

Форма Промежуточного аннотированного научно-технического отчета

АННОТИРОВАННЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ О РЕЗУЛЬТАТАХ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ, ВЫПОЛНЕННЫХ НА ЭТАПЕ № 1

«Проведение наблюдений галактик малых масс»

Соглашение № 8523 от 7 сентября 2012 г.

Тема: «Галактики малых масс - физические лаборатории Ближней Вселенной»

Исполнитель: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Специальная астрофизическая обсерватория Российской академии наук

Ключевые слова: карликовые галактики, ближняя Вселенная

1. Цель проекта

1.1. Формулировка задачи / проблемы, на решение которой направлен реализованный проект (2-3 предложения).

Строение, формирование и эволюция галактик во Вселенной. Распределение и кинематика светящегося и темного вещества в близкой Вселенной. Сравнение современных космологических моделей с данными наблюдений.

1.2. Формулировка цели реализованного проекта, места и роли результатов проекта в решении задачи / проблемы, сформулированной в п. 1.1 (2-3 предложения).

Целью выполнения НИР является получение новых данных о свойствах галактик малых масс, населяющих структуры разного типа в пределах Местного Сверхскопления, и их сравнение с результатами современных модельных расчетов. Исследование галактик малых масс чрезвычайно важно при изучении вопросов формирования и эволюции галактик во Вселенной. Структура маломассивных объектов сравнительно проста; данный класс объектов является самым многочисленным во Вселенной; они являются идеальными “пробными” частицами для изучения поля пекулярных скоростей; по существующим представлениям галактики малых масс есть основные “кирпичики”, из которых построен мир галактик. Ожидаемым результатом выполнения этого проекта будет получение новых наблюдательных данных о галактиках на шкале Местного Сверхскопления; исследование звездного населения и обилия металлов в близких галактиках; расширение наших фундаментальных представлений о строении, формировании и эволюции галактик во Вселенной.

2. Основные результаты проекта

2.1. Краткое описание основных полученных результатов (основные теоретические и экспериментальные результаты, фактические данные, обнаруженные взаимосвязи и закономерности, характеристики созданной научной продукции)/ Указание основных характеристик созданной научной продукции (при наличии научной продукции).

В ходе выполнения проекта подготовлены к печати 3 работы в ведущих высокоцитируемых мировых и российских журналах.

Проведен поиск в Местном Сверхскоплении и его окрестностях сферических объемов, где отсутствуют галактики со светимостью ярче Магеллановых Облаков. В пределах расстояния 40 Мпк обнаружено 89 космических пустот (войдов) с диаметрами от 24 до 12 Мпк, которые не содержат галактик с абсолютными величинами $M_K < -18.4$. Приведен список этих войдов и карты распределения на небе. Оказалось, что 93% сферических войдов пересекаются друг с другом, образуя три протяженные пустоты (гипервойды). Самый крупный из них, HV1, насчитывает 56 исходных сферических ячеек и простирается в виде подковы, огибающей Местный объем и скопление Virgo. Местный войд Tully в области

Hercules-Aquila является ближайшей частью HV1. Другой гипервойд, HV2, объединяет в себе 22 сферических войда в созвездии Eridanus, а третий компактный (HV3) - 6 сферических ячеек в Bootes. Суммарный объем указанных пустот занимает около 30% объема Местной вселенной. Среди 2906 карликовых галактик, исключенных из исходной выборки ($n = 10502$) при поиске сферических пустот, только 68 попадают в обнаруженные нами пустоты. Они характеризуются поздними морфологическими типами (85% - Ir, Im, BCD, Sm), абсолютными звездными величинами MB от -13.0 до -16.7, умеренным звездообразованием ($\log \text{SSFR} \sim -10 \text{ Mo/yr/Lo}$) и запасами газа на единицу светимости в 2-3 раза больше, чем у других карликовых галактик в нормальном окружении. Карликовое население войдов показывает определенную тенденцию располагаться неглубоко вблизи поверхности космических пустот.

