

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д501.001.86,

созданного на базе Московского государственного университета имени

М.В.Ломоносова, по диссертации на соискание ученой степени

кандидата наук

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от **15 декабря 2016 г. №144**

О присуждении **Корнилову Матвею Викторовичу**, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Оперативное планирование астрономических наблюдений на основе информации астроклиматического монитора на примере 2.5 м телескопа»

по специальности «01.03.02 — астрофизика и звёздная астрономия»

принята к защите 13 октября 2016 г., **протокол №140** диссертационным

советом Д501.001.86, созданным на базе Московского государственного

университета имени М.В.Ломоносова, 119991, г. Москва, Ленинские горы, д. 1

(приказы Минобрнауки РФ о полномочиях диссертационного совета от

11.04.2012 №105-нк и 14.11.2013 №677.нк).

Соискатель Корнилов Матвей Викторович, 1988 года рождения, в **2012** году окончил астрономическое отделение физического факультета МГУ им.М.В.Ломоносова по специальности «Астрономия», в **2016** году окончил очную аспирантуру физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова по специальности 01.03.02 — астрофизика и звёздная астрономия.

Диссертация выполнена на кафедре экспериментальной астрономии физического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова»

Научный руководитель: Корнилов Виктор Геральдович, гражданин РФ, кандидат физ.-мат. наук, доцент кафедры экспериментальной астрономии физического факультета Федерального государственного бюджетного

образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова»

Официальные оппоненты:

Бескин Григорий Мейерович, гражданин РФ, доктор физ.-мат. наук, ведущий научный сотрудник, руководитель группы релятивистской астрофизики Федерального государственного бюджетного учреждения науки Специальная астрофизическая обсерватория Российской академии наук (САО РАН)

Буренин Родион Анатольевич, гражданин РФ, кандидат физ.-мат. наук, старший научный сотрудник отдела астрофизики высоких энергий Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт космических исследований Российской академии наук (ИКИ РАН)

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет» (город Казань) – в своем положительном заключении, подписанном гражданином РФ, доктором физ.-мат. наук, заведующим кафедрой астрономии и космической геодезии Института физики Казанского (Приволжского) федерального университета, *Бикмаевым Ильфаном Фяритовичем*, указала, что работа является законченным научным исследованием и удовлетворяет всем требованиям ВАК России, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор **Матвей Викторович Корнилов заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 — Астрофизика и звездная астрономия. Заключение утвердил гражданин РФ, доктор геолого-минералогических наук, проректор по науке Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет» Нургалиев Данис Карлович.**

Соискатель имеет 8 опубликованных работ по теме диссертации, 7 из которых

опубликованы в рецензируемых научных журналах из списка ВАК:

1. Kornilov V., Shatsky N., Voziakova O., Safonov B., Potanin S., **Kornilov M.** First results of a site-testing programme at Mount Shatdzhatmaz during 2007–2009 // **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society**. 2010. Vol. 408, no. 2. P. 1233–1248
2. Kornilov V., **Kornilov M.**, Voziakova O. et al. Night-sky brightness and extinction at Mt Shatdzhatmaz // **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society**. 2016. Vol. 462, no. 4. P. 4464–4472
3. Kornilov V., Safonov B., **Kornilov M.** et al. Study on Atmospheric Optical Turbulence above Mount Shatdzhatmaz in 2007–2013 // **Publications of the Astronomical Society of the Pacific**. 2014. Vol. 126. P. 482–495
4. Kornilov V. G., **Kornilov M. V.** The revision of the turbulence profiles restoration from MASS scintillation indices // **Experimental Astronomy**. 2011. Vol. 29, no. 3. P. 155–176
5. **Kornilov M. V.** Forecasting seeing and parameters of long-exposure images by means of ARIMA // **Experimental Astronomy**. 2016. Vol. 41, no. 1. P. 223–242
6. **Kornilov M. V.** Astronomical observation tasks short-term scheduling using PDDS algorithm // **Astronomy and Computing**. 2016. Vol. 16. P. 131–139
7. В. Г. Корнилов, **М. В. Корнилов**, Н. И. Шатский и др. Метеорологические условия в Кавказской обсерватории ГАИШ МГУ по результатам кампании 2007–2015 годов // **Письма в Астрономический журнал**. 2016. Т. 42, № 9. С. 678–693

Личный вклад автора. Содержание диссертации и основные положения, выносимые на защиту, отражают результаты, полученные соискателем.

