвиль від 9 до 37,5 м, частоти 8—32 МГц). Ця система має п'ять основних інструментів: базовий радіотелескоп УТР-2 (Український Т-подібний радіотелескоп, друга модифікація) і чотири допоміжні — УРАН-1, УРАН-2, УРАН-3 і УРАН-4. Мере-

жа УРАН (рис. 30) функціонує як наддовгобазова інтерферометрична мережа (VLBI), що дає змогу досягти високого кутового розділення на низьких частотах.

Кутова роздільна здатність варіюється від ~30′ (одна антена) до 1,5—5» на 25 МГц у режимі VLBI. Чутливість у режимі VLBI становить близько 10 Янських (Jy), в автономному режимі вона обмежується рівнем галактичного фону, який залежить від напрямку.

Дати введення в дію окремих компонентів системи відображають еволюцію української радіоастрономії у радянський та пострадянський періоди. Базовий УТР-2, розташований у Харківській області (с. Волохів Яр), був введений в експлуатацію у 1972 р. Він залишається найбільшим у світі декаметровим радіотелескопом за ефективною площею. УРАН-1, що знаходиться у м. Змієві (Харківська область), був побудований і введений в дію у 1975 р. УРАН-4, розташований на захід від Одеси, також введено в експлуатацію у 1975 р. Будівництво УРАН-2 у с. Степанівка Полтавської області розпочалось у 1979 р., а повноцінна його експлуатація як автономного інструменту та елементу мережі УРАН стартувала у 1992 р. (рис. 31). УРАН-3, розміщений неподалік м. Шацька (Волинська область), був створений і введений в дію у 1991 р. Ці дати підкреслюють поступовий розвиток мережі, яка на початок 1990-х років стала повноцінною VLBI-системою під егідою Радіоастрономічного інституту НАН України.

Радіотелескоп УРАН-2 як друга за чутливістю антена у світі серед декаметрових інструментів (після УТР-2) є об′єктом, що становить національне надбання України. Він відіграє ключову роль у спостереженнях спорадичного випромінювання Сонця, планет, пульсарів, галактик і квазарів. Його робота в автономному режимі та у складі VLBI дає змогу вивчати астрофізичні процеси, що недоступні на високих частотах. Незважаючи на виклики, пов′язані з військовими діями та обмеженим фінансу-

Рис. 30. Розташування VLBI мережі УРАН на території України.

ванням (зокрема пошкодження УТР-2 у 2022 р.), УРАН-2 продовжує функціонувати, забезпечуючи спостережувані дані для власних і міжнародних наукових проєктів.

Рис. 31. Лабораторний корпус і антена комплексу УРАН-2.

Антенна система УРАН-2. Антенна решітка УРАН-2 спроєктована за принципом широкосмугових короткозамкнених вібраторів (диполів) аналогічно УТР-2, але у зменшеному масштабі для оптимізації під VLBI. Вона складається з 512 елементів, кожен з яких підтримує дві лінійні поляризації. Це дає змогу проводити поляризаційні виміри, важливі при вивченні магнітних полів у джерелах випромінювання, та враховувати при спостереженнях диференціальний ефект Фарадея — поворот площині поляризації падаючої хвилі. Антени виготовлені із сталевого дроту діаметром 1,8 м і довжиною 8 м. Вони встановлені на висоті 3,5 м над землею з герметичними балун-трансформаторами для узгодження з лініями передачі. Ця конструкція забезпечує стабільність і довговічність, незважаючи на зовнішні атмосферні чинники (рис. 32).

Розміри антенного поля УРАН-2 — 238×118 м (рис. 33), що забезпечує геометричну площу близько 28 000 м^2. Ефективна площа, що збирає радіовипромінювання, варіюється залежно від частоти і напрямку: на 25 МГц вона досягає 20 000—28 000 м^2. Така конфігурація робить УРАН-2 високоефективним інструментом виявлення слабких сигналів на низьких частотах, де істотно впливають галактичний фон, іоносфера і земні перешкоди. Диполі розташовані у прямокутній решітці з кроком, оптимізованим для мінімізації бічних пелюсток діаграми спрямованості та досягнення високого коефіцієнта підсилення.

