

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию

**Антиповой Александры Викторовны**

**«Исследование галактик, видимых с ребра»,**

представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук

по специальности 01.03.02 – астрофизика и звёздная астрономия

Задача исследования строения дисковых галактик имеет давнюю историю. Все эти объекты являются сложными динамическими системами, включающими целый ряд компонентов, различающихся пространственным распределением, кинематикой, звёздным составом и происхождением. В понимании возникновения галактических структур всё ещё много неясного: так, например, нельзя сказать, что в настоящее время существует консенсус в вопросе происхождения толстых дисков и балджей галактик. Звёздно-динамическое моделирование дисковых галактик на основе Штеккелевского подхода, опирающегося на существование третьего «квазиинтеграла» движения, способно адекватно описать лишь самые общие свойства дисковых галактик вблизи их экваториальной плоскости. В этой связи приобретают важнейшее значение фотометрические и спектроскопические исследования галактик, видимых с ребра, поскольку на их изображениях наиболее рельефно (по сравнению с галактиками с большим углом наклона галактической плоскости к лучу зрения) виден вклад в распределение яркости основных компонентов, таких как тонкий и толстый диски и балдж. Наблюдательные исследования их вертикального строения, скорости вращения диска, оценки вклада разных компонентов с методической точки зрения заметно проще, а результаты – точнее, чем для других дисковых галактик. В частности, это относится к возможности оценки расстояний до далёких галактик с помощью закона Талли-Фишера. Эти обстоятельства позволяют считать направление исследований, развитое в диссертации А.В. Антиповой, **актуальным и перспективным**.

В рецензируемой диссертации решаются следующие важные задачи: создание на основе данных обсерватории Pan-STARRS1 базы данных для галактик, видимых с ребра; её статистический анализ; декомпозиция вклада разных компонентов в распределения яркости ультратонких галактик и их классификация; выявление особенностей ориентации осей этих галактик по отношению к крупномасштабной структуре распределения галактик.

Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения и списка литературы. Во **Введении** помимо краткой исторической справки ставятся задачи исследования, детально и убедительно обосновывается актуальность темы диссертации, формулируются новизна результатов и научно-практическая значимость работы. Перечисляются выносимые на

защиту результаты и положения. Дается краткое содержание глав диссертации, представлен список публикаций и конференций с участием автора и описан личный вклад автора в совместные работы.

**В первой главе** – «База данных для изучения галактик, видимых с ребра» – описано создание базы данных по галактикам, использованной для диссертационного исследования. Кратко описаны включенные в базу данных каталоги галактик, представляющих интерес для данного исследования, в том числе новый каталог EGIPS, базирующийся на наблюдениях PanSTARRS1 (DR2), созданный при непосредственном участии автора, А.В. Антиповой. Представлен состав и WEB-интерфейс БД, управляемый СУБД PostgreSQL и работающей на серверах CAO РАН. Более подробно структура каталогов показана в Приложениях. **Во второй главе** – «Статистика каталога галактик The Edge-on Galaxies in the PanSTARRS1 survey (EGIPS)» – довольно подробно описаны принципы отбора галактик для их включения в каталог EGIPS и алгоритмы нейронных сетей, обеспечившие высокую надежность классификации галактик. В каталог на основании ряда критериев включено около 16.5 тыс. галактик. В результате статистического анализа каталога EGIPS обнаружен целый ряд корреляций между различными параметрами галактик (нормальный интегральный цвет – интегральная абсолютная величина, нормальный цвет – отношение осей), а также различия в распределении по отношению осей тонких галактик для «синих» и «красных» галактик (рис. 15-16). **В третьей главе** диссертации – «Декомпозиция изображений ультратонких галактик» – обсуждаются свойства самых тонких галактик с отношением осей  $a/b > 10$  в синих лучах. Была создана довольно обширная выборка из 148 галактик, вполне пригодная для статистического анализа. С помощью программного пакета DECA впервые проведена двумерная декомпозиция их изображений в полосах Pan-STARRS  $g r i z u$  на вклады диска и балджа; методика предварительной обработки и декомпозиции описана достаточно подробно. Приведены распределения галактик по отношению вертикальной и горизонтальной экспоненциальных шкал и величине поверхностной яркости (в том числе для разных морфологических типов). Показано, что исследуемые галактики относятся к классу галактик с относительно низкой поверхностной яркостью. Фрагмент таблицы 2 параметров галактик приведен в Приложении F, а полная таблица доступна в режиме онлайн.

