

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе  
Санкт-Петербургского  
государственного университета

С.В. Микушев

«27» апреля 2021 г.

### ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет» о диссертации Д.И. Соловьева на тему: «Протяженные структуры и взаимодействие реликтового излучения с ними», представленной на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 - астрофизика и звездная астрономия

#### Актуальность исследования

Современный быстрый технологический прогресс позволил, в частности, получить огромный массив наблюдательных данных об астрономических объектах, что породило задачу извлечения содержательной информации об этих объектах. В последних обзорах всего неба (во всех направлениях от Земли) приводятся с высокой чувствительностью по энергии и высоким угловым разрешением сведения о внегалактических объектах. Одними из самых интересных таких объектов являются гигантские радиогалактики (ГРГ), расположенные на больших расстояниях от нас и несущие информацию о начальных этапах образования галактик. Большой интерес в астрофизике вызывают также богатые скопления галактик с

горячим электронным газом, рассеяния на котором микроволнового фонового излучения приводят к проявлению эффекта Зельдовича-Сюняева. Именно эти объекты изучаются диссертантом. Поэтому тема обсуждаемой диссертации весьма актуальна.

### **Структура и содержание работы**

В начале первой главы дается описание и обоснование процедур поиска ГРГ в обзоре NVSS в предположении, что они двухкомпонентны. Поиск произведен по каждому из четырех характерных параметров: угловое расстояние между радиокомпонентами объекта и угол между их большими полуосями, размер большой полуоси и интегральная плотность потока источника. Затем производится отождествление выбранных ГРГ с объектами из нескольких каталогов: инфракрасного, оптического и радио. Приведены 2 таблицы, содержащие сведения о найденных ГРГ: обозначения, изображения, потоки на частоте 1.4 ГГц, отождествления, спектры и их линейная или квадратичная либо экспоненциальная аппроксимации отдельно для двух типов. В одной таблице эти сведения даны для 21 объекта типа FR I (один объект попал типа FR II или это описка), в другой - 29 типа FR II (в заголовке FR I). Даны также изображения этих галактик и комментарии об их виде, отождествлении, обозначениях в разных обзорах и особенности строения. В результате к не очень большому уже существовавшему списку известных ГРГ добавлено 16 новых.

Во второй главе из списка первой главы выбираются галактики, как сказано, с признаками слияния, в частности, имеющие формы, обозначаемые в литературе как S и X. Таких найдено 8. По ним даны дополнительные сведения.

Третья глава посвящена изучению свечения разных объектов из наследия миссии Planck. Площадки размером квадратный градус усреднялись по излучению и выделялся средний объект (так называемый стэкинг). Большая часть объектов оказалась ГРГ с заметным сигналом и плоским



спектром в мм диапазоне, но без сигнала в суб-мм диапазоне. Эффект Зельдовича-Сюняева (З-С) не обнаружен. У других источников, в частности, демонстрирующих слияние галактик, спектры более сложные, могут иметь максимумы. Есть подозрения у них и на эффект З-С.

В четвертой главе строятся статистические модели распределения парных источников по ряду параметров. С помощью известных распределений по плотности потоков, по спектральным индексам, по размерам и др. находятся распределения по соотношениям между большими полуосями компонент, между большими и малыми полуосями каждого, расстояниями между компонентами и др. Для одиночных источников основным параметром служит плотность потока. Особенностью построения моделей в диссертации является то обстоятельство, что привлекаются данные со всей небесной сферы.

Наконец, в пятой главе производится поиск возможных источников с проявлением эффекта З-С, в первую очередь скоплений галактик. Использовано основное свойство этого эффекта, заключающееся в том, что в рэлей-джинсовской области уровень реликтового излучения понижается, а в виновской возрастает. Поэтому в миллиметровом диапазоне у источника наблюдается минимум излучения, а в субмиллиметровом - максимум. Приводится список, содержащий данные о 381 объекте: экваториальные координаты (прямое восхождение от 0 до  $2^{\text{h}}$ ), отклонение температуры от температуры реликтового излучения и индекс спектра на частоте 1.4 Гц.

### **Научная новизна проведенного исследования, полученных результатов и выводов, сформулированных в диссертации**

Разработанные диссертантом с соавторами методы являются новыми, их применение дополнили списки гигантских радиогалактик и объектов с признаками эффекта Зельдовича-Сюняева.

