

**Отзыв научного руководителя
о диссертации Юлии Александровны Перепелицыной
"ИЗУЧЕНИЕ КАРЛИКОВЫХ ГАЛАКТИК В БЛИЖАЙШИХ
ВОЙДАХ" ,
представленной на соискание ученой степени кандидата
физико-математических наук
по специальности 01.02.03 — астрофизика и звездная астрономия**

Тематика исследований, которым посвящена диссертационная работа Ю.А. Перепелицыной, а именно, свойства галактик, населяющих пустоты, остается актуальной на протяжении многих лет. Первые шаги в этом направлении были сделаны еще в 1990-х годах (Szomogy et al., 1993; Grogin, Geller, 1999). Однако, ввиду малой статистики и сильных ограничений на светимости изученных галактик, результаты этих первых работ не выявили существенных различий в свойствах галактик войдов.

С появлением в последнее десятилетие новых глубоких обзоров в больших областях неба (SDSS, 2dFGRS, слепой обзор в линии H α – ALFALFA), интерес к исследованию наблюдательных свойств галактик в пустотах заметно вырос. Было проведено несколько конференций, связанных с этой тематикой, и опубликовано несколько десятков работ, посвященных этому вопросу. С другой стороны, в этот же период получили большое развитие теория стандартной космологии с холодной темной материей, и в ее рамках, численное моделирование формирования галактик и их структур. Для части моделей уже достигается разрешения по массе $\sim 10^6 M_{\odot}$, которое необходимо для сравнения со свойствами карликовых галактик. Начиная с 2003 г., опубликован ряд работ, предсказывающих свойства пустот и, частично, ожидаемые свойства галактик в них.

К сожалению, абсолютное большинство наблюдательных работ по свойствам галактик в пустотах, выполненных в этот период с использованием больших выборок из новых обзоров, имеют дело с достаточно далекими войдами (на расстояниях 100–200 Мпс). Из-за этого, в силу наблюдательной селекции, исследуемые галактики имеют достаточно высокие светимости ($M_r \lesssim -17$) и массы. Влияние глобального окружения для таких галактик невелико, что и явилось основным выводом этих работ.

Специфическая роль войдов в формировании и эволюции именно маломассивных объектов была выявлена теоретически относительно недавно, в частности, в работах Einasto et al. (2011) и Aragon-Calvo и Szalay (2013). Значительно раньше, исходя из общих идей, команда SAO пришла к необходимости изучать свойства наименее массивных галактик в войдах, и как следствие - изучать галактики в ближайших войдах. На сегодня, учитывая новые интересные результаты мирового уровня, полученные в SAO за последние 6-7 лет, эта тематика становится все более актуальной.

Работа Ю.А. Перепелицыной является продолжением и развитием этого пионерского направления и включает массовое исследование свойств галактик в близком войде Lutz-Sauser с целью получить их статистические характеристики и сравнить их со свойствами похожих галактик, находящихся в более плотном окружении. Другим важным направлением, отраженным в диссертации, является детальное изучение нескольких интересных галактик войдов с целью определить их эволюционные особенности. Несколько

особняком стоит работа по исследованию уникальной голубой массивной звезды в галактике войда DDO 68, отнесенной к классу LBV. Однако в контексте изучения необычных галактик войдов с наименьшими металличностями, эта часть тоже органично входит в тело диссертации.

Диссертация Ю.А. Перепелицыной является наблюдательной и в значительной степени основана на данных, полученных на 6-м телескопе САО (БТА) с непосредственным участием автора работы. Она состоит из Введения, 5-ти глав и Заключения. Во Введении автор дает обзор современной ситуации по изучению войдов и их галактик, описывает цели работы, актуальность, новизну, практическая ценность, апробацию полученных результатов, приводит список публикаций по теме диссертации, а также результаты, выносимые на защиту. Все эти пункты описаны достаточно ясно и дают общее представление о диссертации и ее связи с работами других авторов.

Глава 1 посвящена описанию большой выборки галактик близкого войда, для которой проводится основное статистическое исследование. Кроме того, здесь приведено описание всех используемых наблюдательных материалов, как полученных автором на БТА, так и взятых из базы данных цифрового обзора неба SDSS (спектральные и фотометрические данные). Здесь же кратко описаны использованные методы обработки спектров и изображений, и анализ эмиссионных спектров галактик. Подробно описаны методы получения содержания кислорода в областях HII, включая как классический прямой метод, так и три эмпирических метода, для которых автором проведена независимая калибровка для наилучшего соответствия результатов определения O/H эмпирическими и прямым методом. Также описан пакет PEGASE, моделирующий параметры эволюционирующего звездного населения, с использованием которого автор интерпретирует измеренные цвета галактик войдов.

В Главе 2 автор приводит результаты определения O/H в HII-областях 39 галактик войда, увеличив общее количество с данными O/H до 81 или до 75% всей выборки. Эти данные включают как результаты собственных наблюдений на БТА в комбинации с SCORPIO, так и анализ спектров галактик войда, найденных в базе данных SDSS. Это позволило на хорошем статистическом материале, с использованием сравнения с реперной выборкой таких же галактик в Местном Объеме, получить важный вывод о том, что галактики войдов имеют металличность газа значительно ниже, в среднем на (35–40)%, чем галактики в более типичном окружении, что интерпретируется как их замедленная эволюция. Кроме того, обнаружено или подтверждено несколько галактик с очень низкими металличностями: O/H \sim (1/45–1/20) от солнечного значения, которые в 2-4 раза ниже ожидаемых для их светимостей. Оба этих факта детально документированы и аргументированы и представляют собой важное продвижение в понимании эволюционных свойств галактик, населяющих пустоты. В этом контексте, наблюдения идут впереди моделей и стимулируют новые более детальные расчеты эволюции мало-массивных галактик.

