

**ОТЗЫВ официального оппонента
на диссертацию на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук
Желтоухова Сергея Геннадьевича
на тему «Создание камеры среднего инфракрасного диапазона для 2.5
метрового телескопа КГО ГАИШ МГУ и исследование пылевых
оболочек вокруг звезд на поздних стадиях эволюции»
по специальности 1.3.1. Физика космоса, астрономия**

Современная астрономия является всеволновой. Важнейшую роль в исследованиях различных астрономических объектов играет инфракрасный (ИК) диапазон. Он занимает очень большую часть электромагнитного спектра и делится на несколько поддиапазонов. Земная атмосфера сильно ограничивает возможности астрономических наблюдений в ИК диапазоне с поверхности Земли. Наблюдения возможны лишь в так называемых окнах прозрачности. Среди них есть окна в среднем ИК диапазоне. В этот диапазон попадает пик излучения сравнительно холодных объектов, таких как пылевые оболочки вокруг звезд на поздних стадиях эволюции. Создание новых приемников этого диапазона, особенно для отечественных телескопов, а также совершенствование процедуры измерений и редукции данных, несомненно, являются важными и актуальными задачами. Именно этому посвящена инструментальная часть диссертации С.Г. Желтоухова. При этом диссертационная работа включает в себя и исследования астрономических объектов, главным образом пылевых оболочек звезд, при помощи этих инструментов и методик. Эта часть работы соответствует актуальному направлению астрономических исследований.

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы, списков рисунков и таблиц. Во введении обосновывается актуальность работы, описываются её цель, задачи, научная новизна, научная и практическая значимость, личный вклад соискателя, излагаются положения, выносимые на защиту.

Первые две главы посвящены аппаратурно-методическим работам, и они по объему занимают 2/3 диссертации. В первой главе описывается создание фотометра среднего инфракрасного диапазона (LMP) для 2,5-м телескопе КГО ГАИШ МГУ. Основные проблемы при разработке такого прибора связаны с шумами (фоновыми излучениями) различного происхождения. Помимо излучения атмосферы, большой вклад вносит инструментальный фон, который складывается из излучения телескопа и элементов самой ИК камеры. Соискатель очень детально и скрупулезно исследовал тепловое излучение различных элементов. Для этого, в частности, использовался тепловизор. Из этих измерений получена оценка излучательной способности системы зеркал телескопа. На основе этих исследований получены оценки предельных звездных величин точечных источников, которые могут наблюдаться в различных условиях на 2,5-м телескопе КГО ГАИШ. Оценивается и время, которое необходимо для регистрации объектов определенной звездной величины. Найдено, что на этом телескопе при наблюдениях в среднем ИК диапазоне доминируют шумы, определяемые фоновым излучением, а не коммерческим детектором. Далее в главе описывается конструкция самого прибора LMP. Он создан на основе коммерческого матричного ИК приемника с системой охлаждения на основе машины Стирлинга. Соискателем проведены измерения характеристик детектора, знание которых необходимо для обработки данных астрономических наблюдений. В частности, измерены нелинейность отклика детектора, коэффициент преобразования, шум считывания, темновой ток. Разработано специальное программное обеспечение для астрономических наблюдений. Успешно проведены наблюдения планет и ряда звезд с помощью этой камеры.

Вторая глава диссертации посвящена другому ИК инструменту той же обсерватории – ASTRONIRCAM (The ASTROnomical Near InfraRed CAMera), камере ближнего ИК диапазона на 2,5-м телескопе КГО. Камера работает в двух режимах – фотометрическом и спектральном. Задачей соискателя была

разработка и создание эффективной системы обработки данных наблюдений, проводимых с помощью этой камеры. С.Г. Желтоухов успешно справился с этой задачей. Им детально изучены различные эффекты, которые влияют на качество наблюдений и предложены эффективные методы коррекции возникающих искажений. В частности, для фотометрического режима выполнены работы по учету нелинейности отклика детекторов, по коррекции пересвеченных пикселей, по поиску и коррекции эффектов, обусловленных космическими лучами, по коррекции плохих пикселей и по коррекции эффекта персистенции. Также детально исследованы различные факторы, влияющие на спектральные наблюдения. Созданы программы, обеспечивающие эффективное проведение наблюдений с этой камерой в различных режимах.

В следующей главе описываются наблюдения с помощью камеры среднего ИК диапазона на 2,5-м телескопе КГО ГАИШ МГУ. Выполнена фотометрия выборки углеродных звезд. При этом проведена работа по обеспечению автогидирования телескопа, которая дала хорошие результаты. Согласно некоторым критериям подготовлена выборка углеродных звезд для будущих исследований их пылевых оболочек.

