

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Сизовой Марии Дмитриевны «Сближение Солнечной системы со звездными скоплениями», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.1 – «Физика космоса, астрономия»

Одна из важнейших задач современной астрономии – это прогнозирование угроз для человеческой цивилизации, исходящих из космоса, с целью уменьшения последствий или (в ближайшем будущем) предотвращения таких угроз. Один из источников угроз – это малые тела Солнечной системы, столкновение которых с Землей может привести к катастрофическим последствиям. Самая внешняя часть Солнечной системы – это так называемое Облако Оорта, резервуар, содержащий миллионы тел, в основном состоящих из льда. Близкие прохождения звезд или других массивных объектов может вывести тела Облака Оорта из равновесия, что, в свою очередь, может привести к появлению новых комет во внутренней части Солнечной системы или к выбросу тел из Солнечной системы. Именно такой механизм считается ответственным за появление межзвездных комет. Среди массивных объектов, которые могут вызвать возмущение Облака Оорта, вполне возможными кандидатами являются рассеянные звездные скопления (РЗС), наряду с газо-пылевыми облаками разной массы. Сближения Солнечной системы с массивными объектами диска Галактики, конечно, очень редкие события. Но возможно, что они происходили раньше или произойдут в будущем.

В диссертации Марии Дмитриевны поставлена цель провести детальное исследование двух рассеянных скоплений NGC 2158 и King 11, а также выяснить, происходили ли в прошлом сближения Солнечной системы с РЗС, и к каким последствиям для объектов Облака Оорта эти сближения могли привести. С этой целью автор работы использовала самые современные данные о диске Галактики – каталоги космической миссии Gaia и каталоги спектральных данных проекта LAMOST. Мария Дмитриевна проделала большой объем вычисления галактических орбит РЗС и Солнца и по анализу полученных результатов. С этой целью она разработала программный комплекс для расчета сближений звезд и РЗС,

позволяющий выявить события, имеющие гравитационный эффект на планетную систему. Ею было обнаружено достаточно близкое сближение Солнечной системы с рассеянным скоплением Гиады примерно миллион лет тому назад. Учитывая большие размеры этого скопления и наличие у него протяженных «приливных хвостов», это сближение могло привести к существенному изменению скоростей тел внутри Облака Оорта и переходу некоторых из них в область орбиты Нептуна. Мария Дмитриевна проделала очень большую и кропотливую работу. Полученные результаты и данные могут быть использованы для дальнейших исследований сближения массивных объектов диска Галактики с Солнечной системой и, безусловно, будут востребованы в различных научных организациях и университетах: ГАИШ МГУ, ИКИ, ФИАН, ИНАСАН, УрФУ, ЮФУ, КФУ, САО РАН, СПбГУ и в других российских и зарубежных научных учреждениях. Это, без сомнения, свидетельствует о высокой актуальности исследований, проведенных соискателем.

Нет сомнения, также, что полученные результаты являются новыми. На основе самых современных данных уточнены физические и кинематические параметры скоплений NGC 2158 и King 11, впервые рассчитаны моменты минимальных сближений РЗС с Солнечной системой, составлен и опубликован каталог сближений рассеянных скоплений и Солнечной системы. Впервые показано, что скопление Гиады проходило около Солнечной системы (на расстоянии ~ 25 пк) приблизительно один миллион лет назад. Сделана оценка гравитационного эффекта влияния скопления на кометы внешних частей Солнечной системы. Обоснованность и достоверность результатов подтверждаются тщательным анализом используемых данных, аккуратным учетом различных эффектов, а также сопоставлением с результатами других авторов. Результаты диссертации представлены в рецензируемых, в том числе международных журналах, обеспечивающих серьезный уровень экспертизы, а также, на различных семинарах и конференциях.

Наиболее интересными, с моей точки зрения, являются результаты третьей главы диссертации, посвященной сближению со скоплением Гиады. Исследование Марии Дмитриевны вносит вклад в понимание кинематики рассеянных звездных

скоплений и их взаимодействия с Солнечной системой, уточняет влияние сближений на Облако Оорта. Полученные результаты могут быть использованы для прогнозирования влияния сближений скоплений на малые тела Солнечной системы. Все это убедительно демонстрирует высокий уровень работы и тщательный подход соискателя к анализу имеющихся данных.