Работы 1, 2, 3, 7: участие в создании и отладке программного обеспечения автоматизированного Астроклиматического монитора Кавказской горной обсерватории (КГО); участие в обработке и интерпретации данных об атмосферной оптической турбулентности и характеристики других явлений в атмосфере над обсерваторией, полученных с помощью астроклиматического монитора в 2007–2015 гг.. Работа 4: участия в пересмотре алгоритмов восстановления вертикального профиля оптической турбулентности (ОТ) из измерений прибора MASS/DIMM. Работы 5 и 6 полностью выполнены автором.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

а) Ведущей организации (420008, Россия, Республика Татарстан, г.Казань, ул.Кремлевская, д.18., +7 (843) 233-71-09, public.mail@kpfu.ru):

В эпоху всеобщей компьютеризации современная наблюдательная

астрономия развивается в сторону роботизированных методов наблюдений. Для телескопов небольших размеров (0.3-0.5-м. оснащенных специализированными приборами), такой подход позволяет увеличить эффективность использования телескопов в смысле увеличения количества однотипных данных, получаемых в течение наблюдательной ночи. Телескопы класса 2-3 метра с комплексом современного приемного оборудования являются дорогостоящими инструментами. Для повышения эффективности использования таких систем, работающих при переменных атмосферных условиях, необходима разработка методик оперативного планирования наблюдательных задач, которые могут быть реализованы в течение ночи без потери качества данных. Диссертационная работа Корнилова М.В. посвящена решению задачи оперативного автоматизированного планирования астрономических наблюдений с использованием данных астроклиматического монитора современного 2.5-м телескопа ГАИШ МГУ. Таким образом, проблемы, рассматриваемые в диссертации, имеют научную актуальность и практическую значимость.

Диссертация представляет собой оригинальное научное исследование с ярко выраженной новизной в методике организации автоматизированных астрономических наблюдений с учетом прогнозируемых параметров атмосферной турбулентности, экстинкции и яркости ночного неба на короткой шкале времени (несколько часов). Работа написана четким и ясным языком, хотя обилие опечаток несколько затрудняет чтение.

Основным **замечанием** к содержательной части диссертации является отсутствие в работе связи с метео данными в месте установки астроклиматического монитора и 2.5 м телескопа. Такие фундаментальные параметры атмосферы как давление, температура, влажность, скорость ветра неизбежно влияют на рассмотренные автором параметры: мощность атмосферной турбулентности и качество изображения. Однако в работе такая связь не рассматривалась, несмотря на наличие метеостанции и имеющуюся базу данных метео параметров.

Вызывает некоторое **отторжение** введенный автором термин «урожайность», характеризующий эффективность использования наблюдательного времени в величинах статистических мер, рассмотренных в диссертационной работе.

Имеется ряд **неточностей** в тексте диссертации:

1. Введение. Стр. 14, в предложении «такие интегральные характеристики величины как мощность ОТ J , ...» термин «мощность» использован вместо термина «интенсивность». Кроме того, неясно «величины» чего? «величины ОТ»? Тогда правильнее было бы написать «... такие интегральные характеристики величины ОТ как мощность J , ...»
2. Стр.22. Замечание по терминологии. Термин «длинноэкспозиционной» можно заменить на «в режиме длительных экспозиций». Также, имеется опечатка в слове «длинноэкспозициОнной».
3. Стр.23. Замечание по предложению «Профили мощности ОТ $C_n^2(z)$, скорости ветра $w(h)$...». Величина $C_n^2(z)$ названа «мощность ОТ», хотя это — структурный коэффициент показателя преломления.
4. Стр.29-30, Замечания по рисунку 1.1. В тексте написано «Однако, видно, что положение максимума симметричного распределения C_1 на Рис. 1.1 отлично от нуля.» Судя по рисунку 1.1, распределение не совсем симметричное для значений $|C_1| > 0.02$. Кроме того, не очевидно, что положение максимума отлично от нуля.

Остальные **замечания** связаны в основном с опечатками в тексте диссертации.

Высказанные **замечания** являются скорее техническими и **не умаляют достоинств** диссертации М.В.Корнилова.

Результаты работы М.В. Корнилова могут быть использованы в САО РАН, ИНАСАН, ГАИШ МГУ, КФУ, УрФУ, КрАО, СИБИЗМИР СО РАН, и других российских и зарубежных организациях. в которых имеются крупные наземные оптические телескопы.

