

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по научной работе  
ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого  
Президента России Б.Н. Ельцина»

«*19*» *мая* 2022 г.  
А.В. Германенко



### **ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ**

Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» на диссертационную работу Постниковой Екатерины Сергеевны «Кинематика и эволюция рассеянных звездных скоплений по данным Gaia», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 – астрофизика и звездная астрономия.

Диссертационная работа Е.С.Постниковой посвящена актуальной проблеме исследования рассеянных звездных скоплений (РЗС), их эволюции и кинематики. Результаты, полученные при исследовании рассеянных звездных скоплений, играют очень большую роль при решении различных задач звездной астрономии и астрофизики. Изучение скоплений, особенно молодых, дает ключ к пониманию процессов звездообразования. Исследование РЗС позволило открыть межзвездное поглощение света. Фотометрические диаграммы скоплений служат для совершенствования теории эволюции звезд. Расстояния РЗС являются основой шкалы расстояний во Вселенной. Характеристики рассеянных скоплений дают нам информацию о строении диска Галактики и об истории его формирования, а также об истории ее химической эволюции. Кроме этого, РЗС можно назвать лабораториями по исследованию динамики звездных систем. В настоящее время активность исследования рассеянных скоплений резко увеличилась, благодаря успешной работе космической миссии Gaia, появлению обзоров всего неба в ближнем инфракрасном диапазоне, значительному росту доступных данных по спектральным исследованиям звезд скоплений.

Автор достигла цели, поставленные в диссертационной работе. Это внесло заметный вклад в исследование рассеянных звездных скоплений и продемонстрировало возможность связать разнородные и разновозрастные объекты в рамках современной схемы эволюции скоплений и ассоциаций.

Грамотный выбор объектов для исследования позволил сделать это в относительно небольшой работе. Автор проследила изменения, происходящие в структуре и кинематике звездных скоплений и ассоциаций на разных этапах превращения звездного скопления в гравитационно-несвязанный звездный поток.

В рамках проведенных исследований автором решены важные задачи. Среди них составление выборок звезд, входящих в состав скоплений и звездных потоков, поиск кандидатов в двойные скопления и определение физических характеристик избранных пар, расчет траекторий движения звезд исследуемых потоков и скоплений назад во времени для анализа возможности их совместного происхождения, определение структурных и кинематических особенностей скоплений и звездных потоков.

Полученные в диссертационной работе результаты, несомненно, обладают высокой ценностью и научной новизной. Автор выделила 9 пар кандидатов в гравитационно связанные двойные скопления, из них 7 пар были отмечены впервые. Впервые по данным каталога Gaia DR2 составлен список звезд вероятных членов скопления IC 2391, определены характеристики скопления, высказано предположение о совместном происхождении скопления и одноименного потока. По данным каталогов Gaia DR1 и RAVE DR5 получены физические характеристики скопления Плеяды. По данным Gaia DR1 определены структурные и кинематические параметры скопления Гиады; впервые показана эллиптичность скопления с большой осью, ориентированной вдоль его галактической орбиты. Также с использованием Gaia DR1 выделены члены звездного потока Большой Медведицы, обнаружены новые кандидаты в члены потока, подтверждена кинематическая неоднородность потока. По данным каталога Gaia DR2 определены характеристики скопления NGC 2158.

### **Содержание работы**

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав и заключения. Работа изложена на 153 страницах, содержит 35 рисунков и 19 таблиц. Список цитируемой литературы содержит 243 наименования.

Во Введении представлен краткий обзор предмета исследования и содержания диссертационной работы. Описаны актуальность работы, ее цели и задачи, новизна полученных результатов, их научная и практическая значимость. Представлена информация об апробации результатов и о публикациях по результатам исследований, а также о вкладе автора в работу.