В рамках систематического исследования населения войдов с необычными свойствами, с помощью индийского радиотелескопа GMRT проводилось картографирование распределения плотности и поля скоростей HI для наиболее богатых газом и/или самых низкометаллических галактик. Получено время (4 сета по 8 часов) для наблюдения 4 галактик в близких войдах. Для 2-х из них наблюдения проведены и данные обрабатываются и анализируются пакетом AIPS.

Проводилось комплексное изучение галактик с привлечением собственной БТА спектроскопии и данных по O/H и др. из базы данных SDSS. Закончен анализ всей полученной информации по 2-м LSB карликовым галактикам с очень низкой металличностью межзвездной среды ($12+\log(\text{O}/\text{H})=7.07$ и 7.34), расположенных в войде Eridanus, на расстоянии порядка 30 Мпк. Результаты включают параметры интегрального излучения HI в линии 21 см и фотометрические параметры, полученные по анализу изображений из базы данных SDSS. Голубые цвета периферии указывают на "не космологические" возраста самых старых звезд (2-5 млрд. лет), а полные массы видимых звезд не превышают 2-3 процентов всей барионной массы этих галактик.

Спектральные наблюдения галактик в войдах Lynx-Cancer (БТА) и Eridanus (11-м телескоп SALT, Южная Африка и БТА). В ноябрьском цикле наблюдений на БТА получены спектры 4-х слабых галактик войда Lynx-Cancer для определения или уточнения металличности их HII областей. Для всех из них, с разной достоверностью (из-за скромного отношения С/Ш) оценки O/H соответствуют очень низкой металличности (параметр $12+\log(\text{O}/\text{H})$ от ~ 7.2 до 7.6). Кроме того, для 7-ми галактик в области неба, покрываемой войдом Lynx-Cancer получены спектры для определения скоростей или для проверки случаев сомнительной принадлежности к войду. Еще для 2-х галактик этого войда удалось получить важную информацию по данным в линии H-alpha для их более глубокого изучения. Для войда Eridanus в течение 2-го полугодия 2012 г. по наблюдениям на БТА и SALT определены содержания кислорода для 4-х галактик и скорости 14-ти LSBD в этой области неба. Из последних три оказались новыми LSBD галактиками этого войда.

На 6-метровом телескопе CAO РАН ведется Halpha обзор всех галактик Местного Обьема. Светимость галактик в Halpha является одним из основных индикаторов текущего темпа звездообразования в галактиках. В настоящее время оценки глобального темпа звездообразования по Halpha снимкам получены для 530 галактик Местного Обьема. Из них для 269 галактик были впервые получены в Специальной Астрофизической обсерватории. В настоящее время в Местном Обьеме насчитывается около 860 галактик. В основном Halpha снимки получены для объектов северного неба. Для завершения обзора крайне необходимы наблюдения галактик экваториальной области и южного неба.

2.2. Описание новизны научных результатов.

Все наблюдения, проводящиеся в рамках проекта, являются новыми.

Был создан новый список областей пониженной плотности в Местном Сверхскоплении..

В работе используются оригинальные методы и разработки, созданные участниками проекта.

2.3. Сопоставление с результатами аналогичных работ мирового уровня.

Наш коллектив является признанным лидером исследования свойств и распределения галактик в Местном Объеме на шкале до 10 Мпк. В ходе выполнения различных программ нашей группой были измерены расстояния для более чем 200 близких галактик. Наш вклад составляет около 80% в определение высокоточных модулей расстояния для близких галактик. Каталог близких галактик (Karachentsev et al. 2004, "A Catalog of Neighboring Galaxies", AJ, 127, 2031) имеет индекс цитирования 376 по данным Astrophysics Data System (ADS) <http://www.adsabs.harvard.edu/>

Примерно 50% всех измерений текущего темпа звездообразования в близких галактиках до 10 Мпк было выполнено в Специальной Астрофизической Обсерватории нашим коллективом.