б) доктора физ.-мат. наук Бескина Григория Мейеровича:

В настоящее время бурно растет число наземных оптических телескопов, проектируемых и действующих, разнообразного предназначения и различных размеров — от нескольких сантиметров у широкоугольных систем мониторинга небесной сферы до нескольких десятков метров у универсальных гигантов следующего десятилетия. Все эти инструменты объединяет

современная тенденция к использованию безлюдных технологий астрономических исследований — приборы становятся роботизированными системами, оснащенными элементами искусственного интеллекта. Роль человека однако лишь возрастает, — астроном должен заранее представлять и быть способным описать процесс наблюдений как набор всех возможных траекторий перемещения наблюдательного комплекса в многомерном фазовом пространстве его собственных характеристик, параметров, описывающих внешние условия, формализованных исследовательских задач и количественных оценок степени их выполнения.

При учете стохастического характера большинства элементов пространства параметров возможность решения задачи оптимизации процесса наблюдений определяется как детальным описанием статистических свойств совокупности всех этих элементов, так и наличием информации об их эволюции на различных временных шкалах (как минимум в течение ночи), а также возможностью прогнозирования этой эволюции на основе текущей информации. Необходимо подчеркнуть, что такая задача не имеет стандартных способов решения, а требует в каждом конкретном случае выработки особых подходов. В то же время автоматическое планирование процесса наблюдений является особенно актуальным для телескопов малого и умеренного диаметра (0.5--3 м), не снабженных системами адаптивной оптики, эффективность работы которых во многом определяется текущим состоянием атмосферной турбулентности, яркостью фона неба, уровнем прозрачности атмосферы, особенностями рассеяния излучения (например, Луны) в ней.

Поскольку контроль и прогнозирование этих факторов наиболее оптимален при использовании независимых (от основного телескопа) специализированных инструментов для астроклиматического мониторинга, необходимо приводить результаты последнего к форматам стандартных астрономических данных.

Все перечисленное становится особенно важным при введении в строй новых инструментов, каковым и является 2.5 метровый телескоп КГО ГАИШ

МГУ. В силу этого диссертационная работа М.В. Корнилова представляется исключительно актуальной. Именно ее результаты, полученные на основе многолетних астроклиматических исследований в КГО с использованием оригинальных приборов и методов, в конечном итоге будут определять стратегию наблюдений с 2.5 метровым телескопом. Необходимо подчеркнуть, что содержание диссертации не сводится к заявленной теме. В ее рамках приводятся результаты изучения собственно атмосферной турбулентности, моделирования спокойной атмосферы, приложения современных методов математической статистики в астрономии и их реализации на базе продвинутых программных продуктов.

В рамках диссертационной работы М.В.Корнилов получил целый ряд важных результатов, научная значимость которых представляется весьма высокой. Им впервые была построена картина изменения мощности атмосферной оптической турбулентности со временем, в которой учитывается стохастический характер этого явления; на основе обширных данных, полученных при астроклиматическом мониторинге с использованием прибора MASS, а также численного анализа процессов ослабления излучения и распространения лунного света в атмосфере была впервые построена многополосная модель атмосферной экстинкции для стандартных фильтров; впервые на базе введенных диссертантом формальных характеристик, описывающих различные этапы и компоненты процесса наблюдений, а также критериев эффективности этого процесса была решена задача его дискретной оптимизации. Последний результат представляет по существу решение проблемы оптимального планирования астрономических наблюдений с учетом стохастической природы внешних условий и самого процесса получения наблюдательной информации.

Полученные диссертантом результаты будут использоваться и уже используются в практике астрономических исследований. В частности, поскольку приборы MASS активно эксплуатируются в различных обсерваториях, их программное обеспечение, созданное М.В.Корниловым,

широко используется, как и способы восстановления вертикальных профилей ОТ и ветра; введенное автором формальное описание и моделирование процесса и компонентов наблюдений легко может быть адаптировано к любому оптическому наземному телескопу. Наконец, поскольку реализованная автором методика оптимального планирования астрономического эксперимента имеет универсальный характер, она несомненно будет использоваться в других обсерваториях.