В Главе 1 дается обзор литературы по теме диссертации. Представлен сценарий, по которому идет эволюция звездных скоплений, потоков и ассоциаций, а также описаны используемые в работе каталоги скоплений и

звезд. Рассмотрены причины появления двойных звездных скоплений и возможность формирования экзопланет в РЗС.

В Главе 2 приводятся результаты поиска двойных звездных скоплений и результаты исследования двух молодых скоплений Cr 135 и UBC 7, которые, возможно, представляют собой гравитационно-связанную пару. Рассмотрены результаты поиска двойных скоплений различными авторами, составлен список кандидатов в двойные скопления, сформированный автором диссертации на основе данных Gaia.

В Главе 3 автор рассматривает скопления на ранних стадиях эволюции, к которым она относит IC 2391 и Плеяды. Молодое звездное скопление IC 2391 исследуется совместно с одноименным потоком. Показано, что скопление и поток обладают схожей кинематикой. Используются выборки, сделанные другими авторами, а также собственная выборка вероятных членов скопления IC 2391. Продемонстрировано, что и скопление, и поток вытянуты в направлении на центр Галактики. На основе расчета галактических орбит звезд скопления и потока назад во времени высказана гипотеза, что они могли родиться в одном звездном комплексе. Для скопления Плеяды выполнен анализ кинематики и определены такие характеристики, как положение апекса скопления, пространственная скорость и расстояние до скопления. Проанализирована эволюция результатов исследования Плеяд с появлением все более точных данных о звездах.

В Главе 4 рассмотрены скопления, находящиеся на поздних стадиях эволюции – Гиады и NGC 2158, а также звездный поток Большой Медведицы. Оценка пространственно-кинематической структуры Гиад произведена с помощью метода AD-диаграмм. Обнаружена вытянутость ядра скопления приблизительно в направлении на центр Галактики, а также неоднородность кинематики скопления. Рассмотрена природа звездного потока Большой Медведицы. Показано, что по данным Gaia сохраняется кинематическая неоднородность потока, выявленная ранее по данным Hipparcos. Составлен список кандидатов в члены потока. Составлена выборка звезд в широкой области вокруг центра скопления NGC 2158, чтобы выявить максимально возможное число вероятных членов скопления и подробно изучить структуру его внешних областей. Фотометрическим способом был уточнен возраст скопления и расстояние до него.

В Заключение перечислены основные результаты диссертационной работы, а также направления дальнейшего развития темы диссертации.

В Приложениях 1 и 2 даны дополнительные материалы по Главе 3 и Главе 4, соответственно. Это списки звезд скоплений IC 2391 и Гиады.

## **Достоверность результатов, публикации, апробация работы**

Достоверность полученных результатов, положений и выводов обеспечивается обоснованным выбором объектов исследования, использованием современных данных наблюдений и апробированных методов обработки, а также согласованностью с опубликованными результатами других авторов. Также достоверность результатов подтверждается публикациями в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК (6 публикаций). Кроме этого, имеется еще 6 научных публикаций.

Результаты проведенных исследований были представлены на различных всероссийских и международных конференциях и семинарах, в том числе на конференциях «Современная звездная астрономия» (в 2017, 2018 и 2019 годах), на Гамовских конференциях в Одессе (в 2019 и 2020 годах), на Международных конференциях «Аналитика и управление данными в областях с интенсивным использованием данных» (в 2017 и 2018 годах).

Все результаты, выносимые на защиту, получены автором в результате совместных исследований, опубликованных с соавторами в научных статьях. При этом, личный вклад автора в эти работы значителен. Она принимала активное участие на всех стадиях исследования: в постановке задачи, подборе и обработке наблюдательных данных, проведении численных расчетов, моделировании, а также в обсуждении полученных результатов и их подготовке к публикации. Лично Екатериной Сергеевной составлен каталог звезд скопления IC 2391, определена и проанализирована структура скоплений IC2391, Гиады и Плеяды, обнаружены семь пар кандидатов в двойные звездные скопления, дополнен новыми членами звездный поток Большой Медведицы.