Изучаемые очень тонкие галактики представляют собой отличный инструмент поиска связей между пространственной ориентацией отдельных галактик и геометрией филаментов крупномасштабной структуры, которые могли бы отражать важные особенности совместного формирования галактик и линейных структур. Обсуждению этих вопросов посвящена **четвертая глава** – «Ориентация спинов тонких галактик относительно филаментов крупномасштабной структуры Вселенной». Автор диссертации указывает, что



результаты предыдущих работ на эту тему не обладают достаточной надёжностью, в частности, из-за неопределённостей в оценке угла наклона осей галактик к картинной плоскости. После предварительного отбора из каталога RFGC отобрано 813 тонких галактик, ассоциированных с 706 филаментами. Изучено распределение углов между малыми осями галактик и «осями» филаментов. Для всей этой выборки найдено слабое указание на наличие тенденции к соосности у галактик и филаментов. С использованием статистических критериев показано, что для более тонких и близких галактик эффект соосности (в работе он определяется как вероятность найти отклонение оси галактики от «оси» филамента на угол менее  $8^\circ$ ) достоверен на уровне  $2.4\sigma$ , в то время как в большинстве работ других авторов, как и для всей выборки галактик в данной работе, он не превышает  $2\sigma$ . В **Заключении** автор суммирует основные результаты работы. В диссертации 107 страниц текста с 27 рисунками, двумя таблицами и шестью приложениями А–F; в списке литературы 168 наименований.

Характеризуя диссертацию в целом, отмечу, что она представляет собой **законченное исследование**, в котором решен ряд **актуальных задач**, связанных с исследованием строения дисковых галактик. А.В. Антиповой **впервые** получены параметры диска и балджа выборки ультратонких галактик, тщательно исследован вопрос о соосности галактик и филаментов крупномасштабной структуры. При её активном участии составлен новый каталог тонких галактик, основанный на наблюдениях PanSTARRS1 и включённый в базу данных по галактикам, видимым с ребра, для которой ею создан удобный рабочий интерфейс. Совершенно очевидно, что эти результаты отличаются **научной новизной и оригинальностью** и имеют большое **практическое значение**. В частности, созданная база данных, вне всякого сомнения, будет использована другими исследователями этого интереснейшего класса объектов – галактик, видимых с ребра, исследование которых уже дало важные результаты и, несомненно, весьма перспективно. **Достоверность** результатов диссертации обеспечена глубоко продуманным подходом к исследованию, использованием самых современных наблюдательных данных, адекватностью математических и статистических методов и публикацией результатов в рецензируемых журналах.

Существенных недостатков в работе я не обнаружил; отмечу лишь опечатки из тех, что сразу бросились в глаза: например, на стр. 34 «...сильно наклоненны» и неуклюжее выражение «...галактик, не расположенных с ребра». Должен отметить, что диссертацию отличает добротность, характерная для многих выполненных в САО РАН исследований.

Диссертация хорошо оформлена, написана ясным языком, её структура логична и хорошо продумана. Автореферат адекватно отражает содержание диссертации. Все результаты диссертации, выносимые на защиту, изложены в четырёх статьях в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК РФ для публикации результатов

диссертаций, они докладывались на ряде конференций. Отмечу, что в половине всех публикаций А.В. Антипова является первым автором. Личный вклад автора чётко обозначен. Полученные в работе результаты могут быть востребованы в астрономических учреждениях России, таких как СПбГУ, МГУ, ЮФУ, УФУ, ИНАСАН, ИКИ РАН, АКЦ РАН, САО РАН и др., а также за рубежом.

Диссертация А.В. Антиповой «Исследование галактик, видимых с ребра» удовлетворяет всем требованиям к кандидатским диссертациям, предъявляемым ВАК при Минобрнауки РФ (согласно критериям п.9 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого постановлением правительства РФ №842 от 24.09.2013 г.), а её автор, Александра Викторовна Антипова, безусловно, заслуживает присуждения ей учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 – астрофизика и звёздная астрономия.

Доктор физико-математических наук, заведующий кафедрой экспериментальной астрономии физического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» (МГУ имени М.В. Ломоносова) профессор

Расторгуев Алексей Сергеевич

02 сентября 2022 г.

Почтовый адрес: 119991, ГСП-1,  
Москва, Ленинские горы, д.1, стр.2,  
МГУ имени М.В. Ломоносова,  
Физический факультет.  
Телефон: +79165705693  
Эл. адрес: alex.rastorguev@gmail.com

Подпись А.С. Расторгуева заверяю.

Декан физического факультета  
МГУ имени М.В. Ломоносова  
профессор