Исследования, выполненные нашей группой, пользуются устойчивым интересом со стороны, как наблюдателей, так и теоретиков. Последнее время особенно активно разворачиваются работы по сравнению космологических расчетов с наблюдениями именно близких галактик.

3. Назначение и область применения результатов проекта

3.1. Описание областей применения полученных результатов (области науки и техники; отрасли промышленности и социальной сферы, в которых могут или уже используются полученные результаты или созданная на их основе инновационная продукция).

Результаты НИР будут использоваться в работах по изучению распределения и эволюции вещества во Вселенной. Изучение близких галактик является основой для сравнения наблюдений с современными космологическим моделированием. Полученные результаты, могут использоваться астрономами для проведения фундаментальных исследований и для образовательных целей. На основе работ, ведущихся в САО РАН, были составлены курсы практических работ для студентов и молодых исследователей.

3.2. Перспективы практического применения и коммерциализации результатов проекта

Проект не является прикладным.

3.2.1. Описание направлений практического внедрения полученных результатов или перспектив их использования.

Идет активная работа по взаимодействию исследователей из разных стран по анализу данных, получаемых в ходе выполнения проекта.

Результаты работы будут использованы в образовательном процессе.

3.2.2. Оценка или прогноз влияния полученных результатов на развитие научно-технических и технологических направлений; на разработку новых технических решений; на изменение структуры производства и потребления товаров и услуг в соответствующих секторах рынка и социальной сферы.

Карликовые галактики играют ключевую роль в нашем понимании эволюции и формировании мира галактик. Именно в галактиках малых масс проявляются основные противоречия теории и наблюдений. Получение новых наблюдательных данных является основой развития наших представлений о ближней Вселенной.

3.2.3. Описание ожидаемых социально-экономических и др. эффектов от использования товаров и услуг, созданных на основе полученных результатов (повышение производительности труда, снижение материало- и энергоёмкости производства, уменьшение отрицательного техногенного воздействия на окружающую среду, снижение риска смертности, повышение качества жизни и т.п.).

Только работа на передовом крае науки, с использованием современной аппаратуры и методов исследований, взаимодействие с активными и интересными учеными мирового уровня, способна привлечь в науку молодых и амбициозных исследователей. Данный проект полностью соответствует этой задаче.

3.2.4. *Описание существующих или возможных форм коммерциализации полученных результатов: организация производства продукции и/или оказание услуг, в том числе с образованием нового юридического лица или без него; заключение лицензионных договоров, заключение договоров уступки прав на РИД. Либо указывается: «Коммерциализация проектом не предусмотрена».*

Коммерциализация проектом не предусмотрена.

3.2.5. *Описание видов новой и усовершенствованной продукции (услуги), которые могут быть созданы или уже созданы на основе полученных результатов интеллектуальной деятельности (РИД); указание предполагаемых или фактических рынков сбыта.*

Данный НИР развивает наши знания о формировании и эволюции Вселенной и галактик в ней.

4. Перспективы развития исследований

Краткая информация о перспективах развития выполненного в ходе выполнения проекта исследования.

1) *Информация о том, насколько участие в ФЦП способствовало формированию новых исследовательских партнерств. Участвует ли научный коллектив в проектах по 7-й рамочной Программе Евросоюза (с указанием названия проектов и перечня партнеров по ним).*

Благодаря данному проекту поддерживается активная совместная работа между исследователями разных стран. В частности, проводятся совместные исследования карликовых галактик на индийском интерферометре GMRT (проф. Chengalur) в линии нейтрального водорода. Перспективным выглядит взаимодействие между наблюдателями (с нашей стороны) и специалистами в области космологического моделирования (со стороны Клыпина). Были налажены контакты, как с теоретиками из Университета штата Нью-Мексика, США, (проф. Клыпин А.А.), так и с Астрофизическим Институтом Потсдама, Германия (проф. Готтлобер Ш).