## **Вопросы и замечания**

Диссертационная работа представляет собой законченное научное исследование, она логично построена и хорошо структурирована. Однако, при ознакомлении с текстом диссертации возникли несколько замечаний и вопросов.

Основное замечание – это небрежность в написании текста. Присутствуют грамматические, синтаксические и стилистические ошибки. Имеются ошибки при цитировании литературы (стр. 24 и 40).

Часто приводится очень краткое описание, из-за чего возникают непонимание и вопросы, например:

- Стр. 26. При обсуждении формирования приливных хвостов скоплений и их последующего замыкания в кольцо вокруг центра Галактики говорится: «Длительность этой стадии составляет  $10^8 - 10^9$  лет [243]».

По расчетам Тутукова с соавторами [243], даже за  $5 \cdot 10^9$  лет приливные хвосты скопления не замыкаются в кольцо (в отличие от несвязанной ассоциации), см. рис 2 из этой статьи.

- В описании формулы (2.1) есть только ссылка на статью Кинга (1962). Но в статье такой формулы нет. Значит, надо было либо привести вывод этой формулы, либо дать ссылку на статью, где она выводится.
- Непонятно, как получена формула (2.2). Дается ссылка на теорему вириала, но вывод формулы из этой теоремы неочевиден.
- На стр. 91 в положении 2, выносимом на защиту, написано: «...получены физические характеристики скопления Плеяды: дисперсия скоростей...». При этом, в тексте нет описания расчета дисперсии скоростей и не приведено ее значение.

Непонятно, почему при обсуждении возможной гравитационной связанности скоплений не рассматривается и даже не упоминается энергетический критерий:  $E < E_{cr}$ , где  $E = T + W$  – полная энергия пары, а  $E_{cr} < 0$  – ее критическая энергия в гравитационном поле Галактики.

В описании Рис. 3.7 не убедителен вывод о схожести кинематики скопления и потока.

Стр.76. Следовало бы привести обоснование расчета галактических орбит звезд скопления без учета их гравитационного взаимодействия друг с другом.

Стр.119-120. «...800 звезд с вероятностью принадлежности, основанной на собственных движениях  $P_{\mu} > 90\%$ ». Желательно было бы привести описание методики определения вероятности, или ссылку.

Указанные выше замечания являются важными, но не влияют на общую высокую положительную оценку диссертационной работы.

### **Заключение**

Диссертация Екатерины Сергеевны Постниковой «Кинематика и эволюция рассеянных звездных скоплений по данным Gaia» является законченной научно-исследовательской работой и полностью удовлетворяет требованиям ВАК. Результаты, полученные в диссертационной работе, вносят заметный вклад в исследование звездных скоплений. Автореферат диссертации в полном объеме отражает основные результаты, полученные в работе. Автор диссертационной работы заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 – астрофизика и звездная астрономия.

Отзыв подготовлен кандидатом физико-математических наук, старшим научным сотрудником Коуровской астрономической обсерватории, доцентом

кафедры астрономии, геодезии, экологии и мониторинга окружающей среды  
УрФУ Антоном Федоровичем Селезневым.

Отзыв обсужден и утвержден на общем семинаре Коуровской  
астрономической обсерватории и кафедры астрономии, геодезии, экологии и  
мониторинга окружающей среды УрФУ, протокол № 2 от 18 мая 2022 года.

Заведующий кафедрой астрономии,  
геодезии, экологии и мониторинга  
о окружающей среды УрФУ

доктор физико-математических наук

тел. +7 (343) 389 95 89

e-mail: [eduard.kuznetsov@urfu.ru](mailto:eduard.kuznetsov@urfu.ru)



Э.Д.Кузнецов

Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого  
Президента России Б.Н. Ельцина», 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, д.19.  
Тел. +7 (343) 375 44 44, e-mail: [contact@urfu.ru](mailto:contact@urfu.ru).