

ОТЗЫВ

официального оппонента Дугина Николая Александровича –
доктора физико-математических наук, старшего научного сотрудника, заведующего
отделом радиоастрономических исследований космических объектов и сред федерального
государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский
радиофизический институт» на диссертацию **Тюльбашева Сергея Анатольевича**
«Свойства компактных радиоисточников по наблюдениям в метровом диапазоне волн»,
представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук
по специальности 01.03.02 – астрофизика и звездная астрономия

С момента появления первых радиотелескопов одним из приоритетных направлений развития радиоастрономии являлось создание наблюдательных инструментов с максимально возможными разрешением и чувствительностью в различных диапазонах длин волн. В ходе научных работ практически на каждом крупном радиотелескопе создавались каталоги радиоисточников, служившие основой для анализа их пространственных, временных, частотных характеристик и, соответственно, разработки астрофизических и общих космологических гипотез возникновения и развития как отдельных внеземных объектов, так и Вселенной в целом. Одними из важнейших характеристик радиоисточников являются их спектры излучения и размеры (как угловые, так и абсолютные). В определенный период большее внимание уделялось созданию радиотелескопов, работающих в высокочастотном диапазоне, в котором легче получить высокое разрешение. На низких частотах тормозящим развитие фактором постепенно стала слабая помехозащищенность инструментов, хотя особенности низкочастотной части спектров излучения значительного числа источников дают существенный вклад в построение моделей возникновения и развития удаленных объектов во Вселенной. Таким образом, дальнейшая разработка методов изучения галактических и внегалактических радиоисточников, анализа происходящих в них физических процессах и их эволюции является естественным и необходимым развитием научных исследований по данной проблеме.

Диссертационная работа С.А. Тюльбашева посвящена исследованию свойств компактных радиоисточников в низкочастотном диапазоне с использованием многочисленных данных существующих каталогов радиоисточников и результатов собственных экспериментов на крупнейшей антенне метрового диапазона БСА ФИАН.

Актуальность темы, в первую очередь, обусловлена тем, что исследования компактных компонент объектов в метровом диапазоне длин волн необходимы для лучшего понимания проходящих в них физических процессов. Поскольку полных обзоров компактных радиоисточников в этом диапазоне ранее не существовало, то результаты данной

работы могут служить основой для создания новых теорий в физике и эволюции активных ядер галактик. Но кроме этого, следует отметить следующее. В практике применения радиоастрономических методов в измерении параметров (калибровке) радиотелескопов и интерферометров крайне важно иметь точные и обновляемые каталоги радиоисточников в предельно широком диапазоне длин волн. Точность измерения, например, такой важной характеристики антенны, как эффективная площадь, сильно зависит не только от знания плотности потока калибровочного источника, но и от его структуры при сравнимости угловых размеров с шириной диаграммы направленности антенны. Очевидно, что основная часть источников в приводимых автором каталогах очень слаба для качественной калибровки антенн, однако, в них даны уточненные сведения о потоках, структуре и распределении потока по компактным и протяженным компонентам для таких известных объектов, как 3C 48, 147, 295 и др., что позволит с большей эффективностью использовать их в прикладных задачах. Разработанные в работе методы и методики измерения характеристик радиоисточников могут быть применены для создания новых каталогов радиокалибраторов, в том числе с указанием величин плотностей потока компактных компонент. Этим также подтверждается **практическая значимость** работы.

Новизна проведенных исследований заключается в том, что в рамках диссертационной работы представлен большой объем новых наблюдений в низкочастотном диапазоне, впервые даны оценки плотности потока для более чем 700 компактных компонент радиоисточников, исследованы спектры компактных компонент у множества источников, отобранных по наблюдениям методом межпланетных мерцаний, и проведено их отождествление. Впервые рассмотрен вклад компактной компоненты и гало в интегральную плотность потока для компактных симметричных источников. Показано, что космологическая эволюция компактных и протяженных радиоисточников различается.

Достоверность и обоснованность вынесенных на защиту положений подтверждается примененным математическим аппаратом, использованием и анализом многочисленных обзоров радиоисточников, полученных на крупнейших радиоастрономических инструментах мира в различных диапазонах длин волн, апробацией предложенных методов и теорий в экспериментах на специализированной антенне БСА.

Отметим приведенные в диссертации основные результаты.

