

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИНАСАН
Член-корреспондент РАН
Д.В. Бисикало

«08» апреля 2021 г.

ОТЗЫВ

Ведущей организации

Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института астрономии
Российской академии наук (ИНАСАН) на диссертационную работу

Ларченковой Татьяны Ивановны

**«Влияние неоднородностей гравитационных полей на наблюдаемые характеристики
астрономических объектов»,**

представленную на соискание учёной степени доктора физико-математических наук по
специальности «01.03.02 – астрофизика и звёздная астрономия»

(отрасль наук: «физико-математические») на тему

Диссертация Татьяны Ивановны Ларченковой посвящена изучению влияния неоднородностей гравитационных полей на наблюдаемые пространственные, временные и спектральные характеристики астрономических объектов. Основное внимание уделено эффектам, возникающим при распространении излучения наблюдаемых источников через локальные неоднородности, создаваемые движущимися массивными объектами. Эти массивные объекты, расположенные вблизи луча зрения, могут проявлять себя только посредством гравитации. Их воздействие приводит к искажению пространственных, временных и спектральных свойств изучаемых источников. В частности, может наблюдаться смещение их пространственного положения, усиление потока, в некоторых случаях появление множественных изображений, появление линий поглощения в наблюдаемых спектрах. Для источников периодического излучения, таких как, пульсары, возникает модуляция моментов прихода их импульсов.

Современные приборы позволяют проводить высокоточные пространственные (астрометрические) и временные наблюдения. Так, точность измерения в радиодиапазоне с помощью РСДБ достигает нескольких микросекунд дуги, точность регистрации моментов прихода импульсов в пульсарном тайминге составляет десятки наносекунд, а разрешение спектрометров – единиц километров в секунду. Такие точности обуславливают необходимость учета эффектов Общей теории относительности, влияние которых изучается в диссертации, при анализе данных наблюдений и при их планировании. Фундаментальный характер рассмотренных эффектов и их использование в современных наблюдениях обуславливают актуальность и научно-практическую значимость диссертационной работы.

Диссертация Т.И.Ларченковой логически выдержана, состоит из введения, десяти глав, объединенных в четыре части, заключения и списка цитируемой литературы.

Во **введении** обоснована актуальность работы, сформулирована цель исследования, перечислены основные результаты, выносимые на защиту, а также их научная новизна, практическая значимость и достоверность. Указан личный вклад автора и апробация результатов диссертации.

В **первой** главе диссертации рассмотрен эффект «дрожания» координат внегалактических источников, который возникает из-за движения вблизи луча зрения массивных объектов (звезд, коричневых карликов), населяющих нашу Галактику. В рамках использованных моделей Галактики для этого случайного процесса получены его основные статистические характеристики. С целью визуализации зависимости величины эффекта от направления на источник излучения, построены двумерные карты распределения среднеквадратичного отклонения угла смещения их положения на небесной сфере.

Во **второй** главе диссертации продемонстрирована возможность наблюдения эффекта «дрожания» координат внегалактических источников и предложена соответствующая методика проведения таких наблюдений. Рассмотрены другие возможные эффекты, которые также влияют на точность определения координат при долговременных наблюдениях, и способы минимизации этого влияния.

Первые две главы объединены в единую часть, посвященную рассмотрению влияния неоднородностей Галактики на позиционную точность внегалактических источников излучения.

Следующая, вторая часть диссертации, включает в себя четыре главы и посвящена вопросам влияния неоднородностей Галактики на временную модуляцию излучения пульсаров. В **третьей** главе рассмотрен стохастический эффект Шапиро для пульсаров, расположенных в шаровых звездных скоплениях, возникающий в результате случайных пролетов звезд скопления вблизи луча зрения на пульсар. Этот эффект проявляется как низкочастотный шум хронометрирования пульсаров, его статистические характеристики получены в этой главе диссертации.

В **четвертой** главе показано, как для пульсаров в шаровых скоплениях можно использовать эффект Шапиро для обнаружения и идентификации невидимых компактных объектов в Галактике и в шаровом скоплении. На примере трех шаровых звездных скоплений, содержащих максимальное известное на сегодняшний день число пульсаров, рассчитаны вероятность, частота и ожидаемое число событий регистрации эффекта Шапиро.

В **пятой** главе рассмотрена возможность с помощью длительного хронометрирования пульсаров, расположенных близко к центру шаровых скоплений, обнаружить черные дыры промежуточных масс в центрах этих шаровых скоплений. Показана принципиальная возможность регистрации черных дыр с массами, превышающими 10 тысяч масс Солнца.

В **шестой** главе обсуждается первая потенциальная регистрация темного массивного объекта по данным хронометрирования одиночного радиопульсара B0525+21.

В третьей части и, соответственно, в **седьмой** главе предложен оригинальный метод анализа спектров поглощения квазаров и далеких галактик. Он позволяет связать наблюдаемые характеристики спектров с физическими параметрами поглощающих объектов. Анализ с помощью предложенного метода нескольких выборок наблюдаемых систем линий поглощения металлов и систем линий поглощения Лайман-альфа демонстрирует, что эти системы линий относятся к двум типам объектов с разными свойствами.

