

МИНИСТЕРСТВО КУЛЬТУРЫ ЯРОСЛАВСКОЙ ОБЛАСТИ  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ КУЛЬТУРЫ ЯРОСЛАВСКОЙ ОБЛАСТИ  
«КУЛЬТУРНО-ПРОСВЕТИТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР  
ИМЕНИ В. В. ТЕРЕШКОВОЙ»

**МАТЕРИАЛЫ  
VI МЕЖДУНАРОДНОЙ  
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ  
«ЧТЕНИЯ ИМЕНИ ВАЛЕНТИНЫ ВЛАДИМИРОВНЫ  
ТЕРЕШКОВОЙ»**

Ярославль  
2025



МИНИСТЕРСТВО КУЛЬТУРЫ ЯРОСЛАВСКОЙ ОБЛАСТИ  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ КУЛЬТУРЫ ЯРОСЛАВСКОЙ ОБЛАСТИ  
«КУЛЬТУРНО-ПРОСВЕТИТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР  
ИМЕНИ В. В. ТЕРЕШКОВОЙ»

**МАТЕРИАЛЫ  
VI МЕЖДУНАРОДНОЙ  
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ  
«ЧТЕНИЯ ИМЕНИ ВАЛЕНТИНЫ  
ВЛАДИМИРОВНЫ ТЕРЕШКОВОЙ»**

**Ярославль  
13–14 марта 2025 г.**

Ярославль  
2025

УДК 52:521: 620: 678  
ББК 22.6 я 434  
Ч 914

Ч 914      **Чтения имени В. В. Терешковой:** Сборник материалов VI Международной научно-практической конференции «Чтения имени Валентины Владимировны Терешковой». Ярославль, 13–14 марта 2025 г. // Сост. Н. И. Перов, Д. Н. Аристова, О. М. Роменская, Е. Н. Тихомирова – Ярославль, 2025. — 170 с.

В сборнике представлены статьи, доклады, тезисы докладов участников VI Международной научно-практической конференции «Чтения имени Валентины Владимировны Терешковой». Материалы охватывают широкий круг вопросов, связанных с космонавтикой, астрономией, астрокосмическим образованием и просвещением и их объединением в жизни общества.

*Авторский коллектив:*

**Л. Н. Белозерская, Д. Ф. Белоножко, М. А. Боциева, Н. В. Гагарина,  
В. Д. Горичева, А. В. Ефимов, В. С. Жабин, В. Н. Колескин,  
Д. О. Костыря, П. В. Крапошин, М. А. Купорова, В. А. Кутузова,  
И. А. Лапин, Н. Н. Малинина, А. К. Муртазов, В. А. Пашина,  
Н. И. Перов, Д. А. Петелин, Л. Г. Романенко, О. М. Роменская,  
М. А. Салмина, Д. Г. Сатюков, А. В. Сергиенко, А. Н. Симбаев,  
Т. Б. Солодченкова, Г. М. Суворова, Д. А. Теплых, Е. Н. Тихомирова,  
В. В. Трегулов, Ю. П. Филиппов, Н. И. Фомичев, З. К. Чельдиева**

Ответственный за выпуск **Тихомирова Е. Н.**

**ISBN 978–5–91722–609–5**

© ГАУК ЯО «Культурно-просветительский центр имени В. В. Терешковой»  
© Коллектив авторов, 2025  
© Н. И. Перов, Д. Н. Аристова, О. М. Роменская, Е. Н. Тихомирова, 2025,  
составление

# СОДЕРЖАНИЕ

<b>ПРЕДИСЛОВИЕ</b> .....	5
<b>Обращение В. В. Терешковой</b> .....	6
<b>Приветствие И. И. Ширшовой</b> .....	7
<b>Приветствие М. М. Харламова</b> .....	9
 <b>ИССЛЕДОВАНИЯ ПО АСТРОНОМИИ И КОСМОНАВТИКЕ</b>	
<i>Д. А. Петелин, А. Н. Симбаев</i> О ПОДГОТОВКЕ НАУЧНЫХ КАДРОВ ИЗ ЧИСЛА ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОСМОНАВТОВ .....	11
<i>А. В. Ефимов, В. С. Жабин, А. К. Муртазов, В. В. Трегулов</i> СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КАМЕННЫХ МЕТЕОРИТОВ И ЗЕМНЫХ БАЗАЛЬТОВ .....	22
<i>Л. Г. Романенко</i> ВИЗУАЛЬНО-ДВОЙНЫЕ ЗВЕЗДЫ ПУЛКОВСКОЙ ПРОГРАММЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОРБИТЫ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ GAIA DR3 .....	32
<i>Ю. П. Филиппов, В. А. Пашина</i> КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ВНУТРЕННЕЙ ЭНЕРГИИ ПЛАНЕТ-ГИГАНТОВ И ЭВОЛЮЦИИ ИХ ОСНОВНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ .....	38
<i>Ю. П. Филиппов, Л. Н. Белозерская</i> КРАТКИЙ ЭКСКУРС В ИСТОРИЮ КОСМОЛОГИИ И КОСМОГОНИИ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ: ОТ ДРЕВНЕЙШИХ ВРЕМЕН ДО НАШИХ ДНЕЙ. ЧАСТЬ III. КОСМОЛОГИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ XX-XXI ВВ. ....	47
<i>Ю. П. Филиппов, Л. Н. Белозерская</i> КРАТКИЙ ЭКСКУРС В ИСТОРИЮ КОСМОЛОГИИ И КОСМОГОНИИ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ: ОТ ДРЕВНЕЙШИХ ВРЕМЕН ДО НАШИХ ДНЕЙ. ЧАСТЬ IV. КОСМОГОНИЯ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ .....	55
<i>А. В. Сергиенко</i> ПОСТРОЕНИЕ ГРАФИКА УРАВНЕНИЯ ВРЕМЕНИ .....	63
<i>Н. И. Перов, Д. О. Костыря</i> МЕЖГАЛАКТИЧЕСКИЕ КОМЕТЫ .....	68
<i>О. М. Роменская, В. А. Кутузова</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НЕБЕСНЫХ ТЕЛ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ УГЛОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ .....	76

<i>Н. И. Перов, В. Н. Колескин</i> ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ДЛЯ ПОЛЕТА АППАРАТА НА ЛУНУ .....	84
<i>Н. И. Перов</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАЧАЛЬНОЙ ОРБИТЫ НЕБЕСНОГО ТЕЛА ПО ТРЕМ ПАРАМ УГЛОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ .....	95

## **АСТРОНОМИЧЕСКОЕ И КОСМИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ И ПРОСВЕЩЕНИЕ**

<i>М. А. Салмина, Д. Г. Сатюков</i> ИЗУЧЕНИЕ КОСМИЧЕСКОЙ ИНЖЕНЕРИИ В ДОПОЛНИТЕЛЬНОМ ОБРАЗОВАНИИ .....	108
<i>Д. А. Теплых</i> КАК СДЕЛАТЬ АСТРОНОМИЮ ЗАНИМАТЕЛЬНОЙ: ИДЕИ ДЛЯ ТВОРЧЕСКИХ РАБОТ, МАСТЕР-КЛАССОВ ПРИ РАБОТЕ С ДЕТЬМИ ДОШКОЛЬНОГО И МЛАДШЕГО ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА .....	112
<i>Н. И. Фомичев, И. А. Лапин, Д. Ф. Белоножко</i> О ПЕРСПЕКТИВАХ РАЗВИТИЯ ЛЮБИТЕЛЬСКОЙ АСТРОФИЗИКИ .....	121
<i>М. А. Купорова</i> КОМПЛЕКСНАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ СРЕДА ЮНОШЕСКОГО КЛУБА КОСМОНАВТИКИ ИМЕНИ Г. С. ТИТОВА .....	125
<i>П. В. Крапошин</i> ИТОГИ ПОЛЕТОВ В КОСМОС ОБЕЗЬЯН ИЗ ПИТОМНИКА НИИ ЭПИТ (СУХУМ, АБХАЗИЯ): ОБЗОР НАУЧНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ .....	131
<i>М. А. Боцьева, З.К. Чельдиева</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МУЗЕЯ ИСТОРИИ КОСМОНАВТИКИ В ДЕЛЕ ГРАЖДАНСКО- ПАТРИОТИЧЕСКОГО ВОСПИТАНИЯ ДЕТЕЙ .....	137
<i>Т. Б. Солодченкова</i> О КОСМОНАВТИКЕ В СМОЛЕНСКОМ ПЛАНЕТАРИИ ИМЕНИ Ю. А. ГАГАРИНА .....	143
<i>Н. Н. Малинина</i> КОСМИЧЕСКИЕ ВСТРЕЧИ ВО ВЛАДИМИРСКОМ ПЛАНЕТАРИИ .....	150
<i>Г. М. Суворова</i> ФОРМИРОВАНИЕ КОСМИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ ШКОЛЬНИКОВ .....	156
<i>Г. М. Суворова, В. Д. Горичева, Н. В. Гагарина</i> СОВРЕМЕННЫЕ ПОДРОСТКИ, САМОАНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ И СПОСОБЫ РЕАЛИЗАЦИИ В ОТРЯДЕ ЮНЫХ КОСМОНАВТОВ .....	160
<i>Е. Н. Тихомирова</i> НЕТРАДИЦИОННАЯ СИСТЕМА ЗАДАЧ ПО ОБЩЕМУ КУРСУ АСТРОНОМИИ .....	164

# ПРЕДИСЛОВИЕ

VI Международная научно-практическая конференция «Чтения имени В. В. Терешковой» прошла на площадке Культурно-просветительского центра имени В. В. Терешковой и стала центром обмена знаниями и опытом в области астрономии, космонавтики и космического образования. Программа включала как очные, так и онлайн-доклады, что позволило расширить круг участников и обеспечить доступ к актуальной информации для всех заинтересованных.

Организаторами конференции выступили: Благотворительный фонд Валентины Владимировны Терешковой, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Научно-исследовательский испытательный центр подготовки космонавтов имени Юрия Алексеевича Гагарина», Министерство культуры Ярославской области, Государственное автономное учреждение культуры Ярославской области «Культурно-просветительский центр имени Валентины Владимировны Терешковой».

Конференция объединила ученых, педагогов, популяризаторов науки и представителей космической отрасли из разных стран, а также послужила местом для обсуждения важных вопросов, касающихся астрономического и космического образования и просвещения. Пленарные и секционные доклады отразили современные достижения науки и инновационные методы популяризации знаний о Вселенной.

Сборник содержит статьи и тезисы докладов участников конференции. На Чтениях выступили астрономы из России, Монголии, Уругвая, Перу и Казахстана. Материалы, вошедшие в электронное издание, охватывают широкий спектр тем, от исследований в области астрономии и космонавтики до презентаций новых проектов. Конференция включала в себя различные направления исследований, а также научно-популярные лекции и презентации для популяризации науки.

Международная научно-практическая конференция «Чтения имени В. В. Терешковой» стала плодотворной платформой для обмена опытом и установления новых научных контактов, а также внесла значительный вклад в развитие космической отрасли и популяризацию науки среди широкой аудитории.

# Обращение В. В. Терешковой

## Уважаемые участники и гости VI Международной научно-практической конференции!



Приветствую вас на моей родной Ярославской земле, на Международной конференции, посвященной космическим исследованиям в России и мире.

Конференция в Ярославском планетарии в течение многих лет объединяет на своей площадке специалистов космической отрасли, ученых, педагогов, учащихся, представителей общественных организаций из разных городов России, ближнего и дальнего зарубежья. Расширенный состав участников позволяет на высоком экспертном уровне обсудить широкий круг вопросов, связанных с астрономией и космонавтикой, использованием космического пространства человеком, проблемами изучения и освоения космоса, совершенствования образования и междисциплинарного диалога со смежными областями науки. Космические исследования не только открывают новые факты о Вселенной, но и стимулируют развитие инноваций, которые порой коренным образом меняют повседневную жизнь. Коммуникационные технологии и навигация, спутниковая связь и телевидение, экология и изучение климата, телемедицина и искусственный интеллект – эти области знаний развиваются благодаря космическим исследованиям.

Уверена, что конференция будет содействовать обмену опытом и знаниями, а ее результаты найдут достойное продолжение в новых исследованиях Вселенной.

Желаю продуктивной работы и новых достижений!

*В. В. Терешкова,  
летчик-космонавт СССР,  
Герой Советского Союза*

## Приветствие И. И. Ширшовой

### Уважаемые друзья!



Загадки космоса всегда будут волновать пытливые умы человечества, из века в век ищущие ответы на эти, казалось бы, не постижимые нашему разуму вопросы. Познание тайн мироздания не может и не должно быть уделом узкого круга ученых и специалистов, радость открытий должна принадлежать всему человечеству. И здесь российская наука идет плечом к плечу с просветительством. 2022–2031 годы объявлены Президентом России В. В. Путиным Десятилетием науки и технологий. Одна из задач Десятилетия – рассказывать, какими научными достижениями может гордиться наша страна.

Именно этой цели служит ежегодная Международная научно-практическая конференция «Чтения имени Валентины Владимировны Терешковой», проводимая Ярославским культурно-просветительским центром имени В.В. Терешковой вот уже в шестой раз. Участниками Чтений стали космонавты, ученые, педагоги, сотрудники планетариев, студенты, творческая интеллигенция, представители общественных организаций из России и других стран мира.

Эти чтения – результат многолетнего плодотворного и многогранного сотрудничества ярославцев с Научно-исследовательским испытательным центром подготовки космонавтов имени Ю. А. Гагарина и Благотворительным фондом В.В. Терешковой.

Последнее обстоятельство не случайно – именно Ярославский край является малой родиной первой в мире женщины-космонавта. Регион и сегодня вносит достойный вклад в сохранение, приумножение и пропаганду национального космического наследия. В этом году ярославцы готовятся широко отметить 50-летие основания музея «Космос», являющегося филиалом Ярославского государственного историко-архитектурного и художественного музея-заповедника.

Нынешний, 2025 год объявлен в России Годом защитника Отечества – во славу несокрушимого поколения победителей и в честь героев, которые сегодня на поле боя достойно продолжают ратное дело своих предков. В канун Дня Великой Победы мы вспоминаем Великую Отечественную войну, когда не только солдаты и офицеры, но и научные знания стояли на страже нашей территориальной целостности и независимости. Ученые и изобретатели внесли свой вклад в победу в годы войны.

Так и сегодня российская наука является ключевым фактором в развитии страны, а научные открытия и технологии неразрывно связаны с военными успехами. Знание – сила и путь к победе!

Уверена, что участие в Чтениях имени В.В. Терешковой откроет Вам ценность интеллектуального труда в области науки и высокотехнологического производства, позволит каждому из вас найти свою тропинку в познании и творчестве.

*И. И. Ширшова,  
министр культуры Ярославской области*

## Приветствие М. М. Харламова

### Дорогие друзья, уважаемые коллеги, организаторы и участники VI Международной научно-практической конференции «Чтения имени Валентины Владимировны Терешковой»!



Сердечно приветствую вас от лица летчиков-космонавтов и сотрудников федерального государственного бюджетного учреждения «Научно-исследовательский испытательный центр подготовки космонавтов имени Ю. А. Гагарина».

Конференция в Ярославле проводится ежегодно с 2020 года на базе Культурно-просветительского центра имени В. В. Терешковой, первой женщины в истории человечества, совершившей полет в космос. Конференция посвящена космическим исследованиям, проводимым в России и мире, инновационным путям развития ракетно-космической отрасли.

Для изучения и освоения космоса требуется большая научно-исследовательская работа. Россия была и продолжает оставаться на передовых позициях в вопросах освоения космоса. Каждое достижение в космонавтике – это колоссальный научный и конструкторский труд.

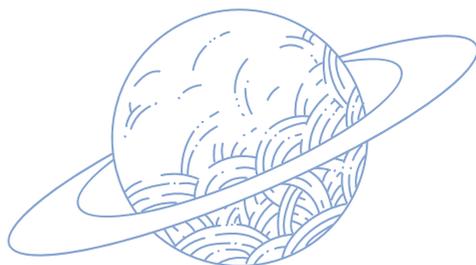
Сегодня с уверенностью можно сказать, что научный вектор, заданный конференцией, достиг желаемого результата – дискуссионная площадка конференции с каждым годом расширяет свои географические границы, а научная проблематика открывает путь к новым проектам и планам освоения космического пространства.

С каждым годом интерес к конференции со стороны нашей молодежи возрастает. Современные достижения науки в познании Вселенной, новые технологии в космической отрасли, практические результаты освоения космоса и методы их популяризации в широком смысле – это «начало начал», от которого зависит развитие всего нашего молодого научно-кадрового потенциала.

Желаю всем участникам VI Международной научно-практической конференции «Чтения имени Валентины Владимировны Терешковой» позитивного настроения, содержательного профессионального диалога, активной и плодотворной работы на благо отечественной космонавтики.

*М. М. Харламов,  
начальник ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю. А. Гагарина»,  
кандидат экономических наук*

ИССЛЕДОВАНИЯ  
ПО АСТРОНОМИИ  
И КОСМОНАВТИКЕ



# О ПОДГОТОВКЕ НАУЧНЫХ КАДРОВ ИЗ ЧИСЛА ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОСМОНАВТОВ



Д. А. Петелин, А. Н. Симбаев



ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю. А. Гагарина»

**Аннотация.** Рассматриваются особенности подготовки научных кадров высшей квалификации для отбора космонавтов. Подчеркивается, что проведение исследований, испытаний космической техники, научное сопровождение создания пилотируемых космических аппаратов и средств подготовки космонавтов, а также методическое обеспечение различных видов подготовки космонавтов должно осуществляться под руководством специалистов с высшей научной квалификацией. Указываются организации, занимающиеся воспитанием научных кадров для пилотируемых полетов, анализируются их деятельность и достижения.

**Ключевые слова:** космонавты, астронавты, научно-исследовательская работа, Международная космическая станция, научно-исследовательские организации, поисковая деятельность отряда космонавтов, ученые степени.

---

## ON THE TRAINING OF SCIENTIFIC PERSONNEL FROM AMONG PROFESSIONAL COSMONAUTS

11



D. Petelin, A. Simbaev



Gagarin Cosmonaut Training Center (GCTC)

**Annotation.** The features of the training of highly qualified scientific personnel for the selection of astronauts are considered. It is emphasized that the conduct of research, testing of space technology, scientific support for the creation of manned space vehicles and training tools for astronauts, as well as the provision of methodological support for various types of astronaut training, should be carried out under the guidance of highly qualified scientific personnel. The organizations involved in the education of scientific personnel for manned flights are indicated, their activities and achievements are analyzed.

**Key words:** cosmonauts, astronauts, scientific research work, The International Space Station, scientific research organizations, search activity of the Cosmonaut Squad, academic degrees.

На заре эры пилотируемой космонавтики опыт Центра подготовки космонавтов по проведению учебно-тренировочной работы показал, что для успешного выполнения задач по отбору и подготовке космонавтов по программе «Восток», а также значительно возраставшего объема инженерно-технических работ по созданию необходимых средств подготовки космонавтов требовались научные кадры высшей квалификации.

С 1960 по 1969 год из ведущих научно-исследовательских и испытательных организаций Министерства обороны были приглашены кандидаты технических, медицинских, военных, педагогических наук, а также доктор медицинских наук. В этот же период сотрудники Центра в диссертационных советах смежных организаций защитили диссертации на соискание ученых степеней доктора технических наук, а также кандидатов технических и медицинских наук.

Новым этапом в развитии пилотируемых космических аппаратов стало появление первых долгосрочных орбитальных станций, что существенно усложнило процесс подготовки космонавтов. Стало понятно, что проведение исследований, испытаний космической техники, научное сопровождение создания пилотируемых космических аппаратов и средств подготовки космонавтов, а также методическое обеспечение различных видов подготовки космонавтов должно осуществляться под руководством специалистов с высшей научной квалификацией. В 1969 году Центр был преобразован в Научно-исследовательский испытательный центр подготовки космонавтов (1 НИИ ЦПК имени Ю. А. Гагарина) и приравнен к научно-исследовательским институтам первой категории.

В дальнейшие годы формирование кадрового научного потенциала Центра осуществлялось главным образом путем подготовки собственных научных кадров высшей квалификации.

В восьмидесятые и девяностые годы пополнение кадрового научного потенциала Центра наряду с привлечением кандидатов технических наук – выпускников очной адъюнктуры Военно-воздушной инженерной академии имени профессора Н. Е. Жуковского – осуществлялось путем подготовки собственных научных кадров высшей квалификации в заочных адъюнктурах военных академий Министерства обороны (Военно-воздушной инженерной академии имени профессора Н. Е. Жуковского, Военно-воздушной академии имени Ю. А. Гагарина и Академии имени А. Ф. Можайского). В восьмидесятые годы по инициативе руководства Центра в целях обеспечения возможности подготовки собственных научных кадров на базе научно-исследовательских организаций Министерства обороны было организовано обучение сотрудников Центра в очной (целевой) адъюнктуре 30-го центрального научно-исследовательского института Министерства обороны (30 ЦНИИ МО).

По согласованию с организациями Министерства обороны приказом Высшей аттестационной комиссии (ВАК) от 18 октября 1990 года в Центре был создан диссертационный совет ССК 106.76.01 по защите диссертаций

на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 20.02.12 «Военная кибернетика, информатика, системный анализ, исследование операций и моделирование боевых действий».

В современный период истории Центра, начиная с 2008 года и по настоящее время, укрепление кадрового научного потенциала осуществлялось по двум направлениям: во-первых, за счет подготовки собственных научных кадров высшей квалификации путем соискательства ученой степени в диссертационных советах других организаций и, во-вторых, пополнением научными кадрами высшей квалификации, приглашенными из других организаций.

Программа Международной космической станции (МКС) поставила перед Центром новые вызовы. Сотрудничество космических агентств в области изучения длительного пребывания человека в космосе позволило выйти на новый уровень взаимодействия и в научном сообществе вовлеченных стран, космонавты и астронавты все чаще стали принимать участие в совместных научных экспериментах на борту орбитального комплекса. Все больше космонавтов вовлекается непосредственно в исследовательскую деятельность, становятся кандидатами и докторами наук.

Всего за время существования отряда космонавтов (1960–2024 годы) из общего количества космонавтов с учеными степенями – 33 специалиста – в разное время 28 являлись кандидатами и 5 докторами наук, из них защитили диссертации, проходя службу в Центре подготовки космонавтов, – 28 специалистов: 24 кандидата и 4 доктора наук.

Таблица 1. Летчики-космонавты с учеными степенями, сотрудники ЦПК

Космонавт	Ученая степень	Основные направления научных исследований (по диссертации)	Место защиты
<b>Артемьев О. Г.</b>	Кандидат экономических наук	Управление инновационной деятельностью высокотехнологичных производств	Юго-Западный государственный университет
<b>Артюхин Ю. П.</b>	Кандидат технических наук	Разработка показателей оценки эффективности решения космонавтами задач визуальных наблюдений объектов земной поверхности и возможности космических средств наблюдения по поиску, обнаружению и опознаванию характерных объектов применительно к различным метеорологическим условиям	Военно-инженерный институт имени А. Ф. Можайского
<b>Батурин Ю. М.<sup>2</sup></b>	Доктор юридических наук	Компьютерное право	Институт государства и права РАН
<b>Береговой Г. Т.</b>	Кандидат психологических наук	Психологические проблемы отбора, подготовки и операторской деятельности космонавтов	Государственный институт физической культуры имени П. Ф. Лесгафта
<b>Быковский В. Ф.</b>	Кандидат технических наук	Разработка нормативных оценок обученности космонавтов и требований к техническим средствам подготовки космонавтов для решения задач астронавигации	

Космонавт	Ученая степень	Основные направления научных исследований (по диссертации)	Место защиты
<b>Васютин В. В.<sup>1</sup></b>	Доктор военных наук	На специальную тему	Военно-воздушная академия имени Ю. А. Гагарина
<b>Волынов Б. В.</b>	Кандидат технических наук	Исследование возможностей и особенностей деятельности космонавта по осуществлению маневрирования многоразового транспортного космического корабля и изыскание возможных путей повышения ее эффективности	Военно-воздушная инженерная академия имени Н. Е. Жуковского
<b>Глазков Ю. Н.</b>	Доктор технических наук	Обоснование, разработка и внедрение инженерно- психологических и методических основ подготовки космонавтов к решению задач транспортно-технического обеспечения орбитальных комплексов и спутниковых систем	ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю. А. Гагарина»
<b>Губарев А. А.</b>	Кандидат технических наук	Обоснование и разработка метода определения возможностей космонавта по управлению космическим кораблем	
<b>Демин Л. С.</b>	Кандидат технических наук	Разработка методов оптимизации систем управления авиационных ракет	Военно-воздушная инженерная академия имени Н. Е. Жуковского

Космонавт	Ученая степень	Основные направления научных исследований (по диссертации)	Место защиты
<b>Климук П. И.</b>	Доктор технических наук	Разработка методологии системного решения вопросов подготовки космонавтов	
<b>Коваленок В. В.</b>	Кандидат военных наук	Применение космических средств в интересах Министерства обороны и народного хозяйства в исследовании природных ресурсов Земли	
<b>Кондратьев Д. Ю.</b>	Кандидат экономических наук	Государственное регулирование российского рынка ценных бумаг в условиях финансовой глобализации	Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ
<b>Котов О. В.</b>	Кандидат медицинских наук	Гипоксическая тренировка и электроимпульсная нейрорегуляция в системе медицинской реабилитации после воздействия факторов космического полета	Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова
<b>Крикалев С. К.</b>	Кандидат психологических наук	Психологические детерминанты процесса принятия решения госслужащим в экстремальных ситуациях	Российская академия государственной службы при Президенте РФ

Космонавт	Ученая степень	Основные направления научных исследований (по диссертации)	Место защиты
<b>Леонов А. А.</b>	Кандидат технических наук	Исследование и разработка методов и средств повышения эффективности визуальных наблюдений из космоса за счет использования автоматизированных систем и выхода космонавта в открытый космос	Военно-воздушная академия имени Ю. А. Гагарина
<b>Лончаков Ю. В.</b>	Доктор технических наук	На специальную тему	Военно-воздушная академия имени Ю. А. Гагарина
<b>Мусабаяев Т. А.</b>	Кандидат технических наук	Оценка надежности и эффективности системы Экипаж-ПКА-ЦУП	ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»
<b>Николаев А. Г.</b>	Кандидат технических наук	Совершенствование технических средств и методов подготовки космонавтов-операторов в целях повышения эффективности наблюдений за объектами в процессе космического полета	
<b>Онуфриенко Ю. И.</b>	Кандидат технических наук	Повышение эффективности активной эксплуатации орбитальных пилотируемых комплексов на основе методики и моделей информационного обеспечения космических полетов и подготовки космонавтов по нестандартным ситуациям	ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»

Космонавт	Ученая степень	Основные направления научных исследований (по диссертации)	Место защиты
<b>Петелин Д. А.</b>	Кандидат технических наук	Разработка методики повышения качества наземного блока тренажерного оборудования системы обеспечения жизнедеятельности экипажа МКС	Московский авиационный институт, каф. 614
<b>Попович П. Р.</b>	Кандидат технических наук	Повышение эффективности космической инспекции с борта ПКА путем совершенствования специализированной оптико-фотографической аппаратуры, методов и средств подготовки космонавтов- операторов	Военно-воздушная академия имени Ю. А. Гагарина
<b>Ревин С. Н.</b>	Кандидат педагогических наук	Формирование экологических понятий у школьников на основе метода аналогии (на примере изучения экосистемы космической станции)	Московский гуманитарный университет
<b>Рязанский С. Н.</b>	Кандидат биологических наук	Особенности произвольных движений в условиях опорной разгрузки	ИМБП РАН
<b>Сарафанов Г. В.</b>	Кандидат технических наук	На специальную тему	Военно-воздушная академия имени Ю. А. Гагарина
<b>Терешкова В. В.</b>	Кандидат технических наук	Исследование проблем рационального управления ПКА в нештатных ситуациях на этапах сближения, причаливания и стыковки	Военно-воздушная академия имени Ю. А. Гагарина

Космонавт	Ученая степень	Основные направления научных исследований (по диссертации)	Место защиты
<b>Филипченко А. В.</b>	Кандидат военных наук	Военно-технические проблемы определения требований к навигационному обеспечению полета орбитального самолета на этапе схода с орбиты, снижения и посадки, выявление роли экипажа ОС на этих этапах	Военно-воздушная академия имени Ю. А. Гагарина
<b>Хрунов Е. В.</b>	Кандидат технических наук	Биомеханика работы человека в условиях космического пространства	Военно-инженерный институт имени А. Ф. Можайского
<b>Циблиев В. В.</b>	Кандидат технических наук	Разработка метода оценки операторской деятельности космонавтов при наземной подготовке к выполнению ручных режимов сближения космических аппаратов	ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю. А. Гагарина»
<b>Шаталов В. А.</b>	Кандидат технических наук	Обоснование и разработка рациональных способов применения систем ручного управления ТКС при его сближении с ОПС, совершенствование систем наведения и управления сближением и методов подготовки экипажей к решению задач сближения и стыковки	Военно-воздушная академия имени Ю. А. Гагарина

Космонавт	Ученая степень	Основные направления научных исследований (по диссертации)	Место защиты
<b>Шкаплеров А. Н.</b>	Кандидат технических наук	На специальную тему	Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина
<b>Шонин Г. С.</b>	Кандидат технических наук	Проблемы космических технологий получения материалов и разработка промышленных технологических операций в космических условиях	
<b>Юрчихин Ф. Н.</b>	Кандидат экономических наук	Управление процессами реформирования предприятий социальной сферы на примере Московской области	Московский государственный университет сервиса

<sup>1</sup> – действительный член (академик) Академии военных наук

<sup>2</sup> – член-корреспондент РАН

ЦПК совместно с Московским авиационным институтом разработали программу целевой подготовки научных кадров. В настоящее время по этой программе, а также в аспирантуре других организаций обучаются 15 сотрудников ЦПК, в том числе 6 представителей отряда космонавтов: Н. А. Чуб, С. В. Корсаков, А. В. Федяев, Д. А. Петелин, А. Ю. Кикина, К. С. Борисов.