Рис. 32. Елементи решітки антени радіотелескопа УРАН-2.

Система живлення та фазування антени дає змогу формувати промінь із дискретним позиціонуванням. Робочий діапазон 8—33 МГц охоплює область частот, де проявляються ключові астрофізичні ефекти, такі як плазмове та синхротронне радіовипромінювання, розсіювання у міжпланетному середовищі та спотворення сигналу на іоносферних неоднорідностях.

Модернізації антени в 2000-х роках включали поліпшення екранування від перешкод та інтеграцію з цифровими системами, що підвищило загальну ефективність.

Система реєстрації. Еволюція системи реєстрації УРАН-2 відображає перехід від аналогових до цифрових технологій. У початковій конфігурації (1990-ті роки)

Рис. 33. Антена УРАН-2, вид із супутника.

використовували аналогові багатоканальні приймачі, корелятори та магнітографи, призначені для базових інтерферометричних спостережень. З кінця 1990-х — на початку 2000-х років відбулася значна модернізація. Було впроваджено цифрові бекенди, подібні до тих, що застосовуються на УТР-2 та новому GURT (Giant Ukrainian Radio Telescope):

• Цифровий спектрополяриметр DSPZ (Digital Spectro-Polarimeter Zakharenko), розроблений для високоточного аналізу з часовою роздільною здатністю 1—100 мс і частотною — 4 кГц. Дає змогу реєструвати динамічні спектри з високою деталізацією, що є критично важливим для вивчення швидких транзієнтів, таких як сонячні сплески або імпульси пульсарів.

• Багатофункціональні цифрові приймачі GURT реєструють сигнали в смузі 10—70 МГц з високою частотною та часовою роздільною здатністю. У режимі waveform (запис необробленого сигналу) часова роздільна здатність дає можливість офлайн-обробки та пошуку рідкісних подій.

• Системи синхронізації для точної часової прив'язки, необхідної в режимі VLBI, та сумісної роботи з іншими інструментами; використовується GPS. Це забезпечує фазову когерентність сигналів на всіх антенах при одночасних спостереженнях. Точність GPS синхронізації становить 1 мкс.

Висока чутливість УРАН-2, широка смуга частот і велика роздільна здатність у режимі VLBI дають змогу в декаметровому діапазоні детально вивчати тонку просторову структуру дуже слабких та дуже віддалених радіоджерел.

Проведена модернізація зробила УРАН-2 сумісною з міжнародними мережами LOFAR, NenuFar та забезпечила можливість підтримки космічних місій (Cassini, Juno, SOHO, STEREO та Parker Solar Probe).

Короткий науковий огляд основних результатів. УРАН-2 (основні виконавці досліджень А.І. Браженко, Р.В. Ващишин (рис. 34), А.В. Францусенко) зробив значний внесок у декаметрову радіоастрономію як в автономному режимі, так і в режимі VLBI. Індивідуальні спостереження фокусуються на часовій та спектральній динаміці, тоді як VLBI надає інформацію про інтенсивність просторових частот.

Рис. 34. Ростислав Валентинович Ващишин.

Результати в автономному режимі:

• Сонячна радіоастрономія: отримано детальні спектри спорадичного випромінювання Сонця (типи сплесків II—V дрейфуючих пар і транзієнтів). У 2011 р. за допомогою DSPZ було зареєстровано тонкі структури у сонячних бурях, пов'язані з плазмовими хвилями та ударними фронтами в короні. Спільно з УТР-2 і даними із супутників SOHO, STEREO вивчено зв'язок дрейфуючих сплесків з корональними викидами маси (CME). У 2024 р. аналіз сплесків II типу з «розщепленням» (spectral cleaving) показав міграцію джерел уздовж ударного фронту через зміни магнітного поля. У 2019 р. зареєстровано розпад сплеску III типу на два, що було інтерпретовано як віддзеркалення від сонячної плазми.

