

<https://doi.org/10.15407/knit2024.05.096>
УДК 52 (091)

Т. Г. АРТЕМЕНКО, в. о. наук. співроб.
E-mail: t.g.artemenko@ukr.net

Головна астрономічна обсерваторія Національної академії наук України
вул. Академіка Заболотного 27, Київ, Україна, 03143

КАТАЛОГ СЛАБКИХ ЗІР ЯК АСТРОМЕТРИЧНИЙ МІЖНАРОДНИЙ ПРОЄКТ, І УЧАСТЬ ОБСЕРВАТОРІЙ УКРАЇНИ У ЙОГО РЕАЛІЗАЦІЇ

Висвітлюється роль обсерваторій України у виконанні досліджень в рамках міжнародної астрометричної програми зі створення каталогу слабких зір (КСЗ). Ідея програми полягала в астрометричній прив'язці слабких зір до галактик, що дало можливість отримати абсолютні власні рухи зір і створити квазіінерційну систему координат, яка не залежить від рухів у нашій Галактиці. Власні рухи, віднесені до галактик, дають можливість визначити систематичні похибки фундаментальних каталогів, знайти незалежним способом сталу прецесію, а також уточнити зоряно-кінематичні параметри Галактики. Програма КСЗ суттєво вплинула на такі міжнародні програми, як AGK3R і SRS (Southern Reference Stars) — всі зорі КСЗ увійшли до списку AGK3R, а список зір SRS було створений за критеріями КСЗ. Описано етапи роботи над проектом як у рамках обсерваторій колишнього СРСР, так і у міжнародній частині, а саме створення загального, фундаментального каталогів КСЗ, фотографування ділянок неба з фундаментальними зорями і галактиками. Наведено дані за результатами Пулковської і Лікської програм. Після завершення космічного проекту HIPPARCOS історія астрономії поділилася на два періоди: до запуску супутника і після. Частина астрометричних каталогів і програм втратила свою актуальність, зокрема і за програмою Каталогів слабких зір і наразі представляє лише історичний інтерес. На сьогоднішній реалізацією міжнародної небесної системи координат в оптичному діапазоні є Gaia Celestial Reference Frame, створена на базі спостережень квазарів (GCRF3) космічним супутником Gaia, місія якого ще триває.

Ключові слова: астрометрія, каталог слабких зір, абсолютні власні рухи, опорні системи, фундаментальний каталог, ICRF, HIPPARCOS, Gaia.

1. ВСТУП

Однією з головних задач астрометрії є побудова небесної опорної системи координат, тобто створення фундаментального зоряного каталогу, що містить точні положення і власні рухи вибраних фундаментальних зір. Потреби астрофотографії вимагали доповнення фундаментальних каталогів зір слабкими зорями. Тому набула ак-

туальності ідея побудови інерційної системи координат, реалізація якої можлива на основі високоточного каталогу опорних слабких зір, що охоплює все небо. Такий каталог є необхідним і для спостережень малих планет з метою орієнтації системи небесних координат, а також для інших задач астрономії. Всі ці міркування було покладено в основу великого астрометричного проєкту 1930-х рр. — Каталогів слабких зір

Цитування: Артеменко Т. Г. Каталог слабких зір як астрометричний міжнародний проєкт, і участь обсерваторій України у його реалізації. *Космічна наука і технологія*. 2024. **30**, № 5 (150). С. 96—119. <https://doi.org/10.15407/knit2024.05.096>

© Видавець ВД «Академперіодика» НАН України, 2024. Стаття опублікована за умовами відкритого доступу за ліцензією CC BY-NC-ND license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

(КСЗ). Передбачалася прив'язка координат зір до позагалактичних об'єктів, які є практично нерухомими реперами. Автор вважає за доцільне надати ряд означень, які використовуються в статті. *Інерційна система координат* — це така система, напрями вісей якої не мають обертання по відношенню до нерухомих «опорних об'єктів». Реалізаціями інерційної системи координат є: *інерційна система координат зір (IS–S)* — напрями вісей прив'язуються до зір, представлена положеннями і власними рухами зір у фундаментальних каталогах; *інерційна система координат планет і супутників (IS–P)* — початок відліку координат суміщений з барицентром тіл Сонячної системи, практично реалізується ефемеридами тіл Сонячної системи — планет, Місяця, ШСЗ та ін.; *інерційна система координат позагалактичних джерел (IS–R)* — шляхом певних умов пов'язується з квазарами і ядрами галактик і реалізується на базі РНДБ—спостережень. *Фундаментальні зорі* — це зорі, з яких складено фундаментальні каталоги. *Фундаментальні каталоги (каталоги фундаментальних зір)* — низка зоряних каталогів, що містять перелік та координати невеликої кількості особливим чином вибраних фундаментальних або опорних зір. Фундаментальні каталоги є результатом зіставлення й об'єднання багатьох вихідних зоряних каталогів, складених у різних обсерваторіях і в різний час. Спеціальні методики побудови таких каталогів вдосконалювалися у зв'язку з підвищенням вимог до точності фундаментальної системи координат. Фундаментальні каталоги містять відносно невелику кількість яскравих зір і вважалися фотометричними стандартами для певного проміжку часу. Таким чином, вони визначали *фундаментальну систему координат* на небі, яка є основою для визначення небесних координат інших об'єктів та вивчення їх рухів. *Фундаментальна система координат* — це система координат, задана фундаментальним каталогом зір, що містить для деякої кількості рівномірно розподілених по небесній сфері зір середні екваторіальні координати (прямі піднесення і схилення) у вибрану початкову епоху і зміни цих координат, зумовлені прецесією і власними рухами зір. Фундаментальна система координат

відрізняється від інерційної наявністю певного обертання. Тому фундаментальну систему координат називають *квазіінерційною*.

2. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ПРОЄКТУ КАТАЛОГУ СЛАБКИХ ЗІР І ЕТАПИ ВИКОНАННЯ У ДОВОЄННИЙ ПЕРІОД

У зв'язку з розвитком небесної механіки і зоряної астрономії у 1920-ті роки перед астрометрією виникла нова проблема. Було доведено, що Сонце разом з зорями Галактики обертається навколо її центра, і відповідно систему координат, пов'язану з Сонцем, не можна вважати інерційною. У 1932 році на Першій астрометричній конференції СРСР у доповіді пулковських астрономів Б. П. Герасимовича (1889—1937) і М. І. Дніпровського (1887—1944) «Звездная астрономия и фундаментальные системы положений звезд» [21] було висунуто ідею використання позагалактичних туманностей як нерухомих реперів для визначення власних рухів зір. Згідно з розробленим планом проблема побудови каталогу опорних слабких зір складалася з декількох окремих, але тісно пов'язаних завдань, а саме побудови нової незалежної фундаментальної системи слабких зір, зв'язку фундаментальної системи слабких зір з актуальними на той час фундаментальними системами (FK3, FK4, FK5), створення загального каталогу слабких зір як опорної системи для диференційних меридіанних спостережень, фотографічної прив'язки до віддалених позагалактичних туманностей для отримання абсолютних рухів зір і для визначення сталої прецесії, визначення нуля-пункта прямих піднесення і положення екватора каталогу слабких зір за спостереженнями малих планет [10].

Доповідь Б. П. Герасимовича привернула увагу як радянських, так і закордонних астрономів. Для роботи зі створення фундаментального і загального каталогів слабких зір планувалося залучити всі меридіанні інструменти СРСР, а також закордонні, особливо південної півкулі. Трагічні події 1937 року, пов'язані з арештом обох вчених за так звану «Пулковською справою», зупинили розпочату ними організаційну роботу постановки спостережень за цією програмою в обсерваторіях тодішнього СРСР і світу [5, 38, 128].

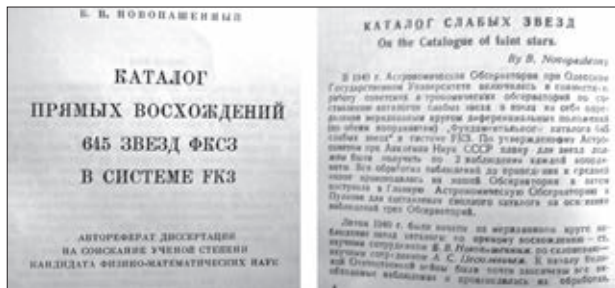


Рис. 1. Титульна сторінка каталогу Б. В. Новопашенного. Повторні спостереження проводилися під керівництвом В. П. Цесевича

У листопаді 1938 року за ініціативою М. С. Зверева (1903—1991) і П. П. Паренаго (1906—1960) в Пулкові було скликано нараду (Третя астрометрична конференція СРСР) з проблеми створення каталогу слабких зір. З основною доповіддю на ній виступив М. С. Зверев [33—35]. У доповіді було накреслено загальний план багаторічної роботи, особливо підкреслювалась необхідність залучення до роботи обсерваторій південної півкулі шляхом обговорення наукових проблем КСЗ по лінії Міжнародного астрономічного союзу. По суті це було повернення до ідеї створення каталогу слабких зір, запропонованої ще у 1932 році на Першій астрометричній конференції в Пулкові. Після цієї наради центр тяжіння всіх робіт з КСЗ зосередився в Державному астрономічному інституті ім. П. К. Штернберга (ДАІШ), співробітникам якого було доручено складання списків зір північного неба для майбутньої програми спостережень [86].

Ключова роль у реалізації проекту належить М. С. Звереву, чия наукова діяльність, починаючи з 1946 року, була пов'язана з Пулковською обсерваторією. Проблема КСЗ одразу стала пріоритетною, до її реалізації долучилися провідні пулковські астрометристи А. А. Немиро, О. М. Дейч, Д. Д. Положенцев. Координація астрометричних робіт проводилася Астрономічним комітетом при Народному комісаріаті просвіти, а з 1937 року — Астрорадою АН СРСР, в системі якої було затверджено Астрометричну комісію. Організацію і спостереження за всіма роботами з КСЗ було доручено підкомісії зі слабких зір на 3-й астрометричній конференції (1938 р., голова — М. С. Зверев) [36].

3. ОСНОВНІ ЕТАПИ РОБОТИ ЗІ СТВОРЕННЯ КАТАЛОГУ СЛАБКИХ ЗІР

3.1. Спостереження зір Фундаментального каталогу слабких зір (ФКСЗ)

Проект Каталогу слабких зір передбачав створення окремої фундаментальної системи слабких зір. Спостереження зір усього списку абсолютним і відносним методом провадилися у ряді як радянських, так і закордонних обсерваторій. Опонентом М. С. Зверева виступив директор Астрономічного інституту Гейдельберга А. Копфф, на думку якого ФКСЗ мав бути складовою частиною загальноприйнятого каталогу і включати в себе як яскраві, так і слабкі зорі. Для створення такого каталогу необхідно розширити список зір, що входять до фундаментального каталогу FK3 шляхом залучення до нього зір списку FK3-supp і каталогу N30. Компромісу не було досягнуто, і подальші абсолютні спостереження в обсерваторіях СРСР продовжували проводитись за програмою ФКСЗ.

Активна робота з виконання програми розпочалася в 1950-ті роки в ряді обсерваторій СРСР, а саме проводилися спостереження фундаментальних зір ФКСЗ згідно з первинним списком, складеним у ДАІШ під керівництвом М. С. Зверева у 1939 р. (табл. 1) [15, 57, 87, 120]. У реалізації проекту КСЗ брали участь обсерваторії України: астрономічні обсерваторії Київського, Одеського і Харківського університетів [48, 53], Головна астрономічна обсерваторія АН УРСР (Голосіїв, Київ), а також Миколаївська астрономічна обсерваторія, участь якої у проекті відбувалася переважно за міжнародною програмою КСЗ [33].

Астрономічній обсерваторії Одеського університету було доручено провести диференційні визначення прямих піднесень і схилень 645 зір ФКСЗ у зоні схилень від $+90^\circ$ до -30° в системі FK3 за допомогою меридіанного круга Репсольда ($D = 134$ мм, $F = 198$ см) ([61], рис. 1).

На меридіанному крузі Астрономічної обсерваторії Київського університету ($D = 12$ см, $F = 148$ см) спостереження списку 585 фундаментальних зір проводили А. А. Гориня та М. Я. Чернега. Складені ними каталоги [27, 32] було використано в Головній астрономічній обсерваторії АН СРСР при створенні зведеного «Попере-

днього фундаментального каталогу слабких зір» (ПФКСЗ) [40, 41].

В Астрономічній обсерваторії Харківського університету диференційні визначення схилень зір ФКСЗ за допомогою меридіанного круга ($D = 106$ мм, $F = 1930$ мм) проводив В. О. Михайлов. Кінцева обробка цих спостережень була виконана співробітниками обсерваторії В. О. Михайловим, К. М. Кузьменко, В. Х. Плужниковим [59]. Каталогі схилень і прямих піднесень, створені в Харкові, були використані при створенні зведених каталогів ПФКСЗ-1 і ПФКСЗ-2.

У Миколаївській астрономічній обсерваторії за допомогою меридіанного круга ($D = 108$ мм, $F = 1650$ мм) проводилися спостереження 584 зір списку ФКСЗ. Створено каталог прямих піднесень 584 зір ФКСЗ у зоні схилень від $+90^\circ$ до -20° (Я. Е. Гордон, Л. Ф. Горель, О. В. Хруцька, 1974—1976 рр.) [24].

Спостереження зір ФКСЗ абсолютним методом проводилися в Казані (Астрономічна обсерваторія імені В. П. Енгельгардта) [1], у Пулковській обсерваторії (яскраві зорі пулковського плану В. Я. Струве і слабкі — зі списку ФКСЗ) і в ГАО АН УРСР. Визначення схилень фундаментальних зір в ГАО АН УРСР у 1950-х роках

відбувалися за спостереженнями на вертикальному крузі ($D = 19$ см, $F = 252$ см) (В. В. Конін, О. К. Король) [50].

На основі спостережень зір ФКСЗ, виконаних в астрономічних обсерваторіях СРСР (Пулково, ДАІШ, АОЕ, ГАО АН УРСР та ін.) і двох закордонних (Бухарест, Вроцлав) [1, 14, 28, 120] було створено «Попередній фундаментальний каталог слабких зір» (ПФКСЗ) [41, 42], який використовувався як опорний каталог при меридіанних спостереженнях КСЗ. Другу версію ПФКСЗ в системі FK4 (ПФКСЗ-2) було створено в результаті кооперативної роботи ГАО АН СРСР (Пулково) і ГАО АН УРСР (1980 р.) [40, 92]. Каталог містить 587 зір, при його створенні використовувалися каталоги ФКСЗ (14 — за прямим сходженням, 13 — за схиленням), каталог опорних зір північного неба AGK3R і шість каталогів зір КСЗ (табл. 2) [63].