Помимо Центра подготовки космонавтов воспитанием научных кадров для пилотируемых полетов активно занимались в РКК «Энергия», Институте медико-биологических проблем (ИМБП) и других организациях ракетно-космической отрасли. Например, из отряда космонавтов НПО «Энергия» (ОКБ-1 и ЦКБЭМ – в разные годы) вышла целая плеяда космонавтов-ученых: 11 кандидатов и 7 докторов технических наук, в том числе, 2 член-корреспондента РАН и 2 действительных члена РАН (академики). ИМБП представлен тремя докторами медицинских наук, в том числе одним член-корреспондентом РАН. Эти факты еще раз подтверждают высокую востребованность научных кадров в пилотируемой космонавтике.

Международная космическая станция, в первую очередь задуманная как уникальная научная лаборатория, позволяет осветить широкий круг вопросов и охватить многие области человеческих знаний – от психологии малых групп в космических полетах до выращивания монокристаллов и органических тканей в условиях микрогравитации. Космонавты, проходя подготовку в составе группы специализации или же непосредственно в составе экипажей, все больше взаимодействуют с научным сообществом. Результатом этой совместной деятельности нередко становятся новые научные данные, публикуемые в ведущих изданиях у нас в стране и за рубежом.

Накопленный научный потенциал позволяет космонавтам реализовывать массив экспериментальных данных, полученных в ходе космических полетов, в научно-обоснованных исследовательских работах, в диссертационных советах для соискания ученых степеней.

### Список литературы

1. Космические тренажеры / Б. А. Наумов. – М.: Звездный городок, 2013.
2. Центр подготовки космонавтов. Основные вехи / Авторский коллектив под редакцией М. М. Харламова, Ю. М. Батурина, Б. И. Крючкова. – М.: ИД Академии Жуковского, 2025. – 288 с.
3. URL: <https://www.gctc.ru/main.php?id=97> (дата обращения 04.05.2025).

# СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КАМЕННЫХ МЕТЕОРИТОВ И ЗЕМНЫХ БАЗАЛЬТОВ



**А. В. Ефимов, В. С. Жабин, А. К. Муртазов, В. В. Треглов**



Рязанский государственный университет имени С. А. Есенина

**Аннотация.** Представлены результаты измерения видимых и ближних ИК-спектров ряда хондритов из пустыни Атакама. Произведено их сравнение со спектрами базальтов и базальтовой лавы, каменных астероидов.

**Ключевые слова:** метеориты, спектры.

---

## COMPARATIVE ANALYSIS OF CHONDRITES AND TERRESTRIAL BASALTS SPECTRAL FEATURES



**A. Efimov, V. Zhabin, A. Murtazov, V. Tregulov**



Ryazan State University named after Yesenin, Ryazan, Russia

**Annotation.** The results of some meteorites from the Atacama Desert visual and partially near-infrared spectra are presented. They compared with the spectra of S-asteroids, stony meteorites, basalts and lava.

**Key words:** meteorites, spectra.

---

## ВВЕДЕНИЕ

Задача измерения спектров отражения земных пород и сравнения их со спектрами метеороидов и астероидов весьма актуальна. Она связана как с проблемой происхождения и эволюции тел Солнечной системы, их идентификации, так и с проблемой обнаружения опасных для Земли космических тел. Эти исследования помогают определить минералогический состав астероидов и метеоритов, а также оценить время воздействия на них космических факторов и эпоху их формирования.

Исследования фотометрических и спектральных свойств шероховатых поверхностей безатмосферных тел Солнечной системы принято связывать со ставшими классическими работами по исследованию эффекта противостояния для поверхностей земных пород и астероидов различной дисперсности [19]. С тех пор подобные исследования проводятся многими

учеными: J. Veverka (1971), M. A. Barucci, et al. (начиная с 1981), T. V. Johnson, F. P. Fanale (1973). На их основе была разработана одна из классификаций астероидов по оптическим свойствам (C. R. Chapman, D. Morrison, B. Zellner, 1975). Обширные исследования спектров земных минералов и сравнение их со спектрами астероидов выполнены на обсерватории Харьковского университета (I. N. Belskaya, D. F. Lupishko, V. G. Shevchenko, Yu. G. Shkuratov, et al.). Периодически исследователи разных стран возвращаются к сравнению спектральных и фотометрических особенностей основных земных пород, каменных астероидов и метеоритов в рамках рассмотрения проблемы происхождения тел Солнечной системы: V. Busarev (2016); T. Hiroi (1993); L. V. Moroz (1996); J. Naranen; et al. (2004), P. Vernazza, et al (2008). В последнее время появилась возможность сравнения спектров метеоритов со спектрами ядер комет (Tanbakouei, et al., 2020). Большое число работ, в которых подробно рассматриваются спектральные свойства метеоритов всех типов, опубликовано группами E. A. Cloutis, M. J. Gaffey, et al., J. M. Trigo-Rodríguez, et al., M. Gritsevich, J. Peltoniemi, et al.

Мы провели эксперименты по измерению спектров отражения образцов базальтов и вулканической лавы в видимой и частично в ближней ИК-области для сравнения их со спектрами астероидов и метеоритов.

## МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЙ

В наших исследованиях использовался малогабаритный монохроматор МУМ с вогнутой дифракционной решеткой с дисперсией 3–4 нм/мм. В качестве приемного устройства использовалось фотоспротивление с чувствительностью в области 400–900 нм. Использовалась методика физического моделирования блеска космических объектов, разработанная ранее на обсерватории РГУ имени С. А. Есенина [3, 15, 16].

Измерения спектров рассеяния образцов метеоритов, базальтов, лавы и стандартной поверхности проводились по методике, использованной ранее при постановке экспериментов по физическому моделированию фотометрических и спектральных характеристик поверхностей ИСЗ и астероидов.

Измерения проводились в системе координат, связанной с исследуемой поверхностью (рис. 1). Здесь  $S$  и  $N$  – источник (имитирующий Солнце) и приемник (наблюдатель) излучения;  $\phi_S$  и  $\phi_N$  – широты источника и приемника;  $\Delta\theta$  – разность их долгот;  $\mathbf{n}$  – нормаль к исследуемой поверхности.

Представленные результаты получены для случая расположения осветителя и приемника на меридиане системы, когда  $\Delta\theta = 0$ , а фазовый угол  $\varphi = \phi_S - \phi_N$ .

Все измерения проводились при фазовом угле  $\varphi = 20^\circ$  для исключения эффекта оппозиции, который весьма заметен для пористых поверхностей.

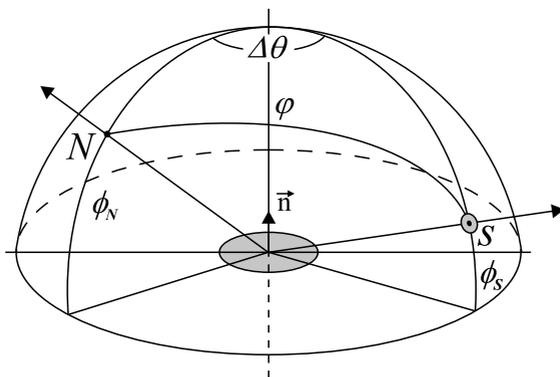


Рис. 1. Система координат, связанная с исследуемой поверхностью

Стандартная поверхность  $\text{BaSO}_4$  имеет геометрическое альbedo, близкое к 1 в видимой области, и ортотропный характер рассеяния света. Поэтому спектральные коэффициенты яркости исследуемой поверхности, полученные относительно этого стандарта, можно считать близкими к ее спектральному альbedo.

24

Из законов рассеяния излучения диффузными поверхностями известно, что поток, попадающий в приемник излучения, пропорционален яркости поверхности в наблюдаемой площадке. Для случая, реализованного в наших измерениях в системе координат (рис. 1), это выразится как:

$$d\Phi(\lambda) = b(\lambda) \sin \phi_N d\omega dS, \quad (1)$$

где  $b(\lambda)$  и  $dS$  – яркость и площадь освещенной площадки,  $d\omega$  – телесный угол объектива приемного устройства, под которым он виден с образца поверхности.

Если теперь регистрируется поток  $d\Phi_0$  от какого-либо ортотропного (рассеивающего по закону Ламберта) стандартного образца плоской поверхности, поставленной в такие же условия видимости, то:

$$d\Phi_0 = b_0(\lambda) \sin \phi_N d\omega dS, \quad (2)$$

откуда:

$$b(\lambda) = b_0(\lambda) \frac{d\Phi(\lambda)}{d\Phi_0(\lambda)}. \quad (3)$$

Следует отметить, что полученные в (3) значения  $b(\lambda)$  характеризуют спектральную яркость образца в направлении, в котором производятся измерения (характеризуемом углами  $\phi_S, \phi_N, \Delta\theta$ ), то есть фактически индикатрису рассеяния  $b_\lambda(\varphi)$ .

Поскольку измерения проводились относительно баритового экрана с почти ортотропной поверхностью (тщательно определенной индикатрисой рассеяния) и геометрическим альбедо  $a_0(\lambda)$ , близким к 1 в области 400–800 нм, яркость  $b(\lambda)$ , приведенная к нормальным углам падения и рассеяния, будет характеризовать спектральное геометрическое альбедо  $a(\lambda)$  исследуемой поверхности. Альбедо поверхности в области длин волн  $(\lambda_1, \lambda_2)$  найдется как:

$$a = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} a(\lambda) d\lambda. \quad (4)$$

Ошибки единичных измерений изменялись в пределах от 5% в середине спектрального интервала до 20% по его краям.

Результаты измерений сглаживались полиномами различных степеней с погрешностью не хуже 10% их максимальных значений.

Описанная методика применялась для получения индикатрис рассеяния и определения спектрального альбедо диффузных поверхностей.

## МЕТЕОРИТЫ И БАЗАЛЬТЫ

На рис. 2 слева приведен внешний вид образцов земных базальтов, представленных в коллекции минералов профессора В. А. Кривцова РГУ имени С. А. Есенина:

- 1) базальт, Азатап, Армения;
- 2) долерит, Ереван, Армения;
- 3) габбро оливинное, Рудня Шляховая, Украина;
- 4) базальт нефелиновый, Приморье, РФ [2, 17].

На рис. 2 справа – образцы вулканической лавы, собранные сотрудником ГАИШ О. Егоровым в кальдере вулкана Тейде, о. Тенерифе. Эта лава относится к кислым базальтовым лавам и имеет цвет от почти черного до светло-серого. Она типична для подобных вулканов и содержит ряд химических элементов, например серу. Поверхность покрыта вмятинами от пузырьков воздуха, что вполне имитирует покрытую кратерами поверхность безатмосферных тел Солнечной системы.

Мы исследовали видимые спектры хондритов, составляющих большинство метеоритов, попадающих на Землю. Метеориты *H5 Sierra Gorda 008* (рис. 3, слева), *H5 Sierra Gorda 007*, *H5 Calate 015* и *L6 Calama 022* (рис. 4) найдены в 2016–2018 гг. в пустыне Атакама, провинция Антофагаста, Чили, и любезно предоставлены нам известным российским исследователем метеоритов Т. Крячко. Хондрит *L6 Ozerki* (рис. 3, справа) найден в Липецкой обл., Россия, научным сотрудником Института астрономии РАН А. Карташевой.

На метеорите *Ozerki* хорошо видна темная кора, образовавшаяся в результате его горения при падении в атмосфере. Внутренняя часть типична для обыкновенных хондритов [20].

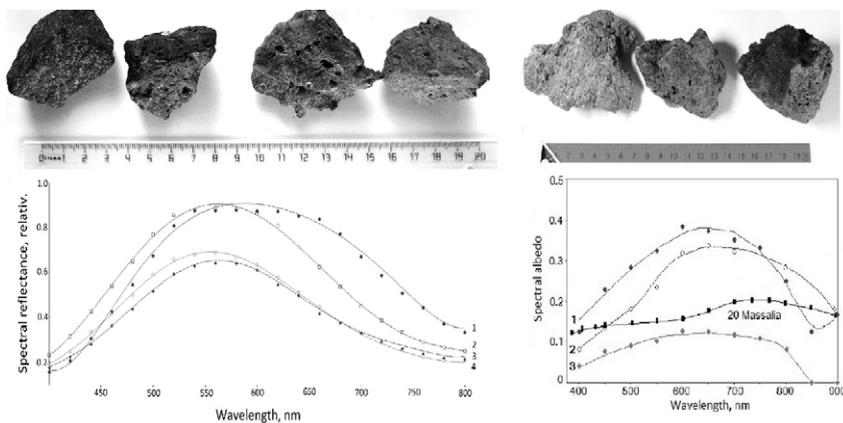


Рис. 2. Отражательные спектры в видимой области земных базальтов (слева) и вулканической лавы (справа)

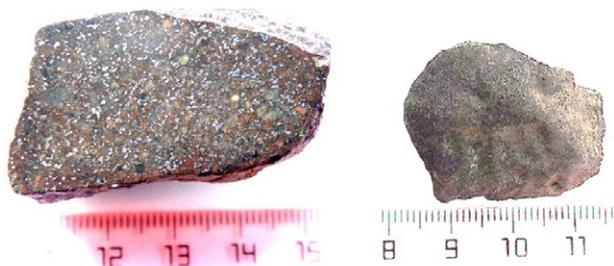


Рис. 3. Метеориты H5 Sierra Gorda 008 и L6 Ozerki



Рис. 4. L6 Calama 022, H5 Sierra Gorda 007 и H5 Calate 015

Все представленные метеориты относятся к обыкновенным хондритам *H5* с повышенным содержанием железа и относительно небольшим процентом его оксидов (*H5 Sierra Gorda 007, 008* и *Calate 015*) и к *L6* (*Ozerki, Calama 022*) – с более высоким содержанием оксида железа при минимальном содержании железа.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Спектры всех базальтов весьма близки, имеют максимум в желто-зеленой области спектра и намечающуюся депрессию в красной области. Их максимум сдвинут в более короткую область по сравнению со спектрами как лавы, так и хондритов.

Спектральные кривые образцов лавы имеют избыток излучения в области 600–750 нм и полосу поглощения в области  $\lambda > 800$  нм, обусловленную наличием, скорее всего, серы (рис. 2).

Спектр каменного S-астероида *20 Massalia*, приведенный здесь же для сравнения, имеет избыток в красной области, а в дальнейшем – полосу поглощения в красной ближней инфракрасной области  $\lambda > 900$  нм [13].

На рис. 5 представлены полученные нами спектры метеоритов из пустыни Атакама, метеорита *Ozerki* и лавы [8–11; 17, 18].

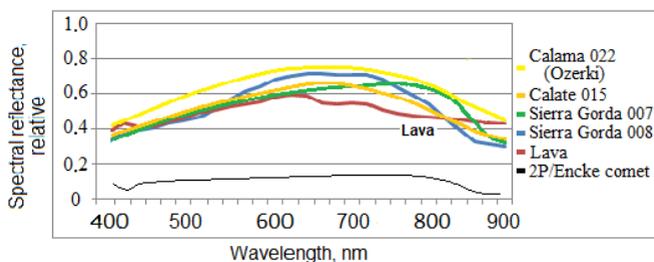


Рис. 5. Спектры метеоритов из пустыни Атакама, метеорита *Ozerki*, лавы, ядра кометы Энке

Они обладают схожими со спектрами базальтов и каменных астероидов особенностями. Приведенные результаты близки к многочисленным данным, полученным разными исследователями. Подобные спектры были обнаружены практически у всех обыкновенных хондритов [23].

Область максимального отражения лежит в визуальной и красной областях спектра, спектральное альbedo как представленных хондритов, так и природных базальтов и лавы мало отличаются друг от друга (табл. 1). Для сравнения здесь представлены данные об отражательной способности кометы Энке [21], которая близка к альbedo очень темных углистых хондритов, но заметно отличается от альbedo хондритов и базальтов.

Таблица 1. Спектральные коэффициенты отражения

	Длина волны максимального отражения, нм	Максимум спектрального отражения, отн.
<i>Sierra Gorda 007</i>	750–800	0,65
<i>Sierra Gorda 008</i>	600–750	0,70
<i>Ozerki</i>	650–750	0,75
<i>Calate 015</i>	600–700	0,70
<i>Calama 022</i>	650–750	0,75
<i>Базальты</i>	550–650	0,85
<i>Лава</i>	600–700	0,60
<i>Комета Энке</i>	750–800	0,15

На рис. 6 представлены полученные нами на спектрофотометре СФ-56 (ЛОМО, Россия) в режиме диффузного отражения спектры хондритов *H5 Sierra Gorda 007* и *L6 Calama 022* в видимом и ближнем ИК-диапазоне.

Здесь хорошо видны полосы поглощения в ближней ИК-области  $0,7 \div 1,2$  мк, отсутствующие в спектре железных метеоритов.

Эти полосы поглощения являются индикатором поверхностей, содержащих силикаты, к которым относятся S-астероиды и каменные метеориты и метеороиды

Кроме того, наличие таких полос может позволить оценить возраст космического тела.

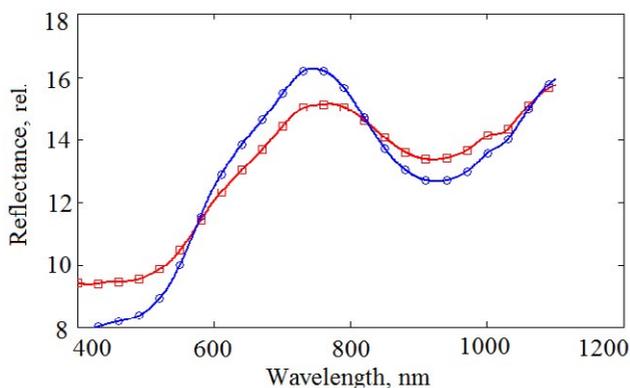


Рис. 6. Видимые и ближние ИК-спектры хондритов *H5 Sierra Gorda 007* (красные квадраты) и *L6 Calama 022* (синие кружки)

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Нами были проанализированы данные по спектрам S-астероидов, полученные из наблюдений, и экспериментальные данные по спектрам каменных метеоритов. В результате анализа выделены области на плоскости «длина волны – альbedo», которые занимают их поверхности (рис. 7).

Здесь представлены в относительных величинах области, которые занимают на плоскости «длина волны – отражательная способность» S-астероиды, а также близкие к нормальным хондритам CO и черные CV хондриты, и H, L и LL хондриты [23, 24].

Все полученные нами спектры – базальты, лава, метеориты – попадают в зону H-хондритов, включая *L6 Calama*. В видимой и ближней ИК-области спектры H и L хондритов практически сливаются, все исследованные объекты имеют одинаковый максимум в видимой области и широкую полосу поглощения в ближней ИК-области. В общем спектры всех базальтовых пород тел Солнечной системы достаточно близки друг к другу [1], что указывает на общность происхождения планет и малых тел при образовании Солнечной системы. Процесс воздействия условий космического пространства для них, так же как и для Луны, вызывает покраснение и потемнение поверхности астероидов Q-типа с нейтральным наклоном, приближая их спектр к спектру астероидов S-типа [13].

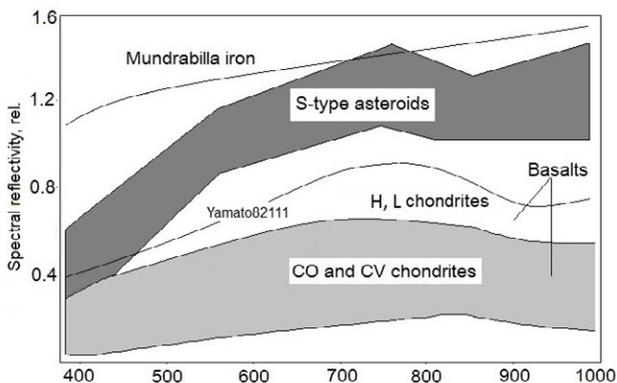


Рис. 7. Зоны спектральных яркостей каменных астероидов и метеоритов. Для сравнения – спектр металлического метеорита *Mundrabilla* (падение в западной Австралии, 1911 г.) и спектр каменного метеорита *Yamato82111* (Антарктида, 1982) [13]

Таким образом, изучение спектров астероидов и сравнительный анализ спектров астероидов и метеоритов могут дать возможность не только определить минералогический состав первых, но и оценить время воздействия на астероиды космических факторов. Это приводит к оценке

времени образования тел Солнечной системы и эволюции малых тел Солнечной системы.

### Список литературы

1. Демидова С. И., Бадюков Д. Д. Особенности состава внеземных базальтоидов Солнечной системы с точки зрения наук об экзопланетах (краткая сводка) // Геохимия. – 2023. Т. 68, № 5. – С. 437–453.
2. Муртазов А. К., Ефимов А. В. Сравнение спектров базальтов со спектрами каменных астероидов и метеоритов // Экологический вестник научных центров ЧЭС. – 2017. № 4. Вып. 2. – С. 117–123.
3. Муртазов А. К., Миронов В. В., Бодрова И. В. Физико-математическое моделирование в оптическом мониторинге космических объектов. Монография. – Рязань: Изд. Book Jet (ИП Коняхин А. В.), 2021. – 218 с.
4. Busarev V. V. New reflectance spectra of 40 asteroids: A comparison with the previous results and an interpretation. *Solar system research*. 2016. Vol. 50. Pp. 13–23.
5. Chapman D., Morrison B., Zellner B. Surface properties of asteroids: A synthesis of polarimetry, radiometry, and spectrophotometry. *Icarus*. 1975. V. 25. P. 104–130.
6. Cloutis E. A., Hiroi T., Gaffey M. J., Alexander C.M.O'D, Mann P. Spectral reflectance properties of carbonaceous chondrites: 1. CI chondrites. *Icarus*. 2011. V. 212. P. 180–209.
7. Coulson K. L., Reynolds D. W. The spectral reflectance of natural surfaces. *Journal of applied meteorology*. 1971. Vol. 10. P. 1285–1295.
8. Efimov A. V., Kartashova A. P., Murtazov A. K. Visual spectrum of chondrite L6 Ozerki. *Meteoritics & Planetary Science*. 2019. Vol. 54, Issue S2, p. A100.
9. Efimov A. V., Murtazov A. K., Zhabin V. S. Visual spectrum of ordinary chondrite H5 Sierra Gorda 008. *Meteoritics & Planetary Science*. 2021. Vol. 56, Issue S1, p. A74.
10. Efimov A. V., Murtazov A. K., Zhabin V. S. Visual spectra of some chondrites from the Atacama Desert. *Meteoritics & Planetary Science*. 2022. Vol. 57, Issue S1, p. A26.
11. Efimov A. V., Murtazov A. K., Zhabin V. S. Comparison of chondrites and terrestrial basalts visual spectra. *Meteoritics & Planetary Science*. 2023. Vol. 58, Issue S1, p. A76.
12. Gritsevich M., Hakala T., Peltoniemi J., Paton M., Stenman J. and Lutinen A. Bidirectional reflectance measurements of meteorites acquired by FGI's field goniospectrometer. *Proceedings of the IMC, La Palma*, 2012. P. 205–209.

