

Отзыв

официального оппонента Геннадия Семеновича Бисноватого-Когана, главного научного сотрудника Институт космических исследований РАН (ИКИ РАН), на диссертационную работу Татьяны Ивановны Ларченковой, на соискание учёной степени «доктора физико-математических наук» по специальности «01.03.02 - астрофизика и звёздная астрономия» (отрасль наук: «физико-математические») на тему «Влияние неоднородностей гравитационных полей на наблюдаемые характеристики астрономических объектов»

Диссертация Т.И.Ларченковой посвящена исследованию искажения изображений космических источников электромагнитного излучения относительно их пространственных, временных и спектральных свойств, вызванных находящимися вдоль луча зрения массивными тяготеющими объектами. Диссертационная работа является актуальной, так как в ней рассмотрены физические явления, учет которых становится доступным наблюдениям при современном быстром росте точности таких наблюдений в широком диапазоне электромагнитного спектра - от ультрафиолета до радио.

Диссертация состоит из введения, десяти глав, объединенных в четыре части, заключения и списка цитируемой литературы.

Во введении сформулирована цель исследования, обоснована его актуальность, научная новизна, практическая значимость и достоверность, а также перечислены основные результаты, выносимые на защиту. Первые две части диссертации описывают влияние гравитационных неоднородностей Галактики на пространственную и временную точность наблюдаемых источников излучения. Третья часть посвящена рассмотрению влияния крупномасштабных неоднородностей на спектральные свойства квазаров. В заключительной, четвертой части диссертации рассмотрен эффект сильного гравитационного линзирования квазаров на галактике, который вызывает как их пространственные и временные, так и спектральные искажения.

Первая глава посвящена изучению так называемого эффекта дрожания координат внегалактических источников, в том числе, источников, на которых

построена небесная система координат в радиодиапазоне. Флуктуации наблюдаемых положений этих источников вызваны случайным движением вблизи луча зрения звезд и других массивных объектов Галактики. Получены основные статистические характеристики эффекта, построены карты, наглядно демонстрирующие зависимость величины эффекта от направления на небесной сфере, а также от интервалов между наблюдениями. Если наблюдаемый объект расположен в направлении на центральную область Галактики, то величина дрожания его координат на масштабе десяти лет может достигать более 20 микросекунд дуги. В случае направления на полюса Галактики - эта величина на порядок меньше.

Вторая глава диссертации имеет прикладную направленность. В ней изучен вопрос о возможности наблюдения рассмотренного в первой главе эффекта дрожания координат внегалактических источников. Предложена методика проведения эксперимента для регистрации эффекта с учетом возможного воздействия на точность измерения координат других факторов. Данная методика позволяет минимизировать эти факторы и учитывает ахроматичность искомого эффекта. Важно отметить, что такой эксперимент уже может быть поставлен на современных радиоинтерферометрах, но при этом требуется его значительная продолжительность (регулярный мониторинг нескольких десятков источников на протяжении примерно десяти лет).

Третья глава посвящена рассмотрению эффекта Шапиро для пульсаров, которые обнаружены в шаровых звездных скоплениях. В этой главе исследуется стохастический эффект Шапиро, возникающий в результате движения звезд, населяющих это скопление. При анализе данных длительного тайминга пульсаров этот стохастический эффект будет проявляться как низкочастотный шум хронометрирования. Получено выражение для эффекта, а также спектральные характеристики этого низкочастотного шума. Знание этих характеристик позволит его идентифицировать в наблюдениях.

В четвертой и пятой главах рассматривается возможность использования эффекта Шапиро для пульсаров, расположенных в шаровых звездных скоплениях, для регистрации невидимых компактных объектов, как самого шарового скопления, так и Галактики. Показано, что в случае существования в центрах этих шаровых скоплений черных дыр промежуточных масс, их можно обнаружить путем долговременного мониторинга моментов прихода импульсов некоторых пульсаров, расположенных близко к центру, по наличию их характерной модуляции. Точности современных инструментов позволяют обнаружить такие черные дыры с массой около десяти тысяч масс Солнца. Повышение точности измерений позволит в будущем обнаруживать и менее массивные черные дыры.

В шестой главе приводятся результаты первой возможной регистрации компактного массивного объекта с помощью анализа характерной модуляции моментов прихода импульсов, зарегистрированной для одиночного радио пульсара. Значительная масса объекта (триста солнечных масс) вызывает особый интерес в связи с недавней регистрацией слияний черных дыр, в результате которой образуются объекты с массой, большей сотни солнечных масс.

