

## ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Юлии Александровны ПЕРЕПЕЛИЦЫНОЙ  
«ИЗУЧЕНИЕ КАРЛИКОВЫХ ГАЛАКТИК В БЛИЖАЙШИХ ВОЙДАХ»,  
представленную на соискание ученой степени кандидата физико-  
математических наук  
по специальности 01.03.02 (астрофизика, радиоастрономия).

Проблемы формирования и эволюции галактик являются ключевыми вопросами современной астрофизики, но к сожалению, они остаются далекими от полного понимания. Эволюция галактик – это сложный и многогранный процесс, происходящий под действием большого количества факторов, таких, как внутренняя секулярная эволюция, влияние активного ядра на процессы звездообразования, локальная плотность окружения и другие. Предметом исследования, представленного в диссертации Ю.А. Перепелициной, являются галактики, населяющие самые разреженные области локальной Вселенной – войды. Выявление физических особенностей галактик разреженного окружения, по сравнению с галактиками плотного окружения, позволяет сделать выводы о влиянии окружения галактик на процессы их эволюции. Как отмечает автор диссертации и другие авторы, особая роль разреженного окружения сказывается на маломассивных карликовых галактиках, которые, как правило, в разреженном окружении богаты газом и обладают пониженным содержанием металлов. Однако ввиду наблюдательных ограничений предшествующие работы по изучению галактик в далеких войдах, опирающиеся, в частности, на данные Слоановского обзора неба (SDSS), не рассматривают самые маломассивные галактики ( $M_r < 16$ ), а именно для них ожидается наиболее значимое влияние разреженного окружения.

Диссертационная работа в основном нацелена на изучение галактик членов близкого войда Lynx-Cancer и включает в себя статистическое исследование фотометрических свойств, обилий кислорода и свойств звездных населений галактик этого войда. Кроме того, в диссертации рассматриваются детальные исследования галактики UGC 4722 с необычной морфологией и двух очень бедных металлами галактик войда Eridanus. Немного обособленно в диссертацию включено комплексное исследование переменной LBV звезды в карликовой галактике DDO 68.

К новым и важным результатам диссертационной работы можно отнести следующее:

- По спектрам BTA и SDSS получены новые оценки содержания кислорода для 30 галактик войда Lynx-Cancer и открыты 4 новых очень низкометаллических галактики ( $12 + \log(O/N) = 7.02 \dots 7.34$  dex).

- Выполнена поверхностная фотометрия для 80% самой большой и глубокой выборки галактик войда Lynx-Cancer, и обнаружено, что среди галактик низкой поверхностной яркости (LSB) значительная часть ~30% обладают необычными свойствами: экстремально низкие металличности газа - менее 1/20 от солнечной, высокая массовая доля газа 94-99% и голубые цвета.

- Благодаря анализу оригинальных и публично доступных данных построена кривая блеска уникальной LBV звезды в бедной металлами галактике DDO 68, свидетельствующая о «гигантском выбросе» в 2008-2010 годах.

В диссертационной работе можно выделить некоторые недостатки, которые не влияют на ее научную состоятельность, но могут быть учтены автором в дальнейших исследованиях.

- При исследовании галактик войдов Lynx-Cancer и Eridanus выделяется ряд необычных галактик, которые именуются «эволюционно-молодыми». Нет сомнений, что по совокупности характеристик (очень низкое обилие кислорода в ионизованном газе, массовая доля газа и голубые цвета) – это действительно выделяющиеся, необычные галактики. Однако в работе отсутствует явное обсуждение статуса «эволюционно-молодых» галактик. Что же означает «эволюционно-молодой»? Каким образом экстремально разреженное окружение войдов привело к появлению таких галактик? Выделяются ли эти галактики по другим свойствам, кроме указанных выше? Какие свойства темных гало ожидаются у этих галактик? Почему именно эти галактики стали необычными, а другие галактики войда при той же плотности окружения – нет? Очевидно, что по имеющимся наблюдательным данным дать однозначные ответы на все указанные вопросы задача слабо выполнимая. Однако в работе не достает хоть какого-то обсуждения указанных вопросов.

Следующее замечание также непосредственно связано с понятием «эволюционно-молодой».