13. *Hiroi T., Bell J. F., Takeda H. and Pieters C. M.* Modeling of S-type asteroid spectra using primitive achondrites and iron meteorites. *Icarus*. 1993. Vol. 102. Pp. 107–116.
14. *Johnson T. V., Fanale F. P.* Optical properties of carbonaceous chondrites and their relationship to asteroids. *Journal of geophysical research*. 1973. Vol. 78(2). P. 8507–8518.
15. *Murtazov A. K.* Physical simulation of space objects' spectral characteristics for solving the reverse problem of their photometry. *American Journal of Modern Physics*. – Science PG, 2013, Vol 2(n 6). – Pp. 282–286.
16. *Murtazov A. K.* Physical simulation of asteroid and artificial Earth satellite surface optical properties. *Astronomical&Astrophysical Transactions*. 2016. V. 29. P. 519–528. NASA-ADS bibcode: 2016A&AT...29..519M
17. *Murtazov A.* Measuring of Some Basalts Spectra with the Comparison of the Metal Meteorite Spectrum. *Meteoritics&Planetary Science*. 2018. Vol. 53, Issue S1, p. A 218.
18. *Murtazov A. K., Efimov A. V., Zhabin V. S.* Investigations of some chondrites and terrestrial basalts visual spectra. "Minerals: Structure, Properties, Methods of Investigation". Proceedings of the 12th All-Russian Youth Scientific Conference. Ekaterinburg, 2021, n 12. Pp. 111–113.
19. *Oetking P.* Photometric Studies of Diffuse Reflecting Surfaces with Applications to the Brightness of the Moon. *Journal of Geophysical Research*. 1966. V. 71. P. 2505–2513.
20. *Sharygin V. V.* Ni-rich metal-sulfide globules in fusion crust of L6 chondrite Ozerki, Lipetskaya oblast: preliminary data. In: 18th Russian conference on fluid inclusions at Moscow. 2018, September.
21. *Tanbakouei S., Trigo-Rodríguez J. M., Blum J., Williams I. and Llorca J.* Comparing the reflectivity of ungrouped carbonaceous chondrites with those of short-period comets like 2P/Encke. *Astronomy&Astrophysics* 2020. V. 641, A58. 7 pp.
22. *Tholen D. J., Barucci M. A.* Asteroid taxonomy. In: *Asteroids II* (R. P. Binzel, et al., eds.), Univ. of Arizona, Tucson. 1989. pp. 298–315.
23. *Trigo-Rodríguez J. M., et al.* UV to far-IR reflectance spectra of carbonaceous chondrites. I. Implications for remote characterization of dark primitive asteroids targeted by sample-return missions. *MNRAS*. 2013. 27 pp.
24. *Vernazza P., et al.* Compositional differences between meteorites and near-Earth asteroids. *Nature*. 2008. V. 454. Pp. 858–860.

# ВИЗУАЛЬНО-ДВОЙНЫЕ ЗВЕЗДЫ ПУЛКОВСКОЙ ПРОГРАММЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОРБИТЫ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ GAIA DR3



Л. Г. Романенко



ГАО РАН

**Аннотация.** К 2025 году мы подготовили Пулковский каталог орбит, полученных для 65 визуально-двойных и кратных звезд методом параметров видимого движения. Данные звезды (с периодами обращения в несколько сотен и тысяч лет) мало исследованы, при этом они часто являются внешними парами кратных систем. В приложении к нашему каталогу для каждой звезды представлены подробные комментарии и графическое сравнение с современными наблюдениями. В результате это приложение можно считать справочником по широким парам кратных звезд в окрестности Солнца (от 3,5 до 80 парсек). В настоящей работе на примере 4 звезд показаны ПВД-орбиты, полученные на основе данных Gaia DR3 для объектов каталога (Пулковской программы исследований).

**Ключевые слова:** визуально-двойные звезды, орбиты по коротким дугам.

32

---

## VISUAL BINARY STARS OF PULKOVO PROGRAM AND THEIR ORBITS ON THE BASIS OF GAIA DR3 DATA



L. Romanenko



The Central Astronomical Observatory of the RAS at Pulkovo

**Annotation.** By 2025, we prepared the Pulkovo Catalog of Orbits obtained for 65 visual binary and multiple stars using the Apparent Motion parameters method. These stars (with orbital periods of several hundred and thousand years) are poorly studied, while they are often outer pairs of multiple systems. The Appendix to our Catalog provides detailed comments and a graphical comparison with modern observations for each star. Thus, this Appendix can be considered as a reference book on wide pairs of multiple stars in the solar neighborhood (from 3.5 to 80 parsecs). In this paper, using 4 stars as an example, we show the AMP orbits obtained based on Gaia DR3 data for the Catalog objects (of the Pulkovo Research Program).

**Key words:** visual binary stars, short-arc orbits.

## ВВЕДЕНИЕ

Динамическое исследование двойных звезд в окрестности Солнца необходимо для уточнения масс и верификации других астрофизических соотношений. Кроме того, в своей работе [1] А. А. Токовинин отметил, что «большинство обзоров (если не все) рассчитаны на одиночные звезды; наличие одного или нескольких дополнительных компонентов влияет на алгоритмы для одиночных звезд и приводит к систематическим и случайным ошибкам, иногда значительным».

Широкие, медленно обращающиеся двойные звезды являются малоизученными объектами, так как с момента их открытия до настоящего времени (около 200 лет) наблюдения охватывают малую дугу орбиты. Однако такие звезды могут оказаться внешними парами еще не открытых кратных систем. Эти кратные системы могут предоставить важную информацию по таким темам, как формирование звездных систем, звездная эволюция и динамика галактики.

Метод параметров видимого движения (ПВД) позволяет определить орбиту двойной звезды с периодом более 500 лет по короткой наблюдаемой дуге, если позиционные наблюдения дополнить данными из литературы о тригонометрических параллаксах, массах и относительной лучевой скорости компонентов.

В 2022 году мы опубликовали в статье [2] орбиты, полученные группой А. А. Киселева методом ПВД за последние 40 лет. Среди них были получены первые орбиты для 6 пар визуально-двойных звезд и улучшены ПВД-орбиты 20 пар по данным Gaia DR2 [3].

В настоящее время в каталогах Gaia DR2 [3] и Gaia DR3 [4] с высокой точностью получены положения, собственные движения, параллаксы и лучевые скорости миллиардов звезд. Есть среди них и данные для компонентов многих двойных звезд Пулковской программы. Кроме того, лучевые скорости некоторых из наших звезд есть также в Каталоге неединичных звезд (NSS) Gaia DR3 [5]. Отметим, что в NSS представлены орбиты с периодами до 8 лет. По данным Gaia, на один момент времени методом ПВД можно получить семейство орбит. Для выявления единственного решения необходимо привлечь архивные данные из каталога WDS [6].

Мы проанализировали данные Gaia DR3 [4, 5] для визуально-двойных и кратных звезд Пулковской программы. Для 45 из 69 пар звезд ПВД-орбиты удалось получить по этим данным. В 20 случаях квазимгновенное движение, по данным Gaia, противоречит среднему движению по общемировым наблюдениям. Возможная причина – присутствие внутренней подсистемы. В этих случаях мы использовали лучевые скорости по данным из литературы, а основой исследований стали ряды фотографических и/или ПЗС-наблюдений на 26-дюймовом рефракторе Пулковской обсерватории и параллаксы Gaia DR3.

Получен каталог [7], в котором представлены результаты определения ПВД-орбит 69 широких пар визуально-двойных и кратных звезд (входящих

в 65 систем). Разработана единая программа вычислений элементов орбит, их ошибок, эфемерид и ориентации орбит в галактической системе координат.

## ПВД-ОРБИТЫ ДВОЙНЫХ ЗВЕЗД ПУЛКОВСКОЙ ПРОГРАММЫ

В приложении к нашему каталогу для каждой звезды представлены подробные комментарии и графическое сравнение с современными наблюдениями. Файлы приложения и таблицы каталога можно скачать в системе астрометрических баз данных Пулковской обсерватории на сайте <http://izmccd.puldb.ru/vds.htm>. На этом же сайте представлена также выборка данных Gaia DR3, необходимых для применения метода ПВД к объектам каталога, в виде таблицы А. На рис. 1–4 мы представляем некоторые результаты определения орбит из каталога [7] в виде графиков, подробно – в приложении на указанном сайте.

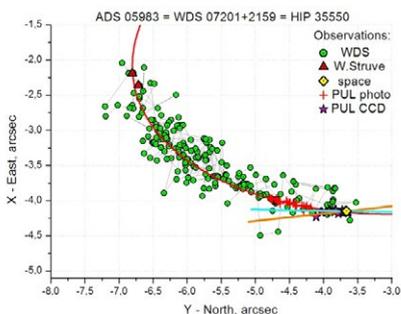


Рис. 1а

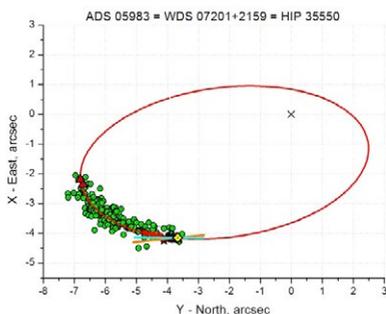


Рис. 1б

ADS 5983 ( $\delta$  Gem), наблюдения и орбиты.

Обозначения: красная линия – ПВД-орбита ([7], период  $P = 632$  года), оранжевая и голубая прямые – движение по данным Gaia DR2 на момент 2015.5 и Gaia DR3 на момент 2016.0 (идут под углом к общемировым наблюдениям, проявление спутника с периодом 6 лет)

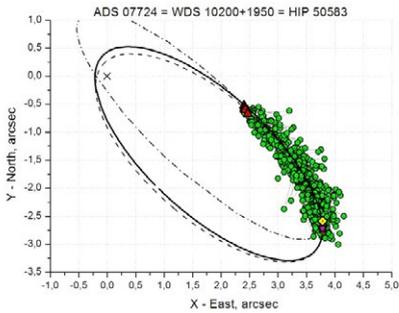


Рис. 2а

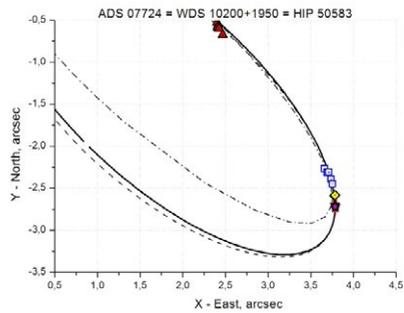


Рис. 2б

ADS 7724 ( $\gamma$  Leo), наблюдения и орбиты.

Обозначения: черная линия и штриховая – ПВД-орбиты ([7],  $P = 553$  года, сумма масс компонентов  $\Sigma M = 5,5$  масс Солнца), полученные по фотографическим наблюдениям (Пулково + Вашингтон, синие квадраты), штрихпунктирная линия – орбита Мейсона и др. ([8]  $P = 510$  лет, но  $\Sigma M = 16,6$  масс Солнца!), данные Gaia DR2 и Gaia DR3 – отсутствуют, желтый ромб – наблюдения Гиппаркос

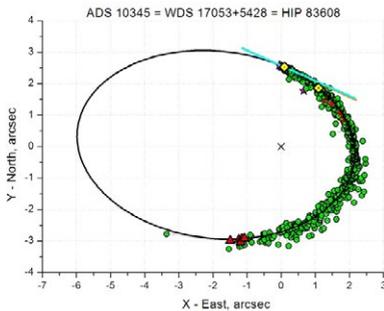


Рис. 3а

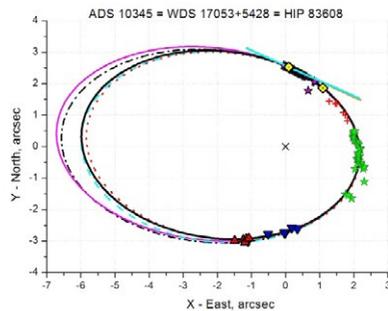


Рис. 3б

ADS 10345 ( $\mu$  Dra), наблюдения и орбиты.

Обозначения: черная линия – ПВД-орбита ([7],  $P = 719$  лет), полученная по данным Gaia DR3, оранжевая и голубая прямые – движение по данным Gaia DR2 на момент 2015.5 и Gaia DR3 на момент 2016.0 (совпадают между собой и соответствуют общемировым наблюдениям), остальные линии – орбиты других авторов с периодами 700–800 лет.

Все орбиты хорошо описывают наблюдения

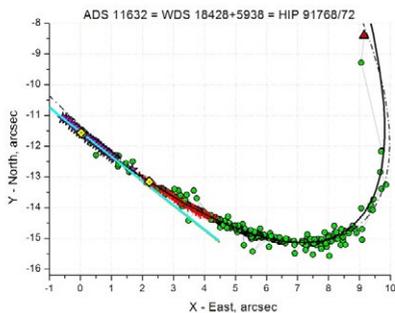


Рис. 4а

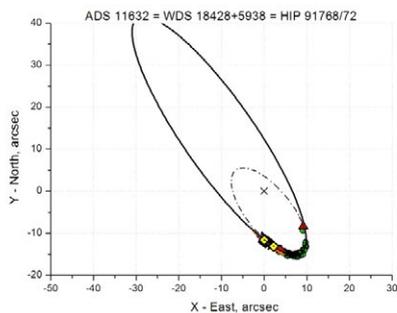


Рис. 4б

*ADS 11632, наблюдения и орбиты.*

*Обозначения: черная линия – ПВД-орбита ([7],  $P = 1753$  года), полученная по данным Gaia DR3, оранжевая и голубая прямые – движение по данным Gaia DR2 на момент 2015.5 и Gaia DR3 на момент 2016.0 (совпадают между собой и соответствуют общемировым наблюдениям), штрихпунктирная линия – орбита Хейнца ([9],  $P = 408$  лет, расходится с современными наблюдениями). Орбиты других авторов имеют большой разброс периодов – от 294 до 2500 лет*

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наши динамические исследования [2, 7] показали:

- при предполагаемых периодах от 400 до 1000 лет известные орбиты визуально-двойных звезд должны быть пересмотрены, так как они могут расходиться с современными наблюдениями и/или давать завышенные оценки масс;
- при периодах более 1000 лет возможно получение только предварительных орбит с использованием методов определения по положению и скорости (метода ПВД);
- для широких пар звезд наземные плотные однородные ряды наблюдений (такие как Пулковские) остаются актуальными;
- орбиты ярких звезд (до 4-й звездной величины, таких как  $\gamma$  Leo) не могут быть улучшены без новых высокоточных космических параллаксов;
- орбиты с периодами более 1000 лет, которые включены в наш каталог, в настоящий момент являются самыми надежными, но в дальнейшем могут улучшаться по мере появления новых, более точных наблюдений.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № «Космометрия»).

## Список литературы

1. *Nazor D. and Tokovinin A. Orbits and masses in two triple systems // MNRAS. – V. 535. – P. 976–981 (2024).*
2. *Романенко Л. Г., Кияева О. В., Измайлов И. С., Шахт Н. А., Горшанов Д. Л. Орбиты визуально-двойных и кратных звезд, полученные методом параметров видимого движения в течение последних 40 лет // Изв. Главн. астрон. обс. в Пулковке. – № 227. – С. 146–158 (2022).*
3. *Gaia Data Release 2. Summary of the contents and survey properties / A. G. A. Brown, A. Vallenari, T. Prusti, J. H. J. de Bruijne, C. Babusiaux, et al. // Astronomy and Astrophysics v.616, p. A1-A1 (2018).*
4. *Gaia Data Release 3. Gaia Collaboration (2022). Gaia DR3 Part 1. Main source. VizieR Online Data Catalog, I/355.*
5. *Gaia Collaboration (2022). Gaia DR3 Part 3. Non-single stars. VizieR Online Data Catalog, I/357.*
6. *Mason B. D., Wycoff G. L. and Hartkopf W. I. The Washington Visual Double Star Catalogue (Washington: US Naval Observatory, <http://ad.usno.navy.mil/wds/wds.html>, 2016).*
7. *Романенко Л. Г., Кияева О. В., Измайлов И. С., Шахт Н. А., Горшанов Д. Л. Пулковский каталог орбит, полученных для визуально-двойных и кратных звезд методом параметров видимого движения // Астрон. журн. – Т. 101. В печати (2025).*
8. *Mason, W. I. Hartkopf, et al. Speckle interferometry at the US naval observatory. XII // Astron. J. – V. 132. – P. 2219–2230 (2006).*
9. *Heintz W. D. The red-dwarf binary  $\Sigma$  2398. – PASP. – V. 99. – P. 1084–1088 (1987).*

# КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ВНУТРЕННЕЙ ЭНЕРГИИ ПЛАНЕТ-ГИГАНТОВ И ЭВОЛЮЦИИ ИХ ОСНОВНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

 Ю. П. Филиппов

 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С. П. Королева»

 В. А. Пашина

 Государственное автономное общеобразовательное учреждение Самарской области «Самарский лицей информационных технологий (Базовая школа РАН)»

**Аннотация.** В настоящей работе предложена оригинальная методика определения поверхности баланса энергий в атмосфере планеты. Строго математически доказано существование как минимум у Юпитера, Сатурна, Нептуна источников внутренней энергии. При этом самым мощным источником обладает Юпитер. В случае Юпитера и Сатурна основным источником внутренней энергии является их гравитационное сжатие. В случае ледяных гигантов таким источником могут быть также радиоактивные распады тяжелых элементов в их ядрах. Показано, что в настоящее время при определенных условиях тела ледяных гигантов могут испытывать не только сжатие, но и даже расширение!

**Ключевые слова:** планета-гигант, гравитационное сжатие, внутренняя энергия, скорость изменения физической величины, температура.

---

## A QUANTITATIVE ANALYSIS OF THE INTERNAL ENERGY MAIN SOURCES OF THE GIANT PLANETS AND THE EVOLUTION OF THEIR BASIC PHYSICAL PARAMETERS

 J. Philippov

 Samara National Research University

 V. Pashina

 Samara Lyceum of Information Technologies (Base School of RAS)

**Annotation.** In this paper, the original method for determining the energy balance surface in the planet's atmosphere has been proposed. It is strongly proved that Jupiter, Saturn, and Neptune have the sources of internal energy and Jupiter has the most powerful source. In the case of Jupiter and Saturn, the main source of internal energy is their gravitational compression. In the case of ice giants, this source can also be radioactive decays of heavy elements in their nuclei. It is shown that at present under certain conditions the bodies of ice giants can experience not only compression, but even expansion!

**Key words:** giant planet, gravitational compression, internal energy, rate of change of physical quantity, temperature.

---

## ВВЕДЕНИЕ

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ. С древнейших времен человечество задавалось вопросом существования внеземной жизни. В настоящее время многие астрономы уверены, что ее обнаружение – это лишь вопрос времени. Для существования жизни на основе углерода необходимы молекулярный кислород и жидкая вода. Именно поэтому спутник Юпитера – Европа – является приоритетным объектом для поиска внеземной жизни. Вся ее поверхность является сплошной корой из водяного льда, под которой находится океан жидкой воды [1]. Кроме того, у спутника обнаружена разреженная кислородная атмосфера.

Согласно современным моделям эволюции Солнца [2] и земной атмосферы [3], условия для существования жизни на Земле с течением времени будут ухудшаться. По самым оптимистичным оценкам, жизни на Земле отпущено не более 800 млн лет! Эти факты явно указывают на фундаментальную проблему поиска новых мест поселения человечества. Как показывают расчеты, таким местом на протяжении нескольких сотен миллионов лет может стать Тритон – крупнейший спутник Нептуна.

Указанные выше фундаментальные проблемы будущим поколениям людей придется решать совместно в силу их тесной взаимосвязи. Фокус их внимания, очевидно, будет сосредоточен на спутниках планет-гигантов. Добыча полезных ископаемых и поиск внеземной жизни возможны лишь в результате активного освоения этих спутников человеком. Это требует использования мощных источников энергии. Энергия электромагнитного излучения Солнца видится малоперспективной в силу значительной удаленности планет-гигантов от Солнца. Современные исследования показывают [4], что планеты-гиганты обладают мощными источниками внутренней энергии. Использование последней может удовлетворить все энергетические потребности будущих космических миссий к данным спутникам. В связи со сказанным главной целью настоящей работы является количественный анализ основных источников внутренней энергии планет-гигантов и эволюции их основных физических параметров.

## ДОКАЗАТЕЛЬСТВО СУЩЕСТВОВАНИЯ ИСТОЧНИКОВ ВНУТРЕННЕЙ ЭНЕРГИИ У ПЛАНЕТ-ГИГАНТОВ

Рассмотрим задачу об определении средней эффективной температуры верхней части атмосферы планеты-гиганта. Будем полагать, что планета располагается на гелиоцентрическом расстоянии  $r_p$  от Солнца. С использованием уравнения энергетического баланса, закона Стефана-Больцмана для абсолютно черного тела (АЧТ), земной болометрической солнечной постоянной ( $f_{\odot}$ ), сферического альbedo ( $A_S$ ), представим эффективную температуру поверхности АЧТ ( $T_{eff}$ ) в виде:

$$T_{eff} = \sqrt[4]{\frac{f_{\odot}(1 - A_S)}{4\sigma}} \sqrt{\frac{a_{\oplus}}{r_p}}$$

Заметим, что величина  $T_{eff}$  может изменяться в результате изменения двух феноменологических параметров: сферического альbedo  $A_S$  и гелиоцентрического расстояния  $r_p$ . Изменением величины  $A_S$  будем пренебрегать. Изменения гелиоцентрического расстояния  $r_p$  являются строго периодическими и обусловлены орбитальным движением планеты вокруг Солнца:  $a_p(1 - \varepsilon_p) \leq r_p \leq a_p(1 + \varepsilon_p)$ , где  $a_p$ ,  $\varepsilon_p$  – большая полуось и эксцентриситет эллиптической орбиты планеты. Зависимость  $T_{eff}(r)$  является сильной гиперболической. Среднее значение эффективной температуры поверхности планеты и величины ее отклонения от среднего есть:

$$\bar{T}_{eff} = B \sqrt{\frac{a_{\oplus}}{r_p}}, T_{eff}^{(max)} = B \sqrt{\frac{a_{\oplus}}{a_p(1 - \varepsilon_p)}}, T_{eff}^{(min)} = B \sqrt{\frac{a_{\oplus}}{a_p(1 + \varepsilon_p)}},$$

$$B = \sqrt[4]{\frac{f_{\odot}(1 - A_S)}{4\sigma}}, \Delta T_{eff}^{(max)} = T_{eff}^{(max)} - \bar{T}_{eff}, \Delta T_{eff}^{(min)} = \bar{T}_{eff} - T_{eff}^{(min)}.$$

Выполним численный анализ результатов. Значения больших полуосей ( $a_p$ ) и эксцентриситетов ( $\varepsilon_p$ ) орбит планет-гигантов, их сферических альbedo и эффективных температур «поверхности» ( $\bar{T}_{eff}$ ) представлены в столбцах 2–5 таблицы 1. В столбцах 6–7 той же таблицы представлены экспериментальные значения температуры атмосфер планет-гигантов на уровнях, где давление атмосферного газа принимает значения 1,0 бар ( $\bar{T}_{exp}^{(1)}$ ) и 0,1 бар ( $\bar{T}_{exp}^{(2)}$ ) соответственно.

Из сравнения значений температур очевидно, что в атмосферах всех рассматриваемых планет наблюдаются существенные перепады данного параметра, и потому неясно, какое значение температуры выбрать в качестве опорного для сравнения с теоретическим результатом.

Таблица 1. Основные параметры расчетов, определяющие значения эффективной температуры планет-гигантов, средних экспериментальных значений температуры их атмосфер

Планета	Юпитер	Сатурн	Уран	Нептун
$a_p$ , а. е.	5,204	9,573	19,165	30,178
$\varepsilon_p$	0,0487	0,0520	0,0469	0,0097
$A_S$	0,503	0,342	0,300	0,290
$\bar{T}_{eff}$ , К	102,4	81,0	58,2	46,5
$\bar{T}_{exp}^{(1)}$ , К	165,0	134,8	76,4	71,5
$\bar{T}_{exp}^{(2)}$ , К	113,5	83,4	53,2	51,8
$\bar{T}_{exp}^{(A)}$ , К	136,52	110,13	63,33	60,40
$\left(\bar{T}_{-\Delta T}^{(max)} + \Delta T^{(min)}\right)_{eff}^{(BB)}$ , К	122,01 $^{+3,08}_{-2,87}$	89,95 $^{+2,43}_{-2,25}$	63,58 $^{+1,55}_{-1,44}$	50,66 $^{+0,25}_{-0,24}$

Это порождает проблему определения положения некоторой эффективной «поверхности» в атмосфере планеты-гиганта, на которой значение температуры определяет полный поток излучения планеты. Решение данной проблемы рассмотрим на примере Земли. С использованием формул (1,1) – (1,3) и значения, интегрального сферического альбеда Земли, получаем численное значение эффективной температуры поверхности Земли:

$$\left(\bar{T}_{-\Delta T}^{(max)} + \Delta T^{(min)}\right)_{eff}^{(\oplus)} = 254,0_{-2,1}^{+2,1} \text{ К}$$

В работе [8] было строго математически показано, что среднее значение температуры тропосферы Земли в интервале давлений 0,1 ÷ 1,0 бар попадает в указанный интервал. Кроме того, здесь было показано, что профили зависимостей  $T(p)$  для Земли и всех планет-гигантов являются квазилинейными и подобными. Следовательно, данную методику определения температуры, соответствующей полному потоку ЭМИ, испускаемого атмосферой планеты, можно применить и в случае атмосфер всех планет-гигантов. Воображаемую сферическую поверхность, центр которой совпадает с центром планеты и в точках которой выполняется уравнение энергетического баланса, далее будем называть *поверхностью баланса энергий планеты (ПБЭП)*.

В табл. 1 (столбец 8) представлены средние значения модельно определенной температуры для атмосфер четырех планет-гигантов. Из сопоставления полученных значений  $\bar{T}_{exp}^{(A)}$  со значениями эффективной температуры АЧТ  $T_{eff}^{(BB)}$  следует, что  $\bar{T}_{exp}^{(A)}$  значительно выше  $T_{eff}^{(BB)}$  для Юпитера, Сатурна и Нептуна, полученных без учета их внутреннего источника энергии. Следовательно, у данных планет должен быть внутренний

источник энергии, сравнимый или превосходящий по мощности полный поток солнечного излучения, получаемого этими планетами от Солнца.

У Урана ситуация иная. Здесь  $T_{eff}^{(BB)}$  в пределах интервала возможных значений совпадает с  $\bar{T}_{exp}^{(A)}$ , что говорит о двух возможных сценариях:

- 1) у Урана имеется относительно маломощный источник внутренней энергии;
- 2) у данной планеты отсутствует внутренний источник энергии.

Таким образом, мы строго математически доказали, что как минимум у трех планет-гигантов определенно существует источник внутренней энергии.

## РАСЧЕТ ЗНАЧЕНИЙ МОЩНОСТЕЙ ИСТОЧНИКОВ ВНУТРЕННЕЙ ЭНЕРГИИ ПЛАНЕТ-ГИГАНТОВ И ИХ ДОЛЕЙ

Рассмотрим задачу об энергетическом балансе планеты-гиганта с учетом его источника внутренней энергии. С использованием уравнения ее энергетического баланса на уровне ПБЭП запишем мощность внутреннего источника энергии:

$$P_{int} = 4\pi R_p^2 \sigma (\bar{T}_{exp}^{(A)})^4 - I\pi R_p^2$$

Вычислим долю  $\eta$ , которую составляет мощность источника внутренней энергии планеты-гиганта от полного потока ЭМИ Солнца, падающего на нее:

$$\eta = \frac{P_{int}}{\Phi_{fall}} \times 100\% = \left( \frac{\Phi_{rad}}{\Phi_{fall}} - 1 \right) \times 100\% = \left( \left( \frac{\bar{T}_{exp}}{T_{eff}^{(BB)}} \right)^4 - 1 \right) \times 100\%$$

Таблица 2. Численные результаты основных параметров источников внутренней энергии планет-гигантов

Планета	Юпитер	Сатурн	Уран	Нептун
$\Phi_{fall}, \cdot 10^{15}$ Вт	$(7,516^{+0,792}_{-0,685}) \times 10^2$	$(1,529^{+0,172}_{-0,147}) \times 10^2$	$(7,430^{+0,749}_{-0,651})$	$(2,830^{+0,056}_{-0,054})$
$P_{int}, \cdot 10^{15}$ Вт	$(7,516^{+0,792}_{-0,685}) \times 10^2$	$(1,905^{+0,147}_{-0,172}) \times 10^2$	$(-1,137^{+6,508}_{-7,492}) \times 10^2$	$(2,887^{+0,054}_{-0,056})$
$\eta_{new}, \%$	$56,77^{+15,66}_{-14,90}$	$124,67^{+23,97}_{-22,75}$	$(-1,531)^{+9,45}_{-9,02}$	$102,0^{+3,94}_{-3,90}$
$\eta_{old}, \%$	$53[5]/60/66,8$ $\pm 8,5/113,2$ $\pm 5,1$	$78 \pm 9[6]/148$	$6 \pm 8[7]/0 \div 14$	$161 \pm 28$

В табл. 2 представлены значения доли  $\eta$ , потока  $\Phi_{fall}$  и мощности источника внутренней энергии  $P_{int}$ . Самым мощным источником энергии обладает Юпитер ( $4,284 \times 10^{17}$  Вт). Эта величина составляет 57% от полного

потока ЭМИ Солнца, падающего на планету. Рекордсменом по значению параметра  $\eta$  является Сатурн: недра данной планеты излучают за единицу времени в 1,24 раза больше энергии, чем планета получает от Солнца. Как видно из табл. 2, полученные результаты для Юпитера, Сатурна и Урана уверенно согласуются с результатами предшественников [5–7].