3.2. Загальний каталог слабких зір. У період з 1954 по 1963 рік в обсерваторіях СРСР і Бухареста було проведено кооперативну роботу зі спостережень загального каталогу слабких зір (табл. 3), а саме близько 13.5 тисяч зір у окремих зонах північніше -20° . Робота проводилася згідно зі складеними у ДАІШ списками КСЗ-І (5120

Таблиця 1. Пункти та періоди запланованих меридіанних спостережень зір ФКСЗ абсолютними і відносними методами в системі FK3 (n — кількість спостережень однієї зорі)

Пункт спостережень	Роки спостережень	n	Пункт спостережень	Роки спостережень	n
<i>Прямі сходження</i>			<i>Схилення</i>		
Ташкент	1940—1945	4	Казань, АОЕ	1940—1943	4
Москва	1940—1941	1	Москва	1940—1941	1
Одеса	1940—1943	4	Казань, АОЕ*	1944—1950	10
Ташкент *	1946—1953	8	Одеса	1945—1949	4
Вроцлав	1950—1953	4	Київ	1948—1951	4
Київ	1951—1954	4	Харків	1948—1953	4
Харків	1952		Вроцлав	1950—1953	2
Москва	1953		Голосіїв	1952—1953	2
Бухарест	1953		Бухарест	1953	2
Пулково*	1954		Голосіїв*	1954	8
Пулково	1954		Пулково*		8
Миколаїв			Миколаїв		2
Вроцлав*			Вроцлав*		8

Примітка: * — спостереження абсолютним методом

зір в зоні $+10^\circ \dots -30^\circ$) і КСЗ-II (10235 зір в зоні $+30^\circ \dots -30^\circ$) [6, 16, 39].

Відповідно до інструкції з меридіанних спостережень для загального каталогу слабких зір, складеної у Пулковській обсерваторії за участі А. А. Немиро, спільні визначення прямих піднесенень і схилень було рекомендовано проводити вузькими зонами ($5^\circ \dots 10^\circ$) [64–66]. До спостережного списку КСЗ було внесено понад 15000 зір 7.5–9 зоряної величини (з них 931 — зір, що входять до складу фундаментального каталогу ФКСЗ) спектральних класів G5, K і M. Всього за програмою КСЗ було складено понад 30 каталогів (табл. 4) [25].

У 1958–1961 роках на меридіанному крузі Астрономічної обсерваторії Київського університету спостереження слабких зір загального списку КСЗ проводили В. К. Дрофа, М. Я. Чернега і А. А. Гориня. Відповідно до затвердженого розподілу спостережень загального списку об'єктів між установами, в обсерваторії спостерігали зону від $+10$ до $+30^\circ$ за схиленням. Було створено каталог положень 3347 слабких зір для рівнодення 1950.0 і для середньої епохи спостережень.

В Астрономічній обсерваторії Одеського університету Б. В. Новопащенко створив каталог прямих піднесенень 2967 зір списку КСЗ-II (1954–1961). Обидві координати — пряме піднесення і

Таблиця 2. Параметри каталогів зір ФКСЗ, залучених до складання ПФКСЗ

(T — середня епоха, n — середня кількість спостережень однієї зорі, $\varepsilon_\alpha \cos \delta$, ε_δ — середні квадратичні похибки одного спостереження, w_α , w_δ — ваги у систематичному відношенні)

Каталог	Спостерігачі	T	n	$\varepsilon_\alpha \cos \delta$	ε_δ	w_α	w_δ	Інструмент*
Бухарест α, δ	К. Драмба та ін.	1954.5	2.7	0.029 ^s	0.51"	0.6	1.0	МК Готьє
Вроцлав α	П. Рибка, Я. Валихевич	1952.3	4.3	0.037 ^s	—	0.8	—	ПІ Репсольда
Вроцлав δ	Д. Кубіковський, А. Гланя	1952.4	2.1	—	0.64"	—	0.8	ВК Репсольда
Голосіїв δ	В. В. Конін, О. К. Король	1952.9	4.7	—	0.46"	—	1.5	ВК Ваншаффа
Казань 42 δ	Л. Д. Агафонова	1942.1	5.2	—	0.57"	—	1.4	МК Репсольда
Казань 50 δ	Л. Д. Агафонова, А. І. Нефедьева	1948.2	11.4	—	0.50"	—	1.2	МК Репсольда
Київ α	Н. А. Чернега	1952.9	4.4	0.027 ^s	—	1.0	—	МК Репсольда
Київ δ	А. А. Гориня	1949.8	4.5	—	0.53"	—	1.0	МК Репсольда
Москва α, δ	М. С. Зверев	1941.0	1.5	0.023 ^s	0.37"	0.6	1.0	МК Репсольда
Одеса α	Б. В. Новопащенко	1941.6	4.4	0.016 ^s	—	0.7	—	МК Репсольда
Одеса δ	А. С. Цесюлевич	1947.1	4.8	—	0.35"	—	1.1	МК Репсольда
Пулково α	В. С. Бедін, М. С. Зверев, А. А. Извекова	1955.0	3.8	0.027 ^s	—	1.0	—	МК Тепфера
Ташкент α	Л. Д. Маткевич, Г. Д. Джалялов	1943.2	5.2	0.037 ^s	—	0.7	—	МК Репсольда
Харків α	К. Н. Кузьменко, В. Х. Плужников	1955.0	4.0	0.032 ^s	—	0.8	—	МК Репсольда

Таблиця 3. Попередній розподіл завдань у рамках програми КСЗ між пунктами спостережень

Фундаментальний каталог		Загальний каталог
пряме піднесення	схилення	обидві координати
Пулково — великий пасажний інструмент Ташкент — меридіанний круг Одеса — меридіанний круг	Пулково — вертикальний круг Казань — меридіанний круг Київ — меридіанний круг	Москва — меридіанний круг Пулково — меридіанний круг Харків — меридіанний круг

схилення визначалися за допомогою меридіанного круга диференційним методом в системі FK3. Каталог схилень 422 зір КСЗ у зоні схилень від -9° до -13° склала М. Ю. Волянська [18], а у зоні від -12° до -20° — В. М. Нечаєв [67].

У Миколаївській обсерваторії створено каталог прямих піднесень і схилень 2600 зір КСЗ у зоні схилень від -5° до -20° на епоху 1956—1963 рр. [22].

Диференційні спостереження за програмою КСЗ у системі FK3 і ПФК3, виконані в обсерваторіях Бухареста, Москви [58], Казані [60], Києва [26], Миколаєва [22], Одеси [18, 62, 67], Ташкента [14, 16], були використані В. С. Боровських при створенні зведеного каталогу опорних зір КСЗ (1978 р.) [13].

3.3. Спостереження малих планет. Ідею орієнтування системи координат КСЗ за спостереженнями малих планет було запропоновано Б. В. Нумеровим, а перші спостереження за його проєктом були проведені у 1949 році, а саме у ДАІШ, Пулковській, Ташкентській, Миколаївській обсерваторіях, ГАО АН УРСР.

До програми спостережень увійшли десять малих планет [76]. Щоб повніше охопити екваторіальну зону неба, В. І. Орельська запропонувала продовжити спостереження малих планет до

1990 року, додавши до програми 20 малих планет [69]. Пізніше в ІТА РАН було затверджено програму позиційних спостережень 15 вибраних малих планет (1991—2000 рр.), схвалено комісією 20 Міжнародного астрономічного союзу. У ході виконання проєкту Б. В. Нумерова зусиллями багатьох обсерваторій світу виконано понад 30 000 спостережень, проте у виконанні цих робіт виявилися окремі недоліки, пов'язані зі зміною об'єктів (програм) спостережень і методів та засобів обробки, зміною каталогів опорних зір.

Фотографічні спостереження вибраних малих планет проводилися у Миколаєві (Ф. Ф. Каліхевич, Г. К. Горель, В. І. Вороненко) за допомогою зонного астрографа ($F = 2044$ мм, $D = 120$ мм, поле $5^\circ \times 5^\circ$). Спостереження вибраних малих планет на зонному астрографі у Миколаєві тривали 37 років і були завершені у 1998 р. [19, 44] у зв'язку з переоснащенням інструмента ПЗЗ-камерою. В ГАО АН УРСР спостереження малих планет за допомогою подвійного довгофокусного астрографа ($D = 40$ см, $F = 5.5$ м) проводили І. Г. Колчинський, А. Б. Онегіна, С. П. Майор та ін. [68].

3.4. Фотографування площадок з галактиками. Визначення власних рухів зір відносно галактик (Пулковська, Лікська програми). Фотографуван-

Таблиця 4. Основні дані про каталоги КСЗ (N — кількість зір, n — середня кількість спостережень однієї зорі, $\varepsilon_\alpha \cos \delta$, ε_δ — середні квадратичні похибки одного спостереження)

Каталог	N	Спостерігачі	Період	n	$\varepsilon_\alpha \cos \delta$	ε_δ	Зона схилень	Інструмент
Бухарест	3859	Е. Маркус та ін.	1955—1962	4.1	0.029 ^s	0.47"	-10...+10	МК Готьє
Казань	2288	А. І. Нефедьева	1955—1961	2.4	—	0.62"	+50...+90	МК Репсольда
Київ	3347	В. К. Дрофа і Н. А. Чернега	1956—1961	2.6	0.028 ^s	0.45"	+10...+30	МК Репсольда
Москва	5257	А. П. Гуляєв	1957—1965	2.0	0.020 ^s	0.46"	+30...+90	МК Репсольда
Одеса	2967	Б. В. Новопащенко	1964—1963	4.3	0.029 ^s	—	-5...-25	МК Репсольда
	1325	В. М. Нечаєв	1958—1961	3.9	—	0.57"	-12...-20	
		Л. Ф. Чернієв	1954—1961	—	—	—	-5...-10	
	422	М. Ю. Волянська	1959—1963	—	—	—	-10...-12	
Ташкент	850	І. М. Богородицький	1957—1960	4.2	0.038 ^s	—	-5...-10	МК Репсольда
	814	Кім Гундер та І. М. Богородицький	1957—1961	4.5	0.038 ^s	—	-10...-15	
	824	М. Ф. Биков	1957—1961	4.2	0.031 ^s	—	-15...-20	
Миколаїв	2600	Я. Е. Гордон та ін.	1956—1963	4.0	0.030 ^s	0.46"	-5...-20	МК Репсольда

ня площадок з галактиками виконувалося за двома програмами — Пулковською та Лікською (табл. 5 і 6). Пулковську програму фотографування площадок з галактиками було розроблено в Пулковській обсерваторії під керівництвом О. М. Дейча. На 8-й Генеральній Асамблеї Міжнародного астрономічного союзу в Римі (1952 р.) О. М. Дейч виступив з доповіддю про використання галактик для визначення абсолютних власних рухів зір фотографічним способом (план Дейча) [29—31, 102]. Пулковська програма передбачала визначення абсолютних власних рухів зір у 306 вибраних ділянках неба, 205 з яких знаходяться північніше схилення -25° і є доступними для спостережень в тодішньому СРСР. В результаті великої спостережної роботи

було створено і опубліковано робочий каталог 1500 галактик на 157 площадках неба розміром $2^\circ \times 2^\circ$ у ділянках неба від північного полюса до -5° за схиленням [31]. У спостереженнях галактик за Пулковською програмою брали участь обсерваторії у Ташкенті, Голосієві, Бухаресті, Бордо, Сан-Франциско, а також Шанхаї, Перті, Кордові, Капі — всього 12 обсерваторій різних країн, які мали довгофокусні ширококутні астрографи [20, 49]. Аналогічна робота з 1952 року проводилася в Лікській обсерваторії (США) за допомогою 50-см ширококутного астрографа (Лікська програма) [109, 114]. Спостереження за програмою було розширено на південну півкулю обсерваторією в Леонсіто, де було встановлено аналогічний астрограф.

Таблиця 5. Розподіл завдань із спостережень галактик і фундаментальних зір по пунктах та зонах схилень

Пункт	ϕ , град.	f , м	d , см	d/f	Галактики	Фундаментальні зорі
Пулково	+60	3.5	33	1/10	+90...-5	+90...-5
Москва	+55	6.4	38	1/17	+90...-10	+90...-10
		2.3	23	1/10	+90...-10	
Київ	+50	5.5	40	1/14	+90...-15	+90...-15
Ташкент	+41	3.5	33	1/10	+90...-25	+90...-15
Бухарест	+44	6.1	38	1/16	+90...+12	+90 ...+20
Шанхай	+31	6.9	40	1/17	+12 ...-35	-10 ...-20
						+20 ...-35

Таблиця 6. Учасники програми визначення абсолютних власних рухів зір відносно галактик

Установа	ϕ	Телескоп	f , м	Масштаб, сд/мм	Поле	t	Область неба	N
ПУЛКОВСЬКА ПРОГРАМА								
ГАО АН СРСР (Пулково)	+60°	33 см, НА	10	60	2 × 2	14	Площадки з галактиками	~300
ГАО АН УРСР (Голосіїв)	+50°	40 см, ДА	5.5	37	2 × 2	15.5	“-“	~300
АН УзРСР (Ташкент)	+41°	33 см, НА	3.3	60	2 × 2	14	“-“	~300
ДАІШ (Москва)	+56°	38 см	6.5	31.8	2 × 2	14	“-“	~300
ЛІКСЬКА ПРОГРАМА								
Лікський університет (Гамільтон)	+37°	51 см, ДА	7.3	55.1	6.3 × 6.3	19 В, 18 V	+90°...-23°	1246
Єльський, Колумбійський університет (Леонсіто)	-32°	51 см, ДА	7.3	55.1	6.2 × 6.2	19 В, 18 V	-90°... -22°	598
ЛОРМАНІВСЬКА ПРОГРАМА								
ЦІА АН НДР (Таутенбург)	+51°	134 см, ТШ	3.0	53.2	3.4 × 3.4	20 В	Зона північного неба	1400

Після фотографування «перших епох» роботи за проєктом КСЗ зупинилися на певний час. Нового імпульсу вони набули після повторного фотографування площадок з галактиками і фундаментальними зорями в 1970-ті роки [129] і подальшого створення на базі цього матеріалу каталогів власних рухів зір. Такі каталоги у відповідності з планом О. М. Дейча було створено у ГАО АН УРСР (С. П. Рибка, Н. В. Харченко) [71, 72, 74, 111], Ташкенті (А. Г. Рахімов, 1976; Ю. Балтабаєв, 1985) [4, 70], Москві, Пулкові (Н. В. Фатчихін, 1974) — каталог PUL1 [78]; В. В. Бобильов, Н. М. Броннікова, Н. А. Шахт (2004, PUL2) та Шанхаї (1995). На основі об'єднання цих каталогів С. П. Рибка в ГАО АН УРСР склала і дослідила ряд зведених каталогів [71, 73, 74, 121, 122].

