

ОТЗЫВ

официального оппонента

Марчука Александра Александровича

на диссертационную работу

Гроховской Александры Александровны на тему

«Исследование влияния локальной плотности окружения на физические свойства галактик до $z=0.8$ на основе среднеполосного фотометрического обзора на 1-метровом телескопе Шмидта»

по специальности 01.03.02 — «Астрофизика и звездная астрономия» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук.

Скорость и характеристики звездообразования являются определяющими процессами в локальной эволюции галактик. Вместе с тем связь темпов звездообразования с плотностью окружения в скоплениях галактик и резервуарами межгалактического газа в разные эпохи выводит эти вопросы уже в плоскость глобальной, космологической эволюции. Связанные с этой областью феномены наличия «красной» и «голубой» выборки галактик, падение темпов звездообразования в видимой Вселенной с $z \sim 3$ (т. н. «Космический полдень»), влияние окружения галактики на ее звездообразование и т.д. являются хорошо установленными и изученными фактами наблюдательной астрофизики, которые, однако, являются далеко не окончательно решенными и продолжают активно обсуждаться исследователями. Поэтому посвященная именно этим вопросам диссертация Гроховской Александры Александровны является **актуальной**, а поднимаемые ей темы находятся на переднем крае современного научного знания. Сосредоточившись на анализе одного поля NS 47.5-22, диссертантом проделана очень большая работа, состоявшая из нескольких последовательных этапов. Были впервые наблюдательно получены однородные данные по галактикам в этом поле и проведен анализ их физических характеристик, таких как масса, возраст, металличность звездного диска, получены темпы звездообразования в галактиках. Впервые в этом поле размером более 2 кв. градусов произведен отбор крупномасштабных сгущений с использованием сразу нескольких математических алгоритмов. Проведенная подготовительная работа позволила произвести сравнение физических свойств галактик с локальной плотностью их окружения в зависимости от красного смещения. Комбинация полученных научных и методических результатов, то, что работа проведена на основе среднеполосного фотометрического обзора на 1-метровом телескопе Шмидта, а также размер поля и точность определения красного смещения несомненно обеспечивают **новизну** исследования.

Достоверность и обоснованность подтверждается тем, что получены хорошо известные результаты о темпах звездообразования в галактиках, обширным сравнением с другими авторами, публикацией результатов в 4 статьях, включая Астрофизический бюллетень и международный Monthly Notices of the Royal

Astronomical Society, длинным списком (11 пунктов) личных докладов по теме диссертации на всероссийских и международных конференциях, а также публикацией полученных каталогов в открытом доступе.

Выводы работы **весьма значимы** по нескольким причинам. Во-первых, они демонстрируют возможность получения результатов на хорошем международном уровне с помощью 1-м телескопа Шмидта в средних фотометрических полосах. Во-вторых, полученные результаты важны для улучшения нашего понимания процессов звездообразования в скоплениях галактик. Наконец, опубликованные каталоги представляют собой хороший задел для будущих исследований, и могут быть использованы в том числе другими авторами. Автореферат **в полной мере** отражает структуру и содержание диссертации.

Достоинством работы несомненно является последовательный подход и цельность решаемой задачи, в ходе которой на первом этапе проводятся наблюдения и формируется выборка, далее эта выборка оценивается по физическим параметрам, затем отдельно исследуется плотность окружения и в финальной части все ранее полученное дает возможность оценить зависимость параметров галактик от окружения. Собственно, и основные недостатки связаны в первую очередь с масштабностью решаемой задачи и объемом проделанной диссертантом работы.

Основные замечания:

1) На стр. 27 указано, что галактики, чья фотометрия была сильно искажена соседями, были исключены из дальнейшего анализа. Это решение могло внести систематику в результаты, полученные для самых плотных областей при анализе влияния окружения (например, недооценка количества членов в скоплениях галактик). Много ли таких галактик? Можно ли как-то проверить величину этого эффекта?