## РЕАКЦИИ РАДИОАКТИВНЫХ РАСПАДОВ СРЕДНИХ И ТЯЖЕЛЫХ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ КАК ИСТОЧНИК ВНУТРЕННЕЙ ЭНЕРГИИ ПЛАНЕТЫ-ГИГАНТА

Носителем радиоактивных изотопов в теле планет-гигантов может быть лишь их ядро. Самыми распространенными и мощными радиоактивными источниками энергии в земных недрах являются уран ( $^{238}_{92}\text{U}$ ), торий ( $^{232}_{90}\text{Th}$ ) и калий ( $^{40}_{19}\text{K}$ ). Полагая, что указанные выше радиоактивные элементы в ядрах планет-гигантов распределены равномерно с теми же массовыми долями (см. табл. 3), что и в случае Земли, можно записать полную тепловую мощность ядра планеты, обусловленную лишь радиоактивными распадами указанных химических элементов:

$$P_d = M_n \sum_{i=U,Th,K} (q_i * \eta_i),$$

где  $M_n$  – масса ядра планеты-гиганта. Из сопоставления полученных численных значений (см. табл. 4) для мощности  $P_d$  со значениями мощности внутренних источников энергии планет-гигантов (см. табл. 2) следует, что последний параметр в несколько раз превосходит  $P_d$  в случае Юпитера (6,47 раза) и Сатурна (4,23 раза). Следовательно, радиоактивные распады не могут быть основным источником внутренней энергии данных планет, но могут быть второстепенным.

Таблица 3. Основные радиоактивные элементы в теле Земли и их характеристики

Характеристика	$^{238}_{92}\text{U}$	$^{232}_{90}\text{Th}$	$^{40}_{19}\text{K}$
$q_i$ , Вт/кг	$9,78 \cdot 10^{-5}$	$2,63 \cdot 10^{-5}$	$3,55 \cdot 10^{-9}$
$\eta_i$	$2 \cdot 10^{-6}$	$7 \cdot 10^{-6}$	$1,8 \cdot 10^{-2}$

Ситуация иная в случае Урана и Нептуна. Так, для Нептуна мощность  $P_d$  составляет 110% от полной мощности  $P_{int}$ . Это объясняется либо существенно завышенным значением массы ядра Нептуна, либо истинные массовые доли радиоактивных элементов в ядре меньше использованных. Ситуация является еще более острой в случае Урана: здесь  $P_d$  от максимального значения  $P_{int}$  составляет 271%! Кроме того, величина  $P_d$  от потока

ЭМИ Солнца  $\Phi_{fall}$  составляет 19,6%. Но при столь значительной мощности  $P_d$  температура его атмосферы в равновесном состоянии должна быть существенно выше экспериментально определенной! Это означает, что либо мощность источника внутренней энергии является крайне малой или даже равна нулю, при этом планета находится в тепловом равновесии, либо планета не находится в механическом и тепловом равновесии и принимает от Солнца энергии больше, чем отдает в окружающее пространство, затратив часть солнечной и своей внутренней энергии, например, на собственное расширение.

## ГРАВИТАЦИОННОЕ СЖАТИЕ КАК ИСТОЧНИК ВНУТРЕННЕЙ ЭНЕРГИИ ПЛАНЕТЫ-ГИГАНТА. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ЕЕ ГРАВИТАЦИОННОГО СЖАТИЯ

Определим максимальное и минимальное значения скорости сжатия планеты-гиганта:

$$\dot{R}_{max} = -\frac{10}{3} \frac{R^2}{G M^2} P_{int}, \quad \dot{R}_{min} = -\frac{10}{3} \frac{R^2}{G M^2} (P_{int} - P_d)$$

Из табл. 4 очевидно, что наибольшими темпами сжатия обладает Сатурн: в случае чистого гравитационного сжатия величина скорости уменьшения радиуса достигает значения 3,64 мм/год! Второй планетой по темпам сжатия является Юпитер, максимальное значение модуля его скорости сжатия составляет 1,1 мм/год.

*Таблица 4. Значения минимальной и максимальной скоростей сжатия планет-гигантов Солнечной системы*

Планета	Юпитер	Сатурн	Уран	Нептун
$P_d$ , Вт	$6,625 \cdot 10^{16}$	$4,505 \cdot 10^{16}$	$1,458 \cdot 10^{15}$	$3,180 \cdot 10^{15}$
$\dot{R}_{min}$ , м/год	$-9,63 \cdot 10^{-4}$	$-2,84 \cdot 10^{-3}$	$1,26 \cdot 10^{-4}$	$2,21 \cdot 10^{-5}$
$\dot{R}_{max}$ , м/год	$-1,11 \cdot 10^{-3}$	$-3,64 \cdot 10^{-3}$	$-7,33 \cdot 10^{-5}$	$-2,71 \cdot 10^{-4}$

Ситуация является неоднозначной в случае Урана и Нептуна. Если полностью исключить вклад радиоактивных распадов в полную мощность источника внутренней энергии, то данные планеты могут иметь крайне медленное сжатие к центру: в случае Нептуна скорость сжатия может достигать величины 0,27 мм/год, а в случае Урана – 0,07 мм/год. Если учитывать вклад радиоактивных распадов в полную мощность генерации внутренней энергии, то за счет превосходства последних над мощностью их гравитационного сжатия, данные планеты в настоящее время должны расширяться, а не сжиматься, хотя и с очень низкими значениями скорости: в случае Нептуна – 0,02 мм/год, а в случае Урана – 0,13 мм/год.

## РАСЧЕТ СКОРОСТЕЙ ИЗМЕНЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ПАРАМЕТРОВ ПЛАНЕТЫ, ОБУСЛОВЛЕННЫХ ЕЕ ГРАВИТАЦИОННЫМ СЖАТИЕМ

Скорость изменения со временем усредненной по объему температуры планеты определяется в виде:

$$\frac{d\bar{T}}{dt} = \dot{T} = -\frac{3}{10} \frac{GM(\gamma-1)}{R\mathfrak{R}^2} \mathfrak{R}.$$

Скорости изменения ускорения свободного падения у поверхности планеты-гиганта, средней массовой плотности и давления планеты в центре:

$$\frac{dg}{dt} = \dot{g} = -2 \frac{GM}{\mathfrak{R}^3} \mathfrak{R}, \quad \frac{d\bar{\rho}}{dt} = \dot{\bar{\rho}} = -\frac{9}{4\pi} \frac{\mathfrak{M}}{\mathfrak{R}^4} \mathfrak{R}, \quad \frac{dp_c}{dt} = \dot{p}_c = -\frac{3}{2\pi} \frac{GM^2}{\mathfrak{R}^5} \mathfrak{R}.$$

Скорости изменения потоков падающего излучения от Солнца и испущенного поверхностью планеты:

$$\frac{d\Phi_{fall}}{dt} = \dot{\Phi}_{fall} = 2\pi f_{\odot} \left(\frac{a_{\Phi}}{r_p}\right)^2 \mathfrak{R} \mathfrak{R}, \quad \dot{\Phi}_{rad} = 8\pi \mathfrak{R} \sigma T_{eff}^3 \left(T_{eff} - \frac{3}{5} \frac{GM(\gamma-1)}{R\mathfrak{R}}\right) \mathfrak{R}.$$

Таблица 5. Значения скоростей изменения: усредненной по объему температуры  $\bar{T}$  планеты, ускорения  $\bar{g}$  свободного падения у поверхности планеты, средней массовой плотности  $\bar{\rho}$  тела планеты-гиганта

Планета	Юпитер	Сатурн	Уран	Нептун
$\dot{\bar{T}}_{min}$ , К/год	$7,959 \cdot 10^{-7}$	$9,891 \cdot 10^{-7}$	$-3,723 \cdot 10^{-8}$	$-8,213 \cdot 10^{-9}$
$\dot{\bar{T}}_{max}$ , К/год	$9,184 \cdot 10^{-7}$	$1,267 \cdot 10^{-6}$	$2,169 \cdot 10^{-8}$	$1,008 \cdot 10^{-7}$
$\dot{g}_{min}$ , м/(с <sup>2</sup> · год)	$6,675 \cdot 10^{-10}$	$9,840 \cdot 10^{-10}$	$-8,733 \cdot 10^{-11}$	$-1,988 \cdot 10^{-11}$
$\dot{g}_{max}$ , м/(с <sup>2</sup> · год)	$7,702 \cdot 10^{-10}$	$1,261 \cdot 10^{-9}$	$5,088 \cdot 10^{-11}$	$2,439 \cdot 10^{-10}$
$\dot{\bar{\rho}}_{min}$ , кг/(м <sup>3</sup> · год)	$5,010 \cdot 10^{-8}$	$8,761 \cdot 10^{-8}$	$-1,834 \cdot 10^{-8}$	$-4,309 \cdot 10^{-9}$
$\dot{\bar{\rho}}_{max}$ , кг/(м <sup>3</sup> · год)	$5,781 \cdot 10^{-8}$	$1,123 \cdot 10^{-7}$	$1,068 \cdot 10^{-8}$	$5,286 \cdot 10^{-8}$

Из табл. 5 следует, что в телах всех планет-гигантов крайне медленно изменяется температура. В случае Сатурна ее скорость роста достигает максимального значения – 1,3°/млн лет. Наибольшая скорость изменения  $g$  и  $\bar{\rho}$  достигается также в случае Сатурна – 1,3 м/(с<sup>2</sup> · млрд лет). И 0,112 кг/(м<sup>3</sup> · млн лет) соответственно.

Из табл. 6 следует, что самую высокую скорость изменения давления в центре планеты имеет Юпитер – 68,3 Па/год. Почти в 1,5 раза меньшую скорость изменения давления в центре имеет Сатурн – 47,1 Па/год. Скорости изменения потоков  $\Phi_{fall}$  и  $\Phi_{rad}$  достигают своего максимума также в случае Юпитера –  $-2,51 \cdot 10^7$  Вт/год и  $2,43 \cdot 10^{10}$  Вт/год соответственно.

Таблица 6. Значения скоростей изменения:  
 давления  $p_c$  в центре планеты,  
 потока  $\Phi_{fall}$  излучения Солнца, падающего на поверхность планеты,  
 потока  $\Phi_{rad}$  излучения, испущенного поверхностью планеты-гиганта

Планета	Юпитер	Сатурн	Уран	Нептун
$\dot{p}_{cmin}$ , Па/год	59,18	36,75	-2,77	-0,79
$\dot{p}_{cmax}$ , Па/год	68,28	47,09	1,61	9,73
$\dot{\Phi}_{fall}^{(min)}$ , Вт/год	$-2,17 \cdot 10^7$	$-1,60 \cdot 10^7$	$7,49 \cdot 10^4$	$5,14 \cdot 10^3$
$\dot{\Phi}_{fall}^{(max)}$ , Вт/год	$-2,51 \cdot 10^7$	$-2,05 \cdot 10^7$	$-4,36 \cdot 10^4$	$-6,30 \cdot 10^4$
$\dot{\Phi}_{rad}^{(min)}$ , Вт/год	$2,10 \cdot 10^{10}$	$7,44 \cdot 10^9$	$-1,77 \cdot 10^7$	$-1,86 \cdot 10^6$
$\dot{\Phi}_{rad}^{(max)}$ , Вт/год	$2,43 \cdot 10^{10}$	$9,53 \cdot 10^9$	$1,03 \cdot 10^7$	$2,28 \cdot 10^7$

### Список литературы

1. *Prockter L. M., Pappalardo R. T.* Europa. Encyclopedia of the Solar System. – Academic Press, 2007. – P. 431–448.
2. *Сурдин В. Г.* Эволюция Солнца и Солнечной системы. – URL: [https://elementy.ru/video/359/Evolutsiya\\_Solntsa\\_i\\_Solnechnoy\\_sistemy](https://elementy.ru/video/359/Evolutsiya_Solntsa_i_Solnechnoy_sistemy)
3. *Сорохтин О. Г.* Развитие Земли. Происхождения и эволюция атмосферы на Земле. – URL: <https://www.gemp.ru/next3/10.html>
4. *Акулов В. Н.* Характеристика планет-гигантов с использованием методов космической геодезии. – БГТУ имени В. Г. Шухова. – URL: <https://files.scienceforum.ru/pdf/2014/2203.pdf>
5. *Fraknoi A., Morrison D., Wolff S. C., et al.* The Giant Planets. Astronomy. – Open onlinecourse of University of Central Florida. – URL: <https://pressbooks.online.ucf.edu/astronomybc/chapter/11-2-the-giant-planets/>
6. *Hanel R. A., Conrath B. J., Kunde V. G., Pearl J. C. and Pirraglia J. A.,* Albedo, internal heat-flux, and energy-balance of Saturn. – Icarus. – 1983. – 53. – P. 262–285.
7. *Pearl J. C., Conrath B. J., Hanel R. A., Pirraglia J. A., Coustenis A.* The albedo, effective temperature, and energy balance of Uranus, as determined from Voyager IRIS data. – Icarus. – 1990. – V. 84. – Issue 1. – P. 12–28.
8. *Филлипов Ю. П., Пашина В. А.* Количественный анализ основных свойств возможных источников внутренней энергии планет-гигантов. Расчет скоростей изменений их основных физических параметров, обусловленных гравитационным сжатием. – Вестник молодых ученых и специалистов Самарского университета. – 2024. – № 2 (25). – С. 55–56.

# КРАТКИЙ ЭКСКУРС В ИСТОРИЮ КОСМОЛОГИИ И КОСМОГОНИИ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ: ОТ ДРЕВНЕЙШИХ ВРЕМЕН ДО НАШИХ ДНЕЙ. ЧАСТЬ III. КОСМОЛОГИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ XX-XXI ВВ.



**Ю. П. Филиппов**



Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С. П. Королева»



**Л. Н. Белозерская**



Муниципальное бюджетное учреждение дополнительного образования «Центр детского творчества «Ирбис» городского округа Самара

**Аннотация.** Настоящая работа посвящена обзору наиболее значимых примеров космологических моделей прошлого и будущего Вселенной XX-XXI вв.

**Ключевые слова:** Вселенная, космология, Большой взрыв, Большой разрыв, сингулярность.

---

# A BRIEF TOUR INTO THE HISTORY OF COSMOLOGY AND COSMOGONY OF THE SOLAR SYSTEM: FROM ANCIENT TIMES TO THE PRESENT DAY. PART III. COSMOLOGICAL MODELS OF THE XX-XXI CENTURIES



**J. Philippov**



Samara National Research University



**L. Belozerskaya**



Municipal budgetary institution of additional education of Children's Creativity Center "Irbis of Samara city District

**Annotation.** This paper is devoted to a review of the most significant examples of cosmological models of the past and future of the Universe of the XX-XXI centuries.

**Keywords:** Universe, cosmology, Big Bang, Big Rip, singularity.

## ВВЕДЕНИЕ

На рубеже XIX–XX вв. окончательно сформировались несколько космологических парадоксов, которые получили свое начало еще во времена Ньютона и не нашли логического разрешения в классической физике. Одним из первых парадоксов, который пытался разрешить еще Ньютон, был парадокс гравитационного коллапса конечной Вселенной. Суть его в том, что в конечной звездной Вселенной, согласно закону тяготения, все тела через конечное время должны были, по мнению Ньютона, собраться в одно массивное тело в центре тяжести Вселенной [1]. Именно поэтому Ньютон представлял Вселенную бесконечной: в бесконечной модели Вселенной центра нет, и указанный парадокс, естественно, не возникал. Немецкий математик К. Нейман и в 1895 году в более совершенной форме, чем его соотечественник, астроном Г. Зелигер, сформулировали гравитационный парадокс бесконечной Вселенной, показав, что в ньютоновской бесконечной Вселенной в каждой точке на материальное тело должны действовать бесконечные по величине «раздирающие» его силы, а значит, возникает вопрос о целостности этих тел [2]. К. Шварцшильд в начале XX в. предложил отказаться от бесконечной Вселенной. Другие ученые предлагали модифицировать закон Ньютона. Окончательно этот парадокс был разрешен лишь с введением модели релятивистской космологии в 1917 г. В релятивистской космологии оказались реализованными обе идеи – отказ и от формы закона тяготения, и от постулата бесконечности Вселенной.

## ПЕРВАЯ РЕЛЯТИВИСТСКАЯ МОДЕЛЬ ВСЕЛЕННОЙ ЭЙНШТЕЙНА

В первой четверти XX в. произошла вторая в истории естествознания великая научная революция. Своим свершением она обязана А. Эйнштейну. Базой для создания новой научной картины мира стали две его фундаментальные физические теории – специальная (СТО) и общая (ОТО) теория относительности, а также квантовая теория.

В рамках ньютоновской гравитационно-механической картины мира, дополненной идеями электродинамики Максвелла – Лоренца, такие фундаментальные понятия, как пространство, время, масса, были независимы и абсолютны. Пространство представлялось евклидовым – плоским, трехмерным, бесконечным. Механические и электромагнитные явления мыслились как два фундаментальных, абсолютных, не связанных между собой типа явлений. Законы их считались не зависящими от масштабов, от состояния и движения тел.

Новой фундаментальной теорией, которая на единой основе объяснила механические и электромагнитные процессы и явления, стала СТО, предложенная Эйнштейном в 1905 г. Здесь он отказался от абсолютной системы отсчета и от идеи мирового эфира. Обобщая принцип относитель-

ности Галилея, он провозгласил равноправие всех инерциальных систем отсчета. Он впервые показал, что нереальные изменения неких абсолютных размеров тел при их движении имеют место быть, а лишь результат их измерений зависит от движения системы отсчета. Относительными становились сами понятия «длина» и «промежуток времени» между событиями, даже одновременность событий. Кроме того, он постулировал постоянство скорости света в вакууме и пришел к выводу, что скорость света является максимальной для всякого физического взаимодействия [3].

В 1916 г. Эйнштейн завершил создание ОТО (СТО стала частным случаем ОТО). Новая теория утверждала глубокую связь между пространством, временем и тяготением. В ней ньютоновское тяготение получало объяснение как эффект движения тела в пространстве, искривленном влиянием других масс. В последствии ОТО получила блестящее подтверждение в ряде фундаментальных экспериментов [4]. Эйнштейн в 1917 г. заметил, что решение уравнений ОТО позволяет в принципе построить математическую модель Вселенной. Однако ученый допустил ошибку, используя в своей релятивистской модели принцип стационарности Вселенной, являвшийся квинтэссенцией многотысячелетнего философского осмысления самого понятия «Вселенная». Используя этот постулат, Эйнштейн первым столкнулся с проявлением «непокорности» своей ОТО: решение мировых уравнений не давало стационарной модели мира, пока Эйнштейн не ввел в них дополнительный «космологический член». Позже Эйнштейн признавался, что это было его «самой большой научной ошибкой».

## МОДЕЛИ ВСЕЛЕННОЙ ФРИДМАНА

Российско-советский космолог А. А. Фридман (1888–1925) первым отказался от постулата стационарности Вселенной, показав его необоснованность. В 1922 г. он заново проанализировал уравнения ОТО и пришел к выводу о том, что эти уравнения не дают однозначного ответа на вопрос о форме Вселенной, о ее конечности или бесконечности. Исходя из возможности изменения радиуса кривизны пространства во времени и приняв лишь условия однородности и изотропности Вселенной, Фридман нашел нестационарные решения уравнений ОТО в виде различных моделей нестационарной Вселенной [5]. Некоторые из этих моделей демонстрировали Вселенную с монотонно растущим радиусом кривизны. Вселенная как целое оказывалась расширяющейся: в одном случае – из точки, в другом – начиная с некоторого ненулевого объема. В другой модели радиус кривизны пространства возрастал от нуля до некоторой величины за конечное время, а затем уменьшался до нуля. Плотность Вселенной Фридмана также зависела от времени, изменяясь обратно пропорционально кубу радиуса кривизны. Фридман показал, что модель «стационарной Вселенной Эйнштейна» представляет собой лишь частный случай решения уравнений ОТО. Тем самым Фридман опроверг мнение Эйнштейна о том, что ОТО обязательно приводит к конечности Вселенной

при любой положительной средней плотности материи в ней. Модель расширяющейся Вселенной Фридмана уже вскоре нашла удивительно точное подтверждение в непосредственных наблюдениях движений далеких галактик. В 1929 г. американский астроном и астрофизик Э. Хаббл (1889–1953), анализируя лучевые скорости почти 20 галактик, установил один из важнейших космологических законов, который вошел в астрономию как «закон Хаббла». Согласно ему, лучевая скорость далеких галактик всегда направлена от наблюдателя и пропорциональна расстоянию до него, что находилось в полном согласовании с предсказанием модели Фридмана.

## МОДЕЛЬ «СИНГУЛЯРНОЙ» ВСЕЛЕННОЙ ЛЕМЕТРА

Вывод о «начале» Вселенной следовал из эффекта красного смещения при его объяснении эффектом Доплера. Это осознал бельгийский астроном Ж. Леметр (1894–1966), который в конце 1927 года именно так истолковал наблюдаемый эффект в спектрах галактик и развил свою концепцию рождения нашей Вселенной из точки. Закон Хаббла давал ответ и на вопрос о том, когда это произошло: величина, обратная постоянной Хаббла, определяет время, в течение которого разбегаются галактики, и указывает момент начала самого существования Вселенной. Процесс возникновения Вселенной Леметр представил в форме Большого взрыва (БВ). Он первым попытался «нащупать» и возможные наблюдаемые «его следы», допуская, что таким отголоском могли быть космические лучи.

Но гипотеза Леметра была «услышана» астрономами лишь в 1933 г., когда он выдвинул новый вариант концепции расширения Вселенной – из плотного сгустка материи конечных, но очень малых размеров. Открытие Хабблом расширения всей наблюдаемой Вселенной и подтверждение в дальнейшем этого закона завершило начатую Фридманом революционную смену космологической картины мира. В космологии надолго утвердился релятивистский образ Вселенной – как нестационарной, развивающейся в целом, единой всеохватывающей системы.

## КОНЦЕПЦИЯ БОЛЬШОГО ВЗРЫВА ГАМОВА

Формирование более конкретной, физически разработанной эволюционной космологической модели расширяющейся Вселенной связано с именем русско-американского физика Г. А. Гамова (1904–1968). Согласно его «теории Большого взрыва», вся современная наблюдаемая Вселенная представляет собой результат катастрофически быстрого разлета материи, находившейся до того в сверхплотном состоянии, недоступном для описания в рамках современной физики. Начавшееся при этом расширение материи в форме неразделимой вначале высокотемпературной смеси излучения и вещества (элементарных частиц) наблюдается и в наши дни в виде эффекта «красного смещения». В 1948 г. Гамов и его коллеги Р. Альфер и Р. Герман предсказали, что должно наблюдаться и остывшее

первичное изотропное электромагнитное излучение – тепловое с температурой около 5 К. С другой стороны, уловить в мировом пространстве с помощью имевшейся аппаратуры тепловое радиоизлучение столь низкой температуры специалисты-радиофизики считали совершенно невозможным, поскольку он должен был быть заглушен космическим радиощумом. Однако не прошло и 20 лет, как эта теория получила прямое экспериментальное подтверждение. В 1965 г. американские радиоинженеры А. Пензиас и Р. Вильсон при испытании рупорной антенны совершенно случайно открыли существование микроволнового (на волне с длиной 7,35 см) космического радиощума с температурой около 3 К, не зависящего от направления антенны. Известный советский астрофизик И. С. Шкловский назвал это излучение реликтовым.

## КРУПНОМАСШТАБНАЯ СТРУКТУРА ВСЕЛЕННОЙ ЗЕЛЬДОВИЧА

Ячеистая структура Вселенной нашла объяснение в теории «горячей Вселенной» советского физика Я. Б. Зельдовича (1914–1987). На основе обобщения теории гравитационной неустойчивости Дж. Джинса он показал [6], что в ранней Вселенной гравитационная неустойчивость сначала ведет к сгущению вещества в направлении не к отдельным центрам (классическая идея Ньютона), а к поверхностям. В результате происходит как бы расслоение вещества на сравнительно тонкие уплотняющиеся искривленные и разнонаправленные «пласты» («блины»). В 1975 году Дж. Кинкарини и Г. Руд (США), рассмотрев красные смещения у тысяч галактик, обнаружили, что они растут ступенчато. Это и показало существование колоссальных пустот (войдов) в Метагалактике. В 1980 г. группа Эйнасто обнаружила первую филаментарную структуру – сверхскопление в Персее. В рамках теории гравитационной неустойчивости было показано, что стягивание почти однородно распределенного вещества к некоторым поверхностям, усиливаясь и распространяясь вдоль них, приводит к взаимному пересечению этих поверхностей. В результате образуется непрерывная объемная ячеистая структура, так что вещество оказывается сосредоточенным в стенках ячеек. В дальнейшем «стенка» превращается в колоссальное уплощенное клочковатое собрание галактик и их скоплений (первый вид сверхскоплений). Пересечение стенок образует второй вид сверхскоплений – нитевидных (филаментарных). Наконец, в местах пересечения ребер – в «узлах» сетки формируются сверхскопления третьего типа, наиболее заметные. Такова общая картина структуры наблюдаемой Вселенной – метагалактики по данным современной науки.

## ИНФЛЯЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ВСЕЛЕННОЙ ГУТА-ЛИНДЕ

В 70–80-х годах XX в. в работах А. Старобинского, А. Гута, А. Линде, В. Муханова и др. была разработана [7] инфляционная модель Вселен-

ной – гипотеза о физическом состоянии и законе расширения Вселенной на ранней стадии Большого взрыва (при температуре выше 1028 К), предполагающая период ускоренного ее расширения по сравнению со стандартной моделью горячей Вселенной. Эта модель позволила разрешить ряд проблем стандартной модели горячей Вселенной:

а) проблему крупномасштабной однородности и изотропности Вселенной,

б) проблему плоской Вселенной,

в) проблему крупномасштабной структуры Вселенной.