Нового поступу дослідження за каталогами слабких зір набули після оприлюднення результатів обробки даних, отриманих космічним телескопом HIPPARCOS (High Precision Parallax Collecting Satellite, 1989—1992), призначеним для астрометричних досліджень, а саме для визначення координат, паралаксів та власних рухів зір та інших небесних тіл і відстаней до них [116, 127]. Абсолютні власні рухи зір відносно галактик, отримані в рамках програм КСЗ, NPM [112] і SPM [119], використовувалися при визначенні параметрів обертання системи каталогу HIPPARCOS відносно інерційної системи відліку, тобто для калібрування каталогу HIPPARCOS [46, 88, 130].

В ГАО НАН України було отримано значення компонентів швидкості обертання (ω_x , ω_y , ω_z) координатної системи каталогу HIPPARCOS за порівнянням з даними каталогу GPM1, а саме $\omega_x = -0.27 \pm 0.80$ мсд/рік (мілісекунд дуги за рік), $\omega_y = +0.15 \pm 0.60$ мсд/рік, $\omega_z = -1.07 \pm \pm 0.80$ мсд/рік (В. С. Кислюк та ін. [113, 130]). Ці дані розглядалися як найбільш достовірні і рекомендовані для корекції системи каталогу HIPPARCOS.

У цей період в ГАО НАН України розпочали активно розвиватись роботи з дослідження кінематики і структури Галактики. У рамках програми з вивчення головного меридіонального перебігу Галактики (МЕГА) Н. В. Харченко створила зведений каталог власних рухів приблизно 26500

зір відносно 206 галактик і їхніх екваторіальних координат у 60 площадках плану КСЗ [84]. Каталог створено на основі даних опублікованих каталогів плану КСЗ, AGK3, SAO. У 17 площадках програми власні рухи зір визначалися на основі знімків, отриманих на Таутенбурзькому телескопі системи Шмідта [84, 85, 112].

Серед робіт, виконаних в ГАО АН УРСР в рамках Пулковської програми у 1950-х рр. — абсолютний каталог схилень яскравих і слабких фундаментальних зір під керівництвом і за участі О. К. Короля [52]. Отримано спостережні дані для встановлення зв'язків між фундаментальними системами яскравих і слабких зір.

4. МІЖНАРОДНА РОБОТА ЗА ПРОЄКТОМ КСЗ

Міжнародного значення проєкт КСЗ набув у зв'язку з організацією програми фотографічного переспостереження зонних каталогів північного неба (AGK-каталоги). Оскільки при створенні фотографічного каталогу AGK2 не було отримано власні рухи зір, у 1950-х роках було заплановано отримання других епох каталогу (програма AGK3). Спеціально під цю програму у Вашингтонській морській обсерваторії був створений список опорних зір AGK3R для меридіанних спостережень.

На астрометричній конференції в Еванстоні (США, 1953 р.) програма обговорювалася і була затверджена — планувалося спостерігати біля 180 тисяч зір північного неба. Вашингтонській обсерваторії було доручено підготувати для цього проєкту список опорних зір 6...8.5^m. Виникла дискусія щодо списку опорних зір, оскільки список зір КСЗ за своїми характеристиками краще відповідав каталогам AGK, ніж список, доручений Ф. Скотту (Вашингтон) [124]. Дискусія завершилася на спеціальній конференції у Брюсселі, де було вирішено об'єднати ці два списки — Вашингтонської обсерваторії і КСЗ [122]. В результаті до програми опорних зір північного неба (AGK3R) увійшли обидва списки зір. По суті обидві програми, КСЗ і AGK3R, розв'язували одну задачу — поширення фундаментальної системи FK3 на слабкі зорі. Програми відрізнялися лише критеріями відбору зір. Рішення Брюссельської конференції було за-

тверджено на IX з'їзді МАС, що проходив у Дубліні (1955 р.). Також було засновано спеціальну комісію для розподілу між обсерваторіями робіт зі створення каталогу AGK3R. Спостереження зір каталогу AGK3R тривали з 1956 по 1963 рік. Фінальну версію каталогу було створено в обсерваторії USNO. Каталог містить положення 21499 опорних зір у зоні схилень від -5 до $+90^\circ$ в системі FK4 [99, 123] (табл. 7).

З-поміж радянських обсерваторій участь у спостереженнях зір AGK3R брали обсерваторії у Пулково та Миколаєві. У Пулково за допомогою меридіанного круга Тепфера ($D = 190$ мм, $F = 2150$ мм) визначалися прямі піднесення і схилення близько 11500 зір у зоні схилень від $+90^\circ$ до $+25^\circ$ (1956—1962 рр.). Повторну обробку схилень 1194 зір AGK3R біляполюсної зони (від $+70$ до $+90^\circ$) виконала К. Г. Гневишева, а інших 10313 зір — Г. Д. Батурина під керівництвом М. С. Зверева та за участі В. А. Варині [8]. Миколаївський каталог за програмою AGK3R [23] містить віднесені до епохи спостережень і рівнодення 1950.0 координати 9994 зір AGK3R у зоні від -5° до $+25^\circ$ за схиленням.

Аналогічно було затверджено програму спостережень зір до 9^m для південної півкулі (табл. 8),

яка перетворилася на міжнародну роботу із створення каталогу опорних зір південної півкулі SRS (South Reference Stars). Для організації спостережень було створено спеціальну комісію під керівництвом Д. Брауера (США), до складу комісії від СРСР увійшов М. С. Зверев. Списки зір для спостережень з урахуванням критеріїв КСЗ були складені у Капській обсерваторії. План робіт було затверджено на конференціях в Цинцинатті (1959), Ла Плата і Кордоба (1959) і Ла Плата (1960).

У рамках роботи за програмою SRS Пулковська обсерваторія організувала експедицію в Чилі під керівництвом М. С. Зверева (1962—1973 рр.) [37]. Зазначимо, що крім експедиції, спостереження за програмами SRS і BS проводили три обсерваторії південної півкулі (Капська, Сантьяго-де-Чилі і Сан-Хуан (Аргентина)), які охоплювали небо від схилення -25° до південного полюса і сім обсерваторій північної півкулі [51]. Спостереження на всіх станціях були в основному завершені до 1973 року.

Протягом 11 років незмінним керівником чилійської експедиції (1962—1973) був М. С. Зверев. Він працював і як спостерігач на меридіанному крузі. Активну участь як у самих спостере-

Таблиця 7. Основні дані про каталоги AGK3R (N — кількість зір, n — середня кількість спостережень однієї зорі, $\varepsilon_\alpha \cos \delta$, ε_δ — середні квадратичні похибки одного спостереження)

Каталог	N	Спостерігачі	Період	n	$\varepsilon_\alpha \cos \delta$	ε_δ	Зона схилень	Інструмент
Бабельсберг	5111	Вюншман та ін.	1956—1962	2	—	—	$-5^\circ \dots +90^\circ$	МК Пістора і Мартинсона
Бергедорф	12124	Ларинк та ін.	1956—1962	2	0.016^s	$0.42''$	$-5^\circ \dots +90^\circ$	МК Репсольда
Бордо	4565		1956—1962	3	0.018^s	$0.34''$	$-5^\circ \dots +20^\circ$	МК Ейченса
Гринвіч	13813	Такер та ін.	1957—1961	2	0.019^s	$0.45''$	$-5^\circ \dots +90^\circ$	МК Кука
Гейдельберг	4324	Борманн і Люде	1957—1961	2.1	0.017^s	$0.40''$	$-5^\circ \dots +15^\circ$	МК Репсольда
Миколаїв	9994	Гармаш та ін.	1956—1962	2.4	0.020^s	$0.31''$	$-5^\circ \dots +25^\circ$	МК Репсольда
Оттава	3753	Вулск і Таннер	1956—1961	2	0.025^s	$0.44''$	$-5^\circ \dots +90^\circ$	МК Трoutона і Сімпа
Париж	5332	Леві та ін.	1956—1960	3	0.016^s	$0.37''$	$+20^\circ \dots +50^\circ$ $+70^\circ \dots +90^\circ$	МК Готьє
Пулково	11511	М. С. Зверев та ін.	1956—1962	2.9	0.016^s	$0.61''$	$+25^\circ \dots +90^\circ$	МК Тепфера
Страсбург	2777	Лакрут та ін.	1956—1961	4.4	0.014^s	$0.33''$	$+50^\circ \dots +70^\circ$	МК Репсольда
Вашингтон 6"	7544	Клок та ін.	1956—1963	2.7	0.017^s	$0.32''$	$-5^\circ \dots +90^\circ$	МК
Вашингтон 7"	11326	Скотт та ін.	1957—1962	2	0.013^s	$0.24''$	$-5^\circ \dots +90^\circ$	МК

женнях, так і в їхній обробці взяв також відомий пулковський астрометрист Д. Д. Положенцев [37]. Він створив п'ять абсолютних каталогів прямих піднесень і отримав систему поправок до фундаментальної системи FK4. У 1965 р. в Чилі був встановлений фотографічний вертикальний круг (ФВК, $D = 200$ мм, $F = 2000$ мм), а в 1967 р. — двоменісковий телескоп системи Максудова, на якому під керівництвом О. М. Дейча розгорнулися фотографічні роботи, в першу чергу з фотографування площадок неба з галактиками. Забезпечення експедиції необхідними інструментами відбулося завдяки створеній у 1970 році за розпорядженням М. С. Зверева групі астрометричного приладобудування під керівництвом А. А. Немиро.

Завдяки роботам Пулковської експедиції в Чилі пулковські методи абсолютних спостережень були вперше поширені на південну півкулю. У процесі обробки диференційних визначень координат зір з'ясувалося, що фундаментальна система FK4 у південній півкулі має значні сис-

тематичні похибки, які особливо виявлялися у прямих піднесеннях (похибки виду $\Delta\alpha\delta$). Обробка результатів спостережень проводилася за допомогою розробленого М. С. Зверевим квазіабсолютного способу обробки диференційних спостережень. Метод передбачав відмову від точного відтворення фундаментальної системи і дозволяв обробляти спостережний матеріал в системі, що практично не залежить від фундаментальної системи (квазіінструментальна система). Основним результатом Чилійської експедиції стали «Каталог абсолютних прямих піднесень 1960 яскравих (FK4) і слабких (ФКСЗ) зір південного неба» [17] і «Каталог координат опорних слабких зір, яскравих і подвійних зір південніше -47° і поправок до положень зір за спостереженнями пулковських астрономів з меридіанним колом Сьєро-Калан (Чилі) в 1963—1968 рр.» [9]. Загалом пулковськими і чилійськими астрономами було створено 13 каталогів, що містять південні опорні зорі (SRS), яскраві зорі (BS), подвійні зорі (DS) у зонах від -25 до -90° , а також фундаментальні зорі (від $+40$ до -90°). Спостереження і обробка каталогів була виконана чилійськими і пулковськими астрономами згідно з розподілом спостережень між ними за зонами схилень (пулковські астрономи виконували спостереження у зоні схилень від -47° до південного полюса, чилійські — у зоні від -25 до -47°). Результати роботи чилійської експедиції увійшли до міжнародного зведеного каталогу SRS [43, 95, 124, 125]. Роботи радянських астрономів у Чилі перервалися у зв'язку з воєнним переворотом генерала Піночета у 1973 році. Тоді як складання каталогу AGK3R Вашингтонською обсерваторією було завершено до середини 1967 року, і він був розісланий обсерваторіям, спостереження для каталогу SRS ще тривали. Кінцеву версію зведеного каталогу SRS було отримано у 1987 році вашингтонськими і пулковськими астрометристами. Незабаром у Вашингтоні і Пулкові було отримано більш компромісну версію, яку було введено у користування з появою фундаментального каталогу FK5. У роботах Я. С. Яцківа [89—91] надано ґрунтовний аналіз астрометричних досліджень станом на початок 1990-х років і перспектив їхнього розвитку, як і окреслено но-

Таблиця 8. Програма спостережень за програмою SRS (N — кількість зір, n — кількість спостережень однієї зорі)

Пункт	Зона схилень	N	n	Дата початку спостережень
Аббадія	$+5^\circ \dots -15^\circ$	1560	4	1962
Бордо	$+5^\circ \dots -15^\circ$	1560	4	1962
Бухарест	$+5^\circ \dots -10^\circ$	1176	4	1962
Миколаїв	$0^\circ \dots -20^\circ$	5984	2	1964
Сан Фернандо	$-10^\circ \dots -30^\circ$	3709	4	1963
Токіо	$-10^\circ \dots -30^\circ$	3560	4	1963
USNO 6"	$+5^\circ \dots -30^\circ$	8706	2	1966
Бергедорф	$+5^\circ \dots -90^\circ$	1233	4	1967
	$+5^\circ \dots -90^\circ$	20495	4	1967
Капська обсерваторія	$-30^\circ \dots -40^\circ$	10082	4	1961
	$-40^\circ \dots -52^\circ$			
	$-52^\circ \dots -64^\circ$ $-64^\circ \dots -90^\circ$			
Сан Хуан	$-40^\circ \dots -90^\circ$	7190	2	1969
Сантьяго-	$-25^\circ \dots -47^\circ$	5992	4	1963
Пулково	$-47^\circ \dots -90^\circ$	5504	4	1963
USNO 7"	$+5^\circ \dots -20^\circ$	7683	2	1968
(Ел-Леонсіто)	$-20^\circ \dots -75^\circ$	12121	4	1968
	-75°	1382	4	1968

вий підхід щодо визначення власних рухів фундаментальних слабких зір для схилень від $+90$ до -20° [92].

У 1991 році Вашингтонська Морська обсерваторія (USNO) опублікувала каталог «Міжнародні опорні зорі» (IRS), складений на основі AGK3R і SRS (у системі FK5); каталог містив 36027 зір. Автор нового каталогу Т. Е. Corbin [101] представив каталог у двох частинах — частина 1 містила 29163 зорі з надійною історією спостережень, частина 2 містила 6864 зорі з історією спостережень, відображеною тільки в двох каталогах.

Отже, зведений каталог опорних слабких зір південного неба разом з каталогом опорних зір північного неба можна вважати першим варіантом КСЗ. Завершення створення КСЗ планувалося шляхом об'єднання результатів меридіанних спостережень зір і фотографування площадок з галактиками, а також побудовою нової інерційної системи координат, не пов'язаною з нашою Галактикою.

Варто відзначити, що однією з дуже важливих проблем створення фундаментального каталогу було визначення його нуль-пунктів. З цією метою велись спостереження великих планет та Сонця, до яких були причетні багато астрономів з України. Історію цих досліджень буде подано у наступних дослідженнях автора.

