

**ОТЗЫВ**  
**официального оппонента о диссертации на соискание ученой степени**  
**кандидата физико-математических наук**  
**Ялялиевой Лидии Наилевны**  
**на тему «Изучение структуры и кинематики рассеянных звездных**  
**скоплений в окрестностях Солнца»**  
**по специальности 1.3.1. Физика космоса, астрономия**

**Актуальность избранной темы**

Рассеянные звездные скопления важны для изучения как эволюции отдельных звезд, так и дисковой составляющей населения Галактики. В последние годы по данным Gaia удалось значительно увеличить наблюдательный материал для исследования скоплений. Обнаружены тысячи ранее неизвестных РЗС. Это предоставляет широкое поле деятельности для изучения скоплений, понимания их эволюции и строения. Выбор достаточно разнообразных по возрасту, массе, химическому составу и положению в галактическом диске объектов — скоплений NGC 225, FSR 866, NGC 1960, Stock 2 и звездной ассоциации Sco OB1 — позволяет получить новые знания об их строении, эволюции и процессе звездообразования в галактическом диске.

**Структура диссертации**

Диссертация **Лидии Наилевны Ялялиевой** состоит из введения, трех глав и заключения. Диссертация содержит 116 страниц текста с 29 рисунками и 28 таблицами. В списке литературы 126 ссылок. Во Введении обосновываются актуальность темы, цели и задачи работы, научная новизна и методология, научная и практическая значимость исследования, достоверность и обоснованность результатов, личный вклад автора. Даны список публикаций и апробация результатов, а также положения, выносимые на защиту. В первой главе рассмотрены окрестности ассоциации Sco OB1. Описывается метод кластеризации, выявлены детали пространственной структуры, определены их физические параметры. Вторая глава содержит результаты исследования

рассеянного звездного скопления NGC 225 и включает обзор данных о скоплении и его физических параметрах. Приведен разработанный алгоритм выявления звезд, входящих в состав NGC 225. Результаты обработки фотометрических и спектроскопических данных позволили определить физические параметры скопления: расстояние от Солнца, возраст, среднюю лучевую скорость. Сделаны оценки доли двойных звезд в скоплении и его массы. В третьей главе приведены результаты исследования трех скоплений: FSR 866, NGC 1960 и Stock 2. Дано описание алгоритма определения вероятности вхождения звезды в состав скопления. Приведены результаты обработки спектроскопических данных. Определены физические параметры скоплений. Найдены лучевые скорости звезд скоплений и их спектральные типы. На основе анализа полученных лучевых скоростей и фотометрических данных определена доля двойных звезд в скоплениях. В Заключение перечислены основные результаты диссертации и основные выводы.

**Степень обоснованности положений, выносимых на защиту, и научных выводов, сформулированных в диссертации**

Степень обоснованности положений и выводов, сформулированных в диссертации, обеспечена логикой построения диссертации, которая отвечает поставленным задачам, а также обзором результатов публикаций других авторов по тематике работы. На защиту вынесены пять пунктов.

**Пункт 1.** Для выделения группировок в окрестности звездной ассоциации Sco OB1 применен разработанный в диссертации метод кластеризации по компонентам собственного движения и параллаксу, реализованный с помощью программного кода DBSCAN. Для группировок с малой концентрацией звездной плотности типа Sco OB1 метод вполне оправдан. Для наиболее надежного выделения звезд и выявления их генетической связи метод дополнен анализом диаграмм “цвет – звездная величина”. Пункт полностью обоснован.

**Пункт 2.** Использованный метод отбора звезд скопления, основанный на алгоритме DBSCAN, вполне обоснован. Это подтверждено исследованиями многих авторов, результаты которых опубликованы в ведущих научных журналах. С его помощью обнаружены сотни ранее неизвестных скоплений и подтверждены обнаруженные ранее известные скопления.

**Пункт 3.** Определены физические параметры скоплений NGC 225, FSR 866, NGC 1960, Stock 2. Используются проверенные методы и тщательно отобранные данные наблюдений.

**Пункт 4.** Даны оценки доли двойных звезд по исследованию лучевых скоростей и/или по данным фотометрии в скоплениях FSR 866, NGC 1960, Stock 2 и NGC 225. Используемые методы всесторонне обсуждены, погрешность данных учтена. Обоснованность работы не вызывает сомнений.

**Пункт 5.** Полностью обоснован. Определена масса NGC 225. Показано, что с учетом двойных звезд масса скопления увеличивается в 1.23–1.35 раза. Используя спектроскопические наблюдения и анализируя лучевые скорости 29 ярчайших звезд скопления, показано, что 15 из них являются двойными.

