

ЗАКЛЮЧЕНИЕ
ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.032.01 НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ
ИНСТИТУТА АСТРОНОМИИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК,
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ,
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело N _____

Решение диссертационного совета от 27 сентября 2024 г. № 27 о
присуждении Золотарёву Роману Викторовичу, Российская Федерация,
учёной степени кандидата физико-математических наук

Диссертация «Некоторые особенности динамики ансамблей малых тел, сближающихся с Землёй» по специальности 1.3.1. Физика космоса, астрономия принята к защите 23 июля 2024г., протокол №25, диссертационным советом 24.1.032.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института астрономии Российской академии наук, Министерство науки и высшего образования, 119017 Москва, ул. Пятницкая, д.48, состав совета утверждён приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 1731/нк от 13 декабря 2022г., частичные изменения состава внесены приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 846/нк от 20.04.2023.

Соискатель Золотарёв Роман Викторович, 1993 года рождения, в 2021 году окончил аспирантуру ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», г. Ростов-на-Дону, по направлению подготовки 03.06.01 Физика и астрономия. В настоящее время работает инженером в отделе исследований Солнечной системы Института астрономии РАН (ИНАСАН).

Диссертация выполнена в отделе исследований Солнечной системы Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института астрономии Российской академии наук, Министерство науки и высшего образования.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, профессор, член-корреспондент РАН Шустов Борис Михайлович, научный руководитель ИНАСАН.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается темой исследования и компетентностью в вопросах, рассматриваемых в диссертации. Компетентность подтверждается публикациями по схожей тематике оппонентов и сотрудников ведущей организации.

Официальные оппоненты:

д.-ф.-м.н., профессор **Медведев Юрий Дмитриевич**, заведующий лабораторией малых тел Солнечной системы ФГБУН Института прикладной астрономии РАН;

д.ф.-м.н., доцент **Нефедьев Юрий Анатольевич**, профессор Института физики ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет» дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» (УрФУ), г. Екатеринбург, – в своём положительном отзыве, составленном заведующим кафедрой астрономии, геодезии, экологии и мониторинга окружающей среды Института естественных наук и математики УрФУ д.ф.-м.н. **Кузнецовым Эдуардом Дмитриевичем**, и утверждённом проректором по научной работе ФГАОУ ВО УрФУ д.ф.-м.н., доцентом **Германенко Александром Викторовичем**, указала, что диссертация Золотарёва Романа Викторовича является законченной работой и полностью удовлетворяет требованиям ВАК.

Результаты, полученные в диссертационной работе, вносят заметный вклад в исследование динамики ансамблей малых тел, сближающихся с Землёй. Диссертация удовлетворяет всем требованиям Положения о присуждении учёных степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Золотарёв Роман Викторович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.1. Физика космоса, астрономия.

Соискатель имеет 19 печатных научных работ. По теме диссертации опубликованы 8 работ в рецензируемых научных изданиях, 5 из которых – в изданиях, рекомендованных ВАК и входящих в международные реферативные базы данных и системы цитирования (WoS и Scopus). Основные результаты диссертации, выносимые на защиту, в этих работах изложены полностью. Случаев заимствования материала без ссылки на автора не выявлено.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Золотарёв Р.В., Шустов Б.М. О динамической эволюции населения астероидов, сближающихся с Землёй // **Астрономический журнал.** – 2021. – Т.98, № 6. – С.518-527.
2. Шустов Б.М., Золотарёв Р.В. Об индексах массы метеорных тел. I. Модель образования метеороидных потоков // **Астрономический журнал.** – 2022. – Т.99, № 2. – С.165-176.
3. Золотарёв Р.В., Шустов Б.М. Об индексах массы метеорных тел. II. Эволюция метеороидных потоков // **Астрономический журнал.** – 2022. – Т.99, № 3. – С.250-264.
4. Шустов Б.М., Золотарёв Р.В., Бусарев В.В., Щербина М.П. Ударные события как возможный механизм активации сублимационно-пылевой активности астероидов главного пояса // **Астрономический журнал.** – 2022. – Т.99, № 11. – С.1058-1071.

5. Золотарёв Р.В., Шустов Б.М. Эволюция метеороидных потоков, образующихся при столкновениях с АСЗ // **Астрономический журнал.** – 2023. – Т.100, № 10. – С.1-19.

На диссертацию и автореферат дополнительных отзывов не поступило.

Диссертация посвящена решению нескольких важных и актуальных проблем, связанных с изучением динамики ансамблей малых тел Солнечной системы: определению спектра масс метеороидных потоков; распределению малых небесных тел в околоземном пространстве; оценке времени убыли населения астероидов, сближающихся с Землёй; сравнению механизмов активности астероидов. Автору удалось объединить четыре большие проблемы. Для каждой из проблем получены решения на основе современных вычислительных ресурсов и статистических методов исследования.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

– Получена зависимость времени убыли числа астероидов, сближающихся с Землёй, от значений элементов их орбит.