К диссертации М.В.Корнилова следует высказать несколько **замечаний**:

1. Вызывает возражение утверждение о том, что «..все новые, неисследованные и интересные объекты» являются слабыми источниками (стр.4). Существует множество ярких объектов, являющихся интересными и плохо изученными, — пульсар в Крабе (16 зв.вел) (модель его излучения до сих пор отсутствует), эффекты микролинзирования, супервспышки, обнаруженные «Кеплером» у обычных (ярких!) звезд, яркие звезды с экзопланетами, наконец, оптические вспышки, сопровождавшие некоторые гамма-всплески, имевшие блеск на уровне 5-9 зв.вел. Это обстоятельство тем более свидетельствует о полезности строительства телескопов малых и умеренных размеров, в наблюдениях с которыми результаты диссертанта будут активно применяться.
2. Оценка яркости фона неба (стр. 28) завышается за счет вклада излучения звезд, попавших в диафрагму, на 0.26 зв.вел. (а не на 0.4 зв.вел.).
3. Во второй главе используемая модель авторегрессии скользящего среднего именуется ARIMA (autoregressive integrated moving average), хотя параметр d всегда полагается нулевым, что соответствует модели ARMA (autoregressive moving average), и русскоязычному названию модели.
4. Текст диссертации содержит большое количество ошибок и опечаток, используются обороты с неправильными согласованиями, пропущено множество запятых, которые должны выделять причастные и деепричастные обороты.

Упомянутые **недостатки не снижают высокого качества** диссертационной работы М.В.Корнилова. Она представляет собой законченное исследование, проведенное на стыке целого ряда современных научных направлений — физики атмосферы, практической астрономии, астроприборостроения, математической статистики, методов информатики и программирования. Диссертант продемонстрировал глубокие знания в этих областях и способности их органичного эффективного сочетания. По мнению

оппонента, диссертация М.В.Корнилова вносит существенный вклад в развитие методов практической астрофизики.

в) кандидата физ.-мат. наук Буренина Родиона Анатольевича:

Диссертация посвящена решению одного из важнейших практических вопросов при проведении наблюдений с помощью наземных телескопов — планированию наблюдений с учетом текущих условий и их прогноза. Такое планирование позволяет существенно (иногда в разы!) повысить эффективность наблюдений наземных астрономических телескопов. Это в особенности важно для телескопов с диаметром зеркала 1-м и выше, поскольку, как правило, такие телескопы предназначены для решения широкого круга астрономических задач и поэтому имеется большой простор для оптимизации программы наблюдений. Кроме того, такие телескопы являются весьма дорогостоящими экспериментальными установками, наблюдательное время которых перегружено заявками на наблюдения.

Автором был предпринят целый ряд последовательных шагов, направленных на решение этой задачи. Так, автором были внесены изменения и улучшения в алгоритмы определения характеристик атмосферы при обработке данных монитора MASS/DIMM, который используется в качестве стандартного прибора для оценки качества атмосферы во многих астрономических обсерваториях по всему миру. Разработана методика построения прогноза оптической турбулентности атмосферы, качества изображения, яркости и экстинкции ночного неба на основе текущих измерений астроклиматического монитора.

В работе сделана попытка формализовать задачу о поиске оптимальной стратегии наблюдений с учетом прогнозов условий, в которых проводятся наблюдения, и решить эту задачу с применением численных алгоритмов дискретной оптимизации. Для этого была построена, необходимая для использования в алгоритмах дискретной оптимизации, разумная математическая модель телескопа и, на примере ПЗС-фотометра, его приемной навесной аппаратуры.

Ясно, что результаты этой работы не могут давать окончательного решения задачи, поскольку невозможно заранее учесть все свойства телескопа и используемых навесных приборов, которые могут меняться во времени. Даже само понятие эффективности наблюдений может меняться в зависимости от самых разных обстоятельств, например, от решений программного комитета телескопа. Тем не менее, автором показано, что в построенную им модель необходимые изменения могут быть внесены достаточно легко.

Несмотря на то, что модель организации наблюдений не телескопе является в некотором смысле «игрушечной», она все же довольно близка к действительности, поскольку построена на основе данных действующего астроклиматического монитора Кавказской горной обсерватории и с учетом свойств недавно введенного в строй 2.5-м телескопа ГАИШ МГУ и одного из основных его навесных приборов — ПЗС-фотометра.