5. ІНЕРЦІЙНА СИСТЕМА КООРДИНАТ РАДІОДЖЕРЕЛ

У 1970-х роках проблема побудови інерційної системи координат вийшла на новий рівень, зокрема розвиток радіоастрометрії поставив перед класичною астрометрією низку задач, серед яких одне з перших місць займала проблема визначення точних положень слабких радіоджерел ($16...18^m$) у фундаментальній оптичній системі координат. У порівнянні із зоряною ІСК ІСК-Р має ряд переваг, що визначають її стабільність (позагалактичні радіоджерела перебувають на великих відстанях, і їхніми власними рухами можна знехтувати). Для визначення орієнтації цієї системи відносно радіоінтерферометричної В. В. Тельнюк-Адамчук (Астрономічна обсерваторія Київського університету — КАО) за участі співробітників Інституту прикладної астрономії

РАН запропонував програму CONFOR. Для реалізації цієї програми були запропоновані системи опорних зір в полях з позагалактичним джерелами. На основі отриманих на початок 1991 р. позиційних даних за радіозорями і позагалактичними джерелами було знайдено параметри взаємної орієнтації фундаментальної (FK5) і радіоінтерферометричної (VLBI) систем, отримано поправку до положень екватора оптичної системи [77].

Одним із шляхів удосконалення нової реалізації Міжнародної небесної системи відліку (МНСВ) було створення об'єднаних каталогів положень радіоджерел. В ГАО НАН України було запропоновано новий метод обчислення зовнішніх похибок каталогів радіоджерел та коефіцієнтів їхньої кореляції. Порівнювалися об'єднані каталоги радіоджерел, створені в ГАО НАН України та ГАО у Пулкові, між собою та реалізацією МНСВ [11, 12]. Спільно з Міжнародною службою обертання Землі і Астрономічним обчислювальним інститутом в Гейдельберзі було створено зведені каталоги радіоджерел RSC, метою яких було зменшення випадкових похибок положення і поширення Інерційної системи координат радіоджерел (ІСК-Р) на більшу кількість об'єктів [54].

У 1990-х роках у ГАО НАН України Я. С. Яцків і А. М. Кур'янова [54], С. Л. Болотін і С. О. Литвин спільно з науковцями КАО [11, 12] створили серію зведених каталогів положень радіоджерел RSC (GAOUA) 97C01 методом дуг, який дає можливість оцінити усереднені помилки спостережних каталогів та неузгодженість в них окремих положень радіоджерел (RS). Ці каталоги були використані у новій реалізації Міжнародної небесної системи координат ICRF2, прийнятою МАС з 2010 року.

6. КОСМІЧНА АСТРОМЕТРІЯ (ПРОЄКТИ HIPPARCOS I GAIA)

Після завершення космічного проєкту HIPPARCOS (1989—1993) [127] історія астрометрії поділилася на два періоди: до запуску супутника HIPPARCOS і після нього. Варто зазначити, що при підготовці космічного проєкту HIPPARCOS зорі зведених каталогів AGK3R,

SRS разом з рядом інших увійшли до вхідного каталогу астрометричного супутника [47].

Реалізація системи ICRS базується на каталозі положень 608 рівномірно розподілених по всій небесній сфері позагалактичних радіоджерел, що спостерігалися методом РНДБ. Основними з них є 212 компактних радіоджерел з найкращою спостережною історією, які визначають систему каталогу. Каталог HIPPARCOS (HCRF) став першою реалізацією в оптичному діапазоні системи ICRS. У цьому каталозі наведено положення, власні рухи за рік і паралакси понад 10^5 зір. Космічний телескоп визначав кутові відстані між різними парами зір, і за цими даними обчислювалися астрометричні параметри, точність визначення яких збільшилася в 100 разів. Оскільки ICRF не містить достатньої кількості яскравих об'єктів для прямих спостережень з борту супутника, зв'язок між системами ICRF і HIPPARCOS виконувався через допоміжні наземні спостереження. Зокрема, за допомогою фотографічних визначень абсолютних власних рухів плану каталогу слабких зір визначалися компоненти швидкості обертання координатних осей, що задавалися каталогом HIPPARCOS, відносно позагалактичних об'єктів. З 1997 року в рамках міжнародної програми з контролю і уточнення зв'язку між оптичною (HIPPARCOS) і радіо- (ICRF) системами координат, в якій брали участь астрономи України, Росії, Туреччини, Китаю і країн Східної Європи, в Астрономічній обсерваторії Харківського університету виконувалися ПЗЗ-спостереження оптичних компонентів радіоджерел ICRF на телескопі АЗТ-8 [80].

Довгофокусні телескопи, оснащені ПЗЗ-приймачами, дозволяють спостерігати більшість слабких ($16...19^m$) оптичних компонентів джерел в ICRF, але малі поля ($4...20'$) обмежують можливості виконання редукції спостережень на пряму в систему HIPPARCOS через відсутність слабких опорних зір в цих площадках. Для коректного розв'язку задачі необхідно було поширити систему HIPPARCOS на слабкі зорі в околах ICRF-джерел. Таким чином, проблема розширення опорної системи на слабкі зорі знову стала актуальною, аналогічно до того, як

в 1970-ті роки виникла необхідність побудови міжнародної опорної системи слабких зір (IRS), яка доповнювала фундаментальні каталоги FK4/FK5 слабкими зорями. У лабораторії астрометрії Астрономічної обсерваторії Харківського університету в 2002—2005 роках провадилися роботи зі створення каталогу положень і власних рухів слабких зір навколо джерел ICRF в системі HIPPARCOS (каталог XC1). Каталог поширив систему HIPPARCOS/Tycho2 на зорі до 20^m в градусних площадках навколо джерел ICRF північної півкулі неба [81, 82, 104].

Висока щільність опорних зір цього каталогу в поєднанні з високою точністю положень і власних рухів дозволила виконати редукцію спостережень навіть в дуже малих полях і відповідно отримати параметри зв'язку за положенням і обертанням між системами ICRF і HIPPARCOS/Tycho2. Дані цього каталогу також використовувалися для виконання зоряно-кінематичних досліджень в околі Сонця. З використанням даних каталогу про власні рухи зір було отримано деякі кінематичні параметри Галактики в околі Сонця (П. М. Федоров, А. А. Мизніков, В. С. Ахметов) [2, 83]. У 2007 році в лабораторії було створено новий каталог абсолютних власних рухів зір (XPM) [79]. Були отримані абсолютні власні рухи біля 300 млн зір, слабших від 12^m , що охоплюють всю небесну сферу, за виключенням невеликої зони поблизу галактичного екватора. Власні рухи були виведені з положень USNO-A2.0 і 2MASSPoint Sources Catalog, з різницею епох біля 45 років для зір північної півкулі і 17 років для південної. Абсолютизацію виконано з використанням приблизно 1.6 млн галактик з 2MASS Extended Sources Catalog. Виконано порівняння отриманих власних рухів з даними інших сучасних каталогів. Каталог XPM у відношенні власних рухів зір реалізує в оптичному діапазоні незалежне наближення до інерційної системи координат [105, 107].

У ГАО НАН України спільно з науковцями КАО за допомогою меридіанного аксіального круга ($D = 180$ мм, $F = 2.335$ м) проводилися спостереження зір у полях з радіоджерелами з метою створення опорного астрометричного каталогу зір до $V = 17^m$ (2001—2003 рр.). У результаті

було створено каталог КМАС 1 у 192 площадках неба у зоні схилень від 0 до 30° 115 тис. зірок [117, 126, 127]. Спостереження зір в екваторіальній зоні з метою поширення опорної системи HIPPARCOS на зорі до $V = 17^m$ проводилися у 2010—2015 рр. У результаті отримано два каталоги: КМАС 2 — у зоні від 0 до 2° більш ніж 1 млн зір [55] і КМАС 3 в зоні від 3 до 5.5° для більш ніж 2 млн зір [45].

Перша програма спостережень на аксіально-меридіанному крузі у Миколаєві ($D = 180$ мм, $F = 2500$ мм) включала в себе спостереження зір у площадках навколо радіоджерел з метою розширення оптичної системи HCRF у площадках навколо позагалактичних радіоджерел (1995—1998) [115]. У 2000—2006 роках Миколаївська обсерваторія брала участь у міжнародному проєкті з визначення параметрів взаємної орієнтації оптичної і радіосистем координат. Було отримано оптичні спостереження приблизно 300 позагалактичних радіоджерел списку ICRF і обчислені їхні положення. Отримані різниці оптичних і радіоположень було використано для контролю і уточнення параметрів взаємної орієнтації оптичної і радіосистем координат. Результати показали відсутність суттєвих розходжень між системами на рівні точності 4-5 мсд [56, 75, 96—98, 118].

Ситуація в астрометрії докорінно змінилася у зв'язку із запуском космічного телескопа Gaia Європейського космічного агентства (2013) [103], за результатами роботи якого очікується підвищення точності приблизно на три порядки. Таким чином, для отримання системи координат в оптичному діапазоні на сучасному рівні точності, назріла необхідність в нових каталогах зір, створених на основі даних, які отримує Gaia. Серед важливих задач телескопа — спостереження позагалактичних радіоджерел (квazarів). Виконані вимірювання прив'язують координати зір до міжнародної небесної системи відліку (ICRF-2). Аналогічна робота, виконана обсерваторією HIPPARCOS, забезпечила координати в системі ICRF для 118 тис. зір, але з часом точність системи HCRF значно знизилася.

Завдяки Gaia астрономи отримали дані з найточнішою астрометричною точністю з усіх відо-

мих телескопів: близько 20 мксд для 15-ї зоряної величини і 200 мксд для 20 зоряної величини. У 2016 році вийшов перший реліз каталогу — GaiaDR1, який містить 1140 622 719 зір. Він дозволив пов'язати систему каталогу з ICRF. Другий реліз GaiaDR2 (2018 р.) містить значніший обсяг даних, отриманий виключно на космічному апараті. У 2021 році вийшов третій реліз, у якому є інформація про майже 1.5 млрд зір до 21^m . Наразі реалізацією міжнародної небесної системи координат в оптичному діапазоні є Gaia Celestial Reference Frame, створена на базі спостережень квазарів (GCRF3). Космічна місія Gaia триває — її вирішено продовжити до 2025 року.

На базі проміжних даних, отриманих за допомогою Gaia, у Астрономічній обсерваторії Харківського університету було створено каталог PMA, що містить 420 млн абсолютних власних рухів зір до 21^m зоряної величини. Були використані положення джерел каталогу GaiaDR1 та 2MASS (PSC) з середньою різницею епох 15 років. Абсолютизацію власних рухів зір виконано з використанням 1.6 млн галактик. Розпочато новий напрям досліджень — з пошуку та класифікації позагалактичних об'єктів [93, 94].

7. ВИСНОВКИ

З настанням ери космічної астрометрії ряд програм і каталогів втратили актуальність, і мають лише історичне значення. До таких програм належить, зокрема, каталог «Міжнародні опорні зорі» (International Reference Stars — IRS), створений у рамках проєкту КСЗ. Каталоги власних рухів зір, отримані за програмою КСЗ, використовувалися при калібруванні каталогу супутника HIPPARCOS, при встановленні зв'язку між оптичною системою і системою радіоджерел. Етапи роботи над проєктом КСЗ є прикладом однієї з успішних колективних робіт за участі значної кількості обсерваторій, зокрема у частині міжнародної співпраці. Значним внеском к ці дослідження стали роботи астрометристів астрономічних обсерваторій Київського, Одеського і Харківського університетів, Миколаївської обсерваторії і ГАО НАН України. На прикладі розгляду різних етапів цієї масштабної роботи мож-

на простежити трансформацію методів астрометрії. Завершення космічної місії Gaia дасть можливість отримати інерційну систему координат на вищому рівні точності, відкриє нові перспективи перед науковцями. Разом з тим, незважаючи на те, що точність і граничні зоряні величини, що досягаються космічною астрометрією, є такими, що наземні інструменти конкурувати з ними не можуть, ключовими завданнями зі створення каталогів слабких зір стають застосування сучасних ІТ-методів для обробки великих масивів даних, перш за все Gaia, планування нових космічних обсерваторій, зокрема з акцентом

на інфрачервоний діапазон, для подальшого дослідження популяції і кінематичних рухів зоряної системи нашої Галактики.

Автор висловлює подяку проф. І. Б. Вавиловій за корисні поради і обговорення матеріалів статті, академіку НАН України Я. С. Яцківу, доктору фіз.-мат. наук, завідувачу лабораторії астрометрії НДІ Астрономії Харківського університету ім. В. Н. Каразіна П. М. Федорову та завідувачу лабораторії астрометрії ГАО НАН України, кандидату фіз.-мат. наук П. Ф. Лазоренку за слушні зауваження і корисні поради.

ЛІТЕРАТУРА

1. Агафонова Л. Д., Нефедьева А. И. Абсолютные склонения 536 звезд фундаментального каталога слабых звезд. *Изв. астрон. обсерватории им. В. П. Энгельгардта*. 1953. № 28. С. 3—116.
2. Ахметов В. С. Кінематичні параметри Галактики за даними сучасних астрометричних каталогів: дис. ... канд. фіз.-мат. наук. Харків, 2011.
3. Багильдинский Б. К., Косин Г. С. Результаты наблюдений ярких и слабых фундаментальных звезд на вертикальном круге Пулковской обсерватории. *Тр. Глав. астрон. обсерватории. в Пулкове*. 1966. **76**, № 2. С. 5—32.
4. Балтабаев Ю. *Каталог собственных движений 4423 звезд относительно галактик в 41 площадке неба*. Ташкент, 1985. 175 с. Деп. в ВИНТИ 11.03.85, № 1759.
5. Бальшев М. А. *Борис Петрович Герасимович (1889—1937)*. 200 лет астрономии в Харьковском университете. Ред. Ю. Г. Шкуратов. Харків: ХНУ, 2008. С. 115—124. <https://doi.org/10.15407/sofs2021.03.076>
6. Батурина Г. Д. Прямые восхождения 196 дополнительных звезд КСЗ по наблюдениям с меридианным кругом Тепфера в Пулкове в 1965—1967 гг. *Изв. Глав. астрон. обсерватории в Пулкове*. 1974. № 192. С. 3.
7. Батурина Г. Д. Список дополнительных SRS звезд на площадках с галактиками южного неба. *Современные проблемы позиционной астрометрии: Тр. 19-й астрометр. конф. СССР*. М.: Изд-во МГУ. С. 118.
8. Батурина Г. Д., Бедин В. С., Варина В. А. и др. Пулковский каталог координат 11506 звезд AGK3R. Часть I. М., 1988. 80 с. Деп. в ВИНТИ, № 6050-B88; Часть II. М., 1988. 80 с. Деп. в ВИНТИ, № 6051-B88.
9. Батурина Г. Д., Бедин В. С., Зверев М. С. Каталоги координат опорных слабых ярких и двойных звезд южнее -47° и поправок к положениям звезд FK4 по наблюдениям пулковских астрономов с меридианным кругом обсерватории Серро-Калан (Чили) в 1963—1968 гг. *Тр. Глав. астрон. обсерватории в Пулкове*. 1986. **86**. С. 4—158.
10. Богуславская Е. Я., Каримова Д. К., Подобед В. В. и др. О непосредственной привязке звезд КСЗ к внегалактическим туманностям. *Тр. 11-й астрометр. конф. СССР* (Пулково 24—26 мая 1954 г). Ленинград, 1955. С. 42—50.
11. Болотін С. Л., Литвин С. О. Порівняння об'єднаних каталогів RSC (GAOUA) 05 CO3 та RSC (PuI) 06 CO2 з реалізацією МНСВ (ICRF). *Кінематика і фізика небес. тел.* 2010. **26**, № 1. С. 31—42.
12. Болотін С. Л., Молотай О. А, Тельнюк-Адамчук В. В. та ін. *Про узгодженість системи відліку реалізованої каталогом RSC (GAOUA) 97C01 з міжнародною небесною системою відліку ICRF*. К.: ГАО НАН України, 1998. 39 с. (Препринт ГАО-98-24).
13. Боровских В. С. Сводный каталог опорных звезд КСЗ. Проблемы астрометрии: *Тр. 22-й астрометр. конф. СССР* (Москва, 1—5 июня 1984). М.: Изд-во МГУ, 1985. С. 92—93,.
14. Бородинский И. М. *Дифференциальный каталог прямых восхождений 549 звезд ФКСЗ со склонениями от -20° до 90° , полученный в системе FK4 из наблюдений с Ташкентским меридианным кругом в 1982—1984 годах*. Ташкент: Астрон. ин-т АН УзССР. 41 с.
15. Бородинский И. М. Абсолютный каталог прямых восхождений 322 звезд из ФКСЗ со склонениями от -20° до $+90^\circ$. *Циркуляр Астрон. ин-та АН УзССР*. 1976. № 67 (414). С. 1—29.
16. Быков М. Ф. Каталог прямых восхождений 824 звезд КСЗ-2 в зоне прямых восхождений от -15° до -20° . *Циркуляр Астрон. ин-та АН УзССР*. 1963. № 319. С. 10—28.