– На основе численного моделирования динамики модельных астероидов получена оценка частоты входов астероидов диаметром более 10 м в околоземное пространство, получены направления и скорости входа.

– Проведено сравнение результатов столкновений малых небесных тел в зависимости от размера и скорости ударников, получены параметры выбросов и оценки количества выбрасываемого вещества. Показано, что темп производства метеороидного вещества при столкновениях сравним с темпом производства метеороидного вещества в ходе распада кометных ядер.

– Показано, что наблюдаемая сублимационно-пылевая активность астероидов может быть вызвана как сублимационным (кометным) механизмом, так и чисто столкновительным механизмом.

Теоретическая значимость исследования состоит в развитии теории происхождения и эволюции малых тел Солнечной системы, в частности, в области моделирования процессов динамики и эволюции астероидов.

Практическое значение заключается в возможности использования полученных оценок притока астероидов в область сближения с Землёй для решения задач астероидно-кометной опасности. Оценки распределения твёрдого вещества в околоземном космическом пространстве могут применяться для решения вопросов безопасности космической деятельности. Кроме того, полученные распределения астероидов, входящих в околоземное пространство, по направлениям и скорости могут быть полезны для совершенствования программ обнаружения потенциально опасных астероидов, в частности, при проектировании системы обнаружения дневных астероидов (СОДА).

Достоверность результатов подтверждается использованием современного программного комплекса REBOUND, использованием надёжных методов статистического анализа, сравнением полученных результатов с результатами других авторов, а также публикацией результатов в ведущих научных журналах и апробацией их на российских и международных конференциях.

Личный вклад соискателя: Соискатель в равной степени с соавторами участвовал в постановке задач, анализе и обсуждении результатов, активно участвовал в написании статей, в которых изложены результаты проведённого исследования. Лично соискателем выполнены расчёты и их обработка.

В ходе защиты диссертации были **высказаны критические замечания, на которые соискатель дал ответы:**

Замечание: В комментарии к рисунку 19 желательно пояснить, чем вызван резкий скачок относительного количества АСЗ, оставшихся в

Солнечной системе, но вышедших из области определения АСЗ, наблюдаемый в начале интервала.

Ответ: Резкий скачок величины доли не-АСЗ на рис. 19 и соответствующий ей скачок доли АСЗ на рис. 11 связан с оттоком астероидов из области определения АСЗ ($q < 1.3$ а.е.) в свободную область $q > 1.3$ а.е. При насыщения этой области (в частности вблизи границы $q = 1.3$ а.е.) появляется обратный поток и резкое изменение количества сменяется на более плавное изменение величины доли АСЗ и доли не-АСЗ.

Замечание: По результатам оценок, проведенным в работе, число соударений астероида Адеон с телами с кинетической энергией, превышающей 10^{13} Дж, равно $\sim 10^{-2}$ столкновений в год. Если учесть, что по оценкам работы период наблюдаемых последствий таких столкновений $\Delta t \sim 1$ год, то астероид Церера, имеющий примерно в 10 раз больший диаметр идвигающийся в той же области главного пояса астероидов, что и Адеон, должен постоянно проявлять пылевую активность, что реально не наблюдается.

Ответ: Проявление активности столкновений требует как достаточной энергии столкновений, так и соответствующих условий обнаружимости. Церера имеет больший размер и больший блеск. Чтобы активность была заметна на фоне астероида, необходимы столкновения с большей энергией, которые случаются, соответственно реже. Уже имеющаяся статистика наблюдений говорит о том, что сублимационно-пылевая активность – не такое редкое явление. В будущем планируется уточнение модели.

Замечание: В выражении для газового подталкивания (торможения) используется линейная зависимость разности между скоростями молекулы и частицы, когда обычно используется квадратичная.

Ответ: В работе используется модифицированная модель Уиппла. В используемом выражении в явном виде, действительно, присутствует скорость потока газа в первой степени, однако она также есть неявно в виде потока в множителе $\dot{M}_c \sim \rho u_0 S_c$, где ρ — плотность выделяющегося

вещества, S_c — площадь с которой происходит выделение газа. Таким образом, итоговое выражение для силы газового подталкивания пропорционально квадрату скорости.

На заседании 27 сентября 2024 г. диссертационный совет постановил: за решение научной задачи, имеющей значение для развития естественных наук, присудить Золотарёву Р.В. учёную степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 18 докторов наук по специальности 1.3.1. Физика космоса, астрономия, участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 19, против – 0.

Председатель диссертационного
совета 24.1.032.01, д.ф.-м.н.

Ученый секретарь
диссертационного совета
, к.ф.-м.н.



Бисикало Дмитрий
Валерьевич

Чупина Наталия
Викторовна