

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор МГУ, профессор

/Подольский Владимир Евгеньевич/

« _____ » декабря 2013 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Московского Государственного университета имени М.В.Ломоносова

Диссертация «ШИРОКОПОЛОСНЫЕ ФОТОМЕТРИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ WBVR И «ЛИРА-Б» ДЛЯ ВЫСОКОТОЧНОЙ ФОТОМЕТРИИ ЗВЕЗД», представляемая на соискание ученой степени доктора физико-математических наук, выполнена в Государственном астрономическом институте имени П.К.Штернберга Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова

В период подготовки диссертации соискатель Миронов Алексей Васильевич работал в Государственном астрономическом институте имени П.К.Штернберга Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова в должностях младшего научного сотрудника, старшего научного сотрудника, исполняющего обязанности заведующего Алма-Атинской лабораторией, старшего научного сотрудника.

В 1968 году окончил Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова по специальности «астрономия» и очную аспирантуру физического факультета Московского Государственного университета имени М.В.Ломоносова в 1971 году.

Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов выдано в 1970 году физическим факультетом Московского Государственного университета имени М.В.Ломоносова.

Диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук защитил в Совете Государственного Астрономического института им. П.К.Штернберга при Московском Государственном университете имени М.В.Ломоносова 9 января 1975 года.

По результатам рассмотрения диссертации «ШИРОКОПОЛОСНЫЕ ФОТОМЕТРИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ WBVR И «ЛИРА-Б» ДЛЯ ВЫСОКОТОЧНОЙ ФОТОМЕТРИИ ЗВЕЗД», представляемой на соискание ученой степени доктора физико-математических наук, принято следующее заключение, составленное на основе обсуждения

доклада А.В.Миронова на заседании Координационного совета ГАИШ МГУ по звездной астрономии.

Представленная диссертация написана на основании работ, выполненных А.В.Мироновым в 1978—2013 гг. в ГАИШ МГУ. Тема диссертации связана с построением глобальной системы фотометрических стандартов и фундаментальной фотометрической системы, является актуальной и имеет большое практическое значение. В получении результатов, изложенных в диссертации вклад соискателя был основополагающим, результаты являются достоверными, положения диссертации, выносимые на защиту получены методами, разработанными впервые, и являются новыми. Диссертационная работа А.В. Миронова вносит важный вклад в построение высокоточной фотометрической системы. Основное содержание диссертации полностью изложено в работах, опубликованных соискателем.

Содержание диссертации соответствует специальности 01.03.02— астрофизика, звездная астрономия.

Во введении дается общая характеристика работы, обосновывается актуальность исследования, формулируются цели и задачи работы, кратко излагается содержание разделов основной части диссертации, формулируются положения, выносимые на защиту.

Первая глава посвящена фотометрической системе WBVR, созданной на основе опыта электрофотометрических наблюдений, проводившихся в Тянь-Шаньской высокогорной экспедиции (обсерватории) с 1976 по 1985 годы. Новизна этой системы заключается не только в применении оптимального светофильтра для ультрафиолетовой полосы W , но в установлении четких и однозначных определений кривых реакции и нуль-пунктов каждой фотометрической полосы и подробно описанных методик выноса измерений за атмосферу и приведения их на стандартную систему. Другими словами, система реализует требования, сформулированные в метрологии для проведения измерений: наличие эталона, применение хорошо исследованных средств измерений и строго определенных методик.

Во второй главе описывается работа по определению показателей цвета Солнца и звезд Гиад, для чего было произведено усовершенствование аппаратуры и отладка методик контроля параметров фотоприемника. Был сделан вывод о наличии нескольких подсистем звезд спектрального класса G2 V, различающихся возрастом и металличностью.

В третьей главе проводится сравнение звездных величин в высокоточных фотометрических каталогах, а именно в каталоге Hipparcos и каталоге WBVR-величин. Для этого был создан метод построения трансформационных полиномов. В результате сравнения был создан список звезд-кандидатов в стандарты системы WBVR объемом около 8000 объектов. В конце третьей главы приведен пример предвычисления звездных величин в фотометричес-

кой системе произвольного фотоприемника на основе данных из имеющихся точных фотометрических и спектрофотометрических каталогов. В качестве такого примера составлена группа формул для вычисления звездных величин в системе типичного ПЗС.

