

**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»**

Диссертационная работа Евгении Сергеевны Егоровой посвящена галактикам, расположенным в «пустотах» крупномасштабной структуры Вселенной. Такие объекты испытывают меньше взаимодействий и возмущений, чем в группах и скоплениях, что позволяет лучше исследовать их внутреннюю эволюцию и восстановить историю внешних влияний. Образование войдов как естественных структур подтверждается численными моделями эволюции материи в горячей Вселенной с темной материей (DM). В то же время существует большой разрыв между предсказываемым числом гало DM и числом наблюдаемых галактик. Одной из причин такого отличия может быть повышенная доля в войдах маломассивных галактик, так как их труднее обнаруживать и отождествлять. Космологические моделирования также показывают, что условия в центральных районах «пустот» похожи на условия в ранней Вселенной. Поэтому среди галактик войдов могут быть молодые объекты, с ожидаемо низкой металличностью, аналогичные маломассивным протогалактикам.

Таким образом, обнаружение и исследование галактик в «пустотах» позволит лучше объяснить многие аспекты формирования и эволюции галактик, внести вклад в изучение процесса образования Вселенной.

Поэтому, тема диссертации, без сомнения, является очень актуальной.

Работа Е.С.Егоровой состоит из шести глав, в которых решаются определенные научные задачи. В первой главе описан наблюдательный материал и методы его обработки. Выборка из 66 галактик в экваториальной зоне войда Eridanus представлена во второй главе. Анализ данных этих объектов показал металличность ниже, чем у реперной выборки в более плотном окружении в Местном Объеме. Третья глава посвящена описанию поиска и его результатам галактик с экстремально низкой металличностью газа в войдах. Спектральное исследование отобранных 60 объектов позволило выявить 10 новых галактик с экстремально низкой металличностью, а также 13 новых низкометаллических галактик. Анализ системы UGC 3672 из войда Lync-Cancer дается в четвертой главе. Сделано заключение, что UGC 3672 представляет собой триплет богатых газом карликовых галактик, находящихся в процессе слияния. В пятой главе описан метод подбора объектов для исследования процессов взаимодействий и аккреции в «пустотах». У самой яркой галактики выборки, NGC 428, в крупномасштабной кинематике выявлены преобладание ионизованного газа чисто кругового вращения с радиальными потоками в области бара и признаки аккреции газа или малого слияния. Шестая глава посвящена изучению маломассивной галактики Ark18 находящейся в войде Eridanus. Формирование диска низкой поверхностной яркости объяснено слиянием двух карликовых галактик.

В диссертации обработан большой объем научной информации и получено много важных результатов. Отмечу следующие:

- На основании анализа данных выборки из 66 галактик в экваториальной зоне войда Eridanus сделан вывод о пониженном в среднем содержании кислорода в галактиках войда относительно реперной выборки галактик в более плотном окружении в Местном Объеме.

- Обнаружение 10 новых галактик с экстремально низкой металличностью  $Z_{\text{gas}} \lesssim Z_{\odot} / 30$ , а также 13 новых низкометаллических галактик с  $Z_{\odot} / 30 \lesssim Z_{\text{gas}} \lesssim Z_{\odot} / 20$ . Вывод о признаках эволюционной молодости для половины новых галактик с  $Z_{\text{gas}} \lesssim Z_{\odot} / 30$ .

- Результаты изучения галактики UGC 3672 из войда Lynx-Cancer, которые показали, что этот объект представляет собой систему из трех карликовых галактик.

- Развитие метода поиска и исследования процессов аккреции и взаимодействия в галактиках «пустот» на основе спектральных и фотометрических данных. Обнаружение признаков аккреции газа или малого слияния на шкале времени не более  $\sim 500$  млн. лет в NGC428 с использованием этого метода.

- Результаты фотометрического и спектрального исследования Ark18, находящейся в войде Eridanus. Заключение о формировании диска низкой поверхностной яркости вследствие слияния двух карликовых галактик, произошедшем не менее 300млн. лет назад

Мои замечания к диссертационной работе в основном носят характер уточнений и пожеланий. Не очень удобно читать текст, хоть и с гиперссылками на рисунки и таблицы, которые обсуждаются в одном месте, а представлены на несколько страниц вперед или назад. Например, Рис 2.2, 2.3 расположены через две страницы от текста, где о них упоминается; Рис 3.3, 3.4, 3.5 находятся вообще в другой главе.

Описание таблиц лучше воспринимается или под таблицами, или сразу после первого их упоминания (напр., описание таблицы 2.3 на 43 стр, сама таблица на 47 стр.). Не сразу можно разобраться в описании таблицы 2.3 (какие значения в скобках, какие нет.)

Стр.37 Рис.2.3, стр. 82 Рис. 3.6: чем отличаются значения MB и MB\_0 (Абсолютная звездная величина MB в тексте и в подписи к рисунку, MB\_0 в обозначении оси абцисс)?

Стр.120, 144: для галактик NGC 428, Ark 18 был проведен анализ формы изофот, представлены результаты изменения позиционного угла PA. Можно было добавить несколько слов о поведении коэффициентов 3 и 4 гармоник, характеризующих форму изофот, для уточнения присутствия диска (бара и т.п.), наличия пыли в исследуемых объектах.

Почти все результаты приведены с учетом поглощения в нашей Галактике.

Делались ли какие-либо оценки внутреннего поглощения в галактиках? Насколько могут измениться результаты при учете внутреннего поглощения в таких объектах?

В диссертации есть информация об ошибке измерения скоростей (на стр. 140 (п. 6.2)), но нет упоминания об ошибках измерения дисперсии скоростей, а также интегральных величин.

Перечисленные выше замечания не снижают значимости данной диссертации. Можно сделать вывод, что работа Е.С. Егоровой представляет собой цельное и интересное научное исследование, которое вносит свой вклад в понимание формирования и эволюции галактик путем изучения таких объектов, расположенных в «пустотах». Метод поиска и изучения процессов взаимодействий и аккреции в войдах, описанный в диссертации, будет активно использоваться в дальнейшем.

Выносимые на защиту результаты опубликованы в научной печати и представлены на всероссийских и международных конференциях, что подтверждает их достоверность и новизну; автореферат диссертации правильно отражает ее содержание.

Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В.Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует специальности 1.3.1. Физика космоса, (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.

Официальный оппонент:

кандидат физико-математических наук,  
доцент кафедры астрофизики  
математико-механического факультета  
федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный университет»

КАРАТАЕВА Гульнара Мирсатовна

12.01.2023

Контактные данные:

т.+7(812)4284168, [g.karataeva@spbu.ru](mailto:g.karataeva@spbu.ru)

Специальность, по которой официальным оппонентом  
защищена диссертация:

01.03.02 – Астрофизика, радиоастрономия

Адрес места работы:

198504, г.Санкт-Петербург, Петродворец, Университетский пр. 28

СПбГУ, математико-механический факультет

Тел.: (812)4284210; e-mail: [decanat@math.spbu.ru](mailto:decanat@math.spbu.ru)