В **Первой главе** достаточно подробно рассматриваются две методики поиска мерцающих источников. В первой методике, наиболее эффективной для поиска одиночных объектов при небольшом уровне помех, процедура обработки записи наблюдений включает: фильтрацию на медленные уходы постоянной составляющей сигнала, фильтрацию

импульсных помех с сохранением максимального отношения сигнал/шум, выбраковку ионосферных мерцаний, обнаружение мерцающих источников и определение их координат и дисперсий мерцаний. Новым моментом этой методики является то, что полнота получаемого в результате обзора характеризуется не минимально обнаружимым потоком источников, а вероятностью пропуска сигнала, зависимость которой от отношения сигнал/шум характеризует полноту обзора для любой величины сигнала.

Вторая методика применяется, когда нет возможности калибровки по известным калибровочным источникам, но можно использовать все лучи диаграммы антенны. Высокая чувствительность достигается за счет длительного многодневного мониторинга с последующим усреднением данных за весь срок наблюдений на выбранном склонении. Автором предложено измерять коэффициент асимметрии функции распределения флюктуаций плотности потока мерцающего радиоисточника в качестве параметра, характеризующего межпланетную турбулентную плазму. Показано, что этот параметр по информативности эквивалентен индексу мерцаний радиоисточника и позволяет восстановить индекс мерцаний в случае слабых радиоисточников, когда трудно измерить среднюю плотность потока источника. В том же случае, когда возможны измерения индекса мерцаний, дополнительные измерения коэффициента асимметрии позволяют контролировать вклад шумов и помех в измерения. Приведен способ использования индекса асимметрии для извлечения угловых размеров компонент, разделения переменной плотности потока на собственную переменность и флюктуаций плотности потока связанной с мерцаниями. Из приведенного описания обоих способов измерений хорошо видна сложность и трудоемкость проведения подобных экспериментов для получения достоверных результатов.

Данные оригинальных наблюдений большого числа источников методом межпланетных мерцаний из нескольких выборок источников с различными свойствами и для двух площадок на небе сведены в обширные каталоги, приведенные в приложениях к Главам 2 и 3. В них даны оценки плотностей потоков компактных компонент наблюдавшихся источников, причем для большей части источников наблюдения компактных компонент на метровых волнах проведены впервые. Получены кривые подсчета мерцающих радиоисточников, оказавшиеся отличными от аналогичных кривых подсчета при использовании интегральных плотностей потока источников в этих же площадках. Автором проведено комплексное исследование источников в площадках и всевозможных причин, которые могли бы повлиять на вид формы кривой подсчета. По этим результатам сделан вывод о том, что космологическая эволюция квазаров с крутыми спектрами

отличается от космологической эволюции радиогалактик, и выдвинута интересная гипотеза о существовании эпохи квазаров.

В **Четвертой главе** рассмотрены источники, имеющие завалы в спектрах компактных компонент, рассмотрены два возможных механизма поглощения, приводящие к таким завалам. Сделаны оценки физических параметров, полученные на основе модели синхротронного источника, имеющего однородное распределение магнитного поля и релятивистских частиц. Построенные по этим данным зависимости между энергиями магнитного поля и релятивистских частиц оказались прямо противоположны ожидаемым оценкам. Автором проведен анализ возможных причин этого эффекта, в основном, в интерпретации результатов экспериментов. Исходя из основного (и по-видимому единственного) соотношения для оценки напряженности магнитного поля (формула Слыши), предположено, что полученная зависимость может быть объяснена только нереально большими и нереально малыми магнитными полями (оценка этого факта дана мною ниже). Для поиска сильных магнитных полей автор предложил методику поляризационных измерений сверхбольших фарадеевских вращений, которую можно реализовать на существующих инструментах.

В **Пятой главе** приведены результаты исследований гало компактных радиоисточников, построены интегральные спектры большей части радиоисточников, наблюдавшихся методом межпланетных мерцаний. Показано, что средний вклад гало составляет 65%, а вклад компактной компоненты 35% от интегральной плотности потока. Для источников с пиком спектра на гигагерцах и компактных симметричных источников показано, что до 80% наблюдавшихся источников может иметь гало, которое не обнаруживалось по наблюдениям на высоких частотах.