Глава 3 посвящена фотометрическому исследованию 85-ти галактик войда Luyk-Saucer (\sim 80% всей выборки), которые попадают в зону неба, покрытую обзором SDSS. По изображениям из SDSS в фильтрах *u*, *g*, *r*, *i* были получены модельно-независимые параметры, такие как полная величины и интегральные цвета, эффективный, оптический и радиус Холмберга, а также эффективная поверхностная яркость. Кроме того были проанализированы профили поверхностной яркости и определены центральные яркости вписанных дисков и их масштабные длины. Более половины выборки отнесены к объе-

там пониженной поверхностной яркости (LSB галактики). Цвета внешних частей галактик, как представляющие наиболее старое звездное население, были измерены отдельно и сравнены с эволюционными треками пакета PEGASE. Для подавляющего большинства галактик войда эти цвета согласуются с нормальными возрастными $\sim 10\text{--}13$ млрд. лет. Однако, около 15% галактик оказались значительно моложе. Для них основной эпизод звездообразования начался от 1–3 до 4–6 млрд. лет назад. С подключением данных о массе HI для галактик войда удалось оценить массовую долю газа в них, которая оказалась для большинства галактик более 80%, а для 10% самых богатых газом карликов достигала (94–99)%. Результаты этой главы добавляют новую важную информацию о свойствах галактик войдов, характеризуя как их основное население, так и его наиболее необычных представителей.

В Главе 4 автор описывает результаты более детального изучения нескольких необычных маломассивных галактик войдов. Две из них находятся в войде Lync-Sagseg. UGC 4722 является очень изолированной Sm галактикой со слабым приливным шлейфом. Новые данные по кинематике и O/H газа, полученные на БТА, а также фотометрия по снимкам SDSS и карты в линии HI, полученные на радиотелескопе GMRT, позволили уверенно установить наличие богатого газом малого спутника в процессе слияния с более массивной галактикой и впервые обнаружить шлейф из молодых звезд примерно одинакового возраста, образовавшихся в результате сильного приливного воздействия. Для рекордно богатой газом и очень слабой галактики вблизи центра этого войда, J0723+3624, по спектру, полученному на БТА, определена лучевая скорость оптического партнера, что окончательно подтвердило очень необычные свойства этого объекта ($M(\text{HI})/L_B \sim 28$). Кроме того, в этой главе изучены две самые низкометаллические карликовые LSB галактики в более далеком войде Eridanus. По своим металличности, фотометрическим свойствам и содержанию газа они оказываются близки к необычным галактикам войда Lync-Sagseg. Выводы этой главы важны для дальнейшего поиска и изучения наиболее необычных галактик войдов.

Глава 5 посвящена необычной галактике DDO 68 и ее самой яркой массивной звезде DDO68-V1, которая отождествлена по своим свойствам как голубая переменная высокой светимости (LBV). Так как эта молодая звезда происходит из звезды главной последовательности с рекордно низкой металличностью ($Z \sim Z_\odot/35$), она является уникальной в контексте сопоставления с моделями эволюции массивных звезд с очень низкими Z . Анализ переменности блеска LBV, с привлечением кроме данных БТА, архивов HST и SDSS, а также из литературы, позволил определить ее светимость в максимуме и обнаружить очень редкое явление "гигантского выброса". Объект несомненно будет еще долго находиться в фокусе исследований массивных звезд и попадет в списки целей для гигантских телескопов следующего поколения.

Соискатель Ю.А. Перепелицына за 5 лет работы в САО прошла хорошую школу и оформилась в самостоятельного исследователя, хорошего владеющего наблюдательным материалом и методами его анализа, включая известные международные пакеты. За эти же годы она изучила и много теоретической литературы и с пониманием может ставить новые задачи. Ее заявка по изучению галактик в войде на БТА получала поддержку. Результаты своих исследований она успешно представляла на нескольких российских и международных конференциях и конференциях САО. Она проявляет большую ответственность и дотошность в обработке и анализе данных, что очень важно при работе в команде. Соискателя характеризует стремление расширить свои познания как в контек-

сте тематики работы, так и освоения новых методов.

Представленная соискателем диссертация написана на хорошем уровне, с пониманием всех деталей анализа, с нормальным представлением результатов и ясными выводами. Она, безусловно, добавляет важные представления о свойствах и эволюции галактик в пустотах и будет иметь практические приложения для развития этого актуального направления.

Считаю, что представленная диссертация Ю.А. Перепелицыной является самостоятельным завершенным научным трудом, достоверность ее результатов и выводов не вызывает сомнений. Работа в целом удовлетворяет всем требованиям ВАК. Ее автор, соискатель Ю.А. Перепелицына несомненно заслуживает присвоения ей степени кандидата физико-математических наук.

Научный руководитель, ведущий научный сотрудник
лаборатории внегалактической астрофизики и космологии САО РАН,
доктор физико-математических наук

С.А. Пустильник

Почтовый адрес: 369167 пос. Нижний Архыз Зеленчукского района
Карачаево-Черкесской республики,
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Специальная астрофизическая обсерватория
Российской академии наук (САО РАН)
Тел. 8(87878)46275 E-mail: sap@sao.ru

Подпись С.А. Пустильника заверяю
Ученый секретарь САО РАН
кандидат физико-математических наук



Е.И. Кайсина