В четвертой главе приводятся результаты исследований пылевых оболочек некоторых звезд. С использованием данных наблюдений на нескольких наземных и космических обсерваториях проводится моделирование этих оболочек. В результате определены их основные характеристики, такие как внутренний радиус, полная оптическая толщина в фильтре V, скорость потери массы звездой. В некоторых случаях найдена температура центральной звезды.

Последняя, пятая глава диссертации посвящена созданию каталога звезд на поздних стадиях эволюции. Каталог создавался с использованием базы данных Simbad и данных наблюдений на различных обсерваториях. В каталог вошли 263 объекта. Он содержит сведения о распределении энергии в спектре (SED), величине болометрического потока, светимости и пр.

Важным результатом при анализе данных каталога явился вывод о том, что значительная часть часто используемых данных либо требует заметной коррекции, либо вообще не может быть использована без новой обработки исходных данных.

В Заключении суммированы основные результаты работы.

Таким образом, в диссертационной работе С.Г. Желтоухова получен ряд новых важных результатов, отмеченных выше. Кратко, можно выделить следующее.

1. Создана камера среднего ИК диапазона на основе коммерческих детекторов, которая позволяет эффективно проводить наблюдения астрономических объектов на 2,5-м телескопе КГО ГАИШ МГУ. При этом шумовые ограничения определяются фоновым излучением, а не детекторами.

2. Повышена эффективность использования на том же телескопе камеры ближнего ИК диапазона ASTRONIRCAM.

3. Определены параметры пылевых оболочек у нескольких звезд.

4. Создан каталог спектральных распределений энергии и других параметров для 263 звезд, находящихся на поздних стадиях эволюции.

Достоверность результатов не вызывает сомнений. Она обеспечивается использованием надежных наблюдательных данных, полученных на лучших обсерваториях, и апробированных методов моделирования. Результаты опубликованы в 7-и статьях в ведущих российских и международных журналах, а также представлены на научных конференциях достаточно высокого уровня. Личный вклад автора в эти публикации четко обозначен.

Хотелось бы отметить высокую научную и практическую значимость выполненной работы. Ее результаты позволят проводить исследования различных объектов в среднем ИК диапазоне на российском телескопе, что ранее было невозможно. Также повышена эффективность наблюдений в ближнем ИК диапазоне. Очень важен вывод о плохом качестве большой доли спектров из популярного атласа Sloan et al. (2003).

Автореферат правильно отражает содержание диссертации.

Существенных недостатков в работе, по моему мнению, нет. В то же время имеется ряд небольших замечаний.

1. Хотелось бы видеть четкую формулировку критериев, используемых при подготовке каталога и выборки углеродных звезд для дальнейших исследований. Например, на стр. 90 написано, что «Нашим критериям удовлетворяют 27 объектов нашего каталога», но что это за критерии, непонятно.

2. Непонятно, какому времени накопления соответствуют предельные звездные величины в таблице 5. Судя по рисунку 1.6, это 1 сек.

3. При оценках параметров пылевых оболочек звезд не всегда обсуждаются погрешности этих оценок. Например, в каких пределах может меняться оценка внешнего радиуса оболочки ~ 50000 а.е.? Вероятно, в довольно больших.

4. Имеются существенные опечатки. Например, в Положениях, выносимых на защиту, указано, что созданный каталог содержит 236 звезд, в то время как в соответствующем разделе говорится о 263 объектах. В разделе 4.1 говорится, что учет рассеяния повышает поток в оптической части спектра, но на рисунке 4.1 он при этом понижается.

Вместе с тем, указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В.Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует специальности 1.3.1. Физика космоса, астрономия (по физико-математическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В.Ломоносова, а также оформлена согласно требованиям Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова.

Таким образом, соискатель Желтоухов Сергей Геннадьевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.1. Физика космоса, астрономия.

Официальный оппонент:

доктор физико-математических наук, заведующий отделом радиоприемной аппаратуры и миллиметровой радиоастрономии отделения физики плазмы и электроники больших мощностей Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук», профессор кафедры распространения радиоволн и радиоастрономии радиофизического факультета Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского»

ЗИНЧЕНКО Игорь Иванович

07.02.2025

Контактные данные:

тел.: +7-831-436-72-53, e-mail: zin@ipfran.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация:

01.03.02 – астрофизика, радиоастрономия

Адрес места работы:

603950, г. Нижний Новгород, БОКС-120, ул. Ульянова, 46

ИПФ РАН, отделение физики плазмы и электроники больших мощностей

Тел.: +7-831-436-62-02, e-mail: dir@ipfran.ru

Подпись И. И. Зинченко заверяю.

Ученый секретарь ИПФ РАН

И. В. Корюкин