• Планетарне випромінювання: сумісно з місією Juno було досліджено спорадичне випромінювання Юпітера (Io-related сплески); у 2012 р. спільно з зондом Cassini було зареєстровано радіоімпульси сатурніанських блискавок, завдяки чому було уточнено існуючі моделі атмосферних процесів на Сатурні.

• Пульсари та галактичні об'єкти: отримано спектральні профілі гігантських імпульсів низки пульсарів на низьких частотах. Кампанії з GEETEE та LOFAR дозволили вивчити міжзоряне поглинання та розсіювання. Проведено пошуки швидких радіосплесків (FRB) і моніторинг галактичного фону, включаючи залишки наднових.

Результати в режимі VLBI. У VLBI режимі УРАН-2 працює з базами до ~1000 км (див. рис. 30), досягаючи роздільної здатності кілька кутових секунд. Це дало змогу отримати зображення тонкої структури різних галактичних і позагалактичних об'єктів, наприклад квазарів 3C265, 3C273, радіогалактик 3C234, 3C239, 3C20. Визначено їх спектри, виявлено механізми синхротронного поглинання. У 2023—2024 рр. вивчено структуру наднових залишків, включаючи Кассіопею А, з виявленням поглинаючих регіонів усередині джерела та поза ним.

Результати досліджень опубліковані в передових наукових журналах Solar Physics, Astronomy & Astrophysics, Journal of Astronomical Instrumentation та ін., підкреслюючи внесок УРАН-2 у глобальну науку. Радіоастрономічні дослідження на радіотелескопі УРАН-2 виконуються в тісній взаємодії з найбільшими у світі радіотелескопами низькочастотного діапазону групи Уран (Україна), LOFAR (Нідерланди), NDA (Франція), LWA (США).

Незважаючи на поточну складну ситуацію в країні, радіотелескоп УРАН-2 і мережа УРАН зберігають працездатність і, надаючи унікальні дані, демонструють стійкість сучасної української науки.

Список літератури

Аксеньтьева З.Н. Очерк жизни и творчества Александра Яковлевича Орлова. В кн.: *Избранные труды А.Я. Орлова*. Т. 1. Киев: 1961, С. 7—37.

Аксентьєва З.М. *Дихання Землі*. Київ: Знання, 1967, 56 с.

Булацен В.Г., Голубицкий В.Г., Дичко І.О. *Полтавская гравиметрическая обсерватория*. Киев: Наук. думка, 1986, 72 с.

Корсунь А.О. Наукова школа дослідників глобальної геодинаміки. *Вісник НАН України*. 2001. № 4. С. 56—63.

Корсунь А.О., Лубков М.В. Як «астрономічні зубри» врятували полтавську гравіметричну обсерваторію в 1934—1938 рр. Зі сторінок архівного рукопису О.Я. Орлова 1938 року. *Вісник НАН України*. 2020. № 7. С. 49—56.

Михайлов А.А. Успехи гравиметрии. *Фронт науки и техники*. 1937. № 7. С. 47—58.

Макаренко Д.Є., Созанський В.І. Сто років від дня народження Петра Кириловича Нечипоренка. *Геол. журн*. 1992. № 6. С. 131—134.

Орлов А.Я. Полтавская гравиметрическая обсерватория Академии наук УССР. *Тр. Полтав. гравиметр. обсерватории*. 1950. № 3. С. 3—12.

Федоров Е.П. Александр Яковлевич Орлов: жизнь, творчество, научное наследие. В сб.: *Геодинамика и астрометрия. Основания, методы, результаты*. Киев: Наук. думка, 1980, С. 7—24.

Яцкив Я.С., Корсунь А.А. Слово об А.Я. Орлове и Е.П. Федорове — учителе и ученике. *Кинематика и физика небесных тел*. Приложение № 1. 1999. С. 7—16.

