

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

Диссертация посвящена исследованию астрофизических источников электромагнитного и корпускулярного излучения высоких энергий методами оптической фотометрии с использованием сети робот-телескопов МАСТЕР, а также методами детектирования космических лучей путем регистрации черенковского излучения широких атмосферных ливней. Выбранная тема относится к числу **актуальнейшего** круга проблем современной астрофизики, который включает поиск источников нейтрино высоких энергий, регистрируемых современными большими установками, в том числе IceCube, поиск оптических аналогов источников гамма-всплесков и гравитационных волн, а также проблему источников космических лучей сверхвысоких энергий.

Поскольку исследования диссертанта и публикации неизбежно осуществлялись крупными коллективами, следует сразу подчеркнуть существенную роль О. А. Греся в этих исследованиях. Вклад диссертанта включает участие в создании трёх обсерваторий сети МАСТЕР, проведение наблюдений телескопами сети МАСТЕР и на установках Tunka-133 и TAIGA-NiSCORE, поиск оптических аналогов источников нейтрино, гамма-всплесков и гравитационных волн, а также непосредственное участие в анализе результатов и подготовке их к публикации.

В первой главе диссертации представлены результаты поиска оптического аналога источника тройного нейтринного события IC160217 на основе наблюдений телескопами сети МАСТЕР. Следует отметить, что сеть МАСТЕР входит в программу оптической поддержки нейтринных

экспериментов IceCube и ANTARES. Помимо оперативных наблюдений спустя сутки после нейтринного события IC160217 были проанализированы изображения, полученные в поле возможной локализации диаметром 10 градусов в течение месяца до и двух месяцев после нейтринного события. В результате детального анализа данных фотометрии большого числа источников не было обнаружено какого-либо переменного оптического источника, который мог бы ассоциироваться с нейтринным событием IC160217.

Вторая глава методически близка к первой: она посвящена поиску оптической переменности потенциальных источников связанных с большим числом (179) нейтринных событий (алертов), детектируемых нейтринной установкой ANTARES. Для нейтринных событий ANT160111A ANT170307A и ANT181108A в поле ошибок оказались блазары Южного полушария, у которых по данным сети МАСТЕР зарегистрировано изменение блеска в моменты, близкие к нейтринному событию. Диссертант не делает определённого вывода относительно физической связи нейтринных событий с указанными блазарами. Эту осторожность можно понять, поскольку недавно было продемонстрировано, что в результате совместной 7-летней работы нейтринных установок IceCube и ANTARES не удалось обнаружить достоверных точечных и протяжённых источников нейтрино высоких энергий в Южном полушарии. Анализ остальных нейтринных событий показал присутствие рентгеновских источников, радио-источников, гамма-источников из каталога Ферми, шарового звездного скопления и миллисекундного пульсара.

В третьей главе представлены результаты обработки наблюдений черенковского излучения широких атмосферных ливней на установках Tunka-133 и TAIGA-HiSCORE. Основным результатом этой деятельности является спектр космических лучей в диапазоне энергий от 0.1 ПэВ до 1000 ПэВ. Полученный спектр космических лучей в указанном диапазоне энергий согласуется с результатами измерений на других установках в мире. В этом

диапазоне помимо хорошо известного «колена» около 1 ПэВ присутствует второе колено на энергии 100 ПэВ, которое уверенно регистрируется установкой Тунка-133. Третья деталь, так называемая «лодыжка» на энергии около 10000 ПэВ, находится за пределами диапазона Тунка-133. Сложное поведение спектра космических лучей с энергиями более одного ПэВ по-видимому отражает наличие нескольких механизмов ускорения, возможно разных источников, а также эффектов распространения космических лучей сверхвысокой энергии. Роль каждого из этих факторов ещё предстоит установить.

В четвёртой главе представлены результаты исследований оптических транзиентов, обнаруженных телескопами сети МАСТЕР в полях ошибок гамма-всплесков и гравитационных волн. Автором проанализированы десятки тысяч потенциальных оптических аналогов первого гравитационно-волнового события GW150914. Заметим, что наблюдения сети МАСТЕР внесли наибольший вклад в оптические наблюдения этого события. Представлены результаты оптических наблюдений гамма-всплесков, среди которых особенно ценными стали результаты фотометрических и поляриметрических наблюдений гамма-всплеска GRB 150413A.

Полученные результаты хорошо **обоснованны**, их **достоверность** подкрепляется согласием с результатами, полученными другими авторами, а также фактом публикациями в тщательно рецензируемых журналах. В подавляющем числе случаев оптические наблюдения являются **новыми**, имеющими значение открытий. Диссертация написана хорошим языком, изложение свидетельствует о глубоком понимании автором физики явлений и совершенном владении методами работы с большими данными. Автореферат соответствует диссертации.

Замечание. В пункте 2 положений, выносимых на защиту, довольно категорично утверждается, что «переменность исследованных блазаров указывает на связь блазаров с нейтринными событиями», тогда как в выводах

ко второй главе речь идёт лишь о характерном поведении кривой блеска (падение яркости) в момент наблюдения одиночного нейтринного алерта, что кажется более правильным.

Менее существенное замечание: на странице 7 не обнаруживается пункта 2 в цепочке перечислений.

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) 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.

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,
главный научный сотрудник отдела нестационарных звезд и
звездной спектроскопии Федерального государственного бюджетного
учреждения науки «Институт астрономии Российской академии наук»
(ИНАСАН)

Чугай Николай Николаевич

Подпись Чугая Н.Н. 

Контактные данные:

тел.: 74959513980, e-mail: nchugai@inasan.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом
защищена диссертация: 01.03.02 - Астрофизика и звездная астрономия

Адрес места работы: 119017 г. Москва ул. Пятницкая, д. 48

Тел.: +7 495 951-54-61; e-mail: admin@inasan.ru