Четвертая глава посвящена разработке и верификации корреляционного метода обнаружения переменных звезд при помощи одновременных многоканальных наблюдений. С помощью этого метода на основе данных одновременных измерений в каталогах Hipparcos и Tycho были проверены на переменность звезды списка кандидатов в стандарты.

В пятой главе излагаются цели и принципы реализации космического астрофотометрического проекта «Ли́ра-Б». Для достижения этих целей были разработаны принципы фотометрического обзора неба с борта Международной космической станции. В результате был сделан вывод о реализуемости проекта. Данные, которые предполагается получить в результате проведения фотометрического обзора, должны будут послужить основой для получения разнообразных научных данных. Объединение астрометрической части каталога Gaia с фотометрическим каталогом «Ли́ра-Б» позволит получить суперкаталог с принципиально новыми характеристиками.

Шестая глава посвящена описанию многоцветной фотометрической системы «Ли́ра-Б». В этой главе предложено расположение десяти полос фотометрической системы «Ли́ра-Б» в ультрафиолетовой, видимой и ближней инфракрасной областях. Показано, что предложенное расположение полос фотометрической системы «Ли́ра-Б» позволяет эффективно определять межзвездное поглощение, проводить классификацию по спектральным классам, классам светимости и оценивать обилие металлов в звездных атмосферах.

Найдены предельные величины для всех полос фотометрической системы, что позволило оценить количество звезд, для которых будет проведена фотометрия в разных полосах. Предложен способ создания системы стандартов для произвольного фотоприемника на основе планируемого каталога опорных фотометрических стандартов в системе «Ли́ра-Б». Способ не требует дополнительных наблюдений.

В заключении обсуждается проблема создания в будущем фундаментальной фотометрической системы и приводятся основные выводы диссертации.

Работы, включенные в диссертацию, докладывались на семинарах по астрофизике и звездной астрономии ГАИШ и российских и международных конференциях.

Список работ, в которых опубликовано основное содержание диссертации состоит из 44 наименований. Список цитированной литературы содержит 180 ссылок.

Основные результаты диссертации опубликованы в 44 работах:

1. *Миронов А.В., Мошкалева В.Г., Халиуллин Х.Ф., Черепашчук А.М.* **Атмосферная прозрачность в полосах WBVR в районе Высокогорной экспедиции ГАИШ.** *Астрономический циркуляр, №1003, 1978, июля 17, стр. 6-7.*
2. *Миронов А.В., Мошкалева В.Г., Халиуллин Х.Ф.* **Система высокоточных фотоэлектрических стандартов в полосах WBVR.** *Астрономический циркуляр, №1351, 1984, стр. 1-4.*
3. *Khaliullin Kh., Mironov A.V., Moshkalyov V.G.* **The New Photometric WBVR System.** *Astrophys. and Space Sci., v.111, No.2, pp.291-323, 1985.*
4. *Корнилов В.Г., Крутяков А.Н., Миронов А.В.* **Автоматизированный фотометрический комплекс Тянь-Шаньской высокогорной экспедиции ГАИШ.** В сб. "Современные технологии в автоматизированных системах научных исследований, обучения и управления" под ред. В.А.Садовниченко, М.:Изд. Московского университета, 1990, стр.125-128.
5. *Кусакин А.В., Миронов А.В., Мошкалева В.Г.* **Исследование переменности звезд группы первичного стандарта фотометрической системы WBVR.** *Письма в Астрономический журнал, т.17, №3, стр. 261-267, 1991.*
6. *Корнилов В.Г., Волков И.М., Захаров А.И., Козырева В.С., Корнилова Л.Н., Крутяков А.Н., Крылов А.В., Кусакин А.В., Леонтьев С.Е., Миронов А.В., Мошкалева В.Г., Погрошева Т.М., Семенцов В.Н., Халиуллин Х.Ф.* **Каталог WBVR-величин ярких звезд северного неба.** Под ред. В.Г. Корнилова. Труды ГАИШ, т.63, М.: Изд-во Московского ун-та, 1991. 400 стр.
7. *Cherepashchuk A., Khaliullin Kh., Kornilov V., Mironov A.* **Sternberg WBVR photometric survey of bright stars.** *Astrophys. and Space Sci., 1994, vol.217, no.1-2, p.83-85.*
8. *Миронов А.В., Мошкалева В.Г., Харитонов А.В., Кольхалова О.М.* **Об аппаратурных систематических ошибках фотоэлектрической фотометрии.** *Известия Национальной академии наук Республики Казахстан. Серия физико-математическая. 1995. №4, часть I. стр. 54-64.*
9. *Миронов А.В., Мошкалева В.Г.* **Анализ спектрофотометрических и фотометрических данных для звезд – первичных спектрофотометрических стандартов.** *Астрономический журнал, т.72, вып.1, стр. 80-88, 1995.*
10. *Kornilov V.G., Mironov A.V., Zakharov A.I.* **WBVR catalogue of bright stars.** *Baltic Astronomy. v.5. No.1-2. P.379-390, 1996.*
11. *Миронов А.В., Мошкалева В.Г.* **Анализ и коррекция распределений энергии в спектрах 238 вторичных спектрофотометрических стандартов.** *Астрономический*

