

**ОТЗЫВ официального оппонента**  
**на диссертацию на соискание ученой степени**  
**кандидата физико-математических наук Егоровой Евгении Сергеевны**  
**на тему: «Наблюдательное исследование галактик в войдах»**  
**по специальности 1.3.1. Физика космоса, астрономия**

Диссертация Е.С. Егоровой посвящена поиску и исследованию свойств и особенностей эволюции галактик в войдах – космологических объектах, образовавшихся на ранних стадиях эволюции Вселенной. Известно, что между результатами, полученными космологическими методами, и астрофизическими данными на современном этапе развития науки существует ряд нестыковок. В данной диссертационной работе Евгения Сергеевна исследуя астрофизические объекты – галактики, одновременно проверяет и ряд космологических выводов (возможная задержка в формировании гало темной материи в войдах, взаимодействие галактик с газовыми филаментами и др.). Это делает проведенное исследование крайне **актуальным**. Не менее **актуальным** является и изучение малометаллических галактик в войдах, благодаря чему можно получить информацию об эволюции молодых галактик на ранних стадиях развития Вселенной.

Исследования свойств галактик в войдах, включая галактики с экстремально низкой металличностью, ранее в таком объеме не проводились. Несомненной **новизной** диссертационной работы является получение, анализ и интерпретация очень большого массива оригинальных наблюдательных данных, полученных на инструментах мирового уровня: российском телескопе БТА, южноафриканском телескопе SALT и индийском радиоинтерферометре GMRT.

Диссертационная работа Е.С. Егоровой состоит из введения, шести глав, заключения и приложения и включает в себя 200 страниц, 45 рисунков и 22 таблицы. Список цитируемой литературы состоит из 271 наименования.

В **первой главе** автор описывает полученные в работе наблюдательные данные и их обработку, а также используемые методы. **Вторая глава** посвящена формированию и анализу выборки 66 галактик в войде Eridanus на основе полученных спектральных данных. Показано, что галактики войда обладают пониженной металличностью относительно галактик в более плотном окружении Местного Объема. В **третьей главе** диссертантка составила и исследовала выборку галактик – кандидатов в экстремально низкометаллические звездные системы и на основе спектральных данных выявила 10 новых галактик с экстремально низкой металличностью  $Z_{\text{gas}} \lesssim Z_{\odot}/30$  и 13 новых низкометаллических галактик с  $Z_{\odot}/30 \gtrsim Z_{\text{gas}} \gtrsim Z_{\odot}/20$ . В **четвертой главе** на основе анализа данных распределения HI и фотометрии системы галактик UGC 3672 был сделан вывод о том, что UGC 3672 представляет собой триплет очень богатых газом карликовых галактик, находящихся в процессе слияния. **Пятая глава** диссертации посвящена изучению галактики NGC 428. Было показано, что галактика подверглась аккреции газа или малому слиянию в своей недавней истории. В **шестой главе** представлено исследование маломассивной галактики с диском низкой поверхностной яркости Ark 18 из войда Eridanus. На основе анализа был сделан вывод о формировании диска низкой поверхностной яркости в галактике в результате слияния двух карликовых галактик.

Применяемые в исследовании алгоритмы и методики анализа данных тщательно описаны; они корректны с математической точки зрения. Научные положения, выводы и рекомендации логически **обоснованы**. Полученные результаты, вошедшие в диссертационную работу, прошли апробацию на 17 международных и российских конференциях, и опубликованы в 7 статьях в одном из наиболее престижных астрономических журналов – Monthly Notices of the Royal Astronomical Society. Все вышесказанное не вызывает сомнений в **достоверности** полученных результатов диссертационного исследования.

Отмечу, что, на мой взгляд, объем и уровень диссертационной работы Е.С. Егоровой превышает средний для кандидатских диссертаций по данной специальности.

Личный вклад автора в совместные публикации четко описан и является во всех работах либо равным, либо – определяющим.

О высокой квалификации диссертантки говорит ее умение получать, обрабатывать и анализировать наблюдательные данные, полученные на методологически различных астрономических приборах в широком диапазоне длин волн (оптическая фотометрия, спектроскопия с длинной щелью, наблюдения с интерферометром Фабри-Перо и с радиоинтерферометром). Текст раздела 1.2 диссертации «Методы оценки содержания кислорода O/H» может быть использован в качестве актуального методического пособия.

Несмотря на высокий научный уровень, к диссертационной работе имеется ряд замечаний.

