ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.212.01 НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ СПЕЦИАЛЬНОЙ АСТРОФИЗИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело №_____

решение диссертационного совета от 24 ноября 2025 г. № 20

О присуждении Макарову Даниле Дмитриевичу, Российская Федерация, учёной степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Анализ скоростей близких карликовых галактик и оценка массы Млечного Пути, Туманности Андромеды и Местной Группы» по специальности 1.3.1. – Физика космоса, астрономия принята к защите 21 августа 2025 г., протокол № 17, диссертационным советом 24.1.212.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Специальной астрофизической обсерватории Российской академии наук, Российская академия наук, 369167, КЧР, Зеленчукский район, п. Нижний Архыз.

Соискатель, Макаров Данила Дмитриевич, 1998 года рождения, в 2021 году окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова", с 01.09.2021 г. по 31.08.2025 г. проходил обучение в очной аспирантуре Федерального государственного бюджетного учреждения науки Специальной астрофизической обсерватории Российской академии наук, на данный момент работает в должности стажер-исследователь в лаборатории внегалактической астрофизики и космологии Федерального государственного бюджетного учреждения науки Специальной астрофизической обсерватории Российской академии наук.

Диссертация выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Специальной астрофизической обсерватории Российской академии наук.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, профессор РАН, заведующий лабораторией внегалактической астрофизики и космологии САО РАН, Макаров Дмитрий Игоревич.

Официальные оппоненты:

1. Сильченко Ольга Касьяновна, доктор физико-математических наук, заместитель директора по научной работе Государственного астрономического института имени П.К. Штернберга Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова";

2. Пилипенко Сергей Владимирович, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Физический институт им. П. Н. Лебедева Российской академии наук»

дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт астрономии Российской академии наук», г. Москва, в своём положительном заключении, подготовленном доктором физико-математических наук, ведущим научным сотрудником Института астрономии Российской академии наук Малковым О.Ю., одобренном на заседании астрофизического семинара Института астрономии РАН 6 ноября 2025 года, утверждённом Директором ИНАСАН доктором физико-математических наук, профессором РАН М.Е. Сачковым 6 ноября 2025 года, указала, что диссертационная работа представляет собой законченное и целостное научное исследование, выполненное на высоком профессиональном уровне, и полностью соответствует критериям Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым ВАК, а её автор Макаров Данила Дмитриевич, заслуживает присуждения искомой учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.1. – «Физика космоса, астрономия».

Соискатель имеет 3 опубликованные работы по теме диссертации (общим объёмом 51 страница), напечатанные в рецензируемых журналах, включённых в перечень ВАК. Наиболее значимые научные результаты по теме диссертации опубликованы в работах:

1. Makarov Dmitry, Khoperskov Sergey, Makarov Danila, Makarova Lidia, Libeskind Noam, Salomon Jean-Baptiste “The LMC impact on the kinematics of the Milky Way satellites: clues from the running solar apex”, 2023, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 521, 3540–3552
2. Makarov Danila, Makarov Dmitry, Kozyrev Kirill, Libeskind Noam “Line- of-Sight Mass Es-

timator and the Masses of the Milky Way and Andromeda Galaxy", 2025, Universe, 11, id.144 3. Makarov Danila, Makarov Dmitry, Makarova Lidia, Libeskind Noam "The frozen outskirts: A cold Hubble flow and the mass of the Local Group", 2025, Astronomy & Astrophysics, 698, id.A178

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается темой исследования, высокой компетентностью в вопросах, рассматриваемых в диссертационной работе.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

