

## ОТЗЫВ

официального оппонента Зинченко Игоря Ивановича, заведующего отделом, отдел № 180 «Радиоприёмной аппаратуры и миллиметровой радиоастрономии» Отделения «Физики плазмы и электроники больших мощностей» Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук», на диссертацию Соловьёва Дмитрия Игоревича на тему «Протяженные структуры и взаимодействие реликтового излучения с ними», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 – астрофизика и звёздная астрономия.

Одним из типов астрономических объектов, привлекающих повышенное внимание исследователей, являются радиогалактики. К настоящему времени открыто очень большое число радиогалактик. Типичный линейный размер радиогалактик – от десятков до сотен килопарсек. Однако, уже довольно давно было замечено существование радиогалактик с размером более или порядка 1 мегапарсека, что сравнимо с размером скоплений галактик. Они получили название гигантских радиогалактик (ГРГ). В настоящее время известно несколько сотен таких объектов. Столь большие размеры пока не имеют четкого теоретического объяснения. Также возникает вопрос о вкладе ГРГ в микроволновый фон, ответ на который важен для космологических исследований. Изучение ГРГ сдерживается сравнительно небольшим размером выборки таких объектов. Расширение данной выборки является актуальной задачей, которой и посвящена значительная часть диссертационной работы Д.И. Соловьёва. В данной работе также рассматриваются их свойства на миллиметровых волнах и анализируется вклад ГРГ в микроволновый фон. Кроме того, проведен поиск объектов с признаками возможного слияния, а также предлагается новый метод поиска объектов с проявлением эффекта Сюняева-Зельдовича. Все это, безусловно, актуально и важно для астрофизики.

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка публикаций автора и литературы. Первая глава посвящена поиску кандидатов в ГРГ. Для этого предложена оригинальная процедура, основанная на анализе данных известного обзора NVSS с использованием нескольких критериев, ограничивающих такие параметры, как угловое расстояние между центрами источников, размер большой оси источника, угол между направлениями больших осей пары объектов и интегральная плотность потока. В дальнейшем был проведен визуальный контроль найденных в результате автоматической процедуры объектов. Отобранные кандидаты в ГРГ (50) отождествлялись с известными объектами в оптическом, ИК, радио и рентгеновском диапазонах. В результате были определены линейные размеры (не сказано, каким образом) и подтвержден статус ГРГ для 16 объектов. К сожалению, в таблицах 1.1 и 1.2 информация о линейном размере объектов отсутствует, хотя её наличие декларируется в тексте. Даются комментарии по отдельным источникам.

Во второй главе делается попытка выделить галактики с признаками слияния. Для этого используются их морфологические особенности в виде наличия пары джетов или искривленного (S-образного) джета. Эти особенности, скорее всего, обусловлены прецессией оси вращения источника этих джетов, которая в свою очередь может быть следствием слияния галактик. В списке кандидатов в ГРГ выделено 8 подобных объектов, для двух из которых на основе оценки линейных размеров по данным о красном смещении подтверждена принадлежность к классу ГРГ.

В третьей главе анализируются особенности радиоизлучения разных популяций объектов, ассоциирующихся с гигантскими эллиптическими галактиками, на основе известного метода стекинга, который заключается в усреднении радиоизлучения площадок дан-

ной выборки. Основной является выборка ГРГ, которая сравнивается с несколькими другими выборками. В результате выявлен ряд особенностей радиоизлучения ГРГ. К таким особенностям относятся, в частности, плоский спектр в миллиметровом диапазоне и отсутствие заметного излучения на субмиллиметровых волнах.

Четвертая глава посвящена оценке вклада протяжённых источников в угловой спектр мощности микроволнового излучения на небесной сфере. Для этого используются статистические распределения параметров, описывающих морфологию и плотности потока источников. Эти распределения построены на основе имеющихся каталогов. В результате показано, что вклад протяжённых радиоисточников в угловой спектр мощности сравним с вкладом, обусловленным эффектом Сюняева-Зельдовича, и, таким образом, должен учитываться при анализе соответствующих данных.

В последней, пятой главе диссертации предлагается метод поиска кандидатов в объекты с проявлением эффекта Сюняева-Зельдовича в направлении радиоисточников по данным космического телескопа Planck. Метод заключается в детальном анализе радиоизлучения площадок вокруг радиоисточников из низкочастотного каталога с помощью как стандартных процедур, так и дополнительного контроля. В результате применения данного метода было найдено большое число кандидатов в объекты с проявлением эффекта Сюняева-Зельдовича и показано, что их полное ожидаемое число в 10–30 раз больше, чем в опубликованных списках. Это, по-видимому, снимает противоречие между ожидаемым и зарегистрированным числом скоплений галактик с эффектом Сюняева-Зельдовича.

В целом, в диссертационной работе Д.И. Соловьёва получен ряд новых важных результатов. В частности, к ним можно отнести следующее.

1. Новый метод обнаружения ГРГ путем анализа морфологии радиоисточников из каталога NVSS, на основе которого обнаружены 16 новых ГРГ.

2. Результаты исследований различных популяций радиогалактик по данным обзора Planck, которые впервые выявили отличительные особенности ГРГ в миллиметровом диапазоне.

3. Новый метод отбора кандидатов в объекты с эффектом Сюняева-Зельдовича в направлении на космические радиоисточники на основе анализа данных миссии Planck.

4. Результаты анализа новой предложенной модели распределения протяжённых радиоисточников на полной сфере. На основании этой модели и имеющихся статистических данных предсказано, что популяция ГРГ способна внести заметный вклад в фоновое излучение неба.

Эти результаты выносятся на защиту. Их достоверность не вызывает сомнений. Она обеспечивается использованием адекватных методов анализа, успешным сопоставлением моделей с наблюдениями. Результаты опубликованы в рецензируемых изданиях и обсуждались на представительных конференциях.

В то же время представленная диссертация не лишена недостатков.

1. Большую часть из них можно отнести на небрежности оформления диссертации. Так, как отмечено выше, информация о линейных размерах объектов в таблицах 1.1 и 1.2 отсутствует, хотя в описании таблиц в тексте она упоминается. При этом в самом этом описании есть ошибки (дважды присутствует столбец 3). В итоге остается неясным, для какого количества кандидатов в ГРГ имеются оценки расстояния и какую часть из них составляют те (16), которые были отнесены к ГРГ. К небрежностям можно отнести и отсутствие некоторых необходимых пояснений. Например, непонятно, чем обусловлен верхний предел по интегральной плотности потока на уровне 100 мЯн. Утверждение о том, что наличие мощного радиоизлучения в галактиках является признаком случившегося слияния галактик, представляется слишком сильным. Правильнее было бы сказать, что оно может являться таковым.

2. Вместо слов о «заметном вкладе» популяции ГРГ в фоновое излучение неба было бы правильнее указать относительную величину этого вклада.

Отмеченные недостатки не снижают общей высокой оценки диссертационной работы. Она является законченным научно-исследовательским трудом и удовлетворяет всем требованиям положения о порядке присуждения ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Д.И. Соловьёв, безусловно, заслуживает присвоения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 – астрофизика и звёздная астрономия.

Автореферат правильно отражает содержание диссертации.

Зав. отделом ИПФ РАН  
доктор физ.-мат. наук

И.И. Зинченко

Подпись И.И. Зинченко заверяю.

Ученый секретарь ИПФ РАН

И.В. Корюкин