Четвертая часть диссертации посвящена эффектам сильного гравитационного линзирования. В **восьмой** главе для разных моделей получены изображения протяженных струйных выбросов квазаров, которые возникают в случае сильного гравитационного линзирования расположенной на луче зрения галактикой. Для гравитационно-линзированной системы B0218+357 проведено сопоставление результатов моделирования и наблюдательных данных.

В **девятой** главе обсуждается возможность использования наблюдений линзированных релятивистских струй на сверхмалых угловых масштабах, как для построения корректных моделей галактик-линз, так и для определения современной скорости расширения Вселенной – постоянной Хаббла.

Десятая глава посвящена перспективам наблюдений гравитационно-линзированных внегалактических источников в далеком инфракрасном и субмиллиметровом диапазонах космическими обсерваториями с активным охлаждением зеркала. В частности, проведены подсчеты таких объектов, получены их распределения по красному смещению и коэффициентам усиления для космической обсерватории «Миллиметрон».

В **заключении** сформулированы положения, выносимые на защиту, и приведен перечень опубликованных работ по теме диссертации.

Имеется несколько замечаний.

1. В диссертации обсуждаются перспективы исследования событий сильного гравитационного линзирования внегалактических источников с помощью космической обсерватории «Миллиметрон». Запуск этой обсерватории является далекой перспективой. В ближайшее время заработает космический телескоп JWST. В диссертации было бы важно

обсудить, как наблюдения на JWST помогут продвинуться в изучении таких объектов и их применении в решении космологических задач?

2. В шестой главе (раздел 6.1) полностью отсутствует описание процедуры анализа наблюдательных данных. Это было бы полезно для лучшего понимания полученного результата.

3. Тайминг пульсаров продолжается многие годы. Из текста диссертации осталось не ясно, наблюдается ли подобное поведение МПИ для других пульсаров, помимо B0525+21? Для полноты картины было бы хорошо обсудить этот вопрос и привести соответствующие примеры.

4. В таблице 7.1 седьмой главы приводятся основные результаты проведенного анализа систем линий поглощения. При этом в тексте нигде не сказано, на каком уровне статистической значимости приведены ошибки вычисляемых значений параметров.

В целом диссертация написана хорошим, понятным языком, хотя встречаются громоздкие предложения, затрудняющие понимание материала. Например, предложение на стр.14: «Показано, что в результате реализации программы наблюдений событий сильного гравитационного линзирования в рамках научной программы космической обсерватории «Миллиметрон» могут быть обнаружены порядка 1000 гравитационно-линзированных систем при обзоре на небе площадки размером всего 1 квадратный градус, что более чем на порядок превосходит количество таких объектов, зарегистрированных обсерваторией Herschel за все время ее работы.»

Встречаются также неточные выражения. Например, предложение на стр.10 «астрометрические наблюдения в оптическом диапазоне достигают точности измерения нескольких угловых микросекунд в год». Имеется в виду точность измерения собственных движений или параллаксов? На стр.90 встречается дословный перевод «ядерный балдж» понятия Nuclear Buldge. На русском языке следует писать «звездное ядро балджа». На стр.186 вместо общепринятого «коэффициент усиления» используется «коэффициент линзирования». На стр.188 и 190 выражение «площадки площадью».

Встречаются опечатки. Например, на стр.16 вместо «объектов» написано «бъектов»; на стр.25 и стр. 55 вместо «отклоняющихся тел» написано «отклоняющихся тел»; на стр. 34 вместо «построена карта» написано «построена карту»; на стр.113 вместо «каких-либо» написано «каках-либо»; на стр.109 вместо «глитчями» написано «гличами»; на стр.153 вместо «Все» написано «Dсе».

Есть замечания по оформлению списка цитируемой литературы. Так, в списке цитируемой литературы отсутствует нумерация. Ссылки на русскоязычные публикации оформлены по-разному: в каких-то случаях приводятся данные оригинального текста на русском языке, в каких-то случаях – данные переводного издания на английском языке. В тексте не везде соблюдается последовательность указания цитируемой литературы по возрастанию года публикации.

Несмотря на перечисленные замечания, научная значимость диссертационной работы не вызывает сомнений. Выносимые на защиту положения являются обоснованными. Результаты диссертационного исследования многократно докладывались на научных семинарах и международных конференциях, опубликованы в рецензируемых ведущих научных журналах, рекомендованных ВАК, а также в сборниках трудов конференций.

Автореферат в полной мере отражает содержание диссертации.

Диссертация является научной квалификационной работой и удовлетворяет требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор, Ларченкова Татьяна Ивановна заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.03.02 – «Астрофизика и звездная астрономия».


Отзыв обсужден и одобрен на Астрофизическом семинаре ИНАСАН 08 апреля 2021 года.

Отзыв составил
заместитель директора ИНАСАН по научной работе
доктор физико-математических наук
профессор РАН

М.Е. Сачков

Михаил Евгеньевич Сачков
ИНАСАН 119017 Москва, Пятницкая, 48
+7-9651235840 msachkov@inasan.ru

*Подпись М.Е.Сачкова заверяю
Ученый секретарь Федерального государственного бюджетного учреждения
науки Институт астрономии Российской академии наук*

кандидат физ.-мат 

А.М.Фатеева