1) Одной из заявленных целей работы является исследование вопроса о возможной эволюционной молодости галактик в войдах. Содержание азота, а точнее, – диаграмма N/O – O/H является хорошим маркером эволюционной «продвинутости» звездной системы. Автор получила спектральные данные, из которых можно было определить отношение N/O, но воспользовалась ими только при исследовании одной галактики в главе 6. Использование данных по содержанию азота в главах 2 и 3 позволило бы сделать более аргументированными выводы об эволюционной молодости ряда объектов.

2) Проведение регрессионной прямой через две точки при построении радиального градиента содержания кислорода для галактики NGC 428, полученное с использованием  $T_c$ -метода на рис. 5.10 является методически ошибочным, а учитывая большие погрешности измерений – и бессмысленным. Достаточно было бы просто указать, что оценки,

полученные  $T_c$ -методом, хорошо согласуются с данными, полученными с помощью эмпирических методов.

3) Большое внимание в диссертации уделено богатым газом галактикам, однако информацию об источниках данных и количественных оценках  $M(HI)$  в тексте выявить крайне сложно. Это приводит, например, к тому, что вывод 3 главы 2: «Кроме того, небольшая часть галактик обоих войдов оказалась очень богатыми газом объектами» не находит никакого подтверждения в тексте главы.

4) Вывод 3 главы 5 кажется излишне категоричным. Во-первых, при точности определения среднего градиента металличности в работе Хо и др. [233] 50% и для NGC 428 в диссертации 30%, данные согласуются друг с другом в пределах  $1\sigma$ . Во-вторых, наличие бара в галактиках может понижать радиальный градиент. Это хорошо заметно на рис. 5.10, где в центральных 4 кпк – области бара – никакого градиента O/H визуально не наблюдается.

5) Имеются замечания по оформлению диссертации:

– в качестве разделителя в десятичных дробях используются как точка (в основном, – в таблицах), так и запятая (как правило – в тексте);

– масса нейтрального водорода обозначается почти всегда как  $MHI$ , вместо принятого  $M(HI)$  или  $M_{HI}$ ;

– подписи к рисункам иногда почти дословно дублируются в тексте (например, – подпись к рис. 2.4 и последующий текст на стр. 49);

– на стр. 19 автор вводит понятие «ХМР галактики», однако его расшифровку дает лишь при пятом упоминании на стр. 52;

– в разделе 1.1.1 автор указывает спектральный диапазон наблюдений на SALT 3600-6700Å, а на следующей странице описывает аппроксимацию гауссианами дублетов  $[SII] \lambda\lambda 6716,6730\text{Å}$  и  $[OII] \lambda\lambda 7320,7330\text{Å}$ ;

– на рис. 4.1 (правом) показаны изовеллы HI, однако определить направление вращения газового диска из рисунка невозможно, поскольку неясно, где расположены изовеллы с максимальной и минимальной

скоростями, – это позволяет сделать лишь рис. 4.6 восемью страницами позже;

– нумерация ссылок не всегда соответствует порядку их первого появления в тексте (например, ссылка [37] следует после ссылки [40]);

– встречаются некорректные выражения, такие как «галактики войдов действительно могут быть ... более поздними морфологическими типами» на стр. 6.

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 приложениям № 5, 6 Положения о диссертационном совете Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова.

Таким образом, соискатель Егорова Евгения Сергеевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.1. Физика космоса, астрономия.

Официальный оппонент:

доктор физико-математических наук,  
ведущий научный сотрудник отдела внегалактической астрономии  
Государственного астрономического института им. П.К. Штернберга  
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования «Московский государственный университет имени  
М.В. Ломоносова»

**ГУСЕВ Александр Сергеевич**

20 января 2023 г.

Контактные данные:

тел.: 7(495)9392245, e-mail: gusev@sai.msu.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом  
защищена диссертация:

01.03.02 – Астрофизика и звёздная астрономия

Адрес места работы:

119234, г. Москва, Университетский проспект, д. 13,  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Московский государственный университет имени  
М.В. Ломоносова», Государственный астрономический институт им.  
П.К. Штернберга  
Тел.: 7(495)9392046; e-mail: director@sai.msu.ru

Подпись сотрудника  
ГАИШ МГУ А.С. Гусева удостоверяю:  
Директор ГАИШ МГУ  
профессор, чл.-корр. РАН



29 января 2023

К.А. Постнов