Основная идея модели состоит в том, что в очень ранней Вселенной существовала необычная форма материи, которая создавала «антигравитацию», заставляя Вселенную расширяться с ускорением. Сама по себе антигравитация не является чем-то чудесным, ведь в рамках ОТО источником гравитационного поля является не только вещество, но и давление. Современная физика элементарных частиц предполагает существование скалярных полей, одним из свойств которых является реализация при некоторых достаточно общих условиях уравнения состояния, при котором давление отрицательно! Именно такое скалярное поле, видимо, «растолкало» Вселенную невероятно высокими темпами. Согласно этой модели, расширение Вселенной происходило по экспоненциальному закону, при этом плотность вещества оставалась постоянной.

## УСКОРЕННОЕ РАСШИРЕНИЕ ВСЕЛЕННОЙ И ТЕМНАЯ ЭНЕРГИЯ

На основании полученных данных наблюдений сверхновых звезд типа Ia в конце 1990-х гг. было сделано еще одно фундаментальное открытие: расширение Вселенной ускоряется со временем. Затем эти наблюдения были подкреплены другими наблюдательными фактами: измерениями реликтового излучения, гравитационного линзирования, нуклеосинтеза Большого взрыва. Прежние космологические модели предполагали, что расширение Вселенной замедляется. Они исходили из предположения, что основную часть массы Вселенной составляет материя – как видимая, так и невидимая (темная материя).

На основании новых наблюдений, свидетельствующих об ускорении расширения, было постулировано существование неизвестного вида энергии с отрицательным давлением. Ее назвали «темной энергией». Гипотеза о существовании темной энергии (чем бы она ни являлась) решает и так называемую «проблему невидимой массы». Измерения реликтового излучения Вселенной, недавно проведенные спутником WMAP, показывают, что пространство-время во Вселенной действительно имеет глобальную кривизну, очень близкую к нулевой. Следовательно, некая ранее неизвестная форма невидимой энергии должна давать отсутствующие 70% плотности Вселенной [8]. Согласно современным представлениям, в роли

темной энергии может выступать энергия вакуума или энергия осцилляций некоего скалярного поля, заполняющего Вселенную и называемого «квинтэссенцией». Однако ни одна из современных космологических моделей не может разрешить проблему космологической постоянной – противоречие, которое существует между предсказанием значения космологической постоянной посредством применения двух фундаментальных физических теорий, общей теории относительности (ОТО), а также квантовой физики, и экспериментальными замерами ее величины. Предсказанная величина получается больше экспериментально измеренной на 120 порядков! Как отметил Ли Смолин, это «наихудшее предсказание, когда-либо сделанное научной теорией».

## СОВРЕМЕННАЯ КАРТИНА ЭВОЛЮЦИИ ВСЕЛЕННОЙ В КОСМОЛОГИИ

Современная картина основных этапов эволюции Вселенной основана на следующих теориях: теории расширения Фридмана; теории Большого взрыва; теории инфляции; иерархической теории формирования крупномасштабной структуры; теории звездного населения.

Рассмотрение процесса расширения Вселенной вспять по времени приводит к точке космической сингулярности, вблизи которой ныне известные законы физики перестают работать. Космологическая сингулярность – это состояние Вселенной в начальный момент Большого взрыва, характеризующееся бесконечной плотностью и температурой вещества. Космологическая сингулярность является одним из примеров гравитационных сингулярностей, предсказываемых общей теорией относительности (ОТО). Проблема существования космологической сингулярности является одной из наиболее серьезных проблем физической космологии. Дело в том, что никакие наши сведения о том, что произошло после Большого взрыва, не могут дать нам никакой информации о том, что происходило до этого. Кроме того, не могут быть одновременно бесконечными плотность и температура, так как при бесконечной плотности мера хаоса стремится к нулю, что не может совмещаться с бесконечной температурой и др. Время же расширения из этой космической сингулярности до современного состояния называют возрастом Вселенной; по различным данным, оно составляет около 14 млрд лет. Подробно ознакомиться с хронологией основных этапов эволюции Вселенной в прошлом и возможными сценариями ее будущего можно в работе [9].

### Список литературы

1. Филиппов Ю.П. Эволюция Вселенной от Большого взрыва до Большого разрыва или краткий экскурс в историю космологии и

космогонии Солнечной системы: от древнейших времен до наших дней. Часть II. Космологические модели XVI–XIX вв. – Вестник молодых ученых и специалистов Самарского университета. – 2023. – № 2 (23). – С. 30–38.

2. Климишин И.А. Релятивистская астрономия. – 2-е изд. – М.: Наука, 1989. – С. 287.
3. Еремеева А. И., Цицин Ф.А. История астрономии. – М.: МГУ, 1989. – 348 с.
4. Березин В.А. Космология от Адама и Евы до Алексея Старобинского. Часть 2. // Пространство, время и фундаментальные взаимодействия. – 2019. – № 2. – С. 44–63.
5. Фридман А. А. Мир как пространство и время. – 2-е изд. – М.: Наука, 1965. – 112 с.
6. Долгов А. Д., Зельдович Я. Б., Сажин М. В. Космология ранней Вселенной. – М.: МГУ, 1988. – 199 с.
7. Березин В.А. Космология от Адама и Евы до Алексея Старобинского. Часть 3. // Пространство, время и фундаментальные взаимодействия. – 2019. – № 2. – С. 4–10.
8. Штерн Б., Рубаков В. Астрофизика. – Троицкий вариант. – М.: АСТ, 2020. – С. 34–51.
9. Филиппов Ю.П. Эволюция Вселенной от Большого взрыва до Большого разрыва или краткий экскурс в историю космологии и космогонии Солнечной системы: от древнейших времен до наших дней. Часть III. Космологические модели XX–XXI вв. – Вестник молодых ученых и специалистов Самарского университета. – 2024. – № 2 (25). – С. 31–40.

# КРАТКИЙ ЭКСКУРС В ИСТОРИЮ КОСМОЛОГИИ И КОСМОГОНИИ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ: ОТ ДРЕВНЕЙШИХ ВРЕМЕН ДО НАШИХ ДНЕЙ. ЧАСТЬ IV. КОСМОГОНИЯ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

 **Ю. П. Филиппов**

 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С. П. Королева»

 **Л. Н. Белозерская**

 Муниципальное бюджетное учреждение дополнительного образования «Центр детского творчества «Ирбис» городского округа Самара

**Аннотация.** Настоящая работа посвящена обзору наиболее значимых примеров космогонических моделей прошлого и будущего Солнечной системы.

**Ключевые слова:** Солнечная система, космогония, планета, звезда, эволюция.

---

# A BRIEF TOUR INTO THE HISTORY OF COSMOLOGY AND COSMOGONY OF THE SOLAR SYSTEM: FROM ANCIENT TIMES TO THE PRESENT DAY. PART IV. COSMOGONY OF THE SOLAR SYSTEM

 **J. Philippov**

 Samara National Research University

 **L. Belozerskaya**

 Municipal budgetary institution of additional education of Children's Creativity Center "Irbis" of Samara city District

**Annotation.** This paper is devoted to a review of the most significant examples of cosmogonical models of the past and future of the Solar System.

**Keywords:** Solar System, cosmogony, planet, star, evolution.

## ВВЕДЕНИЕ

*Космогония Солнечной системы (КСС)* – раздел астрономии, изучающий вопросы происхождения и эволюции Солнечной системы (СС) как единой физической системы с учетом ее строения, состава, физических и механических свойств, химического состава. В истории КСС сложились два альтернативных подхода к описанию эволюции СС от момента ее рождения и до наших дней. В рамках первого подхода планетарная система является результатом закономерной, длительной, спокойной эволюции первичной газопылевой туманности. Соответствующие гипотезы эволюции СС получили название *небулярных*. Второй подход основан на предположении о случайном катастрофическом событии, произошедшем на заре формирования СС и послужившим отправной точкой для ее формирования. Соответствующие гипотетические модели получили название *катастрофических*. Рассмотрим примеры наиболее известных небулярных гипотез образования СС.

### НЕБУЛЯРНАЯ МОДЕЛЬ КАНТА

Это первая космогоническая гипотеза из класса небулярных, представленная Иммануилом Кантом (1724–1804) в 1755 году [1]. Здесь исходным массивом вещества была холодная первичная туманность, состоящая из отдельных элементарных субстанций (ЭС). Последняя была создана Богом.

Одним из базовых положений модели являлась идея о предельно примитивном разреженном первичном состоянии материи. Концентрация ЭС предполагалась обратно пропорциональной их массе. По мнению Канта, в такой среде сначала возникали небольшие случайные сгустки первичного вещества под действием лишь внутренних химических сил. Затем эти сгустки укрупнялись, сталкиваясь с еще более крупными такими же сгустками. Подобное взаимодействие Кант обосновывал применением законов динамики Ньютона. В результате вся первичная туманность кластеризуется на шаровидные плотные скопления материи – *звездные туманности*. Впервые в истории науки этим мыслителем было четко указано на возможность возникновения случайных скачков плотности в первичной среде под действием негравитационных (химических) сил. Он также явно говорил о необходимости достижения этой средой некоторого конечного «критического» значения плотности для начала устойчивого процесса ее сжатия [2]. Впоследствии эти идеи в начале XX в. трансформировались в знаменитую фундаментальную теорию гравитационной неустойчивости Дж. Джинса.

Многие его умозаключения оказались по-настоящему пророческими и получили научное обоснование через десятки-сотни лет спустя. Например, его утверждение о том, что Солнце (как и другие звезды) является активным, «пылающим» источником тепла, может затухать при недостатке «горючего» и вновь разгораться при его поступлении, сегодня под-

тверждается в астрофизике переменных звезд: переменность электромагнитного излучения (ЭМИ) звезды может быть обусловлена нестабильным протеканием термоядерных реакций в ее недрах [3]. Кант явно указал на общее вращательное движение всей туманности, обусловленное асимметрией движений относительно ее центра. Его модель предсказывала естественным образом вращение всех планет в одну сторону. Солнце и планеты в его модели формировались совместно, причем планеты формируются из малых сгущений, не упавших на центральное сгущение. Все эти предположения согласуются с современными представлениями КСС. Недостаток данной модели: все свои обоснования Кант выполнял лишь на качественном уровне.

## МОДЕЛЬ ГОРЯЧЕЙ ПЕРВИЧНОЙ ТУМАННОСТИ ЛАПЛАСА

В 1796 г. известный математик и астроном Пьер-Симон Лаплас (1749–1827) в работе «Изложение системы мира» наглядно представил картину ньютоновской гравитирующей Вселенной. Лаплас предполагал возникновение в едином процессе Солнца и планет из первичной горячей туманности, вращающейся изначально. Здесь процесс формирования был чисто механическим, поскольку полностью управлялся действием сил всемирного тяготения. При последующем охлаждении и сжатии туманности от нее постепенно отслаивались в экваториальной плоскости газовые кольца. Процесс отслаивания кольца обосновывался математически, посредством баланса центробежной силы и силы тяготения, действующих на пробный элемент. На фоне постоянного вращения и непрерывного сжатия основной части туманности и, как следствие, формирования новых колец, в результате ее ротационной неустойчивости, в каждом из них, по мнению Лапласа, вещество стягивалось к случайной наиболее плотной части, образуя планету. Возникновение спутников представлялось аналогичным образом. Однако позже была строго математически доказана невозможность сгущения газовых колец в планеты, поскольку ему противостояла диффузия. Главной уязвимостью гипотезы Лапласа стала ее неспособность объяснить проблему распределения момента количества движения (МКД) в СС. Суть проблемы в том, что МКД – величина, пропорциональная массе тела. Масса Солнца составляет более 99,87% от суммарной массы всей СС. Казалось бы, подобный процент МКД СС должен приходиться на Солнце, но в действительности Солнце несет лишь 2%, а планеты – 98% от данной величины.

## ВИХРЕВАЯ НЕБУЛЯРНАЯ МОДЕЛЬ ФАЯ

В 1884 году Э. Фай сформулировал вихревую небулярную гипотезу образования СС. Суть гипотезы – образование СС из плавно вращающегося облака раскаленных частиц (телец) с изменяющимся характером зависимости силы притяжения от гелиоцентрического расстояния. Здесь

материя во Вселенной изначально представляла собой хаотически расплывчатые в пространстве частицы, подобные современным метеороидам и частицам космической пыли. Последние вместе формировали локальные вихри различных направлений вращательного движения, так что суммарный МКД всей рассматриваемой системы оставался равным нулю. Такие частицы испытывали неупругие столкновения, сопровождавшиеся повышением их температуры. Формирование планет и их спутников, по Файю, происходило из вторичных вихрей, возникавших в спиралевидных ветвях первичных вихрей, которые, по его мнению, постепенно превращались в полностью оторвавшиеся кольца. Часть материи втягивалась в центр основного вихря и образовала центральное сгущение, которое от сжатия разогрелось, превратившись в звезду – Солнце. В силу «медлительности» процесса сжатия первичного сгущения Солнце образовалось гораздо позднее планет. В плотном облаке вплоть до орбиты Сатурна сила притяжения была пропорциональна расстоянию до его центра. Здесь сформировались планеты с прямым вращением. Уран и Нептун оказались за пределами облака, где сила притяжения подчинялась уже закону обратных квадратов. Поэтому эти две планеты должны были иметь обратное вращение и сформировались последними из классических планет.

К «сильным сторонам» модели Фая можно отнести ее «способность» к обоснованию:

- а) распределения эксцентриситетов планетных орбит,
- б) обратного вращения Урана и др. К «слабым сторонам» его модели можно отнести ложный прогноз об обратном вращении Нептуна.

Далее рассмотрим две наиболее интересные катастрофические гипотезы возникновения СС.

## ПЛАНЕТЕЗИМАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ МОЛТОНА И ЧАМБЕРЛИНА

В 1900 г. новую планетезимальную гипотезу происхождения СС выдвинули в США астрономы Т. К. Чамберлин (1843–1928) и Ф. Р. Молтон (1872–1952). Их усилия были направлены на устранение проблемы МКД. Здесь планеты возникли из вещества самого Солнца в результате выброса из его тела двух массивных «струй» (джетов) солнечного вещества, порожденных сильным приливным действием звезды, прошедшей в малой окрестности Солнца (одиночной звезды, не имевшей на тот момент планетной системы). Газовые джеты, получив от другой звезды часть ее МКД, изначально закручивались вокруг Солнца в спирали. По мере расширения и быстрого охлаждения солнечного газа последний испытал фазовый переход в рой мелких твердых сгустков – *планетезималей*. Последние стали падать обратно на Солнце. Однако, располагая тангенциальной скоростью, они приобретали эллиптическое движение вокруг центрального светила. Далее все шло по сценариям гипотез Канта и Лапласа: образование планет и спутников в результате конденсации вокруг случайных сгущений, но не из частиц газа или пыли, а из планетезималей.

Данная модель получила немало критики в свой адрес: в частности, в то время была известна лишь одна планетная система, а значит, образование таковых – крайне редкое и маловероятное событие. Кроме того, вероятность сближения Солнца и массивной звезды-возмутителя – также крайне маловероятное событие в галактике.

## ПРИЛИВНАЯ МОДЕЛЬ ДЖИНСА И ДЖЕФФРИСА

Модель Чамберлина – Молтона получила свое развитие в 1916 г. в приливной модели английского астрофизика Дж. Джинса (1877–1946) и английского астронома Х. Джеффриса (1891–1989). Здесь Джинс решил вернуться к идее исходного расплавленного состояния планет. Согласно его расчетам, такие планеты могли образоваться непосредственно из джета еще неостывшего солнечного вещества. Благодаря огромному авторитету Джинса эти результаты были восприняты как должное и долгое время не подвергались сомнению. Изначально казалось, что все главные трудности КСС того времени в новой модели нашли свое решение: проблема МКД, необходимость раскаленно-жидкой стадии планет, наконец, сама возможность непосредственного формирования планет из вещества горячего газового джета под действием лишь гравитационных сил.

К сожалению, более строгие расчеты показали, что новая модель не снимала проблему МКД СС, химический состав планет земной группы кардинально отличается от состава Солнца и не мог претерпеть существенных изменений в процессе выброса струи солнечной плазмы. Звезда-возмутительница должна быть очень массивной и должна была пройти мимо Солнца на скорости, много больше второй космической скорости галактики в месте расположения СС, что приводит к почти невозможности такого события! Невозможность разрешения ряда физических проблем в рамках катастрофических моделей СС подтолкнула большинство ученых вернуться к рассмотрению небулярных моделей ее формирования.

Рождение современной и общепринятой теории – небулярно-дисковой Солнечной модели традиционно ассоциируется с циклом работ В. С. Сафронова – известного советского астронома. Его книга «Эволюция допланетного облака и образование Земли и планет» [4] внесла значительный вклад в становление современной научной картины формирования СС. В этой книге были сформулированы практически все проблемы формирования СС и многие из них решены.

## СОВРЕМЕННАЯ МОДЕЛЬ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И ЭВОЛЮЦИИ СС

Согласно современной модели КСС, формирование СС началось около 4,6 млрд лет назад с гравитационного сжатия небольшой части гигантского межзвездного молекулярного облака с массой  $10^7 M_{\odot}$  ( $M_{\odot}$  – масса Солнца). Большая часть вещества сжимавшейся области испытала гра-

витационный коллапс с последующим образованием звезды – Солнца. Вещество, не попавшее в центральную часть этой области, образовало вращающийся вокруг нее протопланетный диск, из которого в дальнейшем сформировались планеты, их спутники, астероиды и другие малые тела СС.

Триггером гравитационного сжатия стало спонтанное уплотнение вещества газопылевого облака, обусловленное прохождением сквозь вещество облака ударной волны от взрыва сверхновой – Коатликуэ. Последняя была звездой с массой  $M^* \leq 30 M_{\odot}$ , которая взорвалась не раньше 20 млн лет до начала формирования СС и была расположена на расстоянии  $5 \div 10$  пк от места будущего расположения Солнца.

Время первичного сжатия данной области  $\tau_1 \sim 10^7$  лет. Коллапсирующее облако должно было обладать некоторым ненулевым МКД в силу асимметрии фронта ударной волны и распределения вещества в нем. В процессе гравитационного сжатия его размеры уменьшались, а угловая скорость его вращения увеличивалась, что привело к его сплющиванию и формированию протопланетного диска за  $\tau_2 \sim 10^6$  лет. В результате сжатия росла плотность и интенсивность столкновений частиц вещества. В силу неупругих столкновений частиц росла температура вещества. Наиболее сильный нагрев испытала центральная часть диска. При достижении температурой значения  $10^3$  К центральная часть диска начала излучать значительный поток энергии в видимом диапазоне, что ознаменовало собой окончание формирования протозвезды. Вещество облака продолжало падать на протозвезду, увеличивая давление и температуру в ее центре. Внешние области диска оставались относительно холодными. В результате ротационной неустойчивости вещества диска и распространения в нем волновых процессов здесь стали формироваться уплотнения – кольца вещества повышенной плотности, ставшие локальными гравитационными центрами формирования планет.

Спустя еще  $\tau_3 \sim 5 \cdot 10^7$  лет температура в центре протозвезды стала  $T_c \sim 10^7$  К, а давление  $p_c \sim 10^{10}$  атм. В центральной ее части начались термоядерные реакции. Протозвезда превратилась в обычную звезду главной последовательности. В периферийной части диска крупные сгустки вещества образовали планеты, вращающиеся вокруг центрального светила примерно в одной плоскости и в одном направлении. Во время рождения звезды (Солнца) последняя обладала значительной светимостью, что позволило вытолкнуть ее световым давлением всю пыль и газ из внутренней части СС, занимаемой сегодня планетами земной группы.

Проблема МКД в СС решается сегодня путем его трансляции от Солнца к периферии в результате действия на нее магнитного поля центрального светила.

Внешняя часть СС на ранних этапах своей эволюции имела гораздо меньшие линейные размеры, нежели настоящая, а пояс Койпера располагался гораздо ближе к Солнцу. К концу эпохи формирования планет

внутренняя часть СС содержала 50÷100 протопланет, размеры которых были сопоставимы с размерами Луны и даже Марса. Дальнейший рост размеров несамосветящихся небесных тел был обусловлен лишь их столкновениями и слияниями между собой. Благодаря одному из таких столкновений Меркурий лишился большей части своей мантии. В результате другого гигантского столкновения Земли с гипотетической планетой Тейя сформировался единственный естественный спутник Земли – Луна.

Эпоха гигантских столкновений ( $\tau_4 \sim 10^8$  лет) шла до тех пор, пока на орбитах не остались 4 планеты земной группы. Трансформация изначально высоко эксцентричных орбит новорожденных планет в почти круговые произошла в результате интенсивного их взаимодействия со средой газопылевого диска.

Древний пояс астероидов (ДПА) – предок сегодняшнего Главного пояса астероидов (ГПА) – содержал гораздо больше материи. Однако плавное сближение Юпитера с Солнцем и, как следствие, усиление его возмущающего действия на движение малых тел в этой области совместно с Сатурном привели к потере большей части вещества этой области. Разрушение ДПА, вероятно, положило начало периоду ( $\tau_4 \sim 10^8$  лет) тяжелой бомбардировки, происходившему около  $4 \cdot 10^9$  лет назад. Его последствия видны до сих пор в виде многочисленных ударных кратеров на поверхностях Луны, Меркурия, Каллисто.

Ледяные гиганты СС (Уран и Нептун) изначально сформировались на орбитах вблизи Юпитера и Сатурна, где имелось гораздо больше строительного материала, при этом Уран был дальше от Солнца, чем Нептун [5]. И только спустя сотни миллионов лет они мигрировали на свои современные позиции. В то же время Юпитер и Сатурн вошли в орбитальный резонанс 2:1, что позволило им синхронизировать и усилить свое гравитационное действие на другие тела. Именно это действие вывело Нептун за орбиту Урана и спровоцировало его столкновение с древним поясом Койпера. Благодаря механизму многоэтапного гравитационного маневра ледяные гиганты мигрировали еще дальше на периферию, при этом выбрасывая планетезимали внутрь СС. Сближение последних с Солнцем происходило лишь до встречи с Юпитером, который своей гравитацией отправлял их на высокоэллиптические орбиты или даже выбрасывал их за пределы СС. Объекты, выброшенные Юпитером на высокоэллиптические орбиты, сформировали облако Оорта, а тела, выброшенные мигрирующим Нептуном, сформировали современный пояс Койпера и рассеянный диск. Естественные спутники образовались у большинства планет СС, а также и у других тел. Крупные спутники газовых гигантов сформировались из околопланетных дисков, а малые спутники с ретроградными орбитами были захвачены посредством гравитационного маневра в тесном сближении. Возможно также их формирование из осколков столкновения, как это было в случае Луны. С возможными сценариями будущего СС можно ознакомиться в работе [6].

## Список литературы

1. *Montmerle T., Augereau J.-Ch., Chaussidon M., et al.* Solar System Formation and Early Evolution: the First 100 Million Years. – Earth, Moon, and Planets. – 2006. – V.98. – P. 39–95.
2. *Woolfson M. M.* Solar System – its origin and evolution. – Q. J. R. Astr. Soc. – 1993. – V.34. P. 1–20.
3. *Сурдин В. Г., Архипова В. П., Блинников С. И.* Звезды. – Физматлит, 2023. – 436 с.
4. *Сафронов В. С.* Эволюция допланетного облака и образование Земли и планет. – М.: Наука, 1969. – 244 с.
5. *Krasinsky G. A., Pitjeva E. V., Vasilyev M. V., Yagudina E. I.* Hidden Mass in the Asteroid Belt. – Icarus. – 2002. – V. 158. – № 1. – P. 98–105.
6. *Филунов Ю. П.* Эволюция Вселенной от Большого взрыва до Большого разрыва или краткий экскурс в историю космологии и космогонии Солнечной системы: от древнейших времен до наших дней. Часть IV. Космогония Солнечной системы. – Вестник молодых ученых и специалистов Самарского университета. – 2024. – № 2 (25). – С. 41–50.

## ПОСТРОЕНИЕ ГРАФИКА УРАВНЕНИЯ ВРЕМЕНИ



**А. В. Сергиенко**



Ярославский государственный институт качества сырья и пищевых продуктов

**Аннотация.** Мы строим график уравнения времени, моделируя движение Земли вокруг Солнца по эллиптической орбите с перигелием в начале января и учитывая наклон небесного экватора к эклиптике.

**Ключевые слова:** уравнение времени, моделирование, метод Эйлера.

## PLOTTING THE EQUATION OF TIME



**A. Serghienko**



Yaroslavl State Institute for the Quality of Raw Materials and Food Products

**Annotation.** We plot the equation of time by simulating the Earth's motion around the Sun in an elliptical orbit with perihelion in early January and taking into account the inclination of the celestial equator to the ecliptic.

**Key words:** equation of time, modeling, Euler's method.

63

Будем решать поставленную задачу в несколько этапов: определим основные параметры орбитального движения Земли; определим эклиптическую долготу Солнца, когда Земля находится в перигелии; найдем зависимость эклиптической долготы и, как следствие, прямого восхождения Солнца от времени года; найдем зависимость уравнения времени от времени года и построим ее график, зная зависимость прямого восхождения Солнца и среднего Солнца (она линейная) от времени года.