Используемые методы наблюдений, обработки данных каталогов, использованные программные коды DBSCAN, IRAF, DAOPHOT проверены независимыми исследованиями и широко применяются мировым научным сообществом. Полученные в диссертации результаты, несомненно, обладают высокой практической и научной ценностью, выводы аргументированно обоснованы.

### **Достоверность и новизна научных выводов, сформулированных в диссертации**

Достоверность научных выводов, сформулированных в диссертации, обеспечена обоснованным выбором объектов исследования, использованием современных данных наблюдений и апробированных методов обработки, а

также сравнением полученных результатов с опубликованными в рецензируемых журналах результатами других авторов. Достоверность полученных в диссертации результатов подтверждается публикациями автора в рецензируемых международных журналах (4 публикации). Результаты проведенных исследований были представлены на Всероссийской астрономической конференции 2021 (ВАК — 2021) «Астрономия в эпоху многоканальных исследований», Москва, 23-28 августа 2021 года, Многоканальное изучение рассеянного звездного скопления NGC 225 было представлено в устном докладе.

Новизна научных выводов, сформулированных в диссертации, определяется следующим: для ряда скоплений получены собственные данные наблюдений: фотометрия в окрестности Sco OB1, лучевые скорости звезд входящих в состав NGC 225, FSR 866, NGC 1960, Stock 2; впервые определена доля двойных звезд в NGC 225, FSR 866, NGC 1960 и Stock 2; для ряда скоплений получены новые оценки возраста, расстояния от Солнца. Новые, полученные автором, списки звезд кандидатов в состав скоплений приведены в диссертации. Для достижения целей, поставленных в диссертации, понадобилось выполнить ряд собственных наблюдений. Это в значительной степени увеличило ценность диссертационной работы. Полученные в диссертационной работе результаты, несомненно, обладают практической ценностью и научной новизной.

### **Замечания**

**Замечание 1.** На стр.7 сказано: “Разработаны и опробованы методы определения вероятности принадлежности звезды скоплению”. Нет пояснения, какие именно методы разработаны.

**Замечание 2.** На стр.8 приведена формулировка “DBSCAN позволяет надежно выделить члены РЗС”. Вернее “надежно выделить кандидаты в члены

скопления”. Для оценки вероятности принадлежности звезды к скоплению в диссертации разработан собственный метод, использующий DBSCAN.

**Замечание 3.** В Приложениях Б, В, Г, Д приведены полученные в диссертации списки звезд скоплений NGC 225, FSR 866, NGC 1960, Stock 2. Судя по этой логике, не хватает списка звезд групп в Sco OB1.

**Замечание 4.** На стр.36 в подписи к Рис. 1.7 точнее сказать “на небесной сфере”, а не “пространственное”.

**Замечание 5.** На стр.48, в начале пункта 2.4 говорится о задаче поиска двойных систем в NGC 225. Приступая к решению этой задачи, уместно привести данные об уже известных двойных системах в составе NGC 225.

**Замечание 6.** На стр.51 – стр.54, стр. 61 сделаны оценки возраста, расстояния от Солнца и массы NGC 225. Желательно пояснить, как повлияет на эти оценки учет металличности этого скопления, равной  $[Fe/H] = 0.202$  (Dias et al. MNRAS, 504, 356, 2021).

**Замечание 7.** На стр. 64 говорится: “Кластеризация проводилась в трехмерном пространстве собственных движений и параллаксов”. На стр. 66 при обсуждении результатов для Stock 2, NGC 1960, FSR 866 даны только диаграммы собственных движений. Следовало бы привести также и распределение звезд перечисленных скоплений по параллаксам, как было сделано для NGC 225 на стр. 42. Это важно для приближенной оценки размеров скоплений.

### **Вывод**

Вместе с тем, указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени

М.В.Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует специальности 1.3.1. Физика космоса, астрономия (по физико-математическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В.Ломоносова, а также оформлена согласно требованиям Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова.

Таким образом, соискатель **Ялялиева Лидия Наилевна** заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.1. Физика космоса, астрономия.

Официальный оппонент:

кандидат физико-математических наук,  
старший научный сотрудник  
отдела физики звездных систем  
Федерального государственного бюджетного  
учреждения науки Институт астрономии  
Российской академии наук (ИНАСАН)

ВЕРЕЩАГИН Сергей Викторович

5 июня 2024 года

Контактные данные:

тел.: +7-495-951-79-93; e-mail: svv@inasan.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом  
защищена диссертация:

01.03.02 - Астрофизика и звездная астрономия

Адрес места работы: 119017, г. Москва, ул. Пятницкая, д. 48

ИНАСАН, Отдел физики звездных систем

тел: +7-495-951-54-61; e-mail: admin@inasan.ru

Подпись сотрудника ИНАСАН С. В. Верещагина удостоверяю:

Зам. директора ИНАСАН

к. ф. м. н. Д.А. Ковалева