

**ОТЗЫВ официального оппонента**  
**на диссертацию на соискание ученой степени**  
**кандидата физико-математических наук**  
**Габовича Александра Викторовича**  
**на тему: «Ранняя регистрация оптического излучения гамма-всплесков**  
**и поиск оптических транзиентов на восточном сегменте Глобальной**  
**роботизированной сети МАСТЕР МГУ»**  
**по специальности 1.3.1. Физика космоса, астрономия**

Особое место среди изучаемых астрономических феноменов принадлежит транзиентным явлениям (объектам, процессам), чья продолжительность достаточно мала по сравнению с характерными временами эволюции космических объектов. К ним относятся как стохастические вариации интенсивности излучения (вспышки) разных частот (от радио до гамма) уже известных астрономических объектов — Солнца, переменных звезд, активных ядер галактик, рентгеновских источников, так и вновь обнаруживаемые транзиенты, как электромагнитные, так и другой природы, — вспышки новых и сверхновых, гамма-всплески, быстрые радио всплески, гравитационно-волновые импульсы, нейтринные события. Отметим, что эти явления часто прежде всего регистрируются как источники радио, рентгеновского, гамма излучения, нейтрино и гравитационных волн. Однако возможности понимания их природы, построения их моделей в определяющей степени обуславливаются обнаружением и исследованием их проявлений в оптическом диапазоне — оптических транзиентов.

Необходимо подчеркнуть, что исследования этих объектов относятся к недавно сформировавшемуся направлению астрономии Time Domain Astronomy, и являются исключительно **актуальными** — речь идет о десятках тысяч статей, опубликованных по этой теме за последние годы.

Характерные длительности упомянутых явлений лежат в диапазоне от миллисекунд (гамма и радио всплески, гравитационно-волновые импульсы) до минут-недель-месяцев-лет (транзиты экзопланет, вариации блеска переменных, новых и сверхновых звезд, ядер галактик). Очевидно, что систематическая регистрация и исследование такого рода нестационарных событий и процессов возможны лишь при непрерывном мониторинге небесной сферы (желательно всей) во всех диапазонах электромагнитного спектра, а также с помощью гравитационных и нейтринных детекторов и анализе данных в реальном времени, т.е. необходимо реализовать режим «all time&all sky». С другой стороны, как компромисс, возможно использование для изучения этих явлений (объектов) быстрое подключение к их наблюдениям наземных оптических телескопов, оснащённых разнообразной аппаратурой по возможности высокого временного разрешения (алертный, follow-up режим).

Эти исследования могут проводиться только с помощью полностью роботизированных инструментов, снабженных автономными метеостанциями, автоматизированной инфраструктурой, информационным кластером и специальным программным обеспечением. Такие комплексы способны принимать решения о начале наблюдений, выборе их режимов, проводить накопление данных и их анализ в реальном времени, изменять режимы, исходя из полученных результатов, прекращать наблюдения на основании данных о метеоусловиях, астроклиматической обстановке и/или по завершении ночи.

При этом максимально оптимальным вариантом реализации этих программ в варианте «all time&all sky» является создание набора подобных инструментов, размещенных на разных долготах, для непрерывного контроля неба.

В настоящее время функционируют несколько комплексов этого вида, однако работать круглосуточно может только глобальная сеть телескопов-

роботов МАСТЕР, состоящая из 9 полностью роботизированных обсерваторий с идентичным приемным оборудованием, распределенных по земному шару, позволяющих проводить наблюдения в алертном и обзорном режимах до 24 ч в сутки и получать фотометрические данные (кривую блеска) обнаруженных оптических транзиентов.

Последние во множестве регистрировались глобальной сетью МАСТЕР при наблюдениях больших полей ошибок космических гамма- и рентгеновских обсерваторий, а также наземных детекторов LIGO/Virgo, IceCube, ANTARES, определялись их координаты и проводились фотометрические исследования. Так например, космическая гамма-обсерватория Fermi, на протяжении многих лет обнаруживающая гамма-всплески (несколько событий в день), в большинстве случаев дает координаты с ошибкой от нескольких единиц до сотен квадратных градусов, и регулярные наблюдения этих боксов осуществляют только телескопы МАСТЕРа, и как показали исследования 130 всплесков, в подавляющем большинстве случаев они открывают оптический источник первыми среди подобных инструментов.

Работа Александра Викторовича Габовича, являющаяся важной частью исследований в рамках проекта МАСТЕР, посвящена поиску и изучению переменных оптических объектов, как связанных с нестационарными источниками излучения различных диапазонов (в первую очередь, гамма-всплесками), так и обнаруживаемых в процессе обзора небесной сферы. При этом первые регистрируются во время алертных наблюдений областей их локализации на телескопах-роботах Глобальной сети МАСТЕР МГУ. во время алертных наблюдений областей локализации гамма-всплесков, а вторые – с использованием восточного сегмента сети – МАСТЕР-Амур.