Определим основные параметры орбитального движения Земли. Большую полуось орбиты Земли  $a$  определим из третьего закона Кеплера, зная сидерический период обращения Земли вокруг Солнца  $T_s = 365,256363$  сут =  $31558149,7632$  с, гравитационную постоянную  $G = 6,6743 \cdot 10^{(-11)} \text{ м}^3/(\text{с}^2 \cdot \text{кг})$  и массу Солнца  $M_\odot = 1,98892 \cdot 10^{30}$  кг:

$$a = \sqrt[3]{\frac{GM_\odot T_s^2}{4\pi^2}} = 149610516589,3426 \text{ м.}$$

Эксцентриситет орбиты Земли примем равным:

$$e = 0,0167.$$

Вычислим расстояние от Земли до Солнца в перигелии:

$$\rho_p = a(1 - e) = 147112020962,3006 \text{ м.}$$

Вычислим расстояние от Земли до Солнца в афелии:

$$\rho_a = a(1 + e) = 152109012216,3846 \text{ м.}$$

Вычислим значение постоянной  $h$  из второго закона Кеплера, представляющей собой произведение квадрата расстояния от Земли до Солнца на угловую скорость орбитального движения Земли:

$$h = \sqrt{GM_{\odot}a(1 - e^2)} = 4455864870977405,1917 \frac{\text{м}^2}{\text{с}}.$$

Определим эклиптическую долготу Солнца, когда Земля находится в перигелии. Будем решать систему уравнений, одно из которых дифференциальное:

$$\rho^2 \dot{\varphi} = h, \quad (1)$$

$$\rho = \frac{a(1 - e^2)}{1 + e \cos \varphi}, \quad (2)$$

с начальными условиями:

$$\varphi(0) = 0, \quad \rho(0) = \rho_p. \quad (3)$$

В уравнениях (1), (2), (3)  $\rho$  – расстояние от Земли до Солнца,  $\varphi$  – полярный угол, отсчитываемый от перигелия в направлении орбитального движения Земли, а точка сверху обозначает дифференцирование по времени. Уравнение (1) представляет собой второй закон Кеплера, уравнение (2), описывающее эллиптическую орбиту Земли, – первый закон Кеплера. Начальные условия (3) отражают тот факт, что в начальный момент времени  $t = 0$  Земля находится в перигелии. Предположим, что перигелий приходится на середину дня 3 января, весеннее равноденствие – на середину дня 20 марта, а год – обычный (невисокосный). Тогда между перигелием и весенним равноденствием пройдет примерно 76 суток. Решая систему уравнений (1), (2) с начальными условиями (3) методом Эйлера с применением языка программирования Delphi с шагом времени 1 минута, найдем значение полярного угла  $\varphi$  (в радианах) спустя 76 суток после перигелия, т. е. в момент весеннего равноденствия:

$$\varphi(t_{\gamma}) = 1,3397798601106.$$

Мы получили значение угла (в радианах), на которое увеличится эклиптическая долгота Солнца за 76 суток, начиная с момента, когда Земля находится в перигелии, и заканчивая моментом весеннего равноденствия. Следует, однако, помнить, что за  $\Delta t = 76$  сут земная ось вследствие прецессии повернется на угол (в радианах):

$$\epsilon = 2\pi \left( \frac{1}{T_t} - \frac{1}{T_s} \right) \Delta t = 5,07324355386905 \cdot 10^{-5}.$$

Здесь  $T_t$  – тропический год, который равен:  $T_t = 365,2421897$  сут = 31556925,1901 с. Следовательно, полное значение приращения эклиптической долготы Солнца за 76 суток (в радианах), начиная с момента, когда Земля находится в перигелии, и заканчивая моментом весеннего равноденствия, равно:

$$\Delta\lambda = \lambda(t_Y) - \lambda(0) = \varphi(t_Y) + \epsilon = 1,33983059254614.$$

Поскольку эклиптическая долгота Солнца в момент весеннего равноденствия равна нулю, то эклиптическая долгота Солнца (в радианах), когда Земля находится в перигелии, равна:

$$\lambda(0) = -1,33983059254614.$$

Найдем зависимость эклиптической долготы Солнца от времени года. Для этого вернемся к системе уравнений (1), (2), (3). Решая ее численно, найдем зависимость полярного угла от времени  $\varphi(t)$ . При этом следует помнить, что время отсчитывается от момента, когда Земля находится в перигелии, и мы считаем, что этот момент ( $t = 0$ ) приходится на середину дня 3 января. Учитывая прецессию земной оси, найдем зависимость эклиптической долготы Солнца (в радианах) от времени:

$$\lambda(t) = -1,33983059254614 + \varphi(t) + 2\pi \left( \frac{1}{T_t} - \frac{1}{T_s} \right) t. \quad (4)$$

Используя формулы перехода от эклиптической системы координат ко второй экваториальной (с учетом того, что эклиптическая широта Солнца всегда равна нулю):

$$\sin \delta(t) = \sin \epsilon \sin \lambda(t), \quad (5)$$

$$\cos \delta(t) \cos \alpha(t) = \cos \lambda(t), \quad (6)$$

$$\cos \delta(t) \sin \alpha(t) = \cos \epsilon \sin \lambda(t), \quad (7)$$

найдем зависимость прямого восхождения Солнца от времени  $\alpha(t)$ . В формулах (5), (6), (7)  $\delta(t)$  – склонение Солнца,  $\epsilon = 23,44^\circ$  – наклон небесного экватора к эклиптике.

Для нахождения зависимости уравнения времени от времени года нам осталось найти зависимость прямого восхождения среднего Солнца от времени года. Эта зависимость линейная. Вспомним, что в момент весеннего равноденствия уравнение времени приблизительно равно  $\eta(t_Y) \approx 8^m$  или, в радианах,  $\eta(t_Y) \approx \frac{\pi}{90}$ . Запишем:

$$\eta(t_Y) = \alpha(t_Y) - \alpha_m(t_Y) \approx \frac{\pi}{90}.$$

Здесь  $\alpha_m(t)$  – зависимость прямого восхождения среднего Солнца от времени. Поскольку прямое восхождение Солнца в момент весеннего равноденствия равно нулю, то прямое восхождение среднего Солнца (в радианах) в момент весеннего равноденствия равно:

$$\alpha_m(t_Y) = -\frac{\pi}{90},$$

или

$$\alpha_m(t_Y) = 2\pi - \frac{\pi}{90} = \frac{179}{90}\pi,$$

так как прямое восхождение определено с точностью до постоянной, кратной  $2\pi$ . Далее, поскольку среднее Солнце движется равномерно по небесному экватору, совершая один полный оборот за тропический год, то прямое восхождение среднего Солнца (в радианах) в момент, когда Земля находится в перигелии, равно:

$$\alpha_m(0) = \frac{179}{90}\pi - 2\pi\frac{\Delta t}{T_t} = \pi\left(\frac{179}{90} - \frac{152}{365,2421897}\right),$$

где  $\Delta t = 76$  сут. В итоге получим зависимость прямого восхождения среднего Солнца (в радианах) от времени:

$$\alpha_m(t) = \pi\left(\frac{179}{90} - \frac{152}{365,2421897}\right) + 2\pi\frac{t}{T_t}. \quad (8)$$

Получив зависимости прямого восхождения Солнца и среднего Солнца от времени, найдем зависимость уравнения времени от времени по формуле:

$$\eta(t) = \alpha(t) - \alpha_m(t). \quad (9)$$

Так как прямые восхождения Солнца и среднего Солнца в зависимостях получены в радианах, уравнение времени также будет выражено в радианах. Чтобы перевести его в минуты, вспомним, что  $\pi$  рад =  $12^h = 720^m$ . График зависимости уравнения времени от времени года в результате моделирования приведен на рис. 1.

Сравнив полученный график зависимости с графиками из интернета, можно увидеть небольшие отклонения значений уравнения времени на одну и ту же дату. Например, согласно нашему графику, уравнение времени 1 января составляет  $\eta \approx 4^m$ , а согласно графику из интернета –  $\eta \approx 3,5^m$ . Это связано с довольно грубым предположением, что Земля находится в перигелии в середине дня 3 января, весеннее равноденствие приходится на середину дня 20 марта, а год невисокосный. В действительности, Земля находится в перигелии со 2 по 5 января в зависимости от года, весеннее равноденствие может быть 20 или 21 марта в любое время суток, а год может быть как невисокосным, так и високосным. Кроме того, эксцентри-

ситет орбиты Земли изменяется со временем, а мы считали его постоянным. Но поскольку нашей целью было получить приблизительный график зависимости уравнения времени от времени года, можно считать, что мы решили эту задачу с хорошей точностью.

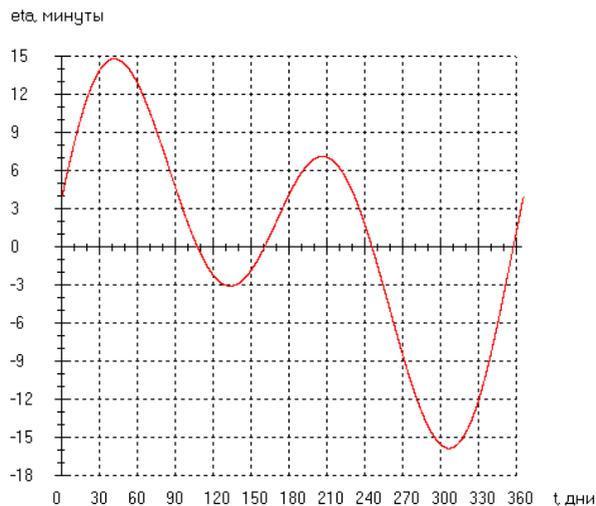


Рис. 1. График зависимости уравнения времени от времени года

### Список литературы

1. Кононович Э. В., Мороз В. И. Общий курс астрономии (2001).
2. Сурдин В. Г. Астрономические олимпиады. Задачи с решениями (1995).
3. Гаврилов М. Г. Звездный мир // Сборник задач по астрономии и космической физике. – Часть IV. – Олимпиады ННЦ (1998).
4. Перов Н. И. Астрономические задачи (1993).

## МЕЖГАЛАКТИЧЕСКИЕ КОМЕТЫ



**Н. И. Перов**



ГАУК ЯО «Центр имени В. В. Терешковой»,  
ФГБОУ ВО «Ярославский государственный педагогический  
университет имени К. Д. Ушинского»



**Д. О. Костыря**



ФГБОУ ВО «Ярославский государственный педагогический  
университет имени К. Д. Ушинского»

**Аннотация.** В рамках задачи трех тел – две взаимодействующие галактики и комета, находящаяся между ними в начальный момент времени, движущиеся по прямолинейной траектории, – с использованием уравнений специальной теории относительности, получены параметры траекторий тел. На примерах установлены особенности движения тел. В частности, показано, что в точечном приближении в данной модели скорость кометы асимптотически стремится к скорости света.

**Ключевые слова:** Млечный Путь, Туманность Андромеды, кометное ядро, задача трех тел, исследование особенностей эволюции траекторий тел.

## INTERGALACTIC COMETS



**N. Perov**



State Autonomous Organization of Cultural of Yaroslavl's Region "Cultural and Educational Center Named after V. V. Tereshkova",  
Yaroslavl's State Pedagogical University named after K. D. Ushinskii



**D. Kostyrya**



Yaroslavl's State Pedagogical University named after K. D. Ushinskii

**Annotation.** In the frame of the three body problem – two interacting galaxies and a comet in initial moment of time placed between them and moved along the straight lines, – with using equations of the special theory relativity, the peculiarities of the bodies motion are derived. It is stated in this model in a point approximation the velocity of the comet tends to the velocity of light.

**Key words:** Milky Way, the Andromeda Nebula, cometary nuclei, three body problem, integrals of motion in closed form, investigation of peculiarities of evolution of bodies' trajectories.

## ВВЕДЕНИЕ

Кометы представляют собой малые небесные тела [Маров, 2023] размером от единиц метров до десятков километров. Альbedo ядер комет составляет 0,03–0,04, а их плотность равна  $10^2$ – $10^3$  кг/м<sup>3</sup>. В частном отношении одному из авторов статьи известный исследователь малых тел Ю. В. Батраков (Институт прикладной астрономии РАН) высказал мнение, что каждая комета отличается своей «индивидуальностью» от других комет. Основные резервуары, содержащие ядра комет, расположены на периферии Солнечной системы. Это пояс Койпера в форме диска, находящийся вблизи плоскости эклиптики непосредственно за орбитой Нептуна в пределах 30–100 астрономических единиц от Солнца; внешнее сферическое по форме облако Оорта, расположенное примерно на половине расстояния до ближайших звезд (60000 а. е.); и внутреннее облако, имеющее форму тора в пределах от 2000 а. е. до 30 000 а. е. Некоторые исследователи полагают, что внешняя граница облака достигает 100000–200000 а. е., что соответствует сфере Хилла для Солнца.

В результате миграции кометы могут как сближаться с Солнцем, находясь на высокоэллиптических орбитах, так и удаляться от него, после перехода на параболические и гиперболические орбиты, навсегда покидая Солнечную систему.

Известны кометы, заходящие внутрь Солнечной системы, из межзвездной среды (Оумуамуа, 2017, комета Борисова, 2019) [Маров, 2023].

Существует полтора десятка классификаций комет по небесно-механическим, астрофизическим и другим параметрам: короткопериодические и долгопериодические; по направлению движения; выделяют семейства Крейца, Мейера, Крахта, Марседена, Галлея; семейства планет-гигантов. Кометы также классифицируют по времени открытия, по гражданству открывателей и по числу названий [Хасанов, 2017].

Общее число комет, наблюдавшихся в историческое время, оценивается величиной 465453 [The Physics Factbook, 2009], а число комет в Солнечной системе оценивается величиной  $10^{12}$  [Маров, 2023].

Продолжая классификацию комет по степени удаленности от Солнца, рассмотрим модель движения гипотетической межгалактической кометы.

## ОСНОВНЫЕ УРАВНЕНИЯ

Предположим, что комета с ничтожно малой массой  $m_3$  находится между двумя взаимодействующими, сближающимися по прямой линии галактиками с массами  $m_1$  и  $m_2$ . Начальное положение кометы относительно основной галактики обозначим через  $\mathbf{r}_{130}$ , а начальную скорость кометы относительно этой галактики обозначим через  $\mathbf{v}_{130}$ . Начальное положение второй галактики относительно первой обозначим через  $\mathbf{r}_{120}$ , а относительную скорость в начальный момент времени второй галактики относительно первой обозначим через  $\mathbf{v}_{120}$ .

При введенных предположениях в модели небесно-механической задачи трех тел составим уравнения прямолинейных движений второй галактики и кометы относительно первой галактики, используя положения специальной теории относительности [Ландау, Лифшиц, 2001].

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\mathbf{v}_{12}}{\sqrt{1 - \frac{v_{12}^2}{c^2}}} \right) = - \frac{G(m_1 + m_2) \cdot \mathbf{r}_{12}}{r_{12}^3}, \quad (1)$$

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\mathbf{v}_{13}}{\sqrt{1 - \frac{v_{13}^2}{c^2}}} \right) = - \frac{Gm_1 \cdot \mathbf{r}_{13}}{r_{13}^3} - Gm_2 \left( \frac{\mathbf{r}_{12}}{r_{12}^3} + \frac{(\mathbf{r}_{13} - \mathbf{r}_{12})}{|\mathbf{r}_{13} - \mathbf{r}_{12}|^3} \right). \quad (2)$$

Здесь  $c$  – скорость света,  $G$  – гравитационная постоянная.

Проектируя уравнения (1) и (2) на прямую линию  $\mathbf{m}_1\mathbf{m}_2$ , оценим параметры движения кометы и интервалы времени, по истечении которых в рассматриваемых уравнениях движения кометы появятся сингулярности.

## ПРИМЕРЫ

В приведенных ниже примерах за единицу длины примем расстояние между галактиками Млечный Путь и Туманность Андромеды:  $L = 800$  кпк. За единицу массы примем массу Млечного Пути:  $m_1 = 2,98 \cdot 10^{42}$  кг, а за единицу времени примем такой промежуток времени:

$T = T_S = 2,75015002214499994190574 \cdot 10^{17}$  секунд =

$T_y = 8,71488564878940180318647 \cdot 10^9$  тропический год, при котором гравитационная постоянная  $G$  принимает значение  $G = 1$  (в выбранных единицах измерений длины времени и массы).

В качестве примера исследуем движение гипотетической кометы в гравитационных полях Млечного Пути и Туманности Андромеды. (Масса Туманности Андромеды равна  $m_2 = 2 \cdot 10^{42}$  кг). Возьмем (по модулю) следующие начальные условия:  $\mathbf{r}_{120} = 800$  кпк = 1 единица длины,  $\mathbf{v}_{120} = 600$  км/с =  $6,68450455260585246632550$ (единица длины)/(единица времени),  $\mathbf{r}_{13} = 400$  кпк = 0,5 единиц длины,  $\mathbf{v}_{130} = 450$  км/с =  $5,01337841445438934974412$  (единица длины)/(единица времени).

При численном интегрировании уравнений (1) и (2) имеем графики функций  $\mathbf{r}_{13}(\mathbf{t})$ ,  $\mathbf{v}_{13}(\mathbf{t})$  и  $\mathbf{v}_{13}(\mathbf{r}_{13})$  (рис. 1, 2, 3), а на рис. 4 и 5 представлены разности  $\mathbf{v}_{13} - \mathbf{v}_{12}$  и  $\mathbf{r}_{12} - \mathbf{r}_{13}$  соответственно. Рис. 6 иллюстрирует зависимость расстояния Туманности Андромеды до Млечного Пути на интервале времени от 0 до  $0,087538507$  единиц времени – сингулярности в уравнении (1).

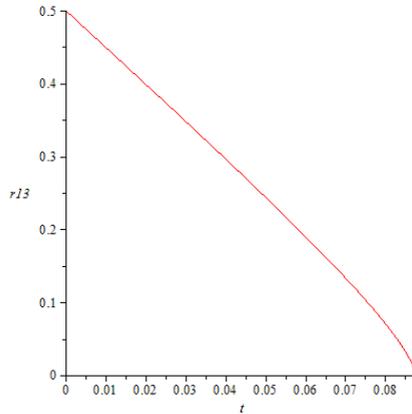


Рис. 1. Расстояние кометы от Млечного Пути  $r_{13}(t)$  в единицах длины (Млечный Путь – точка). Комета начинает движение со скоростью  $v_{130} = -450$  км/с. Сингулярность при  $t = 0,087538507$  единиц времени. Единица времени  $T_S = 2,75015002214499994190574 \cdot 10^{17}$  с. Единица длины  $L = 2,468530016400000000000000 \cdot 10^{22}$  м

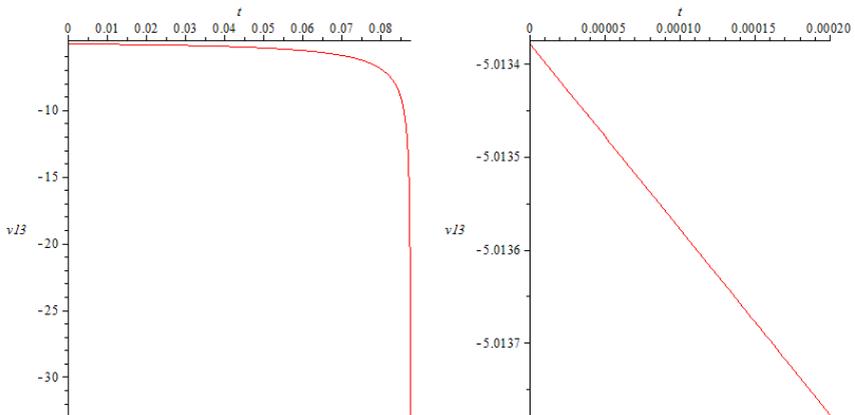


Рис. 2. Скорость кометы относительно Млечного Пути  $v_{13}(t)$  в (единицах длины)/(единица времени). Сингулярность при  $t = 0,087538507$  единиц времени. Единица времени  $T_S = 2,75015002214499994190574 \cdot 10^{17}$  с. Единица длины  $L = 2,468530016400000000000000 \cdot 10^{22}$  м. Скорость света  $c = 3341,13819221082525775170$  (единица длины)/(единица времени).

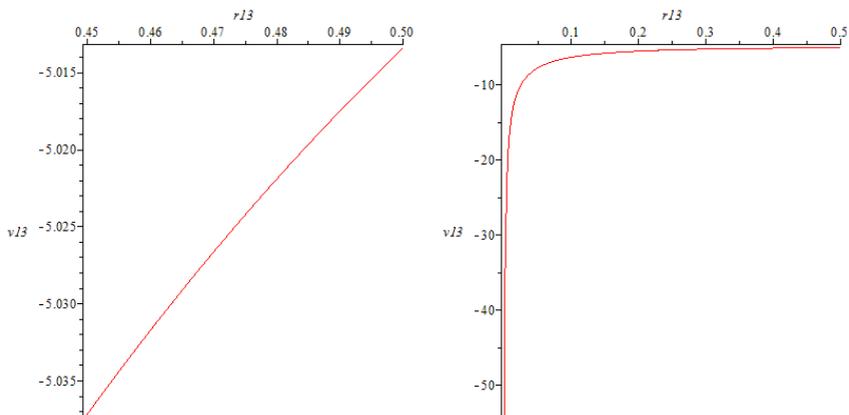


Рис. 3. Скорость кометы относительно Млечного Пути  $\mathbf{v}_{13}(\mathbf{r}_{13})$ . Скорость света  $c = 3341,13819221082525775170$  (единица длины)/ (единица времени).

Единица времени  $T_S = 2,75015002214499994190574 \cdot 10^{17}$  с.

Единица длины  $L = 2,468530016400000000000000 \cdot 10^{22}$  м

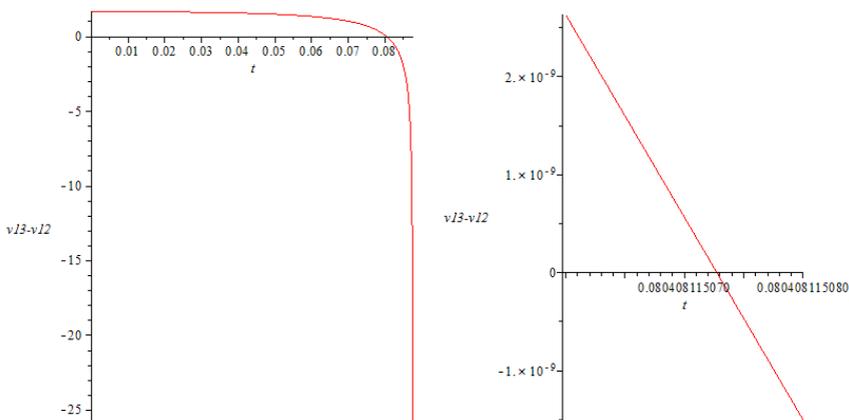


Рис. 4. Скорость кометы относительно Туманности Андромеды.

Единица времени  $T_S = 2,75015002214499994190574 \cdot 10^{17}$  с.

Единица длины  $L = 2,468530016400000000000000 \cdot 10^{22}$  м.

$\mathbf{v}_{13} - \mathbf{v}_{12} = 0$  при  $t = 0,080408115073$  (единиц времени).

При  $t = 0,087538507$  единиц времени – сингулярность

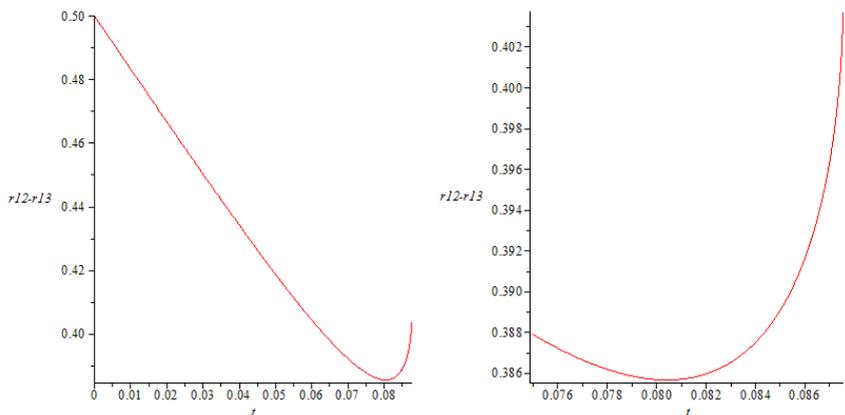


Рис. 5. Расстояние от Туманности Андромеды до кометы.  
 Единица времени  $T_S = 2,75015002214499994190574 \cdot 10^{17}$  с.  
 Единица длины  $L = 2,468530016400000000000000 \cdot 10^{22}$  м.  
 $\mathbf{v}_{13} - \mathbf{v}_{12} = 0$  при  $t = 0,080408115073$  (единиц времени).  
 При  $t = 0,087538507$  единиц времени –  
 сингулярность в уравнениях (1) и (2)

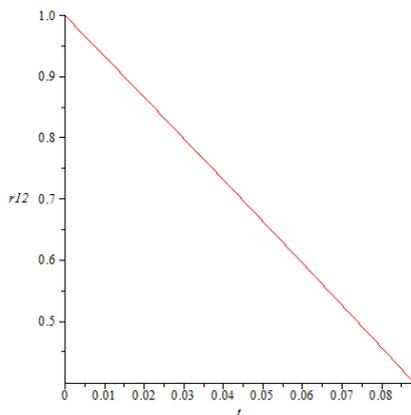


Рис. 6. Расстояние от Млечного Пути до Туманности Андромеды.  
 Единица времени  $T_S = 2,75015002214499994190574 \cdot 10^{17}$  с.  
 Единица длины  $L = 2,468530016400000000000000 \cdot 10^{22}$  м.  
 При  $t = 0,087538507$  единиц времени – сингулярность

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Кометы считаются самыми древними телами эпохи формирования внешних планет. Происхождение комет связано с их гравитационными выбросами из зон питания планет-гигантов, что важно для понимания эволюции Солнечной системы. Кометы могли сыграть важную роль в формировании планет земной группы в качестве источника воды, что, возможно, способствовало возникновению жизни на Земле.

Выделение класса межгалактических комет подчеркивает необходимость рассмотрения Солнечной системы как незамкнутой структуры.

### Список литературы

1. *Бусаев В. В.* Кометы. <http://selena.sai.msu.ru/Home/SolarSystem/comets/comets.htm>. 06. 2022.
2. *Заусаев А. Ф., Заусаев А. А.* Каталог орбитальной эволюции короткопериодических комет с 1900 по 2100 гг. – М.: Машиностроение, 2005. – 346 с.
3. *Ипатов С. И.* Миграция планетезималей и пылевых частиц в экзопланетной системе Проксима Центавра / Всероссийская астрономическая конференция «Современная астрономия: от ранней Вселенной до экзопланет и черных дыр. 25–31 августа 2024 г. САО РАН. Нижний Архыз. Карачаево-Черкесская Республика. Сборник тезисов. С. 205.
4. *Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М.* Теория поля // Теоретическая физика. Т. 2. – М.: Физматлит, 2001.
5. *Маров М. Я.* Кометы // Большая Российская энциклопедия / [bigenc.ru/komety-b27fe6](http://bigenc.ru/komety-b27fe6) (26.07.2023).
6. *Перов Н. И.* Модель сближения Туманности Андромеды и Млечного Пути // Всероссийская астрономическая конференция «Современная астрономия: от ранней Вселенной до экзопланет и черных дыр. 25–31 августа 2024 г. САО РАН. Нижний Архыз. Карачаево-Черкесская Республика // Сборник тезисов. – С. 150–151.
7. *Хасанов В. К.* Классификация комет / [izba-2017-1955923](http://izba-2017-1955923). 16.04.2017.
8. *Kalinicheva O. V., Chernetenko Yu. A.* Specifics of the distributions of orbits of long-period comets in inner part of the Oort Cloud. 2020. *Astrophysical Bulletin*. Volume 75. Issue 4. P. 459–467.
9. *Bernardin L., Chin P., DeMarco P., Geddes K. O., Hare D.E.G., Heal K. M., Labahn G., May J. P., McCarron J., Monagan M. B., Ohashi D., Vorkoetter S. M.* The Essential Tool for Mathematics and Modelling // Copyright@Maplesoft, a division of Waterloo Maple Inc., 2011. [www.maplesoft.com/maple/](http://www.maplesoft.com/maple/)
10. The Physics Factbook. Number of Comets. Standardized Results. <https://hypertextbook.com/facts/2009/JeffreyYep.shtml>

11. *Zamarashkina M. D., Ogneva O. F.* / Protecting the Earth against collisions with asteroids and comets nuclei // Proceedings of the International Conference "Asteroid-Comet Hazard. 2009. Ed. A. M. Finkelstein, W. F. Huebner, & V. A. Shor. St. Petersburg: Nauka, 2010. P. 134.

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НЕБЕСНЫХ ТЕЛ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ УГЛОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ



**О. М. Роменская**



ГАУК ЯО «Центр имени В. В. Терешковой»



**В. А. Кутузова**



ФГБОУ ВО «Ярославский государственный педагогический университет имени К. Д. Ушинского»

**Аннотация.** В данной работе рассматривается метод оценки параметров искусственных спутников Земли (ИСЗ) на основе анализа их движения. Основные параметры, которые определяются, включают отношение площади миделева сечения к массе спутника  $(kS_1)/m_{ИСЗ}$  и отношение аэродинамического сопротивления к массе  $(S_2C_D)/m_{ИСЗ}$  с учетом отражательных свойств поверхности спутника и его аэродинамических характеристик.