### **Значимость для науки полученных результатов**

Переходя к оценке работы, скажем, что увеличение числа известных ГРГ может помочь выяснению их природы и происхождения. Методы, разработанные диссертантом с соавторами, применимы не только к объектам, исследованным в их работах, но могут быть использованы в дальнейшем, в особенности, при статистическом исследовании микроволнового фона и влияния на него различных объектов с учетом поляризации этого излучения. Частично эти методы уже применялись другими исследователями.

Привлечение рентгеновских данных о скоплениях галактик, в которых обнаружен эффект З-С, позволит получить ценные сведения о свойствах газа в них. Это направление можно пожелать диссертанту для будущей работы.

Можно вполне признать значимость результатов, выносимых автором на защиту.

### **Обоснованность и достоверность полученных научных положений, выводов и заключений**

Все это получено строгими методами, принятыми в астрофизике. Используются сведения, помещенные в авторитетных каталогах и базах данных, составленных по наблюдениям на самых современных приборах различных миссий и телескопов. При обработке их применены также современные методики.

Диссертация основана на 9 статьях, опубликованных в ведущих российских и зарубежных астрономических изданиях: *Astrophysical Bulletin* (4), *Астрономический журнал* (2) и *Письма в Астрономический журнал* (2), *Astron. Rep.* (1). Содержит 50 рисунков, 7 таблиц и 227 литературных ссылок. Все статьи написаны в соавторстве, но основной корпус работы выполнен именно диссертантом.

Материалы диссертации докладывались на всероссийских конференциях с 2011 года.



## **Замечания по содержанию и оформлению диссертационного исследования**

Диссертация написана хорошим русским языком, однако в тексте встречаются опечатки, большей частью связанные с перестановками букв и лишними буквами в словах. Встречаются жаргонные выражения, например, "В оптике и рентгене пусто, ..." на стр. 52. Пропущен номер рисунка в подписи к Рис. 4.13 во фразе "... на частоте 1.4 ГГц Рис. из работы Кондона [121] ...".

Отметим также, что автор диссертации злоупотребляет предлогом "для". В частности, во фразе "Дифференциальные распределения большой оси для источников ..." в подписи к рисунку 4.2 предлог "для" не нужен. В этой же фразе следовало бы сказать, что рассматривается не "распределения большой оси", а распределения значений больших осей. Такие же небрежные формулировки встречаются и в других местах диссертации.

На рисунках 4.1 - 4.4, 4.12 и 4.14 сравниваются полученные по экспериментальным данным и модельные распределения характеристик радиоисточников. Было бы желательно прокомментировать значимость отличия модельных и экспериментальных кривых. Хотелось бы также, чтобы автор указал ссылку на источник формулы 10.2.

Отмеченные недостатки не влияют на значимость результатов, полученных диссертантом.

## **Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационной работы**

Результаты диссертации могут представлять интерес для астрономов ГАО РАН (Пулково), ПРАО АКЦ ФИАН, ИНАСАН и других астрономических организаций.

## **Заключение**

Таким образом, диссертантом совместно с соавторами разработан ряд

методов поиска протяженных объектов в миллиметровом и субмиллиметровом диапазонах и отождествления их с объектами, наблюдаемыми в других диапазонах. Методы применены по отношению к ГРГ и скоплениям галактик, существенно пополнены их списки. Вклад соискателя Дмитрия Игоревича Соловьева достаточен для присуждения ему степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 - астрофизика и звездная астрономия. Автореферат отражает содержание работы.

Отзыв подготовлен доктором физ.-мат. наук, профессором кафедры астрофизики Д.И. Нагирнером и доктором физ.-мат. наук, профессором кафедры астрономии А.Ф. Холтыгиным.

Отзыв обсужден и утвержден на заседании кафедры астрофизики 22 апреля 2021 года, протокол № 44/8/2-02-2.

Заведующий кафедрой астрофизики,  
доктор физико-математических наук,  
профессор

В.А.Гаген-Торн

Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет»

Адрес: Россия, 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., 7/9.

Телефон (812) 328-77-32

e-mail: [spbu@spbu.ru](mailto:spbu@spbu.ru).

Сайт: [spbu.ru](http://spbu.ru)