Поэтому результаты диссертации могут быть напрямую использованы для организации наблюдений на 2.5-м телескопе ГАИШ МГУ. Однако, для того, чтобы это можно было бы сделать, по-видимому, потребуется учесть **следующие замечания** к модели телескопа:

- При расчете требуемой экспозиции при заданной относительной ошибке фотометрических измерений (формула 3.2) не учтено, что объектом может быть не только звезда, но и галактика. Учесть это необходимо, поскольку галактиками является довольно большая доля слабых объектов (скажем, слабее 20^m), которые наблюдаются в ходе различных наблюдательных программ на наземных телескопах. В первом приближении это можно учесть путем квадратичного добавления характерного размера далекой галактики (около 100) к размеру функции рассеяния точки.
- При построении модели телескопа с ПЗС-фотометром не учтено, что делать слишком большую экспозицию нет возможности, поскольку динамический диапазон ПЗС-матрицы конечен. Кроме того, этого делать и не нужно, поскольку путем складывания большого количества отдельных прямых изображений можно избавиться от космических лучей и систематических ошибок калибровки плоского поля, которые также неизбежны. Поэтому при необходимости получить большое время накопления для какого-либо объекта, во время наблюдений выполняется последовательность относительно коротких экспозиций, которые после этого совмещаются и складываются при обработке данных. Между

отдельными экспозициями в серии ось наведения телескопа необходимо немного сдвинуть, а также требуется сменить фильтр, если в результате нужно получить изображения в нескольких фильтрах. Величина наибольшей оптимальной экспозиции отдельного изображения определяется тем, что в шуме должен доминировать фотонный шум, а не шум считывания, кроме того, требуется, чтобы время накопления было заметно больше времени считывания. Для 2.5-м телескопа такая экспозиция должна составлять всего примерно 200–300 с.

- При использовании альт-азимутальной монтировки при перенаведении обычно требуется не только навести телескоп, но и повернуть его поле зрения.

В качестве **общего замечания** к построению прогноза условий наблюдения мне хотелось бы выразить свое мнение о том, что для такого прогноза, помимо данных астроклиматического монитора, требуется учитывать данные метеостанции, а также данные различных доступных метеорологических прогнозов.

Текст диссертации подготовлен довольно хорошо. Имеется некоторое количество опечаток, которые незаметны для программ проверки орфографии, но их немного. Мне кажется, рисунки следовало бы немного увеличить, надписи на рисунках и названия осей следовало бы везде перевести с английского языка на русский.

Приведенные выше **замечания** ни в коей мере **не снижают ценность** работы в целом. Все представленные в диссертации основные результаты являются новыми, они опубликованы в восьми работах, семь из которых — статьи в реферированных журналах. Результаты апробированы в докладах автора на различных конференциях и семинарах. Автореферат правильно отражает содержание диссертации.

Полученные в диссертации результаты представляют несомненный интерес для широкого круга специалистов и могут быть использованы в различных научных учреждениях и организациях, научная работа которых связана с проведением наблюдений на наземных астрономических телескопах, таких как ГАИШ МГУ, САО РАН, ИКИ РАН, ИСЗФ СО РАН и др.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их высокой квалификацией и большим опытом работы в области

экспериментальной астрономии и практической астрофизики.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- Для получения актуальной информации о характеристиках атмосферы при оперативном планировании наблюдений на 2.5 м телескопе Кавказской горной обсерватории **модифицированы** алгоритмы и программное обеспечение определения вертикальных профилей атмосферной оптической турбулентности, скорости ветра, и других параметров оптической турбулентности из измерений Астроклиматического монитора Кавказской горной обсерватории с инструментом MASS/DIMM. Алгоритмы верифицированы при обработке измерений кампании 2007–2013 гг.
- На основе данных Астроклиматического монитора Кавказской горной обсерватории 2009–2013 гг. **показано**, что временная эволюция мощности атмосферной оптической турбулентности хорошо описывается стохастическими моделями на основе линейных моделей авторегрессии скользящего среднего. **Показано**, что, при известном значении величины мощности атмосферной оптической турбулентности в текущий момент времени, такие модели позволяют прогнозировать поведение мощности оптической турбулентности, качества изображения, и характеристик изображения точечного источника: центральной интенсивности функции рассеяния точки, полной ширины на половине максимума, радиуса концентрации света.
- С использованием пакета для численных расчетов распространения излучения в атмосфере libRadtran **построена** стохастическая модель для прогноза яркости ночного неба и коэффициента экстинкции в стандартных фотометрических полосах UBVR_I по текущим измерениям Астроклиматического монитора Кавказской горной обсерватории. Модель верифицирована по измерениям яркости неба и коэффициента экстинкции в Кавказской горной обсерватории, осуществляемым

Астроклиматическим монитором.