2) *Краткая информация о проектах научного коллектива по аналогичной тематике.*

Ведутся работы по сопоставлению расчетов и наблюдений галактик на шкале Местного Сверхскопления. Создаются так называемые mock-каталоги галактик, имитирующие реальные условия наблюдений. Использование подобных каталогов способно выявить систематические эффекты, присущие наблюдениям из-за всевозможных эффектов селекции. Анализ mock-каталогов дает прямой метод верификации космологических расчетов и моделей.

Многообещающим выглядит начавшийся проект по поиску «потерянных» галактик в Местном Объем. Проблема переизбытка карликовых галактик в численных расчетах, примерно на порядок, является одной из самых острых. Один из возможных путей решения оценка количества галактик Местного Объем пропущенных в наблюдениях из-за их чрезвычайно низкой поверхностной яркости, что делает обнаружение подобных объектов очень сложной наблюдательной задачей. Нами начата работа по поиску «потерянных» галактик.

3) *Информация о том, сотрудничество с какими странами и исследовательскими центрами может способствовать наибольшей отдаче для развития в России технологий в области исследования, а также для выхода российской продукции на региональные и глобальные рынки.*

Мы рассчитываем на активное взаимодействие с командами, занимающимися космологическим моделированием. Проект CLUES – Constrained Local UniversE Simulations направлен на максимально похожее воспроизведение реально наблюдаемого распределения близких галактик, таких как Местная Группа, Местный Объем, Местное Сверхскопление и Великий Аттрактор. Участие в этом проекте непосредственно связано с интересами нашего коллектива по изучению Местного Объем и Местного Сверхскопления и получению космологических параметров. Ведущими участниками проекта CLUES являются Stefan Gottloeber, Yehuda Hoffman, Anatoly Klypin, Gustavo Yepes.

5. Опыт закрепления молодых исследователей – участников проекта (этапа проекта) в области науки, образования и высоких технологий

На данном этапе закрепление молодых исследователей не планировалось.

6. Вклад приглашенного руководителя в проект (этап проекта)

Опыт взаимодействия научного коллектива с приглашенным руководителем: положительные и негативные аспекты. В чем состоял вклад приглашенного руководителя в получение научных результатов и повышение научного уровня членов коллектива (новые знания; расширение доступа коллектива к информационным ресурсам; новые методики работы и проведения исследования; управление исследовательской работой, контакты с зарубежными научными организациями и т.д.)

Описание значимости проведенных под руководством приглашенного руководителя семинаров для достижения цели исследования.

Рекомендуется в состав Приложений по данному пункту отчета включить копии соответствующих страниц паспорта зарубежного руководителя с отметками о въезде и выезде, а также программы семинаров, утвержденные руководителем работ, и материалы семинаров. Допустимо вместо программы и материалов семинаров предоставлять аннотации о семинаре в объеме до 1 стр.

Работа с профессором Клыпиным А.А. позволила наладить непосредственный контакт между наблюдателями и теоретиками. Те и другие являются специалистами в своих областях знаний и тесный контакт позволяет несколько по иному взглянуть на вопрос исследования, достичь более глубокого понимания и лучших оценок параметров. Большинство космологических расчетов является закрытыми для общего доступа. Благодаря сотрудничеству с профессором А.А. Клыпиным наша исследовательская группа получила полный доступ к космологическим расчетам, имитирующим Местную Вселенную. Сотрудничество открыло возможности кооперации российских астрономов с большим международным коллективом ученых, занимающихся сравнением различных сценариев эволюции галактик с результатами наблюдений на больших оптических и радио телескопах. Профессор Клыпин поставил ряд наблюдательных задач:

- 1) проблема дисбаланса между наблюдаемой кинематикой галактик и соответствующей ей массой гало в моделировании;
- 2) оценка полноты наших знаний о близких галактиках и поиск «потерянных» карликов; сопоставление статистики модельных и реальных галактик;
- 3) использование функции амплитуд внутренних движений в галактиках вместо функции светимости. Сопоставление наблюдательной и теоретической функции амплитуд.

Директор
Федерального государственного бюджетного учреждения
науки Специальной астрофизической обсерватории
Российской академии наук

Ю.Ю. Балегга

Руководитель Проекта

Д.И. Макаров