журнал, 1996, т.73, вып. 5, стр. 772-782.

12. *Миронов А.В.* **Прецизионная фотометрия. Практические основы прецизионной фотометрии и спектрофотометрии звезд.** (Учебное пособие.) 1997. М. Изд-во ТОО "ЭДЭМ". Стр. 1-157.

13. *Миронов А.В., Крылова М.И.* **Расчет спектрального пропускания земной атмосферы для произвольного астрономического пункта умеренных широт.** Труды IV съезда Астрономического Общества. Москва.: СП. 1998. С.153-156.

14. *Миронов А.В., Харитонов А.В.* **Наблюдательное определение показателей цвета Солнца.** Известия Академии Наук. Серия физическая. 1998. Т.62. No.6. С.1198

15. *Mironov A.V., Kharitonov A.V.* **Selection of Solar Analogs on the basis of various color indices.** Proceedings of "Solar Analogs: Characteristics and Optimum Candidates" Held 5-7 Oct. 1997 at Lowell Observatory. 1998. P.149-152.

16. *Миронов А.В., Мошкалев В.Г., Харитонов А.В.* **Показатели цвета Солнца и звезд Гиад.** Астрономический журнал, 1998, т.75, No.6. С.903-912.

17. *Миронов А.В.* **Методика и результаты современной высокоточной фотометрии звезд.** Физика Космоса. Обзорные лекции по астрономии: 27-я международная студенческая научная конференция, под ред. С.А.Гуляева, Екатеринбург, 2-6 февраля, 1998 г. Стр.44-57.

18. *Захаров А.И., Миронов А.В., Крутяков А.Н.* **О переменных звездах, открытых по данным космического эксперимента HIPPARCOS.** "Переменные звезды — ключ к пониманию строения и эволюции Галактики". Международная конференция, посвященная 90-летию со дня рождения Б.В.Кукаркина. 25-29 октября 1999 года, Москва, ГАИШ МГУ. Сб. трудов. Под ред. Н.Н.Самуся и А.В.Миронова. Нижний Архыз: Компьютерный инф.-изд. центр "CYGNUS", 2000. с.72-77.

19. *Krutyakov A.N., Mironov A.V., Zakharov A.I.* **HIPPARCOS and other Catalogues: the Photometric Accuracy.** JENAM-2000. Труды присоединенного симпозиума «Спектрофотометрические и фотометрические стандарты и каталоги. Звезды-стандарты и аналоги Солнца.» Под ред. А.А.Архарова и А.В.Миронова. Пулково 5-8 июня 2000 года. Изд-во СПбГУ, 2000. С.12-15.

20. *Миронов А.В., Харитонов А.В.* **Выбор аналогов Солнца на основе различных индексов цвета.** Труды ГАИШ. Т.71. М. 2001. Стр. 94-101.