2) Качественно работа в Главе 2 почти полностью повторяет работу [72] (González-Delgado et al., 2021) вплоть до отдельных картинок и абзацев, что само по себе не критично, поскольку исследуются разные выборки, но как мне кажется, должно быть соответствующим образом отражено в тексте. Собственно вопрос из сравнения с этой работой: рис. 2.7 в диссертации и fig. 15 в работе [72] показывают цвета выборки как в системе покоя, так и исправленные за наличие пыли для разных бинов по красному смещению. При этом если в диссертации форма приведенной зависимости не меняется при исправлении за поглощение, то в работе González-Delgado et al. (2021) для всех диапазонов красных смещений наблюдаются существенные отличия, и зависимость в целом больше напоминает форму $SFR \text{ vs } M^*$. Чем вызвано подобное заметное отличие в результатах?

3) Явно не продемонстрировано, обладают ли галактики из «голубого» облака большими темпами SFR, чем галактики из «красного». Не ясно также почему, если найден темп звездообразования SFR и масса галактик, не были построены графики SFR vs M^* («Главная последовательность звездообразования», [27]), SFR/ M^* vs M^* и других подобных классических зависимостей. Согласие этих зависимостей, полученных диссертантом, с предыдущими работами усилило бы достоверность работы и примененной методики. Также в качестве одного из возможных приложений авторы могли бы, обладая всеми необходимыми данными в своей выборке, проверить утверждения Corcho-Caballero et al. (2020) о том, что последовательность «голубых» и «красных» галактик не образуется, если все нормировать за сопутствующий объем.

4) Анализ групп галактик в полученном каталоге в Главе 3 сводится к гистограммам количества членов в них и их распределению по красному смещению, при этом отсутствует сравнение с другими сходными работами по выделению кандидатов в скопления галактик. Обращает на себя внимание тот факт, что определенное среднее количество членов в скоплении довольно мало (пик на ~ 5 галактиках). Например, в цитируемой диссертантом работе [169] (Wen et al., 2009) при сходных диапазонах по красному смещению пик распределения количества членов приходится на 12-13 галактик в скоплении. Возможно, это различие связано с ограничением по светимости определяемых членов-кандидатов в галактики скопления или с дальностью работы метода. Вероятно гистограммы по светимости скопления, его размеру или скученности могли бы объяснить наблюдаемое различие.

5) Присутствует ряд фактических ошибок в тексте. Так, выносимое на защиту положение номер 2 должно содержать кубические M_{pk} вместо pk (и явным образом указать в тексте, что это логарифм). На стр. 29 сказано «Результаты показаны на рис. 4.», но сам этот рисунок про анализ полноты не был добавлен из оригинальной статьи в текст диссертации. На стр. 30 сказано, что каталог включает только 16 полос и полосу u из SDSS, при этом на Рис. 1.7, например, показаны величины в полосе r , и в каталоге они так же есть. На стр. 53 на рис. 2.11 перепутаны единицы измерения, вместо G_{ug} должно быть M_{ug} , а по вертикальной оси — логарифм. Раздел 4.2. на стр. 82 озаглавлен «Цвета галактик и типы шаблонов спектрального распределения энергии», что явно не имеет отношения к тому, о чем говорится в этом разделе. На стр. 70 сказано, что «Параметры качества получаемых выборок групп галактик выше для алгоритма диаграмм», хотя параметр g^2 для них меньше (0.52 против 0.58).

Остальные замечания:

1) Довольно часто упомянутые в тексте два соседних числа отличаются, и не всегда ясна разница между ними. Так, на стр. 8 упомянуты 19000 и 16000 галактик, хотя и

там и там полная выборка; на стр. 28 упомянуты 85000 объектов выборки, тогда как на стр. 26 — 80000.

2) Первое появление аббревиатур и терминов, которые не встречались и не объяснены в тексте ранее (например стр.27-NMAD, стр.36-gMOSS, стр.64-MICECAT, стр.74-богатство кластеров) заставляет догадываться о чем речь (не всегда корректно) и затрудняет восприятие текста.