1) обнаружена аномалия поведения бегущего апекса Солнца относительно спутников нашей Галактики. Близкие спутники показывают неожиданно большую амплитуду коллективного движения около 230 км/с относительно центра Галактики. Показано, что эффект связан с первым пролетом массивного Большого Магелланова Облака (БМО) со своей свитой вокруг Млечного Пути и возмущением в кинематике спутников Млечного Пути, вызванным этим пролетом;
2) на основе подхода, предложенного Bahcall & Tremaine (1981), разработан метод оценки массы близких групп галактик с учетом трёхмерного распределения спутников вокруг центральной галактики. Получены оценки массы Млечного Пути и Туманности Андромеды на шкале 240 и 300 кпк, соответственно;
3) получены оценки полной массы Местной Группы в диапазоне расстояний от 400 до 1400 кпк от центроида Местной Группы из анализа падения удаленных членов Местной Группы за пределами вириальных зон Млечного Пути и Туманности Андромеды.

Теоретическая значимость диссертационной работы обоснована тем, что результаты, полученные соискателем, вносят значительный вклад в изучение движения близких карликовых галактик, структуры Местной Группы и распределения в ней вещества, понимания её эволюции.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

1. В данной работе составлена самая полная на данный момент выборка галактик Местной Группы и её ближайших окрестностей. Обзор литературы позволил собрать воедино наиболее точные измерения расстояний и скоростей этих галактик.

Эта коллекция данных лежит в основе данного исследования и чрезвычайно важна для сопоставления наблюдений с теорией. Анализ кинематики спутников позволяет изучать историю формирования группы и выявлять эффекты пролета массивных членов.

2. Метод оценки массы внутри вириального радиуса галактик с учетом известных трёхмерных расстояний спутников, разработанный в данном исследовании, позволяет исключить неопределённость, связанную учетом проекции расстояний в классическом подходе, и, как следствие, повысить точность и надёжность полученных оценок масс. Изучена применимость метода к исследованию близких групп галактик.

3. Показано, что падение галактик внутрь Местной Группы прослеживается вплоть до границ вириальных зон Млечного Пути и Туманности Андромеды. Движение галактик является холодным и хорошо описывается моделью Хаббловского потока под воздействием центральной массы с учетом влияния Λ-члена, что позволяет оценить полную массу Местной Группы в широком диапазоне расстояний от 400 до 1400 кпк и сопоставить эту оценку с индивидуальными массами двух основных членов: Млечного Пути и Андромеды. Данный подход критически важен для понимания распределения массы в группах галактик.

4. Показано, что современное космологическое численное моделирование качественно хорошо описывает наблюдаемое поле скоростей вокруг Местной Группы, однако, оно не способно получить такое натекание галактик на центральные галактики.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

Достоверность опубликованных результатов обусловлена тем, что методы, разработанные и применённые в данном исследовании, приводят к непротиворечивым результатам, которые хорошо согласуются с работами, выполненными другими авторами с применением независимых подходов и методов, с учётом выводов других авторов при интерпретации данных. Все основные результаты опубликованы в рецензируемых журналах.

Личный вклад:

Создание выборки членов Местной Группы галактик проводились автором диссертации. Весь программный код, использовавшийся в работе, написан автором.

Определение и анализ бегущего апекса Солнца относительно спутников Млечного Пути, и проверки различных гипотез объяснения аномалии выполнен автором. Развитие метода проекционных масс для случая известных расстояний спутников проведено автором. Масса нашей Галактики оценена автором. Анализ распределения скоростей вне вириальных зон и оценка полной массы Местной Группы по её влиянию на Хаббловский поток выполнены автором диссертации. Анализ данных моделирования HESTIA проводился автором совместно с К.А. Козыревым. Обсуждение всех результатов, подготовка и написание статей велось с соавторами.

На заседании 24 ноября 2025 г. диссертационный совет принял решение присудить Макарову Даниле Дмитриевичу учёную степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования, диссертационный совет в количестве 12 человек, из них 11 докторов наук по специальности 01.03.02, участвовавших в заседании, из 13 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за - 9, против - 0, недействительных бюллетеней - 3 .

Зам. председателя
диссертационного совета Моисеев А.В.

Учёный секретарь
диссертационного совета Шолухова О.Н.

24 ноября 2025 г.