21. *Mironov A., Zakharov A.* **Systematic Errors of High-Precision Photometric Catalogues.** Astrophys. and Space Sci., v.280, Issue 1/2, p.71-76. 2002.

22. *Mironov A.V., Zakharov A.I., Nikolaev F.N.* **On the New Technique for Discovering Variable Stars.** Baltic Astronomy, v.12, 589-594, 2003.

23. *Ambartsoumian A.R., Mironov A.V., Zakharov A.I.*

Ultraviolet Passbands for a Space Multicolor Photometric System

Baltic Astronomy, v.12, 629-630, 2003.

24. *Миронов А.В.* **Будущие космические эксперименты и перспективы развития звездной астрономии.** "Физика Космоса": Труды 33 международной студенческой научной конференции, Екатеринбург, 2-6 февраля, 2004 г. — Екатеринбург: Изд-во Уральского университета, 2004.— Стр.107-118.

25. Захаров А.В., Миронов А.В., Крутяков А.Н.

О систематических ошибках высокоточных фотометрических каталогов.

Труды ГАИШ. Т.70. – М.: Изд. «Янус-К». с.289-303. 2004 г.

26. *Миронов А.В., Гиндилис Л.М., Захаров А.И., Кардашев Н.С., Кацова М.М., Куимов К.В., Расторгуев А.С., Рудницкий Г.М., Тимофеев М.Ю., Сурдин В.Г., Черпацук А.М., Филиппова Л.Н.*

100 звезд и ВЦ: где Они? Бюллетень САО РАН, т.60, 2006.

27. *Mironov A., Zakharov A., Ambartsumyan A.* **Improved Photometric Accuracy and the Creation of an All-sky High-Accuracy Stellar Standard System.** The Future of Photometric, Spectrophotometric and Polarimetric Standardization. Proceedengs of a meeting held in Blankenberge, Belgium 8-11 May 2006. ASP Conference Series, Vol. 364, 2007. p. 81-83. 2007.

28. *Миронов А.В., Захаров А.И.* **В.Б. Никонов и современные проблемы астрофотометрии.** Известия КраО, т. 103, № 3, с. 218-224, 2007.

29. *Миронов А.В., Захаров А.И., Прохоров М.Е.* **Проблемы современной астрофотометрии.** "Физика Космоса": Труды 37 международной студенческой научной конференции, Екатеринбург, 28 янв.-1 февр. 2008 г. — Екатеринбург: Изд-во Уральского университета, 2008. Стр. 105-117.

30. *Прохоров М.Е., Миронов А.В., Захаров А.И.* **Российский космический фотометрический эксперимент «Лири-Б».** "Физика Космоса": Труды 37 международной студенческой научной конференции, Екатеринбург, 28 янв.-1 февр. 2008 г. — Екатеринбург: Изд-во Уральского университета, 2008. Стр. 141-163.

31. *Миронов А.В.* **Основы астрофотометрии. Практические основы фотометрии и астрофотометрии звезд.** — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008 — 260 с.

32. *Захаров А.И., Колесниченко Г.Н., Миронов А.В., Николаев Ф.Н.* **Расчет величин опорных звезд в системе типового широкополосного приемника на основе данных астрономических каталогов, содержащих фотометрическую информацию.** Информационно-измерительные и управляющие системы. № 6, т. 6, 2008 г. С.24-29.

33. *Прохоров М.Е., Захаров А.И., Миронов А.В.* **Космический астро- и**

фотометрический эксперимент «Свеча». Труды ИПА РАН. Вып. 20.– Спб.: Наука, 2009. Стр. 336-340.

34. *Прохоров М.Е., Захаров А.И., Миронов А.В.* **Космический многоцветный фотометрический обзор всего неба «Ли́ра».** Труды ИПА РАН. Вып. 20.– Спб.: Наука, 2009. Стр. 453-456.

35. *Миронов А.В., Захаров А.И., Прохоров М.Е.* **Многоцветные фотометрические системы: прошлое и настоящее.** "Физика Космоса": Труды 39 международной студенческой научной конференции, Екатеринбург, 1.- 5 февр. 2010 г. — Екатеринбург: Изд-во Уральского университета, 2010. Стр. 85-107.