The 100th anniversary of the Poltava Gravimetric Observatory: past and present

M.V. Lubkov, V.G. Pavlyk, L.Ya. Halyavina, R.V. Vachishyn, M.F. Tyshuk, 2026

Poltava Gravimetric Observatory of S. Subbotin Institute of Geophysics of National Academy of Sciences of Ukraine, Poltava, Ukraine

To the centenary of the Poltava Gravimetric Observatory of the S.I. Subbotin Institute of Geophysics of the NAS of Ukraine, an extended historical opus is presented on the expediency of the founding the scientific institution, its tasks, main stages of development, and main scientific achievements in the past and in our time. The observatory is one of the oldest scientific institutions of astronomical and geophysical specialization in Ukraine; on April 7, 2026 it celebrated its 100th anniversary. The observatory was created on the initiative of the outstanding astronomer and geophysicist academician O.Ya. Orlov, who headed it in 1926—1934 and 1938—1951. At the beginning, its main task was to conduct a survey and create a gravimetric map of Ukraine in order to realize its natural resource potential. This great work was successfully carried out by a relatively small team of employees of the Observatory in 1938. On the other hand, O.Ya. Orlov is rightfully considered one of the founders of modern geodynamics. Being a scientist of high erudition in the fields of astronomy, geodesy, geophysics, and seismology, O.Ya. Orlov consistently, especially during the Poltava period of his activity, introduced a comprehensive study of the Earth as a planet based on the methods of the specified disciplines. His innovative ideas and original methods were embodied and developed in the Observatory by the scientist himself and his outstanding students — E.P. Fedorov, Z.M. Aksentieva, M.A. Popov, and other scientists. The period 1938—1961 in the scientific activity of the observatory in the field of astronomic-geodynamic and geophysical research can be without exaggeration called an era of great achievements. At the current stage of the development of the Poltava Gravimetric Observatory, its main tasks are the continuation of fundamental and applied scientific research in the field of astronomy, geodynamics, geophysics, geotectonics, and oil and gas production in order to obtain new scientific knowledge and use it for scientific and practical purposes in the national economy of Ukraine.

Key words: Poltava Gravimetric Observatory of the Institute of Geophysics of the National Academy of Sciences of the Ukraine, history of formation and development, scientific achievements in the past and in the present.

References

Aksen't'eva, Z.N. (1961). *A sketch of the life and work of Alexander Yakovlevich Orlov. Selected works by A.Ya. Orlov*. Vol. 1 (pp. 7—37). Kiev (in Russian).

Aksen't'eva, Z.M. (1967). *Breath of the Earth*. Kyiv: Znannja, 56 p. (in Ukrainian).

Bulatsen, V.G., Golubitskiy, V.G., & Dichko, I.O. (1986). *Poltava gravimetric observatory*. Kiev: Naukova Dumka, 72 p. (in Russian).

Korsun', A.O. (2001). Scientific school of researchers of global geodynamics. *Bulletin of the National Academy of Sciences of Ukraine,* (4), 56—63 (in Ukrainian).

Korsun', A.O., & Lubkov, M.V. (2020). How «astronomical bisons» saved the Poltava gravimetric observatory in 1934—1938. From the pages of the archival manuscript of O.Ya. Orlov from 1938. *Bulletin of the National Academy of Sciences of Ukraine,* (7), 49—56 (in Ukrainian).

Mikhaylov, A.A. (1937). Successes of gravimetry. *Front nauki i tehniki,* (7), 47—58 (in Russian).

Makarenko, D.Ye., & Sozans'kyi, V.I. (1992). One

hundred years since the birth of Petro Kyrylovych Nechyporenko. *Geological Journal*, (6), 131—134 (in Ukrainian).

Orlov, A.Ja. (1950). Poltava Gravimetric Observatory of the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR. *Proc. of the Poltava Gravimetric Observatory*, (3), 3—12 (in Russian).

Fedorov, E.P. (1980). Alexander Yakovlevich Orlov: life, creativity, scientific heritage. In *Geodynamics and astrometry. Foundations, methods, results* (pp. 7—24). Kiev: Naukova Dumka (in Russian).

Yatskiv, Ja.S., & Korsun' A.A. (1999). A word about A.Ya. Orlove and E.P. Fedorov is a teacher and a student. *Kinematika i fizika nebesnyh tel*, (Appendix 1), 7—16 (in Russian).