- Для характеристики свойств звездного населения исследуемых галактик в работе сопоставляются наблюдаемые цвета на двухцветной диаграмме  $(g-r) - (u-g)$  с эволюционными модельными треками PEGASE. Как правило, измеренные цвета попадают на эволюционный трек с длительной историей звездообразования при постоянном темпе звездообразования (модель const). На основе этого делается оценка длительности вспышки звездообразования и возраста самого старого звездного населения, дающего вклад в фотометрию. Здесь следует отметить ряд недостатков: а) наличие пыли в галактике будет приводить к смещению измерений вдоль эволюционных треков; б) фиксирование модельной металличности звездного населения равной металличности газа в общем случае неправомерно и может приводить к систематическому сдвигу модельных параметров за счет эффекта вырождения «возраст-металличность»; было бы целесообразно оценить величину

этого сдвига; в) в выполненном анализе даже малая оценка времени звездообразования ( $T_{30} \sim 1-2$  млрд. лет) не является свидетельством отсутствия звезд возрастом старше  $T_{30}$ . Реальная история звездообразования неизвестна. Можно привести в пример протяженную историю ЗО с низким темпом звездообразования, который несколько млрд. лет назад по каким-то причинам увеличился. В такой ситуации эволюционный трек в const модели будет давать  $T_{30}$  примерно те же несколько млрд. лет, однако в населении будут присутствовать старые звезды. Данный эффект будет сродни описанному в работе Serra & Trager MNRAS 374, 769 (2007). Более глубокий анализ свойств звездных населений возможно выполнить с привлечением полного распределения энергии в спектре (SED) от UV (с привлечением данных GALEX) до ИК диапазона.

Резюмируя, полученные оценки  $T_{30}$  для «эволюционно-молодых» галактик свидетельствуют о молодом звездном населении, образовавшемся в течение продолжительного эпизода ЗО, но ничего не говорят о старом населении (и его вкладе в светимость/массу). Как следует рассматривать статус «эволюционно-молодой» галактики с учетом этого замечания?

К незначительным замечаниям редакционного плана можно отнести следующее:

- В описании метода определения содержания кислорода (§1.4) упоминается, что для корректной оценки потоков в эмиссионных линиях из наблюдаемого спектра вычитается континуум. В тексте не приводятся детали о том, как проводился континуум. В областях, где доминирует молодое звездное население в спектре будут присутствовать глубокие бальмеровские абсорбционные линии, некорректный учет которых может приводить к систематической ошибке в потоках бальмеровских линий в эмиссии.

- В работе исследуются ~90 галактик, однако изображения приводятся лишь для 4-х детально изученных. Для наглядности небольшие SDSS изображения каждой галактики можно было бы привести на 1-2х страницах, что добавило бы работе наглядности. Не менее важным было бы изобразить профили поверхностной яркости для 85 галактик с вписанными модельными законами, чтобы у читателя была возможность визуальной оценки качества аппроксимации.

- В тексте не описано какие области галактики считаются переферийными, для которых оценивались показатели цвета и проводился анализ звездных населений.

- Работа обогатилась бы при приведении в тексте формулы для работы с критерием «таблиц сопряженности признаков 2x2».

- В тексте иногда встречаются опечатки, но их число несущественно.

Отмеченные замечания не умоляют высокой оценки диссертационной работы и выводов, выносимых на защиту. Автором выполнена большая, интересная и ценная в научном отношении работа. Бесспорна новизна представленного в диссертации материала. Основные выводы диссертации представляются обоснованными. Результаты проделанной работы опубликованы в ведущих рецензируемых астрономических журналах, апробированы на семинарах и конференциях. Автореферат диссертации отражает ее основное содержание.

Исходя из изложенного выше, я считаю, что диссертационная работа удовлетворяет всем необходимым требованиям для успешной защиты, а ее автор, Перепелицина Юлия Александровна, заслуживает присуждения степени кандидата физико-математических наук.

к.ф.-м.н.  
старший научный сотрудник  
ГАИШ МГУ



Катков Иван Юрьевич

31 марта 2017

Подпись И.Ю. Каткова заверяю:

Директор ГАИШ МГУ  
академик



А.М. Черепашук

Катков Иван Юрьевич

119234 г. Москва, Университетский пр., д. 13, Государственный астрономический институт имени П.К. Штернберга при МГУ имени М.В. Ломоносова, старший научный сотрудник. Тел. 8(495)9391660, [katkov@sai.msu.ru](mailto:katkov@sai.msu.ru)