17. Варина В. А., Варин М. П. Каталог абсолютных прямых восхождений 1960 ярких (FK4) и слабых (ФКС3) звезд южного неба. *Тр. Глав. астрон. обсерватории в Пулкове*. 1981. **84**. С. 4–60.
18. Волянская М. Ю. Склонения 422 звезд КС3-2 в зоне -9° до -13° . *Астрометрия и астрофизика*. 1974. Вып. 22. С. 78–86.
19. Вороненко В. И., Горель Г. К., Калихевич Ф. Ф. Фотографические наблюдения малых планет в Николаеве. *Бюл. Ин-та теор. астрономии*. 1970. **12**, № 4 (137). С. 364–375.
20. Гаврилов И. В., Онегина А. Б., Колчинский И. Г. Предварительные результаты фотографирования галактик для целей Каталога слабых звезд на 400-мм астрографе Главной астрономической обсерватории АН УССР. *Тр. 12-й астрометр. конф. СССР*. Л., 1957. С. 346–350.
21. Герасимович Б. П., Днепровский Н. И. Звездная астрономия и фундаментальные системы звездных положений. *Циркуляр Глав. астрон. обсерватории*. 1932. № 3. С. 3–12.
22. Гордон Я. Е., Горель Л. Ф. Каталог 2600 звезд КС3 в зоне склонений от -5° до -20° , составленный на основе наблюдений с помощью меридианного круга в Николаеве. *Тр. Глав. астрон. обсерватории в Пулкове*. 1969. **77**. С. 23–73.
23. Гордон Я. Е., Горель Л. Ф., Дзюба И. П. и др. Каталог прямых восхождений и склонений звезд AGK3R, составленный в Николаеве по наблюдениям на меридианном круге. *Тр. Глав. астрон. обсерватории в Пулкове*. 1966. **75**. С. 96–254.
24. Гордон Я. Е., Горель Л. Ф., Хруцкая Е. В. *Каталог прямых восхождений 586 звезд ФКС3 в зоне склонений от $+90^\circ$ до -20°* . М., 1982. Деп. в ВИНТИ, № 1168-82.
25. Горель Л. Ф. Положения 117 дополнительных звезд КС3 в районах с внегалактическими туманностями (зона склонений от $+25^\circ$ до -20°). *Тр. Глав. астрон. обсерватории в Пулкове*. 1969. **77**. С. 79–82.
26. Горыня А. А. Каталог склонений 585 слабых звезд в системе FK3 наблюдаемых на меридианном круге Киевской астрономической обсерватории. *Тр. Киев. астрон. обсерватории*. 1956. **1**. С. 3–79.
27. Грегуль А. Я. Каталог склонений звезд ФКС3 в системе FK4. *Вестн. Киев. ун-та. Сер. Астрономия*. 1970. № 12. С. 73–77.
28. Гуляев А. П., Коробова В. А., Хомякова Н. П. Московский каталог прямых восхождений и склонений звезд ПФКС3. *Тр. Гос. астрон. ин-та им. П. К. Штернберга*. 1970. **39**. С. 15–17.
29. Дейч А. Н. *Использование внегалактических объектов для построения абсолютной системы собственных движений звезд*. Докл. на VIII съезде Междунар. астрон. союза (Рим, 1952). М., 1952. 36 с.
30. Дейч А. Н. Каталог слабых звезд и задачи звездной астрономии. *Бюл. Абастум. астрофиз. обсерватории*. 1962. **27**. С. 49–50.
31. Дейч А. Н., Лавдовский В. В., Фатчихин Н. В. Каталог 1508 внегалактических туманностей в 157 площадках неба зоны от $+90^\circ$ до -5° склонения, избранных для определения собственных движений звезд. *Изв. Глав. астрон. обсерватории*. 1954. № 154.
32. Дрофа В. К., Чернега М. А. Каталог положений слабых звезд в системе ПФКС3. Киев, 1964. 206 с.
33. Зверев М. С. О каталоге слабых звезд. *Астрон. журн*. 1940. **17**, № 5. С. 78.
34. Зверев М. С. Собственные движения звезд. *Вестн. Ленингр. ун-та*. 1947. № 8. С. 3–9.
35. Зверев М. С. *Каталог слабых звезд как астрометрическая проблема*. М.: Изд-во АН СССР, 1952. 81 с.
36. Зверев М. С. Отчет и предложения подкомиссии по каталогу слабых звезд. *Тр. 10-й астрометр. конф. СССР*. Л., 1955. С. 14–21.
37. Зверев М. С. Пять лет работы астрономической экспедиции Пулковской обсерватории в Чили. *Изв. Глав. астрон. обсерватории*. 1970. № 185. С. 3–71.
38. Зверев М. С. Николай Иванович Днепровский (1887–1944). *Историко-астрон. исслед.* 1980. Вып. 15. С. 15.
39. Зверев М. С. Каталог слабых звезд для 15 690 звезд для склонений от $+90^\circ$ до -30° . М.: ГАО АН СССР, 1956. (КС3-1+КС3-2).
40. Зверев М. С., Курьянова А. Н., Положенцев Д. Д., Яцкив Я. С. *Сводный каталог фундаментальных слабых звезд со склонениями от $+90^\circ$ до -20° (ПФКС3-2)*. Киев: Наук. думка, 1980. 108 с.
41. Зверев М. С., Курьянова А. Н., Положенцев А. Д. и др. О сводном каталоге фундаментальных слабых звезд (ФКС3). *Кинематика и физика небес. тел.* 1987. **3**(4). С. 3–6.
42. Зверев М. С., Положенцев Д. Д. Предварительный каталог фундаментальных слабых звезд со склонениями от $+90^\circ$ до -20° . *Тр. Глав. астрон. обсерватории в Пулкове*. 1958. **72**. С. 5.
43. Зверев М. С., Положенцев Д. Д. Итоги выполнения программы SRS «Южные опорные звезды» и перспектива создания каталога IRS «Международные опорные звезды». *Современная астрометрия (Тр. 23-й астрометр. конф. СССР, Пулково, 19–23 марта 1985 г.)*. Л.: ГАО АН СССР, 1987. С. 8–13.

44. Калихевич Ф. Ф. Фотографические наблюдения малых планет в Николаеве в 1971 г. *Бюл. Ин-та теор. астрономии*. 1971. **14** (154). С. 54—59.
45. Карбовский В. Л., Лазоренко П. Ф., Буромский М. И. и др. Астрометрический каталог звезд экваториальной зоны КМАС3. *Кинематика и физика небес. тел.* 2016. **32**(4). С. 73—80.
46. Кислюк В. С., Яценко А. И., Иванов Г. А. и др. ФОНАК: астрографический каталог программы ФОН. *Кинематика и физика небес. тел.* 2000. **16**(6). С. 483—496.
47. Ковалевский Ж. *Современная астрометрия*. Фрязино: Век 2, 2004. 480 с.
48. Коваленко Н. Д. Результаты наблюдений звезд ФКСЗ, выполненных на меридианном круге Астрономической обсерватории Киевского университета в 1972—1975 гг. *Вестн. Киев. ун-та. Сер. Астрономия*. 1978. № 20. С. 73—89.
49. Колчинский И. Г., Онегина А. Б. План фотографирования неба на широкоугольных астрографах. *Астрометрия и астрофизика*. 1977. Вып. 33. С. 11—16.
50. Конин В. В., Король А. К. Каталог склонений 588 звезд ФКСЗ в системе FK3, полученный из наблюдений на ВК в 1952—1953 гг. *Изв. Глав. астрон. обсерватории АН УССР*. 1957. **2**, вып. 1. С. 3—72.
51. Конин В. В., Хруцкая Е. В. Каталог положений 5969 звезд SRS и 727 звезд BS в зоне от 0° до -20° . *Тр. Глав. астрон. обсерватории в Пулкове*. 1983. **85**. С. 4—148.
52. Король А. К. *Склонения слабых и ярких фундаментальных звезд в единой системе*: Монография. К: Наук. думка, 1969. 234 с.
53. Кузьменко К. Н., Плужников В. Х. Каталог прямых восхождений звезд ФКСЗ в системе FK3, составленный по наблюдениям на Харьковском меридианном круге в 1953—1956 гг. *Уч. зап. Харьков. гос. ун-та*. 1957. **86**. С. 13—61.
54. Курьянова А. Н., Яцкив Я. С. Сводный каталог положений внегалактических радиоисточников RSC (GAOUA)91CO1. *Кинематика и физика небес. тел.* 1993. **9**(2). С. 12—25.
55. Лазоренко П. Ф., Карбовский В. Л., Буромский М. И. и др. Астрометрический каталог звезд в экваториальной зоне КМАС2. *Кинематика и физика небес. тел.* 2015. **31**(5). С. 61—71.
56. Майгурова Н., Пинигин Г., Шульга А., Процюк Ю. и др. О состоянии совместного проекта по улучшению связи между оптической и радио-опорными системами координат. *Proc. Int. Workshop "Optical and Radio Sources — Location and Connection"*. Nikolaev, 2003. P. 66—72.
57. Маткевич Л. Л. Каталог прямых восхождений 643 слабых звезд в системе FK3, наблюденных на меридианном круге Ташкентской астрономической обсерватории. *Тр. Ташкент. астрон. обсерватории*. 1952. **2**. С. 3—153.
58. Мешкова Т. С., Оборнева А. Г. Каталог прямых восхождений и склонений звезд КСЗ в зоне от $+60^\circ$ до $+90^\circ$. *Тр. Гос. астрон. ин-та им. П. К. Штернберга*. 1972. **42**. С. 32—62.
59. Михайлов В. А., Кузьменко К. М. Сводный каталог склонений звезд ФКСЗ в системе FK4. *Вестн. Харьков. ун-та. Сер. Астрономия*. 1974. Вып. 9. № 117. С. 37—50.
60. Нефедьева А. И. Дифференциальный каталог 2288 звезд Каталога слабых звезд. *Изв. астрон. обсерватории им. В. П. Энгельгардта*. 1963. № 33. С. 3—214.
61. Новопащенко Б. В. *Каталог прямых восхождений 645 звезд ФКСЗ в системе FK3*. Каталоги положений звезд. Киев: Наук. думка, 1970. С. 135—155.
62. Новопащенко Б. В. *Каталог прямых восхождений 2967 звезд КСЗ-2 между -5° и -25° по склонению*. Каталоги положений звезд. Киев: Наук. думка, 1970. С. 157—237.
63. Положенцев Д. Д. Итоги меридианных наблюдений каталога слабых звезд. *Тр. 17-й астрометр. конф. СССР*. Л: Наука, 1967. С. 7—18.
64. Немиро А. А. Каталог 643 слабых звезд в системе FK3. *Тр. Ташкент. астрон. обсерватории*. 1952. № 2.
65. Немиро А. А. Исследование абсолютных определений прямых восхождений. *Тр. Глав. астрон. обсерватории в Пулкове*. 1958. **71**. С. 169.
66. Немиро А. А. *Пулковские абсолютные определения координат звезд*. 150 лет Пулковской обсерватории. Л.: Наука, 1987. С. 16—40.
67. Нечаев В. М. Каталог склонений КСЗ-2 звезд в зоне -12° до -20° . *Вопросы астрометрии*. 1966. С. 51.
68. Онегина А. Б., Заславская С. А. Положения малых планет, полученные в ГАО АН УССР с 400-мм астрографом. *Бюл. Ин-та теор. астрономии*. 1970. **12**, № 5(138). С. 434—435.
69. Орельская В. И. Рекомендации для наблюдений избранных малых планет на 1974—1990 гг. *Новые идеи в астрометрии: Тр. 20-й астрометр. конф. СССР*. Л.: Наука, 1978. С. 25—28.
70. Рахимов А. Г. О каталоге собственных движений 10 600 звезд в 41 избранной площадке неба. *Циркуляр Астрон. ин-та АН УзССР*. 1976. № 66. С. 1—31.
71. Рибка С. П. Специальный звездный каталог власних рухів 21817 зір в 75 ділянках неба з галактиками. *Кинематика и физика небес. тел.* 1990. **6**(1). С. 54—57.