Значимость результатов этих исследований заключается в том, что проведенные автором эксперименты, сделанные теоретические расчеты и выводы вносят существенный вклад в развитие методов оценки физических параметров в астрофизических объектах и дают толчок для новых теорий и гипотез развития Вселенной.

Крайне важно, что большая часть результатов, включая каталоги радиоисточников в метровом диапазоне длин волн, получены автором в сложных экспериментах на крупнейшей низкочастотной антенне, что предполагает дальнейшее эффективное использование уникального инструмента и получение новых данных для космологии и астрофизики.

Тем не менее, к диссертации имеется ряд замечаний.

1. В первой главе неясно определен способ сортировки ионосферных и межпланетных мерцаний в записях наблюдений. Фраза на стр. 22 «Временной масштаб ионосферных

мерцаний на порядок меньше ширины диаграммы направленности БСА..» не имеет смысла. Шаг фильтрации разностного фильтра выбран равным 1,5 с как следует из текста - по эффективности подавления немерцающих источников, но далее оптимальным называется шаг в 2,5 с без четкого объяснения причин.

Не указано, из каких соображений выбрана величина вероятности ложного обнаружения (стр. 26)?

2. Часто применяется достаточно длинное словесное описание как структуры некоторых радиоисточников, так и параметров антенны, причем фактически нигде в тексте они не указаны точно. Было бы проще поместить соответствующие рисунки с графическим изображением диаграммы направленности БСА и радиокарты основных источников.

3. В четвертой главе получена зависимость напряженности магнитного поля от плотности релятивистских электронов, прямо противоположная ожидаемой. Обращает на себя внимание тот факт, что автор называет эту ситуацию «неприятной» и пытается объяснить этот эффект неточностью оценок ряда параметров, считая теорию верной, что не очень убедительно. Сама по себе ситуация очень интересна. Возможно, следовало бы предложить какие-либо гипотезы, которые помогли бы приблизиться к объяснению полученного результата.

4. В тексте диссертации, к сожалению, есть грамматические и стилистические ошибки, особенно много ошибок пунктуации, которые в ряде случаев затрудняют понимание смысла фраз. Иногда автор употребляет жаргонные термины. Есть ошибки в формулах, например, в соотношении (1.13) разное обозначение диаграммы направленности.

Указанные замечания не снижают общей ценности работы.

Диссертация представляет собой завершенную научно-исследовательскую работу на актуальную тему. В работе приведены новые научные результаты, позволяющие квалифицировать их как научное достижение в решении важной для астрофизики проблемы исследования свойств внеземных радиоисточников.

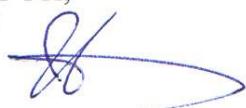
Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы, они базируются на большом количестве экспериментальных исследований и строгом теоретическом анализе. В диссертации приведены объемные каталоги радиоисточников, дополняющие существующие обзоры в низкочастотном диапазоне. Вынесенные на защиту результаты докладывались на отечественных и международных конференциях.

Диссертационная работа Тюльбашева Сергея Анатольевича «Свойства компактных радиоисточников по наблюдениям в метровом диапазоне волн» удовлетворяет требованиям ВАК РФ, предъявляемым к докторским диссертациям по специальности 01.03.02 – аст-

рофизика и звездная астрономия, а ее автор Тюльбашев Сергей Анатольевич, безусловно, заслуживает присуждения ему ученой степени доктора физико-математических наук. Результаты диссертационной работы представляют интерес для специалистов в области астрофизики, радиоастрономии, а также антенной техники, и могут быть использованы в ИПФ РАН, ГАИШ МГУ, ИНАСАН, ГАО РАН, САО РАН, НИРФИ и других организациях. Результаты исследований опубликованы в журналах, перечень которых утвержден ВАК; автореферат соответствует содержанию диссертации.

Официальный оппонент:

зав. отделом радиоастрономических исследований
космических объектов и сред ФГБНУ НИРФИ,
доктор физ.-мат. наук



Дугин
Николай Александрович

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский радиофизический институт» (ФГБНУ НИРФИ)
603950 г.Нижний Новгород ул.Б.Печерская 25/12а
8(831) 436-54-21
ndugin@yandex.ru

« 19 » января 2015 г.

Подпись Н.А. Дугина заверяю

Ученый секретарь ФГБНУ НИРФИ
кандидат физ.-мат. наук

В.М. Фридман

«19» января 2015 г.