- Для количественного измерения эффективности наземных оптических астрономических наблюдений **введены** величины урожайности и вероятности успеха. В терминах этих величин **сформулированы** задачи дискретной оптимизации для повышения эффективности за счет оперативного планирования наблюдений.
- Предложены вероятностные модели априорной оценки характеристик измерений приемной аппаратуры и телескопа для использования при формулировке задач дискретной оптимизации. На примере ПЗС-фотометра описан процесс построения таких моделей для приемной аппаратуры
- **Предложен и реализован** алгоритм решения поставленных задач дискретной оптимизации на основе алгоритма Parallel Depth-bounded Discrepancy Search (PDDS). **Показано**, что при определенном входном размере задачи она может быть решена в реальном времени.

Теоретическая значимость исследования также обоснована тем, что разработана модель прогноза временной эволюции мощности оптической турбулентности на временах до нескольких часов на основе линейных моделей авторегрессии скользящего среднего; найдено соответствие между моделью рассеяния оптического излучения в атмосфере libRadtran и измерениями, выполненными автоматизированным Астроклиматическим монитором Кавказской горной обсерватории; введены новые понятия и меры, связанные с эффективностью наземных оптических астрономических наблюдений.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что разработанные алгоритмы и программное обеспечение для восстановления вертикального профиля мощности атмосферной оптической турбулентности в реальном времени внедрены и используются в Кавказской горной обсерватории и других обсерваториях для обработки измерений с односторонними приборами MASS/DIMM; разработаны в виде математических моделей и программного обеспечения модели прогноза

временной эволюции мощности оптической турбулентности, многополосные модели яркости ночного неба и ослабления излучения в атмосфере в оптическом диапазоне для использования при наблюдениях в Кавказской горной обсерватории; разработано программное обеспечение для осуществления оперативного планирования оптических наземных астрономических наблюдений в Кавказской горной обсерватории; представлены методические рекомендации по эффективной организации наземных оптических астрономических наблюдений с помощью оперативного планирования наблюдений.

Оценка достоверности результатов исследования выявила: Результаты измерений параметров атмосферной оптической турбулентности и характеристик атмосферы над Кавказской горной обсерваторией, выполненные автоматизированным Астроклиматическим монитором, получены специализированным прибором MASS/DIMM, около двух десятков реплик которого используются на крупных зарубежных обсерваториях таких как Европейская Южная обсерватория (European Southern Observatory, ESO), Национальная обсерватория оптической астрономии США (National Optical Astronomy Observatory), Канарский институт астрофизики (Instituto de Astrofísica de Canarias, IAC), и другие. Измерения, полученные методом, реализованным в приборе MASS/DIMM, неоднократно подвергались сравнению с другими методами измерения оптической атмосферной турбулентности различными зарубежными специалистами. Полученные значения величин, характеризующих оптическую атмосферную турбулентность, яркость ночного неба и ослабления излучения в атмосфере, согласуются с величинами, получаемыми для других астрономических обсерваторий. При моделировании распространения оптического излучения в атмосфере применялся широко распространенный геофизический программный пакет libRadtran. Используемые в работе математический аппарат и алгоритмы опубликованы в профильных реферируемых научных журналах и монографиях. Валидация предложенных в работе моделей проведена

корректно.

Личный вклад соискателя состоит в: участии в создании и отладке программного обеспечения автоматизированного Астроклиматического монитора Кавказской горной обсерватории (КГО); участии в пересмотре алгоритмов восстановления вертикального профиля оптической турбулентности (ОТ) из измерений прибора MASS/DIMM; разработке и реализации алгоритмов восстановления вертикального профиля скорости ветра из измерений MASS/DIMM; участии в обработке и интерпретации данных об атмосферной оптической турбулентности и характеристик других явлений в атмосфере над обсерваторией, полученных с помощью Астроклиматического монитора КГО в 2007–2015 гг.; создании модели прогнозирования временной эволюции мощности атмосферной ОТ; создании многополосных моделей яркости ночного неба и ослабления излучения в атмосфере; создании модели движения механической монтировки 2.5-м телескопа и модели многополосного ПЗС-фотометра; введении в рассмотрение новых мер эффективности наземных оптических астрономических наблюдений; реализации вышеуказанных моделей и алгоритмов в виде программного продукта.

На заседании **15 декабря 2016 г.** Диссертационный совет принял решение присудить Корнилову М.В. ученую степень **«кандидат физ.-мат. наук»**.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве **18** человек, из них **12** докторов наук по специальности **01.03.02**, участвовавших в заседании, из **18** человек, входящих в состав совета, проголосовали: за — **18**, против — **нет**, недействительных бюллетеней — **нет**.

Заместитель председателя

Диссертационного совета

В.Е.Жаров

Ученый секретарь

Диссертационного совета

С.О.Алексеев

15 декабря 2016 года