Диссертация не свободна от недостатков. Основная проблема, на мой взгляд, заключается в том, что Мария Дмитриевна зря включила исследование скоплений NGC 2158 и King 11 в основные результаты работы. Это привело и к расплывчатой формулировке основной цели работы: «изучение рассеянных звездных скоплений как самостоятельных объектов и особенностей их движения в галактическом диске, **в частности**, возможных их сближений с Солнечной системой в прошлые эпохи». В такой формулировке основное достижение автора отодвигается на второй план. Мария Дмитриевна имеет достаточно большое количество опубликованных работ, часть из них посвящена кометам (как в Солнечной системе, так и в экзопланетных системах). Мне кажется, что более правильно было бы сделать «кометную часть» работы одной из основных.

Есть вопросы к выбору модели потенциала Галактики для расчета орбит. Используемая модель (Bovy 2015) учитывает диск, балдж и темное гало. Обычное, барионное гало не учитывается, а оно может оказывать большее воздействие на движение РЗС, чем темное гало. На стр. 11, где перечисляются подсистемы модели, написано «гало с радиусом 16 кпк». Это явно мало для темного гало (у Эйнаста радиус темного гало ~ 100 кпк). Если же речь все-таки об обычном гало, которое имеет примерно такой радиус, то модель Наварро-Френка-Уайта для него не подходит. На рис. 1.1 хорошо бы привести наблюдаемую кривую вращения Галактики, так как на 11 стр. говорится, что она наилучшим образом воспроизводится моделью.

В тексте имеются неточности и опечатки, которые часто трудно распознать и которые мешают пониманию. Например, на стр. 13: «эти параметры показаны на рис. 1.3», но параметры показаны на рис. 1.2. На той же странице, в 3-й и 2-й строке снизу «...положения Солнца на момент времени $t=0$... $x_{yz}=(R_0,0,0.208)$ кпк ...». Почему-то использованы маленькие буквы, это другая система координат? И разве

z-координата Солнца 208 пк? По самым разным оценкам она не более 20 пк! На стр. 27, 2-я строка снизу «см. рис. 2.3, 2.4», а должно быть 2.5 и 2.6. То же самое – на стр. 28, 2-я строка после Таблицы 3. Стр. 52, нижний абзац и подпись к рис. 3.1: что за объект 1I? Он отсутствует как в Таблице 15, так и на рис. 3.1.

На стр. 30 приводится формула из статьи King (1962), но ссылка – на статью Bisht et al. (2020). Эта формула соответствует центральным частям шаровых скоплений, но используется автором вплоть до границы РЗС. В работе King (1962) есть формула, описывающая все скопление, но она почему-то не используется. Для «предельного радиуса, после которого звезды перестают быть гравитационно связанными со скоплением» используется формула из статьи Bukowiecki et al. (2011), в которой вообще нет параметров гравитационного поля Галактики. При этом, в цитируемой статье King (1962) есть формула для приливного радиуса скопления в поле Галактики, очень широко используемая при исследовании скоплений.

На стр. 23: «В работе [57] Трюмплер классифицировал его как скопление II3r (шаровое скопление)». Речь идет о NGC 2158. Но II3r в классификации Трюмплера означает, что это скопление со слабой концентрацией звезд к центру, содержащее как яркие, так и слабые звезды, и имеющее более 100 членов. То есть, это никак не шаровое скопление.

Указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. Считаю, что диссертационная работа «Сближение Солнечной системы со звездными скоплениями» полностью отвечает требованиям положения о присуждении ученых степеней ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. Таким образом, соискатель Мария Дмитриевна Сизова, безусловно, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.1. «Физика космоса, астрономия».

Официальный оппонент:

доктор физико-математических наук,

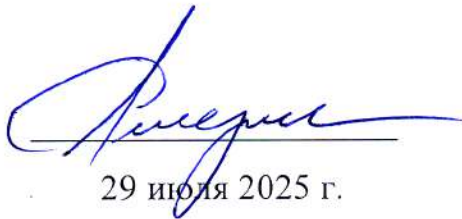
старший научный сотрудник Коуровской астрономической обсерватории,

профессор кафедры астрономии, геодезии, экологии и мониторинга окружающей среды

Института естественных наук и математики

Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

Селезнев Антон Федорович



29 июля 2025 г.

Контактные данные:

Тел.: 7(343)3899589, e-mail: anton.seleznev@urfu.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация: 01.03.02 – астрофизика и звездная астрономия.

Адрес места работы:

620000, Свердловская область, г. Екатеринбург, пр. Ленина д. 51, УрФУ, Институт естественных наук и математики, Коуровская астрономическая обсерватория

Тел.: 7(343)3899589, e-mail: anton.seleznev@urfu.ru

Подпись сотрудника Института естественных наук и математики

А.Ф. Селезнева удостоверяю:

и.о. директора Института естественных наук и математики

доцент



Симницкая Светлана Анатольевна

30.07.2025