Для анализа используются геоцентрические координаты пункта наблюдения, топоцентрические величины прямого восхождения, склонения и наклонной дальности спутника, а также данные о гравитационных полях Земли, Луны и Солнца. Учитываются возмущающие факторы, такие как световое давление и сопротивление атмосферы.

Метод позволяет оценивать параметры ИСЗ по одному прохождению, что значительно сокращает время, необходимое для анализа. При известном отношении  $(S_2C_D)/m_{ИСЗ}$  возможно определение плотности атмосферы в месте нахождения спутника. В случае отсутствия измерений наклонной дальности система уравнений применима для определения предварительных орбит.

**Ключевые слова:** искусственные спутники Земли, геоцентрические координаты пункта наблюдения, топоцентрические величины прямого восхождения, склонения и наклонной дальности спутника, гравитационные поля Земли, Луны и Солнца, световое давление и сопротивление атмосферы, возмущенное геоцентрическое движение небесных тел, определение орбит и конструкционных параметров ИСЗ.

---

## DETERMINATION OF CELESTIAL BODIES PHYSICAL PARAMETERS BASED ON ANGULAR MEASUREMENTS



**O. Romenskaya**



State Autonomous Organization of Culture of Yaroslavl Region "Cultural and Educational Centre named after V. V. Tereshkova", Yaroslavl



V. Kutuzova



State Pedagogical University named after K. D. Ushinskii, Yaroslavl

**Annotation.** This paper presents a method for estimating the parameters of artificial satellites (ИСЗ) based on the analysis of their motion. The main parameters determined include the ratio of the midship section area to the satellite mass  $(kS_1)/m_{ИСЗ}$ , and the aerodynamic drag ratio to mass  $(S_2C_D)/m_{ИСЗ}$ , taking into account the reflective properties of the satellite surface and its aerodynamic characteristics.

The analysis utilizes geocentric coordinates of the observation point, topocentric values of right ascension, declination, and slant range of the satellite, as well as data on the gravitational fields of the Earth, Moon, and Sun. Disturbing factors such as light pressure and atmospheric resistance are also taken into account.

The method enables the estimation of artificial satellite parameters based on a single pass, significantly reducing the time required for analysis. With the known ratio  $(S_2C_D)/m_{ИСЗ}$  it is possible to determine the atmospheric density at the satellite's location. In the absence of slant range measurements, the system of equations is applicable for determining preliminary orbits.

**Key words:** artificial Earth satellites, geocentric coordinates of the observation point, topocentric values of the satellite's right ascension, declination, and oblique range, the gravitational fields of the Earth, Moon, and the Sun, light pressure and atmospheric resistance, perturbed geocentric motion of celestial bodies, determination of orbits and design parameters of satellite.

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время имеются достаточно точные модели гравитационного поля Земли [1, 2], атмосферы планеты [3] и соответствующие теории движения Луны и Солнца [4], которые при наличии высокоточных наблюдений [5] позволяют оценивать некоторые параметры искусственных и естественных небесных тел. В случае искусственных спутников Земли такими параметрами, в частности, являются

$$\frac{kS_1}{m_{ИСЗ}} \text{ и } \frac{S_2C_D}{m_{ИСЗ}}$$

Здесь:

$k$  – коэффициент, характеризующий отражательные свойства поверхности спутника;

$S_1$  – площадь миделева сечения-1 спутника (соответствующая плоскость перпендикулярна направлению распространения световых лучей);

$m_{ИСЗ}$  – масса спутника;

$S_2$  – площадь миделева сечения-2 (соответствующая плоскость перпендикулярна вектору скорости спутника относительно атмосферы);

$C_D$  – аэродинамический коэффициент лобового сопротивления.

Указанные выше параметры примем за искомые величины.

Исходными данными будут:

$\varphi, \lambda, |R|$  – геоцентрические координаты пункта наблюдения: широта, долгота и модуль радиус-вектора земной станции слежения соответственно; плотные ряды наблюдаемых топоцентрических величин прямого восхождения  $\alpha$ , склонения  $\delta$ , наклонной дальности  $d$  ИСЗ на моменты всемирного времени  $T_k$  ( $k = \overline{1, n}$ ); геоцентрические векторы положений Луны  $r_L$ , Солнца  $r_C$ , вектор угловой скорости вращения Земли  $n_3$ , плотность атмосферы  $\rho_3$  в месте нахождения спутника и постоянные характеризующие гравитационные поля Земли  $Gm_3, c, \sigma$ , Луны  $Gm_L$  и Солнца  $Gm_C$ .

## ОСНОВНЫЕ УРАВНЕНИЯ

В соответствии с работами [6, 7], кроме сил гравитационной природы, на искусственный спутник Земли действуют силы, зависящие от конструктивных характеристик ИСЗ. В этом множестве негравитационных сил наиболее значительны силы светового давления и сопротивления атмосферы. Выберем модель движения спутника, учитывая основные возмущающие факторы, обусловленные второй и третьей зональными гармониками геопотенциала, гравитационными полями Солнца и Луны, световым давлением и сопротивлением атмосферы. Тогда уравнение движения небесного тела в векторной форме будет иметь вид:

$$\begin{aligned} \ddot{\mathbf{r}} = & -\frac{Gm_3}{2} \left\{ \frac{(1+\sigma\sqrt{-1})[r-c(\sigma+\sqrt{-1})K]}{|r-c(\sigma+\sqrt{-1})K|^3} + \right. \\ & \left. + \frac{(1-\sigma\sqrt{-1})[r-c(\sigma-\sqrt{-1})K]}{|r-c(\sigma-\sqrt{-1})K|^3} \right\} + \\ & + \frac{Gm_C}{2} \left[ \frac{\mathbf{r}_C}{|\mathbf{r}_C|^3} - \frac{\mathbf{r} - \mathbf{r}_C}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}_C|^3} \right] + \\ & + \frac{Gm_L}{2} \left[ \frac{\mathbf{r}_L}{|\mathbf{r}_L|^3} - \frac{\mathbf{r} - \mathbf{r}_L}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}_L|^3} \right] + \\ & + \frac{S_1 k P_o a^2}{m_{исз}} \frac{\mathbf{r} - \mathbf{r}_c}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}_c|^3} - \\ & - \frac{1}{2} \frac{\rho S_2 C_D}{m_{исз}} |\mathbf{V}_{отн}| \cdot \mathbf{V}_{отн} . \end{aligned} \quad (1)$$

Здесь  $\mathbf{r}$  – геоцентрический радиус-вектор ИСЗ, точка означает дифференцирование по времени,  $o$  и  $\sigma$  – константы обобщенной задачи двух

неподвижных центров,  $\mathbf{I}, \mathbf{J}, \mathbf{K}$  – орты прямоугольной геоцентрической системы координат  $O_{xyz}$ , ось  $O_x$  которой направлена в точку весеннего равноденствия, ось  $O_z$  – в северный полюс мира, а ось  $O_y$  дополняет систему координат до правой.

$$|\mathbf{r} - c(\sigma \mp \sqrt{-1})\mathbf{K}| = \left\{ [\mathbf{r} - c(\sigma \mp \sqrt{-1})\mathbf{K}]^2 \right\}^{\frac{1}{2}},$$

$P_0 = E_0/c_1$ ,  $E_0$  – солнечная постоянная,  $c_1$  – скорость света,  $a$  – среднее расстояние от Земли до Солнца,  $V_{\text{отн}}$  – скорость спутника относительно атмосферы Земли; в дальнейшем учитывая вращение атмосферы, будем полагать:

$$\mathbf{V}_{\text{отн}} = \dot{\mathbf{r}} - [\mathbf{n}_3, \mathbf{r}] = (\dot{x} + yn_3)\mathbf{I} + (\dot{y} - xn_3)\mathbf{J} + \dot{z}\mathbf{K}. \quad (2)$$

Векторное уравнение (1) спроектируем на оси указанной инерциальной системы координат.

$$\ddot{x} = -\frac{Gm_3}{2}\Delta_1 x + Gm_c \left[ \frac{x_c}{|r_c|^3} - \frac{x-x_c}{|r-r_c|^3} \right] + Gm_l \left[ \frac{x_l}{|r_l|^3} - \frac{x-x_l}{|r-r_l|^3} \right] + \frac{kS_1}{m_{\text{иц3}}} a^2 P_0 \frac{x-x_c}{|r-r_c|^3} - \frac{1}{2}\rho \left( \frac{s_2 c_D}{m_{\text{иц3}}} \right) |V_{\text{отн}}| (\dot{x} + yn_3); \quad (3)$$

$$\ddot{y} = -\frac{Gm_3}{2}\Delta_1 y + Gm_c \left[ \frac{y_c}{|r_c|^3} - \frac{y-y_c}{|r-r_c|^3} \right] + Gm_l \left[ \frac{y_l}{|r_l|^3} - \frac{y-y_l}{|r-r_l|^3} \right] + \frac{kS_1}{m_{\text{иц3}}} a^2 P_0 \frac{y-x_c}{|r-r_c|^3} - \frac{1}{2}\rho \left( \frac{s_2 c_D}{m_{\text{иц3}}} \right) |V_{\text{отн}}| (\dot{y} - xn_3) \quad (4)$$

$$\ddot{z} = -\frac{Gm_3}{2}\Delta_1 z + \frac{Gm_3 c \Delta_2}{2} + Gm_c \left[ \frac{z_c}{|r_c|^3} - \frac{z-z_c}{|r-r_c|^3} \right] + Gm_l \left[ \frac{z_l}{|r_l|^3} - \frac{z-z_l}{|r-r_l|^3} \right] + \frac{kS_1}{m_{\text{иц3}}} a^2 P_0 \frac{z-z_c}{|z-z_c|^3} - \frac{1}{2}\rho \left( \frac{s_2 c_D}{m_{\text{иц3}}} \right) |V_{\text{отн}}| \dot{z}; \quad (5)$$

В работе [8] получены следующие формулы для величин  $\Delta_1$  и  $\Delta_2$ :

$$\Delta_1 = \frac{2(\cos \frac{3\vartheta}{2} + \sigma \sin \frac{3\vartheta}{2})}{(A^2 + B^2)^{3/4}}, \quad (6)$$

$$\Delta_2 = \frac{2(-\sigma \cos \frac{3\vartheta}{2} + \sin \frac{3\vartheta}{2})}{(A^2 + B^2)^{3/4}}, \quad (7)$$

$$tg \vartheta = \frac{B}{A}, \quad (8)$$

$$B = -2c(dv + Z) + 2c^2\sigma, \quad (9)$$

$$A = d^2 + 2(R, Ld) + R^2 - 2c\sigma(dv + Z) + c^2(\sigma^2 - 1), \quad (10)$$

Здесь:

$$\mathbf{R} = \{X = R \cos \phi \cos s, Y = R \cos \phi \sin s, Z = R \sin \phi\}, \quad (11)$$

$$\mathbf{L} = \{\lambda = \cos \alpha \cos \delta, \mu = R \sin \alpha \cos \delta, \nu = \sin \delta\}. \quad (12)$$

Соотношения (3) – (5) являются основными в данном методе нахождения неизвестных  $(kS_1)/m_{исз}$  и  $(S_2C_D)/m_{исз}$ .

Значения величин  $\mathbf{r}$ ,  $\dot{\mathbf{r}}$ ,  $\ddot{\mathbf{r}}$  определяются из наблюдений по следующим формулам:

$$\mathbf{r} = d\mathbf{L} + \mathbf{R}, \quad (13)$$

$$\dot{\mathbf{r}} = \dot{d} \cdot \mathbf{L} + d \cdot \dot{\mathbf{L}} + \dot{\mathbf{R}}, \quad (14)$$

$$\ddot{\mathbf{r}} = \ddot{d} \cdot \mathbf{L} + 2 \cdot \dot{d} \cdot \dot{\mathbf{L}} + d \cdot \ddot{\mathbf{L}} + \ddot{\mathbf{R}}, \quad (15)$$

где:

$$\dot{\mathbf{R}} = [n_3, \mathbf{R}], \quad \ddot{\mathbf{R}} = [n_3[n_3, \mathbf{R}]]. \quad (16)$$

Из равенств (12) следует:

$$\dot{\mathbf{L}} = \dot{\mathbf{L}}(\alpha, \delta, \dot{\alpha}, \dot{\delta}); \quad (17)$$

$$\ddot{\mathbf{L}} = \ddot{\mathbf{L}}(\alpha, \delta, \dot{\alpha}, \dot{\delta}, \ddot{\alpha}, \ddot{\delta}),$$

где  $\alpha$ ,  $\delta$ ,  $\dot{\alpha}$ ,  $\dot{\delta}$  (также как  $\dot{d}$  и  $\ddot{d}$ ) вычисляются на средний момент времени по достаточно плотному ряду наблюдаемых величин  $\alpha_k$ ,  $\delta_k$ ,  $d_k$  с использованием ортогональных полиномов Чебышева [10].

В другом способе [8] направляющие косинусы  $\mathbf{L}$  вектора наклонной дальности  $d$ ,  $\dot{\mathbf{L}}$  и  $\ddot{\mathbf{L}}$  вычисляются на средний момент времени непосредственно по плотному ряду значений  $L_k$ :

$$\dot{\mathbf{L}} = \dot{\mathbf{L}}(\lambda, \dot{\lambda}, \dot{\nu}), \quad \ddot{\mathbf{L}} = \ddot{\mathbf{L}}(\lambda, \dot{\lambda}, \dot{\nu}), \quad (\mathbf{L}, \mathbf{L}) = 1, \quad (\mathbf{L}, \dot{\mathbf{L}}) = 0, \quad (\mathbf{L}, \ddot{\mathbf{L}}) + \dot{\mathbf{L}}^2 = 0.$$

Таким образом, используя равенства (13) – (17), от системы уравнений (3) – (5) переходим к системе (18) – (20):

$$A_1 \frac{kS_1}{m_{исз}} - B_1 \frac{S_2C_D}{m_{исз}} = C_1 \quad (18)$$

$$A_2 \frac{kS_1}{m_{исз}} - B_1 \frac{S_2C_D}{m_{исз}} = C_2 \quad (19)$$

$$A_3 \frac{kS_1}{m_{исз}} - B_2 \frac{S_2C_D}{m_{исз}} = C_3 \quad (20)$$

Эти три уравнения линейны относительно неизвестных  $(kS_1)/m_{исз}$  и  $(S_2C_D)/m_{исз}$ .

Выбрав такие два уравнения, для которых соответствующий определитель принимает максимальное значение, находим искомые величины. Оставшееся уравнение используем для контроля вычислений и проверки выбранной модели движения спутника.

## ПРИМЕР

Проиллюстрируем изложенный метод оценки конструктивных параметров ИСЗ на модельных наблюдениях, произведенных на станции N с геоцентрическими координатами  $R_N = 6371,000$  км,  $\phi_N = 58^\circ$  на момент местного звездного времени  $s = 22h$ .

При этом геоцентрические координаты Солнца и Луны, вычисленные теоретически [4] или взятые из Астрономического ежегодника ИПА РАН, имели следующие значения:

$$\mathbf{r}_c = \{-1,0109334 \cdot 10^{11} \text{ м}, -1,0109334 \cdot 10^{11} \text{ м}, -0,4370569 \cdot 10^{11} \text{ м}\};$$

$$\mathbf{r}_л = \{-3,4641009 \cdot 10^8 \text{ м}, -0,3820301 \cdot 10^8 \text{ м}, -0,31376068 \cdot 10^8 \text{ м}\}.$$

Непосредственно измеренные величины на станции:  $\alpha = 3h$ ,  $\delta = 60^\circ$ ,  $d = 300000$  м. По значению вектора дальности  $d$  с учетом соотношения (13) модели атмосферы [3] находим плотность атмосферы:  $\rho = 0,5 \cdot 10^{-10}$  кг/м<sup>3</sup>.

Вычисленные величины соответствуют плотности атмосферы в тот же момент времени (используются соответствующие плотности наблюдений и ортогональные полиномы Чебышева):

$$\dot{d} = 5336,0723 \text{ м/с}; \quad \ddot{d} = 147,31234 \text{ м/с}^2;$$

$$\dot{\alpha} = 4,4758128 \cdot 10^{-2} \text{ с}^{-1}; \quad \ddot{\alpha} = -2,1971024 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-2};$$

$$\dot{\delta} = -4,0936860 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}; \quad \ddot{\delta} = -7,3065920 \cdot 10^{-4} \text{ с}^{-2}.$$

Тогда на основании соотношений (3) – (5) с помощью равенств (2), (6), (7) с привлечением астрономических констант из работы [9] приходим к уравнениям вида (18) – (19):

$$\frac{kS_1}{m_{исз}} 3,1443022 \cdot 10^{-6} + \frac{S_2 C_D}{m_{исз}} 4,5458396 \cdot 10^{-4} = -1,0067595 \cdot 10^{-4} \quad (21)$$

$$\frac{kS_1}{m_{исз}} 3,1415949 \cdot 10^{-6} - \frac{S_2 C_D}{m_{исз}} 1,5964739 \cdot 10^{-3} = -3,5061051 \cdot 10^{-4} \quad (22)$$

$$\frac{kS_1}{m_{исз}} 1,359623 \cdot 10^{-6} - \frac{S_2 C_D}{m_{исз}} 8,6703665 \cdot 10^{-4} = -1,9051903 \cdot 10^{-4} \quad (23)$$

Из (21) и (23) находим:

$$\frac{kS_1}{m_{исз}} = 0,20418 \text{ м}^2/\text{кг}, \quad (24)$$

$$\frac{S_2 C_D}{m_{исз}} = 0,22006 \text{ м}^2/\text{кг}. \quad (25)$$

При этом в соотношении (22) левая часть отличается от правой на  $6 \cdot 10^{-8}$  м<sup>2</sup>/кг

Оценим далее геометрическую форму спутника. Поскольку для сфер [6]  $k \in (1, 1, 44)$ , а  $S_D \cong 2,20$ , то из (24) и (25) следует  $S_1/S_2 \approx 42 \div 0,61$ , и в данном случае форма спутника заметно отличается от сферической.

Очевидно, конструктивные характеристики ИСЗ определяются удовлетворительно, если  $\frac{\max|a_H|}{\min|a_{yi}|}$  – максимальная величина неучитываемого возмущающего ускорения,  $|a_{yi}|$  – минимальное значение  $i$ -го ускорения, содержащегося в уравнении (1).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Приведенный метод позволяет приближенно оценивать конструктивные характеристики искусственных спутников Земли по одному прохождению (в методе [11] для этого требуются значительные интервалы времени).

В уравнении (1) все величины, в том числе и искомые физические параметры ИСЗ, могут быть сложными функциями координат и времени, однако и в этом случае возможно определить их значения и законы их изменения описанным выше способом.

При известном и заметном отношении  $(S_2C_D)/m_{ИСЗ}$  открывается возможность нахождения плотности атмосферы в месте нахождения спутника из соотношений (3) – (5).

В случае отсутствия измерений наклонной дальности система уравнений (3) – (5) применима для определения предварительных орбит небесных тел при самых разнообразных законах движения, физические параметры космических объектов при этом варьируются.

## Список литературы

1. *Грушинский Н. П.* Теория фигуры Земли. – М.: Наука, 1975.
2. *Холшевников К. В., Полещиков С. М.* Представление геопотенциала системой точечных масс с комплексными параметрами // Наблюдения ИСЗ. – Прага, 1984. – № 4. – С. 243–248.
3. *Назаренко А. И., Андреев В. Е., Вернакова С. Н., Горохов Ю. П., Гукина Р. В., Клименко А. Т., Маркова Л. Г.* Оценка точности модели атмосферы для баллистических расчетов ГОСТ 22721 – 77 // Наблюдения искусственных небесных тел. – М.: Астрономический совет, 1984. – № 81. – С. 35–46.
4. *Справочное руководство по небесной механике и астродинамике / Дубошин Г. Н.* – М.: Наука, 1976.
5. *Дума Д. П.* Проблема определения высокоточных координат искусственных небесных тел фотографическим способом // Астрономический журнал АН СССР. – 1984. – Т. 61. – С. 184–190.
6. *Аксенов Е. П.* Теория движения искусственных спутников Земли. – М.: Наука, 1977.
7. *Холшевников К. В., Соколов Л. Л., Тимошкова Е. И., Титов В. Б.* О точности прогнозирования орбитального движения ИСЗ // Вестник ЛГУ. – № 19. – С. 68–71.

8. *Перов Н. И.* К методу определения возмущенных орбит неизвестных космических объектов по оптическим наблюдениям // *Астрономический журнал АН СССР*. – 1987. – Т. 64. – № 1. – С. 187–195.
9. *Подобед В. В., Нестеров В. В.* *Общая астрометрия*. – М.: Наука, 1982.
10. *Сурнин Ю. В., Дементьев О. В.* Аппроксимация результатов наблюдений ИСЗ ортогональными полиномами Чебышева // *Астрономия и геодезия*. – Томск: ТГУ, 1984. – С. 84–93.
11. *Братийчук Ю. В., Епишев В. П., Галас Т. Ю.* Исследование ориентации ИНТ серии «МИДАС» // *Проблемы космической физики*. – Киев, 1985. – № 20. – С. 11–15

# ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ДЛЯ ПОЛЕТА АППАРАТА НА ЛУНУ



**Н. И. Перов**



ГАУК ЯО «Центр имени В. В. Терешковой»,  
ФГБОУ ВО «Ярославский государственный педагогический  
университет имени К. Д. Ушинского»



**В. Н. Колескин**



ФГБОУ ВО «Ярославский государственный педагогический  
университет имени К. Д. Ушинского»

**Аннотация.** Рассматривается метод разгона космического аппарата до второй космической скорости с помощью электромагнитного поля. Определяются электрические и магнитные свойства установки. Из дифференциальных уравнений находится момент времени смены знаков первой и второй производных функции зависимости электрического заряда от времени, что приводит к переходу от увеличения силы, обусловленной полем, к противоположному направлению силы действия электромагнитного поля и торможению аппарата. Произведены оценки расстояния, скорости и ускорения космического аппарата в рассматриваемом электромагнитном поле и необходимая мощность установки.

**Ключевые слова:** вторая космическая скорость, емкость, индуктивность, активное сопротивление, сила тока, электрический заряд, переход энергии электромагнитного поля в механическую энергию.

84

---

## ESTIMATION OF ELECTROMAGNETIC FIELD PARAMETERS FOR SPACECRAFT FLIGHT TO THE MOON



**N. Perov**



State Autonomous Organization of Cultural of Yaroslavl's Region "Cultural and Educational Center Named after V. V. Tereshkova",  
Yaroslavl's State Pedagogical University named after K. D. Ushinskii



**V. Koleskin**



Yaroslavl's State Pedagogical University named after K. D. Ushinskii

**Annotation.** A method of acceleration of spaceship up the second cosmic velocity with help of electromagnetic field is under consideration. The

electrical and magnetic properties of the missile launch are determined. The moment of time of changing the signs of the first and second derivatives of the electrical charge is found from the solution of the differential equation. The last is due to the conversion of the increasing force into the decreasing force (and oppositely directed) of the electromagnetic field. The distance, velocity and acceleration of the apparatus are estimated as well as required power of the device.

**Key words:** The second cosmic velocity, electrical capacity, inductance, electric current, electric charge, resistance, energy of the electromagnetic field, mechanical energy.

## ВВЕДЕНИЕ

В электромагнитных пушках, в которых время разгона теоретически не ограничено и отсутствует ствол, создающий чрезвычайно высокую силу сопротивления воздуха, действующую на носовую часть снаряда, сопротивление атмосферы создает дополнительные трудности и в управлении полетом уже выпущенного снаряда. Если ствол космической пушки достигает верхних слоев стратосферы, где воздух менее плотный, то частично эти проблемы решаются.

Если будут найдены приемлемые решения этих основных проблем, то космическая пушка может обеспечить вывод грузов в космическое пространство по беспрецедентно низкой цене \$ 550 за килограмм [1].

## ОСНОВНЫЕ УРАВНЕНИЯ

Рассмотрим систему, состоящую из конденсатора емкостью  $C$ , который в начальный момент времени находится под напряжением  $U$ , катушки индуктивности (с индуктивностью  $L$ ) и с активным сопротивлением  $R$  и условного сопротивления  $r$ , такого, что энергия электростатического поля конденсатора частично переходит в энергию магнитного поля катушки, тепловую энергию, а частично – в кинетическую энергию аппарата массой  $m$ , приобретающего скорость  $v$ . Уравнения (1) и (2).

$$L \frac{d^2q}{dt^2} + \frac{dq}{dt}(R+r) + q \cdot \frac{1}{C} = 0. \quad (1)$$

$$E = r \cdot \int_0^{\tau} \left( \frac{dq}{dt} \right)^2 dt = \frac{mv^2}{2}. \quad (2)$$

Решение дифференциального уравнения (1) представим в виде  $q(t) = qv$ ,  $dq/dt = dqv$ . Уравнения (3) и (4).

Здесь  $q$  – электрический заряд.

$r$  определяется по известным параметрам установки ( $C, R, L, U$ ).

$$qv := q(t) = \_C1 e^{-\frac{1}{2} \frac{(CR + Cr - \sqrt{C^2 R^2 + 2C^2 Rr + C^2 r^2 - 4LC}) t}{LC}} + \_C2 e^{-\frac{1}{2} \frac{(CR + Cr + \sqrt{C^2 R^2 + 2C^2 Rr + C^2 r^2 - 4LC}) t}{LC}} \quad (3)$$

$$dq(t) := -\frac{1}{2} \frac{1}{LC} \left( \_C1 (CR + Cr - \sqrt{C^2 R^2 + 2C^2 Rr + C^2 r^2 - 4LC}) e^{-\frac{1}{2} \frac{(CR + Cr - \sqrt{C^2 R^2 + 2C^2 Rr + C^2 r^2 - 4LC}) t}{LC}} - \_C2 (CR + Cr + \sqrt{C^2 R^2 + 2C^2 Rr + C^2 r^2 - 4LC}) e^{-\frac{1}{2} \frac{(CR + Cr + \sqrt{C^2 R^2 + 2C^2 Rr + C^2 r^2 - 4LC}) t}{LC}} \right) \quad (4)$$

Постоянные интегрирования  $\_C1$  и  $\_C2$  определим из начальных условий  $q(0) = CU, (dq/dt)_0 = 0$ .

$$\_C1 = \frac{1}{CR^2 + 2.CRr + Cr^2 - 4.L} \left( 0.5000000000 CU (CR^2 + 2.CRr + R\sqrt{C^2 R^2 + 2.C^2 Rr + C^2 r^2 - 4.LC} + Cr^2 + r\sqrt{C^2 R^2 + 2.C^2 Rr + C^2 r^2 - 4.LC} - 4.L) \right) \quad (5)$$

$$\_C2 = \frac{1}{(CR^2 + 2.CRr + Cr^2 - 4.L - 1.R\sqrt{C^2 R^2 + 2.C^2 Rr + C^2 r^2 - 4.LC} - 1.r\sqrt{C^2 R^2 + 2.C^2 Rr + C^2 r^2 - 4.LC} + CR^2 + 2.CRr + Cr^2 - 4.L) U} \left( 0.5000000000 C \right) \quad (6)$$

## ПРИМЕР

За исходные значения используемых величин примем (в системе СИ):  $C = 1$  Ф,  $R = 1$  Ом,  $L = 1$  Гн,  $U = 10^6$  В.