72. Рыбка С. П. *Каталог собственных движений звезд в избранных площадках неба с галактиками*. Киев, 1978. 72 с. (Деп. в ВИНТИ 13.12.78, № 3792).
73. Рыбка С. П. Определение параметров движения Солнца и галактического вращения по собственным движениям звезд в избранных областях неба с галактиками. *Кинематика и физика небес. тел.* 1992. **8** (1). С. 69–72.
74. Рыбка С. П., Яценко А. И. GPM — сводный каталог абсолютных собственных движений звезд в избранных площадках неба с галактиками. *Кинематика и физика небес. тел.* 1997. **13** (5). С. 70–74.
75. Рыльков В. П., Дементьева А. А., Нарижная Н. В. и др. Каталог 21641 звезд вокруг 239 внегалактических астрометрических источников. *Изв. Глав. астрон. обсерватории в Пулковке*. 2009. Вып. 4. № 219. С. 185–188.
76. Самойлова-Яхонтова Н. С. Наблюдения малых планет для определения постоянного каталога слабых звезд. *Тр. 11-й астрометр. конф. СССР*. Л.: Наука, 1955. С. 78–82.
77. Тельнюк-Адамчук В. В. Сводные каталоги близполюсных и ярких звезд и связь оптической и радиоинтерферометрической систем отсчета: автореф. дис. ... д-ра физ.-мат. наук. Київ, 1992. 47 с.
78. Фатчихин Н. В. Абсолютные собственные движения 14600 в 85 площадках северного неба, полученные по галактикам на пулковском нормальном астрографе. *Тр. Глав. астрон. обсерватории в Пулковке*. 1974. **81**, сер. II. С. 3–212.
79. Федоров П. Н., Ахметов В. С. XPM и HIPPARCOS как реализация внегалактической опорной системы координат. Их общность и различия. *Вісник Київ. ун-ту*. 2011. Вип. 47. С. 38–40.
80. Федоров П. Н. История астрометрии в обсерватории Харьковского национального университета имени В. Н. Каразина. *Вісник Астрон. школи*. 2002. **3**, № 2. С. 42–54. <https://doi.org/10.18372/2411-6602.03.2042>
81. Федоров П. Н. *Астрометрия в XX веке*. 200 лет астрономии в Харьковском университете. Харьков: ХНУ им. В. Н. Каразина, 2008. С. 320–331.
82. Федоров П. Н., Ахметов В. С., Шульга А. В. Опорные системы координат в современной астрометрии. *Космічна наука і технологія*. 2010. **16**, № 6. С. 68–74.
83. Федоров П. Н., Мызников А. А. Харьковский каталог XС1 положений и собственных движений слабых звезд в окрестностях внегалактических источников ICRF. *Кинематика и физика небес. тел.* 2006. **22**(4). С. 309–320.
84. Харченко Н. В. Программа изучения кинематики звезд в главном меридиональном сечении Галактики. *Астрометрия и астрофизика*. 1983. Вып. 49. С. 61–65.
85. Харченко Н. В., Пакуляк Л. К. Каталог звездных данных программы комплексного исследования главного меридионального сечения Галактики. *Астрон. циркуляр*. 1990. № 1542. С. 29–30.
86. Хроника. Астрономическое совещание по наблюдениям каталога слабых звезд 10–12 ноября 1938 г. *Астрон. журн*. 1939. **16**, № 3. С. 100–104.
87. Чернега Н. А. Каталог прямых восхождений звезд ФКСЗ в системе FK4. *Вестн. Киев. ун-та. Сер. Астрономия*. 1969. № 10. С. 128–145.
88. Яценко А. И. Оптична реалізація небесної системи координат за даними міжнародних програм КСЗ і ФОН: дис. ... д-ра фіз.-мат. наук. Київ, 2002.
89. Яцкив Я. С. О состоянии и тенденциях развития астрометрических исследований. I. *Астрометрия и астрофизика*. 1983. Вып. 49. С. 3–9.
90. Яцкив Я. С. О состоянии и тенденциях развития астрометрических исследований. II. *Астрометрия и астрофизика*. 1984. Вып. 50. С. 56–59.
91. Яцкив Я. С., Губанов В. С. *Об основных координатных системах, применяемых в астрометрии и геодинимике*. Геодинимика и астрометрия: сб. ст., Киев: Наук. думка, 1980. С. 110–120.
92. Яцкив Я. С., Положенцев А. Д. *Новое определение собственных движений фундаментальных слабых звезд со склонениями от +90° до –20°*. Киев, 1984. 20 с. (Препринт/АН УССР. Ин-т теор. физики; ИТФ-84-151Р).
93. Akhmetov V. S., Fedorov P. N., Velichko A. B. (2017). The PMA catalogue as a realization of the extragalactic reference system in optical and near infrared wavelengths. *Proc. IAU*, **12**, Symp. S330, 81. <https://doi.org/10.1017/S174392131700607X>
94. Akhmetov V. S., Fedorov P. N., Velichko A. B., et al. The PMA Catalogue: 420 million positions and absolute proper motions. *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.* 2017. **469**, No. 1. P. 763–773. <https://doi.org/10.1093/mnras/stx812>
95. Anguita C., Carrasco G., Loyola P., et al. The importance of the Chilean Meridian Observations in the FK5 catalogue. *Revista Mexicana de Astronomia y Astrofisica*. 1993. 26.
96. Aslan Z., Gumerov R., Jin W., Khamitov I., et al. Optical counterpart positions of extragalactic radio sources and connecting optical and radio reference frames. *Astron. and Astrophys.* 2005. **510**. id. A10. <https://doi.org/10.1051/0004-6361/200913162>
97. Aslan Z., Gumerov R., Jin W., Khamitov I. K., et al. Results of Joint project on linking optical–radioreference frames. *Kinematics and Physics of Celestial Bodies. Suppl. Ser.* 2005. No. 5. P. 333–337.
98. Babenko Yu., Danil'tsev A., Vertypolokh A., et al. Reduction of compiled catalogue in the selected Extragalactic radio source fields. Preliminary Estimation. *Romanian Astron. J.* 2003. **13**, No. 1. P. 77–81.

99. Corbin T. E. A catalog of mean positions and proper motions of 20194 AGK3R stars. *Modern Astrometry*. 1978. IAU Coll. No. 48. P. 505.
100. Corbin T. E., Urban S. E. VizieR Online Data Catalog: Astrographic Catalog Reference Stars (ACRS). NASA, NSSDC 91-10. 1995
101. Corbin T. E., Warren W. International Reference Stars. NASA, NSSDC. 1991.
102. Deutch A. N. Photographic part of the catalogue of faint stars (KSZ). *Publ. Observ. astron. Beograd*. 1982. No. 29. P. 41—52.
103. ESA. GAIA Science Community. URL: <https://www.cosmos.esa.int/web/gaia> (дата звернення: 20.09.24).
104. Fedorov P., Myznikov A. XC1 catalogue of positions and proper motions (Fedorov+, 2005). VizieR On-line Data Catalog: I/302 (Originally publ.: *Kinematics and Physics of Celestial Bodies. Suppl. Ser.* 2005. No. 5. P. 322—327).
105. Fedorov P. N., Akhmetov V. S., Bobylev V. V., et al. An investigation of the absolute proper motions of the XPM catalogue. *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.* 2010. **406**, No. 3. P. 1734—1744. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2966.2010.16830.x>
106. Fedorov P. N., Myznikov A. A. The catalogue of positions and proper motions of faint stars around the ICRF sources. *Kinematics and Physics of Selectial Bodies. Suppl. Ser.* 2005. No. 5. P. 333—337.
107. Fedorov P. N., Myznikov A. A., et al. The XPM Catalogue: absolute proper motions of 280 million stars. *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.* 2009. **393**. P. 133—138. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2966.2008.14168.x>
108. Gliese W. Preliminary List of Star Catalogues 1963—1976. Heidelberg: Astronomisches Rechen-Institut, 1976. 23 p.
109. Hanson R. B. The Lick Northern Proper Motion catalogues. Proper Motions and Galactic Astronomy. Ed. R. M. Humphreys. *ASP Conf. Ser.* 1997. **127**, 23.
110. Hog E., Fabricius C., Makarov V. V., et al. The Tycho-2 Catalogue of the 2.5 million brighter stars. *Astron. and Astrophys.* 2000. **355**. P. L27—L30.
111. Kharchenko N. V. The General Catalogue of Stellar proper motion with respect to galaxies with astrophysics supplement. *Inertial coordinate system on the sky: Proc. IAU Symp.* 1990. No. 141. P. 431—432.
112. Kharchenko N. V., Yatsenko A. I., Rybka S. P., et al. Some results of the determination of star proper motions, related to the galaxies, made on the astrograph of the Main Astronomical Observatory of the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR in Goloseevo (near Kiev). *Publ. de l'Observatoire Astronomique de Beograd*. 1990. No. 40. P. 19—29.
113. Kislyuk V. S., Rybka S. P., Yatsenko A. I., et al. Contribution of the Main Astronomical Observatory of the Ukrainian Academy of Sciences to the link of the HIPPARCOS and extragalactic reference frames. *Proc. ESA Symp. "HIPPARCOS-Venice 97"* (May13—16, 1997, Venice, Italy). ESA SP-402. Noordwijk: ESA Publ., 1997. P. 61—62.
114. Klemola A. R., Hanson R. B., Jones B. F. *Lick NPM program: NPM1 Catalog and its applications*. Galactic and Solar System Optical Astrometry. Eds L. V. Morrison, G. F. Gilmore. Cambridge: Univ. Press, 1994. P. 20.
115. Kovalchuk A. N., Pinigin G. I., Protsyuk Yu. I., et al. Determination of position of 12-14 magnitudes stars in the selected fields around extragalactic radio sources with the automatic AMC. *Journées 1997. Systemes de Reference Spatio-Temporels*. Prague, 1997. P. 14—17.
116. Kovalevsky J., Lindegren L., Perryman M., et al. The Hipparcos catalogue as a realisation of the extragalactic reference system. *Astron. and Astrophys.* 1997. **323**, No. 2. P. 620—633.
117. Lazorenko P., Babenko Yu., Karbovsky V., et al. The Kyiv Meridian Axial Circle catalogue of stars in fields with extragalactic radio sources. *Astron. and Astrophys.* 2005. **438**. P. 377—389. <https://doi.org/10.1051/0004-6361:20042573>
118. Maigurova N., Pinigin G., Protsyuk Yu., et al. Development of Joint Project on Improvement of Link between Optical and Radio Reference Coordinate Systems. Extension and Connection of Reference Frames Using Ground Based Technique (October 10—13, 2001). Nikolaev: ATOL, 2001. P. 58—66
119. Platias I., Girard I. M., Kozhurina-Platias V., et al. The Southern Proper Motion Program II. A catalog at the South Galactic Pole. *Astron J.* 1998. **116**. P. 2556—2564. <https://doi.org/10.1086/300620>
120. Rybka P. Rektascensje 555 gwiazd fundamentalnego katalogu słabych gwiazd w systemie FK3. Warszawa: Panstw. Wyd. Nauk, 1956. 86 s.
121. Rybka S. P., Yatsenko A. I. GPM1-a catalog of absolute proper motions of stars with respect to galaxies. *Astron. and Astrophys. Suppl. Ser.* 1997. **121**, No. 2. P. 243—246.
122. Rybka S. P., Yatsenko A. I. The GPM catalog (Rybka+, 1997—2001). VizieR On-line Data Catalog: I/285 (Originally publ. in: *Kinematics and Physics of Celestial Bodies*. 1997. 13, No. 5. P. 70—74).
123. Scott F. P. Report on the AGK3R. *Astron. J.* 1960. **65**, No. 4. P. 175—176. <https://doi.org/10.1086/108213>
124. Scott F. P. Southern Ref. Stars list. *Astron. J.* 1967. **72**. P. 572. <https://doi.org/10.1086/110271>
125. Smith C. A., Corbin T. E., Huges J. A., et al. The SRS Catalog — culmination of an International cooperative effort. *Proc. Int. Astron. Union.* 1990. **141**. P. 457.
126. Tel'nyuk -Adamchuk V., Babenko Yu., Lazorenko P., et al. Observing programs of the Kyiv meridian axial circle equipped with CCD micrometer. *Astron. and Astrophys.* 2002. **386**, No. 3. P. 1153. <https://doi.org/10.1051/0004-6361:20020316>

127. *The HIPPARCOS and Tycho Catalogues*. Noordwijk: ESA Publ., 1997. Vol. 1—7.
128. Vavilova I. B., Artemenko T. G., Pakuliak L. K. Biographical index “Astronomers of Ukraine” at the UkrVO portal. *Kinematics and Physics of Celestial Bodies*. 2014. **30**, No. 1. P. 46—52. <https://doi.org/10.3103/S0884591314010073>
129. Vavilova I., Pakuliak L., Babyk I., et al. Surveys, Catalogues, Databases, and Archives of Astronomical Data. *Knowledge Discovery in Big Data from Astronomy and Earth Observation*, 2020. P. 57—102. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819154-5.00015-1>
130. Yatsenko A. I., Rybka S. P., Scholz R. The connection of the HIPPARCOS reference system to extragalactic objects by photographic astrometry. *Astron. Nachr.* 1987. **308**, No. 5. P. 319—322. <https://doi.org/10.1002/asna.2113080507>

