

ОТЗЫВ официального оппонента
на диссертацию на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук Гресь Олега Анатольевича
на тему: «Многоканальные исследования астрофизических источников
высоких энергий во Вселенной»
по специальности 1.3.1 Физика космоса, астрономия

Диссертационная работа «Многоканальные исследования астрофизических источников высоких энергий во Вселенной» Гресь Олега Анатольевича посвящена комплексному изучению на телескопах Глобальной сети МАСТЕР астрофизических источников высоких энергий во Вселенной, таких как триплет нейтрино IC160217, кандидатов в возможные источники событий, регистрируемых детекторами обсерватории АНТАРЕС, оптических транзиентов, обнаруженных на широкопольных изображениях телескопов МАСТЕР в результате наблюдений полей ошибок гамма-всплесков, гравитационно-волновых всплесков, а также исследованию энергетического спектра первичных космических лучей на установках Тунка-133 и TAIGA-NiSCORE.

Работа проводилась Гресь Олегом Анатольевичем в коллективе Глобальной сети МАСТЕР МГУ (под руководством проф.Липунова В.М.) и в коллективе коллаборации TAIGA (под руководством д.ф.м.-н.Буднева Н.М.), каждый из которых состоит из десятков соавторов, тем не менее Гресь О.А. внес значительный вклад в обоих проектах и решающий в работы, содержащие положения, выносимые в диссертации на защиту. Отмечу высокий индекс Хирша автора (27) и количество цитирований его работ – свыше 6000.

Первая глава диссертации посвящена исследованию в оптическом диапазоне на телескопах Глобальной сети МАСТЕР поля ошибок триплета нейтрино IC160217, зарегистрированного на обсерватории IceCube в Антарктиде. Гресь О.А. провел анализ всех оптических источников на изображениях за месяц до события и 2 месяца после с целью поиска

переменных источников, которые могли бы быть связаны с мультиплетом. Отмечу, что вклад МАСТЕРа вместе с диссертантом - наибольший в исследовании этого события в оптическом диапазоне, что отражено в таблице в статье с результатами наблюдений.

В этой главе также приводится хорошо сформулированное подробное описание структуры самой Глобальной сети телескопов-роботов МАСТЕР, включая не только ключевые свойства созданного оборудования, но и принципы организации алертных и инспекционных наблюдений на всей сети, в том числе описание стратегии наблюдений больших полей ошибок астрофизических источников высоких энергий и основных методов созданной командой МАСТЕР автоматической обработки и выделения новых или переменных объектов, что говорит об отличном владении материалом автором диссертации, активно участвовавшим и в создании нескольких обсерваторий МАСТЕРа и в многолетнем поиске и анализе оптических источников на нем.

В главе представлены результаты анализа кривых блеска источников из базы данных МАСТЕР с 2009 г. по 2016 г. как для известных объектов из поля ошибок, так и для источников Swift и Fermi. Оперативные наблюдения проводились на телескопах МАСТЕР-Кисловодск, МАСТЕР-Тунка и на канарском MASTER-IAC. Для быстрого поиска и анализа возможных кандидатов в источники таких событий с учетом полей ошибок алертов диссертантом была создана в едином формате обновляемая база данных из различных астрономических каталогов и программный комплекс для работы с ней.

Вторая глава посвящена исследованию 179 событий, зарегистрированных нейтринным детектором ANTARES, на телескопах-роботах Глобальной сети МАСТЕР. Приводится статистика распределения направления на источники (координаты алертов), статистика по быстродействию наведения (на треть всех алертов МАСТЕР наводился в течении первой минуты), объясняются технические условия для наведений

дольше минуты, приводится анализ возможных кандидатов в источники нейтрино. Например, для события ANT150901 среди кандидатов рассматривается ближайший к Земле миллисекундный радиопульсар PSR B1620-26 A с периодом 11.075 секунд. Для трех блазаров, находящихся внутри полей ошибок нейтринных событий ANT160111A, ANT170307A, ANT181108A автором обнаружены вариации кривой блеска в моменты наблюдения соответствующих нейтринных алертов.

В третьей главе исследуется энергетический спектр первичных космических лучей по данным Tunka-133 и TAIGA-HiSCORE. Довольно подробно описываются экспериментальные установки, на которых работал автор и приводится краткий обзор других экспериментальных работ в этой области - исследование черенковского света широких атмосферных ливней (ШАЛ). Автором проанализирован набор данных за период 7 зимних сезонов с 2009 по 2017 гг., представлена процедура восстановления параметров ШАЛ по данным TAIGA-HiSCORE, основанная на методах и алгоритмах, разработанных для обработки данных Tunka-133. При энергии $2 \cdot 10^{16}$ эВ в энергетическом спектре космических лучей автором отмечена особенность, неизвестная до начала работы установки Tunka-133. При этой энергии показатель наклона дифференциального энергетического спектра при аппроксимации степенным законом изменяется на 0.3 от -3.28 ± 0.01 при энергиях меньших $2 \cdot 10^{16}$ эВ, до -2.99 ± 0.01 при больших энергиях.

В четвертой главе представлены результаты исследований оптических транзиентов, обнаруженных автором по результатам автоматической обработки программным обеспечением широкопольных изображений МАСТЕРА в полях ошибок гамма-всплесков и гравитационных волн как показатель эффективности проводимых инспекционных и алертных наблюдений телескопами-роботами Глобальной сети МАСТЕР.

В *Заключении* приводятся основные результаты диссертационной работы и обсуждаются перспективы дальнейших исследований.

Полученные в диссертации результаты и выводы обоснованы и достоверны, подтверждены другими наблюдателями и опубликованы в рецензируемых журналах, что также подтверждает их высокую значимость. Все результаты получены впервые.

Автор прекрасно владеет и теоретическим материалом и методами обработки экспериментальных данных. Отмечу высокий уровень представленной диссертации, особенно выделив огромный объем проведенных автором работ по многоканальной астрономии.

Из замечаний отмечу, что на Рис.1.3. в названии IceCube пропущена последняя буква(опечатка), в Главе 2, в которой можно было бы для наглядности представить кроме описания также графики расположения объектов, выделенных диссертантом для исследованных им нейтринных событий, а также можно было привести изображения блазаров, выделенных автором работы, как в активном состоянии, так и в спокойном состоянии (пункт Оптическая переменность блазаров). В списке литературы повторяются работы 34 и 133. Классификация “Сверхновая звезда” встречается посреди предложения и в строчном написании и в заглавном, так же встречается написание ” карликовой новой” . Есть несколько опечаток, когда вместо точки стоит двоеточие, напр., на стр.83, 84, но это не меняет смысл текста.

Вместе с тем, указанные замечания не влияют на высокий уровень диссертационного исследования. Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В.Ломоносова. 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 Гресь Олег Анатольевич несомненно заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.1. Физика космоса, астрономия.

Официальный оппонент:

доктор физико-математических наук,
заведующий лабораторией космологии и элементарных частиц физического факультета Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет», директор Междисциплинарного центра физики элементарных частиц и астрофизики Новосибирского государственного университета
Долгов Александр Дмитриевич

Подпись сотрудника Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет» Долгова А.Д. удостоверяю:

Ученый секретарь ученого совета Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет»
канд. хим. наук Тарабан Елена Анатольевна

Контактные данные:

тел.: +7 383 363 41 52 , e-mail: dolgov@fe.infn.it

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация: 01.04.02 – теоретическая и математическая физика

Адрес места работы: 630090, Новосибирск, ул. Пирогова, 2

ФГАОУ ВО «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет», физический факультет

Тел.: +7(383) 363-41-52; e-mail: rector@nsu.ru