36. *Mironov, Alexey V.; Zakharov, Andrey I.; Prokhorov, Mikhail E.; Nikolaev, Fedor N.; Tuchin, Maxim S.* **The Multicolor LYRA Photometric System for Variable Stars and Halo Studies.** Variable Stars, the Galactic halo and Galaxy Formation, Proceedings of an international conference held in Zvenigorod, Russia, 12-16 October 2009. Eds. C.Sterken, N.Samus, L.Szabados. Published by Sternberg Astronomical Institute of Moscow University, Russia. 2010. P.185-191.

37. *Malkov, Oleg; Mironov, Aleksey; Sichevskij, Sergej* **Single-binary star separation by ultraviolet color index diagrams.** Astrophysics and Space Science, Vol. 335, No. 1, p. 105-111. 2011

38. *Karpov, S. V.; Malkov, O. Yu.; Mironov, A. V.* **Cross-identification of large surveys for finding interstellar extinction.** Astrophysical Bulletin, Volume 67, Issue 1, pp.82-89. 2012

39. *Kilpio, E. Yu.; Malkov, O. Yu.; Mironov, A. V.* **Comparative analysis of modern empirical spectrophotometric atlases with multicolor photometric catalogues.** 8 pages, 5 figures, this work was presented at the International Workshop on Stellar Spectral Libraries (IWSSL), Dehli, India, December 2011; Astronomical Society of India Conference Series (ASICS), P. Prugniel and H. P. Singh (Editors), [2012arXiv1208.1960K](https://arxiv.org/abs/2012arXiv1208.1960K)

40. *А.И.Захаров, А.В.Миронов, М.Е.Прохоров, А.В.Бирюков, О.Ю.Стеколыщиков, М.С.Тучин.* **Космический эксперимент «Ли́ра-Б»: цели и принципы реализации.** Астрономический журнал, 2013, том 90, №3, с.223-241.

41. *Zakharov, A.I., Mironov, A.V., Nikolaev, F.N., Tuchin, M.S.* **The LYRA Photometric System and the Catalog of Photometric Reference Standard Stars.** Astron. Nachr. Vol.334. P.822-826.

42. *Zakharov, A.I., Mironov, A.V., Prokhorov, Nikolaev, F.N., Tuchin, M.S., Biryukov, A.V.* **Expected Characteristics of Data from the LYRA mission.** Astron.Nachr. Vol.334. P.827-830.

43. *Sichevskiy, S.G., Mironov, A.V., Malkov, O.Yu.* **Classification of stars with WBVR photometry.** Astron.Nachr. Vol.334. P.832-834.

44. *Krusanova N.L., Mironov A.V., Zakharov A.I.* **WBVR standards in the northern sky.**

Analysis of variability by MZ-technique. *Peremennye Zvezdy (Variable Stars)*, 2013, **33** 8.

Результаты, полученные в диссертации А.В.Миронова, могут быть использованы для построения эффективной фотометрической системы, классификации переменных звезд, создания опорной системы фотометрических стандартов, изучения структуры Галактики и распределения межзвездной материи, исследования физических характеристик звезд и их химического состава.

Диссертация «ШИРОКОПОЛОСНЫЕ ФОТОМЕТРИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ WBVR И «ЛИРА-Б» ДЛЯ ВЫСОКОТОЧНОЙ ФОТОМЕТРИИ ЗВЕЗД», рекомендуется к защите на соискание ученой степени доктора физико-математических наук, по специальности 01.03.02— астрофизика, звездная астрономия

Председатель Координационного Совета по
звездной астрономии ГАИШ МГУ,
доктор физ.-мат. наук, ведущий н.с.

_____ Дамбис Андрей Карлович

Секретарь Координационного Совета по
звездной астрономии ГАИШ МГУ
канд. физ.-мат. наук, научн. сотр.

_____ Заболотских Марина Владимировна

Заместитель директора ГАИШ МГУ
доктор. физ.-мат. наук

_____ Ламзин Сергей Анатольевич