Необходимо подчеркнуть, что использование в астрономических наблюдениях телескопов-роботов, отнюдь не уменьшает определяющей роли в любых научных программах астрономов-исследователей. Им принадлежит

помимо разработки концепций, программ обработки данных и создания инструментов, черновой и чистой анализ полученной информации, приведение последней в science ready форму, интерпретация и изложение результатов в общепринятом профессиональным сообществом виде. Именно это составило суть научных занятий диссертанта в течение более 10 лет! Им проведен гигантский объем исследований достоверности обнаруживаемых событий, - их число составило 80000 с 2011 по 2022 год. Например, в 2019 году А.В. Габовичем были изучены области вероятной локализации 203-х гамма-всплесков, зарегистрированных детекторами обсерваторий Swift, Fermi, Maxi, Integral; 30-ти нейтринных событий, зарегистрированных в Баксанской нейтринной обсерватории, а также IceCube; 56-ти гравитационно-волновых событий, зарегистрированных LI-GO/Virgo в эпоху O3; 56-ти гравитационно-волновых событий, зарегистрированных LIGO/Virgo в эпоху O3, и быстрого радио-всплеска FRB 13191107.

Ранние оптические наблюдения (20-30 секунд после алерта) областей локализации гамма-всплесков GRB 120811C, GRB 120404A, GRB121011A, проведенные автором, привели к обнаружению их оптических компаньонов, для доказательства происхождения которых были изучены 900 архивных изображений из наблюдений с телескопом МАСТЕР-Амур. Диссертант исследовал фотометрические характеристики соответствующих транзиентов MASTER OT J131844.01+621802.7, MASTER OT J154003-125254.2, MASTER OT J172051.21+410636.9 на этом же телескопе.

На телескопе МАСТЕР-Амур был обнаружен и профотометрирован оптический транзиент MASTER OTJ093104.6+430735.9 с блеском 13.4 зв.вел., связанный с гамма-всплеском GRB161017A, зарегистрированный детектором космической обсерватории МГУ Ломоносов, что позволило исследовать спектральные характеристики источника и определить расстояние до него.

Диссертантом изучена необычная затменная двойная система с самым длинным известным периодом в 69.1 лет: MASTEROT J095310.04+335352.8, получена кривая блеска на телескопе МАСТЕР-Амур в период 2012-2016гг, что позволило определить период двойной и классифицировать ее.

**Достоверность и обоснованность этих результатов** обеспечивается многолетним опытом функционирования Глобальной системы МАСТЕР, многосторонним тестированием методов регистрации и анализа данных, подтверждается независимыми наблюдениями на других инструментах. Они опубликованы в 3х рецензируемых журналах с высокими импакт-факторами, представлены на 8-ми конференциях

**Научная значимость и новизна исследований**, представленных в диссертации, обусловлены открытием новых оптических транзиентов, связанных с гамма-всплесками, - каждое такое событие является уникальным и проливает новый свет на природу гамма-всплесков, что особенно важно при отсутствии полного понимания их природы. Сказанное относится и к новой затменной двойной с периодом уникальной продолжительности

Автореферат полностью отражает содержание диссертации

Необходимо отметить некоторые недостатки рассматриваемой работы:

1. Явно не хватает краткого описания комплекса регистрации и накопления данных.
2. Хотелось бы видеть описание методики фотометрии, источников ошибок, пределов обнаружения.
3. Имело бы смысл поделиться опытом анализа 80000 кандидатов в транзиенты в контексте развития нейронных сетей для обнаружения транзиентных событий.
4. В тексте иногда используются жаргонные обороты, неправильные согласования.

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 приложениям № 5, 6 Положения о диссертационном совете Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова.

Таким образом, соискатель Габович Александр Викторович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.1. Физика космоса, астрономия.

Официальный оппонент: доктор физико-математических наук ,  
ведущий научный сотрудник, руководитель группы релятивистской  
астрофизики Федерального государственного бюджетного учреждения  
науки Специальная астрофизическая обсерватория Российской академии  
наук (САО РАН),

Бескин Григорий Меерович

Подпись Бескина Г.М. 

Ученый секретарь

к.ф.-м.н.

Кайсина Е.И.

Контактные данные: beskin@sao.ru, +7-87878-46156

Специальность, по которой официальным оппонентом

защищена диссертация: 01.03.02 – Астрофизика и звездная астрономия

Адрес места работы: 369167, Карачаево-Черкесская республика,

Зеленчукский р-н, пос. Нижний Архыз, САО РАН