REFERENCES

1. Agafonova L. D., Nefedyeva A. I. (1953). Absolute declinations of 536 stars of the fundamental catalog of faint stars. *Izvestia AEO*, No. 28, 3—116 (In Russian).
2. Akhmetov V. S. (2011). *The kinematics parameters of the Galaxy using data of modern astrometrical catalogues*. Thesis for PhD degree in specialty “Astrometry and celestial mechanics”. Kharkiv (in Ukrainian).
3. Bagildinsky B. K., Kosin G. S. (1966). Results of bright and faint stars observations on vertical circle of Pulkovo Observatory. *Trudy Glavnoy Astron. Observatoriy v Pulkovo*, **76**, No. 2, 5—32 (in Russian).
4. Baltabayev Yu. (1985). *Catalogue of proper motion 4423 stars on relation to galaxies in 41 zones*. Tashkent, 175 p. Dep. v VINITI 11.03.85, № 1759 (in Russian).
5. Balyshv M. A. (2008). 200 years of astronomy at Kharkiv University. Ed. Y. G. Shkuratov. Kharkiv: Kharkiv National University, 115—124 (in Russian). <https://doi.org/10.15407/sofs2021.03.076>
6. Baturina G. D. (1974). Right ascensions of 196 additional stars of KSZ on Tepfer Meridian Circle observations in Pulkovo in 1965—1967. *Izvestia Glavnoy astronomicheskoy observatorii v Pulkovo*, No. 192, 3 (in Russian).
7. Baturina G. D. (1975). List of additional SRS stars at fields with galaxies of south sky. *Sovremennyye problemy pozitsionnoy astrometrii. Trudy 19 astromet. konf.*, M.: izd. MGU, 118 (in Russian).
8. Baturina G. D., Bedin V. S., Varina V. A. (1988). The Pulkovo catalogue of the coordinates of 11506 AGK3R stars. Part 1. M., 80 p. dep. v VINITI № 6050-B88; Part II. M., 80 p. dep. v VINITI № 6051-B88 (in Russian).
9. Baturina G. D., Bedin V. S. (1986). Catalogues of coordinates of faint, bright, and binary stars to the south of declination -47° and FK4 star position corrections according to 1963—1968 observations of Pulkovo astronomers with the meridian circle of the Cerro-Calán Observatory (Chile). *Trudy GAO*, **86**, 4—158 (in Russian).
10. Boguslavskaya E. Ya, Karimova D. K., Podobed V. V. (1955). About connection KSZ stars to extragalaxy nebulas. *Trudy 11 astrometricheskoy konf. SSSR (Pulkovo, May 24—26, 1954). Leningrad*, 42—50 (in Russian).
11. Bolotin S. L., Lytvyn S. O. (2010). Comparison of the combined catalogues RSC(GAOUA)05 C 03 and RSC(PUL)06 C 02 with the current realization of the International Celestial Reference Frame (ICRF). *Kinematics and Phys. Celestial Bodies*, **26** (1), 31—38 (in Ukrainian).
12. Bolotin S. L., Molotaj O. A., Tel’nyuk-Adamchuk V. V. (1998). On the consistency of the International Celestial Reference Frame and reference frame realized by the RSC (GAOUA) 97C01 catalogue. K.: GAO NAN Ukrainy, 39 p. (Preprint GAO-98-24).
13. Borovskikh V. S. (1984). Compiled catalogue of reference stars of the KSZ. *Problems of astrometry. Trudy 22 astrometricheskoy konf. SSSR* (Moscow, 1—5 June, 1981). M.: Izd. MGU, 92—93 (in Russian).
14. Boroditskij I. M. (1984). *Differential catalogue of right ascensions of 549 FKSZ stars with declinations from -20° to 90° , obtained in the FK4 system from observations with the Tashkent meridian circle on 1982—1984*. Tashkent: Astron. Inst. Akad. Nauk UzSSR, 41 p. (in Russian).
15. Boroditskij I. M. (1976). Absolute catalogue of right ascensions of 322 stars from the FKSZ with declinations from -20° to $+90^\circ$. *Tsirk. Astron. Observ. Tashkent*, **67** (414), 1—29 (in Russian).
16. Bykov M. F. (1963). Catalogue of right ascension of 824 stars KSZ-2 in zone of right ascension from -15° до -20° . *Tsirculyar Astron. Inst. AN UzSSR*, No. 319, 10—28 (in Russian).
17. Varina V. A., Varin M. P. (1981). Catalogue of absolute right ascension 1960 bright (FK4) and faint (FKSZ) south stars. *Trudy GAO*, **84**, 4—60 (in Russian).
18. Volyanskaya M. Yu. (1974). Declinations of 422 stars of KSZ-2 in zone from -9° to -13° . *Astronomia i astrofizika*, **22**, 78—86 (in Russian).
19. Voronenko V. I., Gorel’G. K., Kalikhevych F. F. (1970). Photographic observations of minor planets in Nikolaev. *Bull. In-ta teor. astronomii*, **12**, No. 4 (137), 364—375 (in Russian).
20. Gavrillov I. V., Onegina A. B., Kolchinsky I. G. (1957). First results of galaxies’ photography for KSZ catalogue on 400 mm astrograph of Main Astronomical Observatory of the Academy of Science of the Ukrainian SSR in Goloseevo. *Trudy 12 Astrometricheskoy konf. SSSR. Leningrad*, 346—350 (in Russian).

21. Gerasimovych B. P., Dneprovskij N. I. (1932). Astronomy of stars and fundamental systems of star positions. *Tsirc. GAO*, № 3, 3—12 (in Russian).
22. Gordon Ya. E., Gorel' L. F. (1969). Catalogue of 2600 stars KSZ in zone declination from -5° to -20° , compiled on basis of observations with meridian circle in Nikolaev. *Trudy GAO v Pulkovo*, **77**, 23—73 (in Russian).
23. Gordon Ya. E., Gorel' L. F. (1966). Catalogue of right ascensions and declinations AGK3R stars compiled in Nikolaev on Meridian Circle observation. *Trudy GAO v Pulkovo*, **75**, 96—254 (in Russian).
24. Gordon Ya. E., Gorel' L. F., Khruyskaya E. V. (1982). Catalogue of right ascensions of 586 FKSZ stars in the declination zone from $+90^{\circ}$ до -20° . Moscow. Dep. v VINITI, № 1168-82 (in Russian).
25. Gorel' L. F. (1969). Positions of 117 additional stars KSZ in zones with extragalaxy nebulas (zone of declination from $+25^{\circ}$ to -20°). *Trudy GAO v Pulkovo*, **77**, 79—82 (epoch 1957—1963) (in Russian).
26. Gorynja A. A. (1956). Catalogue of declinations of 585 faint stars in FK3-system observed on meridian circle of Kiev Astronomical Observatory. *Trudy Kiev. astron. observatorii*, **1**, 3—79 (in Russian).
27. Gregul A. Ya. (1970). Catalogue of the declinations of FKSZ stars in the system of FK4. *Vestnik Kievskogo Universiteta. Ser. Astronomii*, № 12, 73—89 (in Russian).
28. Gulyaev A. P., Korobova V. A., Khomyakova N. P. (1970). Moscow catalogue of right ascensions and declinations PFKSZ stars. *Trudy Gosudarstvennogo instituta im. P. K. Shternberga*, **39**, 15—17 (in Russian).
29. Deutsch A. N. (1952). Using of extragalactic objects for creation of absolute system of star's proper motions. *Report at the VIII Congress of the Int. Union, Rome 1952. M.*, 36 p. (in Russian).
30. Deutsch A. N. (1962). Catalogue of the faint stars and tasks of the stellar astronomy. *Bull. Abastuman. astrofiz. observatorii*, **27**, 49—50 (in Russian).
31. Deutsch A. N., Lavdovskiy V. V., Fatchikhin N. V. (1954). Catalogue of 1508 extragalaxy nebulae in 157 fields from $+90^{\circ}$ to -5° on declination, created for determination of proper motions of stars. *Izvestia Glavnoy astronomicheskoy observatorii v Pulkovo*, No. 154 (in Russian).
32. Drofa V. K., Chernega M. A. (1964). Catalogue of positions of the faint stars in PFKSZ system.-Kyiv, 206 p.
33. Zverev M. S. (1940). About catalog of faint stars. *Astronomicheskij Zhurnal*, **17**, No. 5, 78 (in Russian).
34. Zverev M. S. (1947). Proper motions of stars. *Vestnik Leningradskogo Universiteta*, No. 8, 3—9 (in Russian).
35. Zverev M. S. (1952). *Catalogue of the faint stars as an astrometrical problem*. M.: Izd. Akademii Nauk SSSR, 81 p. (in Russian).
36. Zverev M. S. (1955). Report and propositions of sub-commission on the KSZ. *Trudy 10-th astrometrical conference SSSR, L.*, 14—21 (in Russian).
37. Zverev M. S. (1970). Five years of work of the astronomical expedition of the Pulkovo Observatory in Chile. *Izvestia Glavnoy astronomicheskoy observatorii v Pulkovo*, No. 185, 3—71 (in Russian).
38. Zverev M. S. (1980). Nikolaj Ivanovich Dneprovskij (1887—1944). *Istoriko-astronomicheskiye issledovaniya* (Ed. L. Ye. Maystrov), **15**, 15 (in Russian).
39. Zverev M. S. (1956). Catalogue of the faint stars for 15 690 stars for declinations from $+90^{\circ}$ to -30° . VINITI, Moscow, GAO AN SSSR (KSZ-1+KSZ-2) (in Russian).
40. Zverev M. S., Kyr'yanova A. N., Polozhentsev A. D., et al. (1980). Compiled Catalogue of fundamental faint stars with declinations from $+90^{\circ}$ to -20° (PFKSZ-2). Kiev: Nauk. dumka, 108 p.
41. Zverev M. S., Kyr'yanova A. N., Polozhentsev A. D., et al. (1987). About compiled Catalogue of fundamental faint stars (FKSZ). *Kinemat. fiz. nebesnyh tel*, **3**(4), 3—6 (In Ukrainian).
42. Zverev M. S., Polozhentsev D. D. (1958). A preliminary catalog of fundamental faint stars with declinations from $+90^{\circ}$ to -20° . *Trudy GAO*, **72**, 5 (in Russian).
43. Zverev M. S., Polozhentsev D. D. (1987). Results of the execution of the program SRS «South reference stars» and perspective of creation of the catalog IRS «Internation reference stars». *Sovremennaya astrometria (On materials 23 astrometricheskoy konferentsii SSSR)*, 8—13 (in Russian).
44. Kalikhevich F. F. (1971). Photographic observations of minor planets at Nikolaev in 1971. *Bull. ITA*, **14**(154), 54—59 (in Russian).
45. Karbovsky V. L., Lazorenko P. F., Buromsky M. I. et al (2016). An astrometric catalogue of stars in equatorial zone KMAC3. *Kinemat. fiz. nebesnyh tel*, **32**(4), 73—80 (In Ukrainian).
46. Kislyuk V. S., Yatsenko A. I., Ivanov G. A. (2000). FONAC: the Astrographic catalogue of the FON project). *Kinemat. fiz. nebesnyh tel*, **16**(6), 483—496 (In Ukrainian).
47. Kovalevsky J. (2004). *Modern astrometry*. Fryazino: Vek 2, 480 p. (in Russian).
48. Kovalenko N. D. (1978). Results of observations FKSZ stars made on meridian circle of Astronomical observatory Kiev University in 1972—1975. *Vestnik Kievskogo Universiteta. Seriya Astronomii*, No. 20, 73—89 (in Russian).
49. Kolchinskii I. G., Onegina A. B. (1977). Plan for celestial photography with wide-angle astrographs. *Astrometriia i Astrofizika*, No. 33, 11—16 (In Russian).

50. Konin V. V., Korol A. K. (1957). Catalog of declination of 588 FK3 stars in FK3 system from observations on Vertical Circle at 1952—1953. *Izvestia Glavnoy astronomicheskoy observatorii AN USSR*, **2**(1), 3—72 (in Russian).
51. Konin V. V., Khrutskaya E. V. (1983). Catalogue of position of 5969 stars SRS and 727 stars BS at zone from 0° to -20° . *Trudy GAO*, **85**, 4—148 (in Russian).
52. Korol A. K. (1969). *Declinations of the faint and bright fundamental stars in a single system*. Monograph. K: Nauk. dumka, 234 p. (in Russian).
53. Kuz'menko K. N., Pluzhnikov V. Kh. (1957). Catalogue of right ascensions of FK3 stars in the FK3 system compiled from observations at Kharkiv meridian circle in 1953—1956. *Uchyoniy zapiski Khar'kovskogo gos.universiteta*, **86**, 13—61 (in Russian).
54. Kyr'yanova A. N., Yatskiy Ya. S. (1993). Compiled catalogue of positions of extragalaxy radio sources RSC (GAOUA)91CO1. *Kinemat. fiz. nebesnyh tel*, **9**(2), 12-25.
55. Lazorenko P. F., Karbovsky V. L., Buromsky M. I., et al. (2015). Astrometrical catalogue stars in equatorial zone KMAC2. *Kinemat. fiz. nebesnyh tel*, **31**(5), 61—71.
56. Maigurova N. V., Pinigin G. I., Shulga O. V. (2003). About status of the joint project for improvement connection between optical and radio reference coordinate systems. *Proceedings of the International Workshop "Optical and Radio Sources — Location and Connection*. Nikolaev, 66—72.
57. Matkevich L. L. (1952). Catalogue of right ascensions of 643 faint stars in FK3 system, observed on meridian circle of Tashkent astronomical observatory. *Trudy Tashkent. astron. observatory*, **2**, 3—153 (in Russian).
58. Meshkova T. S., Osborneva A. G. (1972). Catalogue of right ascensions and declinations KSZ stars in zone from $+60^\circ$ до $+90^\circ$. *Trudy Gosudarstvennogo instituta im. P. K. Shternberga*, **42**, 32—62 (in Russian).
59. Mikhaylov V. A., Kuz'menko K. N. (1974). Compiled catalogue of declinations FK3 stars in FK4 system. *Vestnik Kharkivskogo Universiteta. Seriya Astronomii*, **9**, No.117, 37-50 (in Russian).
60. Nefedjeva A. I. (1963). Differential catalogue of 2288 stars of catalogue of faint stars KSZ. *Izv. Astron. observatorii Engel'gardta*, No. 33, 13—69 (in Russian).
61. Novopashennyj B. V. (1970). *Catalogue of right ascensions of 645 FK3 stars in the FK3 system*. Katalogi pologeniy zvezd. Kiev: Naukova dumka, 135—155 (in Russian).
62. Novopashennyj B. V. (1970). *Catalogue of right ascensions of 2967 KSZ-2 stars between -5° to -90° declination*. Katalogi pologeniy zvezd. Kiev: Naukova dumka, 157—237 (in Russian).
63. Polozhentsev D. D. (1967). Results of meridian observations of catalog of faint stars. *Trudy 17 Astrometricheskoy conf. SSSR*. L: Nauka, 7—18 (in Russian).
64. Nemiro A. A. (1952). Catalog of 643 faint stars in FK3 system. *Trudy Tashkent. astron. observatory*, No. 2 (in Russian).
65. Nemiro A. A. (1958). Research of absolute determinations of right ascensions. *Trudy Glavnoy astronomicheskoy observatorii v Pulkovo*, **71**, 169 (in Russian).
66. Nemiro A. A. (1987). *Pulkovo absolute determination of the coordinates of stars*. 150 years of Pulkovo Observatory. L.: Nauka, 16—40 (in Russian).
67. Nechaev V. M. (1966). Catalog declinations of KSZ-2 stars in zone from -12° to -20° . *Voprosy astrometrii*, **51** (in Russian).
68. Onegina A. B., Zaslavskaya S. A. (1970). Positions of minor planets obtained at the Main Astronomical Observatory of the Ukrainian SSR with the 400-mm photographic telescope. *Byull. Inst. Teor. Astron.*, **12**, 434—435.
69. Orel'skaya V. I. (1978). Instructions for observation of selected minor planets on 1974—1990. New ideas in astrometry: *Trudy 20 astrometricheskoy konferentsii*. L.: Nauka, 25—28.
70. Rakhimov A. G. (1976). On catalog of proper motions of 10600 stars in 41 selected fields of star. *Tsirculyar Astronomicheskogo instituta AN UzSSR*, No. 66, 1—31.
71. Rybka S. P. (1990). Special compiled catalogue of proper motions of 21817 stars in 75 fields of the sky with galaxies. *Kinemat. fiz. nebesnyh tel*, **6**(1), 54—57.
72. Rybka S. P. (1978). Catalogue of absolute proper motions of stars in selected fields of sky with galaxies. Kiev, 72 p. Dep.v VINITI 13.12.78, № 3792.
73. Rybka S. P. (1992). Determination of parameters of motion of the Sun and galactic rotation on proper motions of stars in selected fields of the sky with galaxies. *Kinemat. fiz. nebesnyh tel*, **8**(1), 69—72.
74. Rybka S. P., Yatsenko A. I. (1997). GPM—compiled catalogue of absolute proper motions of stars in selected fields of sky with galaxies. *Kinemat. fiz. nebesnyh tel*, **13**(5), 70—74.
75. Ryl'kov V. P., Dement'eva A. A., Narizhnaya N. V., et al. (2009). Catalogue of 21641 stars around 239 extragalaxy astrometrical sources. *Izvestiya Glavnoy astronomicheskoy observatorii in Pulkovo*, Is. 4, No. 219, 185—188.
76. Samoilova-Yakhontova N. S. (1955). Observations of the minor planets for determination of constants of catalogue faint stars. *Trudy 11 astrometricheskoy konferentsii SSSR*. L., Nauka, 78—82.