3) стр. 17 - не очень понятно обосновано в мотивации выбора поля, почему рентгеновские наблюдения ROSAT и в дальнейшем Спектр-РГ так важны (вероятно для построения SED?)

4) стр. 45 — параграф наверху страницы не совсем ясен. Означает ли это, что для части галактик SED построен по кроновским апертурам, а для части — иначе?

5) стр. 60, раздел 3.1.3 — не совсем понятно, почему выбран этот алгоритм, а не более классические KNN (у которого один параметр) или DBSCAN (два параметра)

6) стр. 51 - «заштрихованные области» - это закрашенные, у них нет штриховки.

7) стр. 59 — не понятен смысл параметра s в формуле (3.3).

8) стр. 65 — не до конца ясно, почему искомой точности определения красного смещения не хватает, чтобы использовать трехмерную кластеризацию вместо двумерной. Какой должна быть точность z чтобы это было возможно?

9) стр. 66 — вместо термина «чистота» (purity) в данном случае следует использовать устоявшийся термин «точность» (precision).

10) Можно ли по составленному каталогу понять, принадлежат ли кластеры к Великой Слоановской стене (или другим подобным сверхобразованиям)?

11) Рис. 1.7 на стр. 35 и рис. 5 в соответствующей публикации отличаются. В чем причина?

12) Часть работ в библиографии не цитируются в тексте, например, [27].

13) Начало второго параграфа на стр. 25 является не совсем удачным переводом начального куска из раздела 5 цитируемой работы [82] (Cardamone et al., 2010).

14) В работе довольно много опечаток. Так, на стр. 15 - «обзоров»; стр. 25 пропущено слово «быть» в «могут построены»; стр. 30 - «каталог содержАт»; стр. 38 - «с помощью параметра уменьшенНОЕ значения»; стр. 42 - «Оценки точности

общей массы ЗВЕЗДЫ» неудачный перевод «Estimates of the accuracy of total stellar mass»; стр. 46 - «для покаяателя цвета»; стр. 47 - «распрделений»; стр. 47 - «мы можем использовать это уравнение 2.2 » - должно быть 2.1; стр. 51 - «смещения»; стр. 52 — в формуле (2.2) должно быть $z=0.05$ вместо $z=0.005$; стр. 54 - «распрнделений»; стр. 59 «красным цветом обозначены галактиК ранних типов»; стр. 56 - «демонстрируют в некоторый»; стр. 57 - «численная плотность, соответствующЕЙ»; стр. 60 — стр.76 упомянута два раза подряд; стр. 66 — не знаменатель, а числитель; стр.82 - «ясно показывает, что галактиК красной последовательности предпочитают»; стр. 83 — sigale.SFR пропущен пробел после точки.

Указанные недостатки не умаляют значимости результатов, полученных в диссертации и общего положительного впечатления, а часть из них носит скорее рекомендательный характер. Считаю, что работа Гроховской Александры Александровны «Исследование влияния локальной плотности окружения на физические свойства галактик до $z=0.8$ на основе среднеполосного фотометрического обзора на 1-метровом телескопе Шмидта» **безусловно соответствует** требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней, а ее автор точно **заслуживает** присуждения степени кандидата физико-математических наук.

Официальный оппонент:

Марчук Александр Александрович,
к.ф.-м.н., научный сотрудник
Лаборатории динамики Галактики
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Главная (Пулковская) Астрономическая Обсерватория Российской академии наук
(196140, Санкт-Петербург, Пулковское шоссе д. 65 кор. 1)
+7 (812) 363-7207, mar@gaoran.ru


(подпись)

Марчук А.А.
(расшифровка подписи)

Дата «13» сентября 2022 г.

Печать организации

Подпись н.с. Марчука А.А. заверяю:
Ученый секретарь ГАО РАН
к.ф.-м.н.



Барсунова О.Ю.

13.09.2022г.