Седьмая глава посвящена разработке метода анализа спектров поглощения квазаров, содержащих системы линий поглощения металлов и водорода для разных красных смещений. Использование этого метода позволило связать наблюдаемые характеристики спектров поглощения с физическими параметрами этих поглотителей, а также разделить последние на два разных типа объектов. Предложенный метод очень важен для получения информации о физических свойствах слабоизлучающих (или не излучающих) в электромагнитном диапазоне массивных темных гало с незначительным количеством барионов.

В восьмой и девятой главах рассмотрены эффекты сильного гравитационного линзирования активных ядер галактик с протяженными струйными выбросами на галактиках раннего и позднего типов. Проведено детальное сравнение результатов моделирования с наблюдениями для линзированного на спиральной галактике квазара B0218+357, имеющего крупномасштабный джет. На примере этой гравитационно-линзированной системы показано существование целого ряда наборов параметров модели линзирования для адекватного воспроизведения ее наблюдаемых свойств, но при этом значения постоянной Хаббла оказываются различными. Для ограничения набора параметров и, в конечном итоге, числа возможных моделей предложено использовать наблюдения линзированных изображений джета на сверхмалых угловых масштабах.

В десятой главе обсуждаются перспективы наблюдений гравитационных линз в субмиллиметровой области спектра с помощью криогенных космических телескопов. Рассмотрена возможность использования наблюдаемых событий сильного гравитационного линзирования для решения ряда актуальных космологических и астрофизических задач.

В заключении сформулированы положения, выносимые на защиту, перечислены опубликованные работы по теме диссертации.

Отмечу некоторые недостатки и замечания к работе.

1. При обсуждении причин дрожания координат внегалактических источников не рассмотрено влияние стохастического фона гравитационных волн, возникающих при слиянии черных дыр, которые также могут вызывать флуктуации наблюдаемых положений источников.

2. Так как гравитационное взаимодействие имеет универсальный характер, флуктуации гравитационного поля в месте измерительного прибора приводят к флуктуациям в ходе его часов. Было бы интересно оценить этот эффект для сравнения с эффектами, рассмотренными в данной диссертации.

3. На стр. 74 написано, что «Из выражения для задержки Шапиро (3.4), обусловленной гравитационным полем движущихся звезд скопления, следует, что звезда, лежащая на луче зрения, вызывает бесконечно большую временную задержку сигнала.» Эта бесконечность является следствием того, что звезды рассматриваются как тяготеющие точки с расходимостью гравитационного потенциала, и ее можно использовать только до поверхности звезды. Автор вполне обоснованно использует минимальный радиус, который много больше звездного.

4. Наряду с эффектом Шапиро влияние гравитационного поля на время прихода импульсов проявляется из-за квадратичного эффекта Доплера, а также модуляцией времени прихода сигнала переменным гравитационным потенциалом при движении пульсара. В диссертации не упоминается как эти эффекты могли бы влиять на тайминг пульсаров в шаровых скоплениях по сравнению с эффектом Шапиро.

5. В шестой главе приведены результаты анализа данных наблюдений. Описанию алгоритма обработки данных и использованных методов анализа посвящено только несколько строчек. Эту главу следовало бы дополнить более детальным описанием анализа наблюдательных данных для убедительности полученных параметров зарегистрированного события.

6. Диссертация в целом оформлена аккуратно, хотя встречаются небрежности при оформлении некоторых рисунков и в списке литературы. Например, в подписи к Рис. 6.1 указано: «Кружками показаны наблюдаемые остаточные отклонения...», в то время как никаких кружков на рисунке не видно.

Отмеченные недостатки несколько не влияют на высокую, в целом, оценку диссертации Т.И.Ларченковой. Вынесенные автором на защиту положения являются новыми, актуальными и обоснованными. Они многократно докладывались на семинарах и международных конференциях, опубликованы в рецензируемых ведущих научных журналах из перечня ВАК.

Автореферат адекватно отражает содержание диссертации.

На основании вышеизложенного считаю, что диссертация Т.И.Ларченковой удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым ВАК к докторским диссертациям,

а ее автор заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.03.02 - «Астрофизика и звездная астрономия».

Главный научный сотрудник,

доктор физ.-мат. наук, профессор

Г.С.Бисноватый-Коган

(г. Москва, 117997, улица Профсоюзная, 84/32, ИКИ РАН)

Подпись главного научного сотрудника ИКИ РАН Г.С.Бисноватого-Когана заверяю.

Ученый секретарь ИКИ РАН

к.ф.-м.н. А.М. Садовский