77. Tel'nyuk-Adamchuk V. V. (1992). Compiled catalogues of near-pole and bright stars, connection of optical and radiointerferometrical reference frames: Abstract of the dissertation. K.: GAO AN Ukrainy, 47 p.
78. Fatchikhin N. V. (1974). Absolute proper motions of 14600 stars in 85 areas of the northern sky as obtained from galaxies with the Pulkovo normal astrograph. *Trudy Glav. Astron. Observ. v Pulkovo*, Ser. 2, **81**, 4—211 (In Russian)
79. Fedorov P. N., Akhmetov V. S. (2011). XPM and HIPPARCOS as a realization extragalaxy reference frame. It's commonalities and differences. *Visnyk Kyiv. Univ.*, **47**, 38—40.
80. Fedorov P. N. (2002). History of astrometry in observatory V. N Karazin Kharkiv national university. *Visnyk Astronomichnoi shkoly*, **3**, № 2, 42—54. <https://doi.org/10.18372/2411-6602.03.2042> (In Russian)
81. Fedorov P. N. (2008). *Astrometry in XXth century*. 200 let astronomii v Khar'kovskom universitete. Khar'kov: KhNU im. Karazina, 320—331 (In Russian).
82. Fedorov P. N., Akhmetov V. S., Shulga V. M. (2010). Reference frame in the modern astrometry. *Kosmichna nauka i tekhnologiya*, **16**, No. 6, 68—74.
83. Fedorov P. N., Myznikov A. A. (2006). The Kharkov's XC1 catalogue of positions and proper motions of faint stars around extragalactic ICRF sources. *Kinemat. fiz. nebesnyh tel*, **22**(6), 309—320 (In Ukrainian).
84. Kharchenko N. V. (1983). Program of investigation of kinematics of stars in the Main Meridional Section of the Galaxy. *Astrometriia i Astrofizika*, Vyp. 49, 61—65 (In Russian).
85. Kharchenko N. V., Pakuliak L. K. (1990). Catalogue of star's data of program of Main Meridional Section of the Galaxy research. *Astron. Tsirculyar*, № 1542, 29—30 (In Russian).
86. Khronika. Astronomical meeting on observations of catalog of faint stars 10—12 November 1938. *Astron. Zhurnal*, 1939, **16**, No. 3, 100—104 (In Russian).
87. Chernega N. A. (1974). Catalog of right ascensions of FKSZ stars in FK4 system. *Vestnik Kievskogo Universiteta.*, No. 10, 128—145 (In Russian).
88. Yatsenko A. I. (2002). Optical realization of reference frame on the data of international programs KSZ and FON: Dissertation. Kyiv: GAO NAN Ukrainy (In Ukrainian).
89. Yatskiv Ya. S. (1983). On the current state and future development of astrometry. I. *Astrometriia i Astrofizika*, Vyp. 49, 3—9 (In Russian)
90. Yatskiv Ya. S. (1984). On the current state and future development of astrometry. II. *Astrometriia i Astrofizika*, Vyp. 50, 56—59 (In Russian).
91. Yatskiv Ya. S., Gubanov V. S. (1980). On basic coordinate systems used in astrometry and geodynamics. *Geodynamika i astrometiya: sbornik statey*. Kiev: Naukova dumka, 110—120 (In Russian).
92. Yatskiv Ya. S., Polozhentsev A. D. (1984). A new determination of proper motions of fundamental faint stars with declinations from +90° to -20°. Kiev, 20 p. (Preprint AN USSR. Institut teor. fiziki; ITF-84-151P).
93. Akhmetov V. S., Fedorov P. N., Velichko A. B. (2017). The PMA catalogue as a realization of the extragalactic reference system in optical and near infrared wavelengths. *Proc. IAU*, **12**, Symp. S330, 81. <https://doi.org/10.1017/S174392131700607X>
94. Akhmetov V. S., Fedorov P. N., Velichko A. B., et al. (2017). The PMA Catalogue: 420 million positions and absolute proper motions. *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, **469**, No. 1, 763—773. <https://doi.org/10.1093/mnras/stx812>
95. Anguita C., Carrasco G., Loyola P., et al. (1993). The importance of the Chilean Meridian Observations in the FK5 catalogue. *Revista Mexicana de Astronomia y Astrofisica*, **26**.
96. Aslan Z., Gumerov R., Jin W., Khamitov I., et al. (2010). Optical counterpart positions of extragalactic radio sources and connecting optical and radio reference frames. *Astron. and Astrophys.*, **510**, id. A10. <https://doi.org/10.1051/0004-6361/200913162>
97. Aslan Z., Gumerov R., Jin W., Khamitov I. K., et al. (2005). Results of Joint project on linking optical-radioreference frames. *Kinematics and Physics of Celestial Bodies. Suppl. Ser.*, No. 5, 333—337.
98. Babenko Yu., Daniil'tsev A., Vertypolokh A., et al. (2003). Reduction of compiled catalogue in the selected Extragalactic radio source fields. Preliminary Estimation. *Romanian Astron. J.*, **13**, No. 1, 77—81.
99. Corbin T. E. (1978). A catalog of mean positions and proper motions of 20194 AGK3R stars. *Modern Astrometry, IAU Coll.*, No. 48, 505.
100. Corbin T. E., Urban S. E. (1995). VizieR Online Data Catalog: Astrographic Catalog Reference Stars (ACRS). NASA, NSSDC 91-10.
101. Corbin T. E., Warren W. (1991). *International Reference Stars*. NASA, NSSDC
102. Deutch A. N. (1982). Photographic part of the catalogue of faint stars (KSZ). *Publ. Astron. Opservatorije Beograd*, No. 29, 41—52.
103. ESA. GAIA Science Community. URL: <https://www.cosmos.esa.int/web/gaia> (Last accessed: 20.09.24)

104. Fedorov P., Myznikov A. (2005). XCl catalogue of positions and proper motions (Fedorov+, 2005) VizieR On-line Data Catalog: I/302 (Originally published in: *Kinematics and Physics of Celestial Bodies. Suppl. Ser.*, No. 5, 322—327).
105. Fedorov P. N., Akhmetov V. S., Bobylev V. V., et al. (2010). An investigation of the absolute proper motions of the XPM catalogue. *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, **406**, No. 3, 1734—1744. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2966.2010.16830.x>
106. Fedorov P. N., Myznikov A. A. (2005). The catalogue of positions and proper motions of faint stars around the ICRF sources. *Kinematics and Physics of Selectial Bodies. Suppl. Ser.*, No. 5, 333—337.
107. Fedorov P. N., Myznikov A. A., et al. (2009). The XPM Catalogue: absolute proper motions of 280 million stars. *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, **393**, 133—138. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2966.2008.14168.x>
108. Gliese W. (1976). Preliminary List of Star Catalogues 1963—1976. *Astronomisches Rechen-Institut Heidelberg* (January 1, 1976), 23 p.
109. Hanson R. B. (1997). The Lick Northern Proper Motion catalogues. Proper Motions and Galactic Astronomy. Ed. R. M. Humphreys. *ASP Conf. Ser.*, **127**, 23.
110. Hog E., Fabricius C., Makarov V. V., et al. (2000). The Tycho-2 Catalogue of the 2.5 million brighters stars. *Astron. and Astrophys.*, **355**, L27—L30.
111. Kharchenko N. V. (1990). The General Catalogue of Stellar proper motion with respect to galaxies with astrophysics supplement. *Inertial coordinate system on the sky: Proc. IAU Symp.*, No. 141, 431—432.
112. Kharchenko N. V., Yatsenko A. I., Rybka S. P., et al. (1990). Some results of the determination of star proper motions, related to the galaxies, made on the astrograph of the Main Astronomical Observatory of the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR in Goloseevo (near Kiev). *Publ. de l'Observatoire Astronomique de Beograd*, No. 40, 19—29.
113. Kislyuk V. S., Rybka S. P., Yatsenko A. I., et al. (1997). Contribution of the Main Astronomical Observatory of the Ukrainian Academy of Sciences to the link of the HIPPARCOS and extragalactic reference frames. *Proc. ESA Symp. "HIPPARCOS-Venice 97"* (May 13—16, 1997, Venice, Italy), ESA SP-402. Noordwijk: ESA Publ., 61—62.
114. Klemola A. R., Hanson R. B., Jones B. F. (1994). Lick NPM program: NPM1 Catalog and its applications. *Galactic and Solar System Optical Astrometry* (Ed. L. V. Morrison, G. F. Gilmore). Cambridge: Univ. Press, 20.
115. Kovalchuk A. N., Pinigin G. I., Yu. I. Protsyuk Yu. I., et al. (1997). Determination of position of 12—14 magnitudes stars in the selected fields around extragalactic radio sources with the automatic AMC. *Journées 1997 Systemes de Reference Spatio-Temporels*. Prague, 14—17.
116. Kovalevsky J., Lindegren L., Perryman M. A. C., et al. (1997). The Hipparcos catalogue as a realisation of the extragalactic reference system. *Astron. and Astrophys.*, **323**, No. 2, 620—633.
117. Lazorenko P., Babenko Yu., Karbovsky V., et al. (2005). The Kyiv Meridian Axial Circle catalogue of stars in fields with extragalactic radio sources. *Astron. and Astrophys.*, **438**, 377—389. <https://doi.org/10.1051/0004-6361:20042573>
118. Maigurova N., Pinigin G., Protsyuk Yu., et al. (2001). Development of Joint Project on Improvement of Link between Optical and Radio Reference Coordinate Systems. Extension and Connection of Reference Frames Using Ground Based Technique (October 10—13, 2001). Nikolaev: ATOL, 58—66.
119. Platias I., Girard I. M., Kozhurina-Platias V., et al. (1998). The Southern Proper Motion Program II. A catalog at the South Galactic Pole. *Astron. J.*, **116**, 2556—2564. <https://doi.org/10.1086/300620>
120. Rybka P. (1956). Rektascensje 555 gwiazd fundamentalnego katalogu slabych gwiazd w systemie FK3. Warszawa: Panstw. Wyd. Nauk, 86 s.
121. Rybka S. P., Yatsenko A. I. (1997). GPM1- a catalog of absolute proper motions of stars with respect to galaxies. *Astron. and Astrophys. Suppl. Ser.*, **121**, No. 2, 243—246.
122. Rybka S. P., Yatsenko A. I. (1997). The GPM catalog (Rybka+, 1997—2001). VizieR On-line Data Catalog: I/285. (Originally publ.: *Kinematics and Physics of Celestial Bodies*, 13, No. 5, 70—74).
123. Scott F. P. (1960). Report on the AGK3R. *Astron. J.*, **65**, No. 4, 175—176. <https://doi.org/10.1086/108213>
124. Scott F. P. (1967). Southern Ref. Stars list. *Astron. J.*, **72**, 572. <https://doi.org/10.1086/110271>
125. Smith C. A., Corbin T. E., Huges J. A., et al. (1990). The SRS Catalog — culmination of an International cooperative effort. *Proc. Int. Astron. Union*, **141**, 457.
126. Tel'nyuk-Adamchuk V., Babenko Yu., Lazorenko P., et al. (2002). Observing programs of the Kyiv meridian axial circle equipped with CCD micrometer. *Astron. and Astrophys.*, **386**, No. 3, 1153. <https://doi.org/10.1051/0004-6361:20020316>
127. The HIPPARCOS and Tycho Catalogues (1997). Noordwijk: ESA Publ., Vol. 1—7.
128. Vavilova I. B., Artemenko T. G., Pakuliak L. K. (2014). Biographical index “Astronomers of Ukraine” at the UkrVO portal. *Kinematics and Physics of Celestial Bodies*, **30**, No. 1, 46—52. <https://doi.org/10.3103/S0884591314010073>
129. Vavilova I., Pakuliak L., Babyk I., et al. (2020). Surveys, Catalogues, Databases, and Archives of Astronomical Data. *Knowledge Discovery in Big Data from Astronomy and Earth Observation*, 57—102. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819154-5.00015-1>

130. Yatsenko A. I., Rybka S. P., Scholz R. (1987). The connection of the HIPPARCOS reference system to extragalactic objects by photographic astrometry. *Astron. Nachr.*, **308**, No. 5, 319—322. <https://doi.org/10.1002/asna.2113080507>

Стаття надійшла до редакції 11.09.2024

Received 11.09.2024

Після доопрацювання 19.09.2024

Revised 19.09.2024

Прийнято до друку 20.09.2024

Accepted 20.09.2024

T. G. Artemenko, research fellow

E-mail: t.g.artemenko@ukr.net

Main astronomical observatory of NAS of Ukraine

27, Akademik Zabolotnyj Str., Kyiv, 03143 Ukraine

CATALOG OF FAINT STARS AS AN INTERNATIONAL PROJECT AND THE PARTICIPATION OF UKRAINIAN OBSERVATORIES IN ITS REALISATION

Some results of the international astrometric program “Catalog of the faint stars (KSZ)” and the role of the astronomical observatories of Ukraine are discussed. The KSZ program aimed to make the astrometric binding of faint stars to galaxies to provide the possibility of deriving the absolute proper motions of the stars and the inertial coordinate system without dependence on the motions of the stars in our Galaxy. Proper motions related to the galaxies make it possible to determine the systematic errors of fundamental catalogs, independently obtain the precession constant, and also clarify the stellar-kinematic parameters of the Galaxy. The KSZ program influenced significantly such projects as AGK3R (Northern Reference Stars) and SRS (Southern Reference Stars) — all stars of KSZ were included in the AGK3R list, and the SRS list of stars was compiled according to KSZ criteria. The stages of work on the project, both within the observatories of the former USSR and in the international part, are described, namely, the creation of a general fundamental catalog of the KSZ and photographic observations of sky fields with fundamental stars and galaxies. The results of the Pulkovo and Lick programs are shown. After the completion of the Hipparcos space project, the history of astronomy was divided into two periods: before the launch of the satellite and after it. Some of the astrometric catalogs and programs, including the Faint Star Catalog program, have lost their relevance and currently represent only historical interest.

Keywords: astrometry, catalog of faint stars, absolute proper motions, reference systems, fundamental catalog ICRF, Hipparcos, Gaia.