Получим:

$$\_C1 := \frac{1}{-3. + 2.r + r^2} \left( 5.00000 10^5 (-3. + 2.r + \sqrt{-3. + 2.r + r^2} + r^2 + r\sqrt{-3. + 2.r + r^2}) \right)$$

$$\_C2 := \frac{1}{-3. + 2.r + r^2} \left( 5.00000 10^5 (-3. + 2.r + r^2 - 1.\sqrt{-3. + 2.r + r^2} - 1.r\sqrt{-3. + 2.r + r^2}) \right)$$

Для поиска значений  $r$  и  $t_c$  – интервала времени, по истечении которого сила тока  $dq/dt$  в катушке индуктивности достигнет первого минимального значения, а соответствующая мощность (энергия аппарата (2)) достигнет максимального значения, – воспользуемся системой уравнений (7) и (8) относительно неизвестных  $tc$  и  $r$ .

$$\frac{d^2q}{dt^2} = 0 = F_1, \quad (7)$$

$$\frac{d}{dr} \left( r \cdot \int_0^{t_c} \left( \frac{dq}{dt} \right)^2 dt \right) = 0 = F_2. \quad (8)$$

Эта система уравнений (относительно неизвестных  $t$  и  $r$ ) решается, например, с использованием итерационного метода Ньютона – Рафсона [4].

Введем матрицу **A**

$$A = \begin{pmatrix} \frac{\partial F_1}{\partial t} & \frac{\partial F_1}{\partial r} \\ \frac{\partial F_2}{\partial t} & \frac{\partial F_2}{\partial r} \end{pmatrix} \text{ и обратную к ней матрицу } \mathbf{B} \quad (9)$$

$$\mathbf{B} = 1/\mathbf{A}. \quad (10)$$

Тогда итерационный процесс поиска  $tc$  и  $r$  для  $i$ -итерации представим в виде:

$$\begin{aligned} t_i + 1 &= t_i - (B_{11}F_1 + B_{12}F_2); \\ r_i + 1 &= r_i - (B_{21}F_1 + B_{22}F_2). \end{aligned}$$

Этот итерационный процесс прекращаем при выполнении условий:

$$|t_i + 1 - t_i| < \varepsilon_t, |r_i + 1 - r_i| < \varepsilon_r \quad (\varepsilon_t \text{ и } \varepsilon_r - \text{малые величины}).$$

После десяти итераций получили следующие значения  $t_c$  и  $r$ :

$t_c = 0,73931649505101015021765167$  с;  $r = 3,2504985992440257943151$  Ом. При этом  $\varepsilon_t = 1,5 \cdot 10^{-18}$  с;  $\varepsilon_r = -2,1 \cdot 10^{-12}$  Ом, а все начальные значения искомым величин отличались на несколько порядков.

При массе аппарата  $m = 1000$  кг, его скорости  $v = 11200$  м/с значение кинетической энергии аппарата составляет  $E_K =$  Дж (мощности, сравнимые с мощностью всех электростанций земного шара ( $1,5 \cdot 10^{12}$  Вт) рассматриваются при исследовании полетов к звездам с около световой скоростью).

Графики функций  $q(t)$ ,  $dq/dt$  и связанные с ними функции вида (2) представлены на рис. 1–5.

Зависимости скорости  $v$ , ускорения  $a$  и перемещения  $s$  аппарата от времени представлены на рис. 6–8.

Обратим внимание на большие перегрузки (1880g) в космическом аппарате в начальный момент времени и меньшие перегрузки ( $g$ ) в конечной точке разгонной траектории (рис. 7).

В рассматриваемой модели космический аппарат при разгоне проходит расстояние порядка 4 км (рис. 8).

При определенных параметрах установки возможно снижение скорости до 0 на интервале времени от  $t_c$  до  $t_2 = 2,835349140331780999675789$  с и на расстоянии  $s_2 = 39741,8586180142769006156$  м (рис. 9).

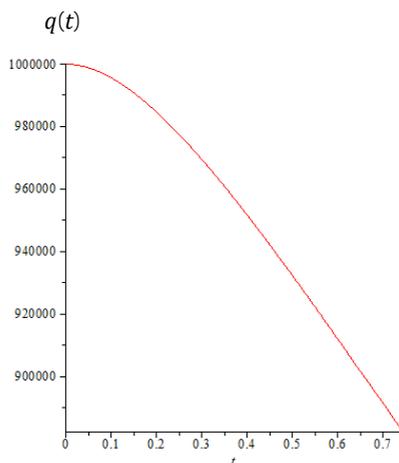


Рис. 1. Зависимость  $q(t)$

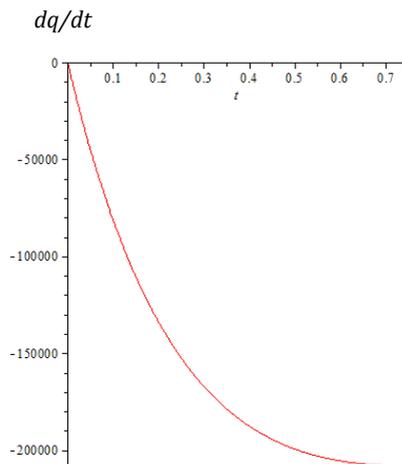


Рис. 2. Зависимость  $dq/dt$  от времени  $t$ .

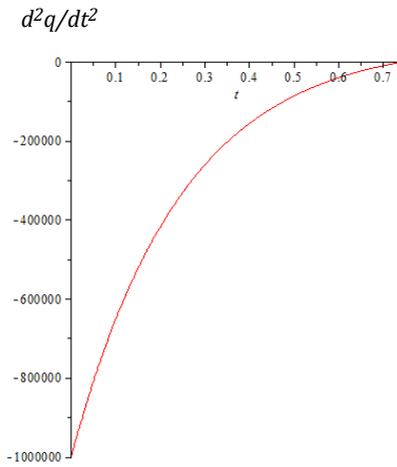


Рис. 3. Зависимость  $d^2q/dt^2$  от времени  $t$ .  
Экстремум функции  $dq/dt$ .  $d^2q/dt^2 = 0$

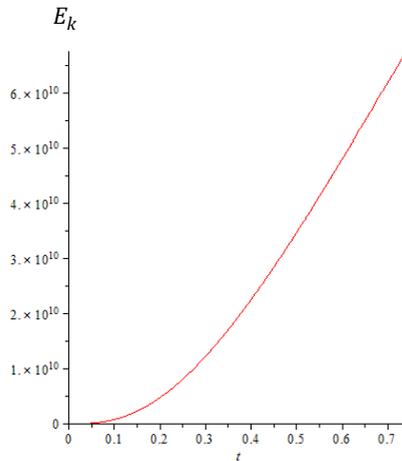


Рис. 4. Кинетическая энергия аппарата (2).  $E_k = E_k(t)$  (Дж)

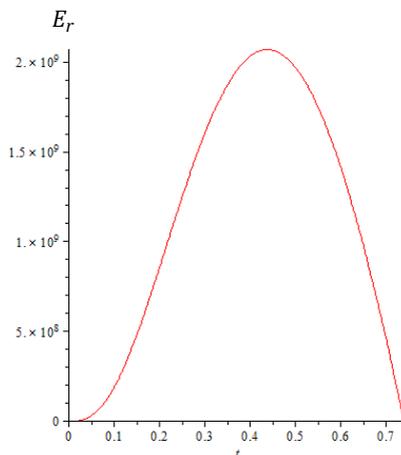


Рис. 5. График производной функции (2) по условному сопротивлению  $r$  в зависимости от времени

$$E_r = \frac{\partial}{\partial r} \left( r \cdot \int_0^{t_c} \left( \frac{dq}{dt} \right)^2 dt \right).$$

(Смена режима уменьшения на режим увеличения функции  $dq/dt$  при  $t = t_c = 0,73931649505101015021765167$ . Момент начала торможения аппарата. См. рис. 2).

### СКОРОСТЬ АППАРАТА

$$v = \sqrt{\frac{2r}{m} \int_0^t \left( \frac{dq}{dt} \right)^2 dt}.$$

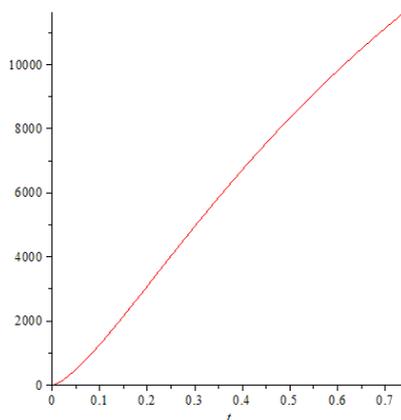


Рис. 6. Зависимость скорости  $v$  (м/с) аппарата от времени ( $t$  с).

Точка перегиба  $v$  при  $t_1 = 0,2105282525$  с. Максимальное значение скорости аппарата составляет  $11626,7417195320803811545$  м/с при  $t = t_c = 0,73931649505101015021765167$  с.

## УСКОРЕНИЕ АППАРАТА

$$a = \frac{dv}{dt}.$$

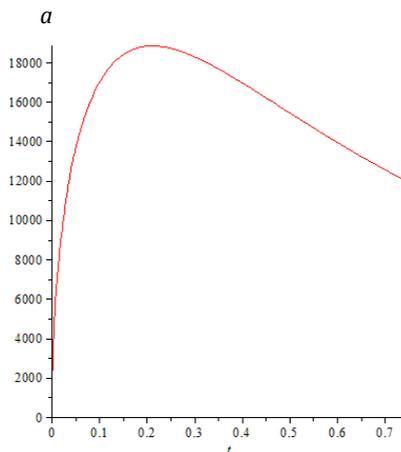


Рис. 7. Зависимость ускорения  $a$  (м/с<sup>2</sup>) аппарата от времени  $t$  (с)

Максимальное значение ускорения аппарата составляет  $a_{max} = 18861,3573149580874975943$  м/с<sup>2</sup> при  $t_1 = 0,2105282525$  с

## ПЕРЕМЕЩЕНИЕ АППАРАТА

$$s = \int_0^{t_c} v dt . \quad (11)$$

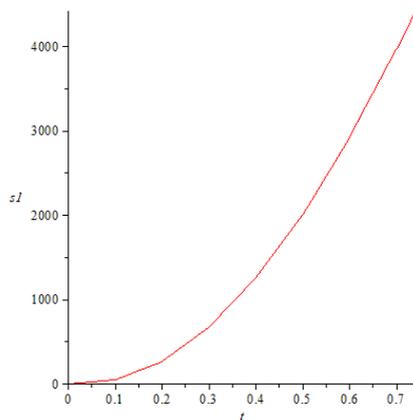


Рис. 8. Зависимость перемещения  $s$  (м) аппарата от времени  $t$  (с)

Для достижения максимальной скорости (в рассматриваемой модели движения) аппарат должен пройти расстояние  $s = 4417,76477341024105759727$  м

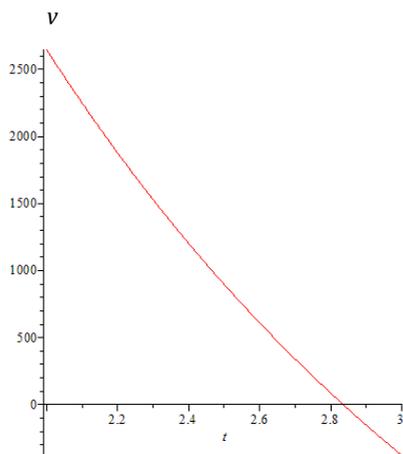


Рис. 9. Скорость аппарата обращается в 0 при  $t_2 = 2,83534914033178099675789$  с

(Торможение – следствие закона Фарадея. При этом аппарат проходит еще расстояние  $s_2 = 39741,8586180142769006156$  м)

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По факту, рельсотрон – это связка из пары параллельных электродов: рельсов и источника питания, который способен выдать мощный импульс энергии. Разгоняемый груз находится между рельсами и замыкает цепь, получая ускорение благодаря силе Ампера, которая действует на замкнутый проводник с током в его собственном магнитном поле.

Одним из вариантов запуска спутников является линейный рельсотрон. Он представляет собой пусковой ствол и электростанцию мощностью десять мегаватт. Пусковой ствол – это вакуумная труба с рельсовым разгонным устройством и снарядом-носителем со спутником. Располагаться он должен на горе высотой два-три километра [2].

Другой вариант, предлагаемый к рассмотрению специалистами ЦНИИмаш, – это кольцевой ускоритель массы – кольцевая разгонная вакуумная труба диаметром несколько километров, размещенная на склоне горы, с выпускными стволами, через которые снаряд-носитель со спутником запускается в космос. Кольцевой ускоритель, в отличие от линейного рельсотрона, не требует чрезвычайно высокой мощности, в нем электродвигатель мощностью 20 мегаватт способен разгонять массу от двух тысяч килограммов до девяти километров в секунду всего за один час.

Среди недостатков электромагнитных пушек ученые выделяют за предельные перегрузки при запуске спутников: от двух до 20 тысяч g. Среди преимуществ по сравнению с традиционными космическими ракетами-носителями указываются низкая стоимость выведения и высокая оперативность запуска.

В марте 2024 года стало известно, что китайские инженеры работают над использованием электромагнитного рельсотрона (пушки) для вывода на орбиту пилотируемого космического корабля размером с Boeing 737 и весом 50 т.

Пусковая система, установленная на Земле, позволит существенно сэкономить расход топлива, который нужен ракете-носителю для выхода на орбиту, и снизить массу космического корабля.

План состоит в том, чтобы построить электромагнитную стартовую дорожку, которая сможет разогнать космический самолет до скорости 1,6 Маха или даже до 5 Махов. Поднявшись в воздух, аппарат затем запустит бортовые ракетные двигатели и продолжит разгоняться до орбитальной скорости.

Система разрабатывается Исследовательским институтом технологий летательных аппаратов Китайской аэрокосмической научно-промышленной корпорации (CASIC). Для проекта построили двухкилометровый испытательный полигон в провинции Шаньси. В настоящее время трасса позволяет развивать скорость до 1000 км/ч, но инженеры планируют расширить ее, чтобы повысить скорость в пять раз [3].

### Список источников

1. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Космическая\\_пушка](https://ru.wikipedia.org/wiki/Космическая_пушка)
2. <https://ria.ru/20201216/sputniki-1589414543.html?ysclid=m-294lgsv6z931948558>
3. <https://www.ixbt.com/live/science/kitayskaya-kosmicheskaya-katapult-a-ogromnyy-reisotron-dlya-zapuska-kosmicheskikh-korabley-stroitsya-v-kitae.html?ysclid=m294zaf4w7119935445>
4. Ортега Дж., Рейнболдт В. Итерационные методы решения нелинейных систем уравнений со многими неизвестными. – М.: Мир, 1975. – 558 с.

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАЧАЛЬНОЙ ОРБИТЫ НЕБЕСНОГО ТЕЛА ПО ТРЕМ ПАРАМ УГЛОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

 **Н. И. Перов**

 ГАУК ЯО «Центр имени В. В. Терешковой»,  
ФГБОУ ВО «Ярославский государственный педагогический  
университет имени К. Д. Ушинского»

**Аннотация.** В рамках модельной задачи двух тел – «Солнце – малое тело» – по трем измеренным парам прямого восхождения и склонения небесного тела на три момента времени (при положении наблюдателя на поверхности Земли) определяется гелиоцентрическая орбита этого тела, движущегося или по эллиптической, или по параболической, или по гиперболической траектории. Используется единый алгоритм вычисления параметров замкнутых и незамкнутых орбит космических объектов на произвольных дугах. Приводятся примеры определения орбит небесных тел с эксцентриситетами, отличными от нуля. Указывается на множественность решений задачи, анализируются достоинства и недостатки предложенного метода.

**Ключевые слова:** Солнце, Земля, малые тела, космические объекты, астероидно-кометная опасность, элементы гелиоцентрической орбиты, задача двух тел, прямое восхождение, склонение, геометрические и динамические методы определения орбит.

95

---

## PRELIMINARY ORBIT OF CELESTIAL BODY DETERMINATION USING OF THREE PAIRS OF ANGULAR MEASUREMENTS

 **N. Perov**

 State Autonomous Organization of Cultural of Yaroslavl's Region "Cultural  
and Educational Center Named after V. V. Tereshkova",  
Yaroslavl's State Pedagogical University named after K. D. Ushinski

**Annotation.** In the frame of the two body problem – "the Sun – a small body" – with using of three pairs of right ascension and declination of a celestial body for three moments of time (for the Earth's observer) heliocentrically elliptical, parabolic and hyperbolic orbit of the body is determined. Unified algorithm for calculating of parameters of closed and unclosed orbits of cosmic objects for arbitrary arcs is used. Examples of celestial bodies' orbits

determination eccentricities of which are differed from zero are given. Variants of several solutions of the problem, advantages and disadvantages of the considered method are taken into consideration.

**Key words:** the Sun, the Earth, small bodies, cosmic objects, asteroid-comet hazard, elements of heliocentrically orbit, two body problem, right ascension, declination, geometrical and dynamical methods of orbit determination.

---

## ВВЕДЕНИЕ

Определение предварительных орбит небесных тел представляет интерес для наблюдательной астрономии с точки зрения открытия новых тел или идентификации с уже известными (Кузнецов, 2021).

В первой половине XXI века проблема определения орбит небесных тел является актуальной как в небесной механике, так и в астродинамике, что объясняется многообразием траекторий космических объектов. Кроме того, в околоземном космическом пространстве число обломков указанных тел на несколько порядков превышает данные известных каталогов (Шустов, 2019, стр. 779). Своевременное определение их траекторий – одна из гарантий космической безопасности.

В Вашингтонском каталоге визуально-двойных звезд содержится информация более чем о 120000 визуально-двойных звезд. Основная причина, по которой орбиты большинства звезд не определены, – низкая точность наблюдений и малая дуга, охваченная наблюдениями. В каталоге WDS имеется множество звезд с неопределенными орбитами, изучаемых более ста лет, у которых наблюдениями охвачены дуги  $20^{\circ}$ – $30^{\circ}$ . У большинства методов при работе на малых дугах возникают проблемы со сходимостью. Перспективным направлением является разработка глобально сходящихся методов определения предварительных орбит (Байдин, Перов, Романенко, 2018).

Анализ классических методов определения предварительных орбит небесных тел (Абалакин и др., 1976) позволяет сделать вывод: процесс определения начальной орбиты состоит из двух частей. Вначале находятся начальные условия – положение  $\mathbf{r}$  и скорость  $\dot{\mathbf{r}}$  или два вектора положения  $\mathbf{r}_1$  и  $\mathbf{r}_2$  на известные моменты времени  $t_1$  и  $t_2$  из наблюдений, затем полученная информация преобразуется в орбитальные элементы. Обе части этого процесса с эпохи Гаусса непрерывно модернизируются (Абалакин и др., 1976; Курышев, 1982; Перов, 1989; Байдин, 2018; Кузнецов, 2019; Кузнецов, 2020; Кузнецов, 2021). Однако ограничения на применение соответствующих методов еще существуют даже для невозмущенного движения. Эти ограничения для различных методов различны. Одни методы эффективны на малых геоцентрических (или гелиоцентрических) дугах, другие – на больших. Одни методы работают при малых эксцентриситетах

орбит, другие – при значительных эксцентриситетах. Одни методы характеризуются высокой точностью, но требуют плотных рядов наблюдений и обладают малой областью сходимости, другие требуют меньшего числа наблюдений, имеют большую область сходимости, их алгоритм отличается быстродействием, но при этом допускается заметная внутренняя погрешность.

В связи с изложенным практический интерес представляет разработка такого метода определения предварительных орбит космических тел по результатам угловых измерений ( $T_k, \alpha_k, \delta_k, k = 1, 2, 3$ ), который был бы применим для малых ( $1^\circ$ ) и больших ( $360^\circ$ ) орбитальных дуг, для всех криволинейных финитных и инфинитных движений, отличался бы быстротой сходимости, начальные значения итерируемых параметров находились бы в широком диапазоне, а все вычисления выполнялись бы по единому алгоритму, независимо от характера траектории и положения наблюдателя.

Исходные данные:  $T_k, \alpha_k, \delta_k, k = 1, 2, 3$ , радиус-векторы Земли  $\mathbf{R}_k \{X_k, Y_k, Z_k\}$ , связанные с гелиоцентрической эклиптической системой координат на некоторую эпоху  $T$ .  $G$  – гравитационная постоянная.  $M_S$  – масса Солнца. Искомые величины:  $\mathbf{r}_2, \mathbf{r}_3$ . Здесь  $T_k$  – моменты наблюдений по всемирному времени,  $\alpha_k, \delta_k$  – прямое восхождение и склонение небесного тела в топоцентрической экваториальной системе координат,  $\mathbf{p}_k$  – геоцентрический радиус-вектор небесного тела на моменты времени  $T_k$ ,  $\mathbf{r}_2$  и  $\mathbf{r}_3$  – гелиоцентрические радиус-векторы небесного тела на моменты времени  $T_2$  и  $T_3$ . Используется прямоугольная экваториальная топоцентрическая инерциальная система координат, ось  $O_x$  которой направлена в точку весеннего равноденствия, ось  $O_z$  – в северный полюс мира, а ось  $O_y$  дополняет систему координат до правой, а также гелиоцентрическая и геоцентрическая эклиптические системы координат, оси  $O_{x_i}$ , которых направлены в точку весеннего равноденствия, оси  $O_z$  – в Северный полюс эклиптики, а оси  $O_y$  дополняют эти системы до правых.

## ОСНОВНЫЕ УРАВНЕНИЯ

Для перехода к гелиоцентрической эклиптической системе координат сначала перейдем от топоцентрической экваториальной системы ( $\alpha, \delta$ ) к топоцентрической эклиптической системе координат ( $\lambda'$  – эклиптическая долгота,  $\beta'$  – эклиптическая широта).

$$\begin{aligned} \cos \lambda' \cdot \cos \beta' &= \cos \alpha \cdot \cos \delta, \\ \sin \lambda' \cdot \cos \beta' &= \sin \alpha \cdot \cos \delta \cdot \cos \varepsilon + \sin \delta \cdot \sin \varepsilon, \\ \sin \beta' &= -\sin \alpha \cdot \cos \delta \cdot \sin \varepsilon + \sin \delta \cdot \cos \varepsilon. \end{aligned} \quad (1)$$

Произведя необходимые редуцированные вычисления, перейдем к геоцентрической эклиптической системе координат ( $\lambda, \beta$ ).

Очевидно,

$$\mathbf{r}_k = \mathbf{R}_k + \mathbf{p}_k. \quad (2)$$

Обозначим

$$\begin{aligned} l_k &= \cos \lambda_k \cdot \cos \beta_k, \\ m_k &= \sin \lambda_k \cdot \cos \beta_k, \\ n_k &= \sin \beta_k. \end{aligned} \quad (3)$$

Тогда гелиоцентрические радиус-векторы небесного тела, орбита которого определяется, выразим в виде

$$r_k^2 = (\rho_k \cdot l_k + X_k)^2 + (\rho_k \cdot m_k + Y_k)^2 + (\rho_k \cdot n_k + Z_k)^2. \quad (4)$$

Геоцентрическое расстояние  $\rho_1$  до небесного тела в первый момент времени наблюдения  $T_1$  найдем из уравнения плоскости

$$(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2, \mathbf{r}_3) = 0. \quad (5)$$

$\rho_1$  выражается через  $l_k, m_k, n_k, \rho_2, \rho_3$  ( $k = 1, 2, 3$ ).

Уравнение конического сечения представим в виде

$$\mathbf{r}_k = \frac{p}{1 + e \cdot \cos v_k} \quad (6)$$

Разность углов между истинными аномалиями  $v_1$  и  $v_2$  и  $v_1$  и  $v_3$  небесного тела найдем из соотношений

$$\cos v_{12} = (\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2) / (r_1 \cdot r_2), \quad (7)$$

$$\cos v_{13} = (\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_3) / (r_1 \cdot r_3). \quad (8)$$

При этом имеем

$$v_2 = v_1 + v_{12}, \quad (9)$$

$$v_3 = v_1 + v_{13}. \quad (10)$$

Истинную аномалию  $v_1$  найдем из уравнения, вытекающего из формул (6), (7), (8), (9), (10):

$$\begin{aligned} \cos v_1 \cdot (r_1 \cdot (r_2 - r_3) - r_2 \cdot (r_1 - r_3) \cdot \cos v_{12} - r_3 \cdot (r_2 - r_1) \cdot \cos v_{13}) + \\ + \sin v_1 \cdot (r_2 \cdot (r_1 - r_3) \cdot \sin v_{12} + r_3 \cdot (r_2 - r_1) \cdot \sin v_{13}) = 0. \end{aligned} \quad (11)$$

Параметр  $p$  орбиты небесного тела и ее эксцентриситет  $e$  найдем из соотношений

$$p = \frac{r_2 \cdot r_3 \cdot (\cos v_3) - \cos v_2}{r_3 \cdot \cos v_3 - r_2 \cdot \cos v_2}, \quad (12)$$

$$e = \frac{r_2 - r_3}{r_3 \cdot \cos v_3 - r_2 \cdot \cos v_2}. \quad (13)$$

Учтем связь между истинными аномалиями  $v_1$  и  $v_2$  и  $v_1$  и  $v_3$  и интервала-ми времен движения  $t_{12} = T_2 - T_1$  и  $t_{13} = T_3 - T_1$  небесного тела

$$F_2 = \sqrt{\frac{G \cdot M_S}{p^3}} \cdot t_{12} - \int_{v_1}^{v_2} \frac{dv}{(1 + e \cdot \cos v)^2}, \quad (14)$$

$$F_3 = \sqrt{\frac{G \cdot M_S}{p^3}} \cdot t_{13} - \int_{v_1}^{v_3} \frac{dv}{(1 + e \cdot \cos v)^2}. \quad (15)$$

При решении уравнений должны выполняться условия

$$F_2 = 0, \quad (16)$$

$$F_3 = 0, \quad (17)$$

## МЕТОД РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЙ

Один из методов решения системы уравнений (1) – (17) представляет следующую процедуру – модификацию метода Ньютона-Рафсона [1]. Задаем значения  $\rho_2$  и  $\rho_3$  (отличающиеся от точных значений на несколько процентов; при произвольных начальных значениях  $\rho_2$  и  $\rho_3$  возможно найти несколько орбит, удовлетворяющих малым разностям (О-С) $\alpha$  и (О-С) $\delta$ , при одних и тех же значениях исходных данных).

Последовательно вычисляем в соответствии с равенствами (1) – (17) величины:  $\rho_1, r_1, r_2, r_3, v_{12}, v_{13}, v_1, v_2, v_3, p, e$  и функции  $F_2$  и  $F_3$ .

Даем приращение  $\rho_2$  ( $d\rho_2 = 10^{-8}$ ), а  $\rho_3$  остается без изменений. Повторяем предыдущий процесс вычислений.

Даем приращение  $\rho_3$  ( $d\rho_3 = 10^{-8}$ ), а  $\rho_2$  остается без изменений (как при первой процедуре). Повторяем процесс вычислений.

Вычисляем производные:

$$\frac{\partial F_2}{\partial \rho_2} \approx \frac{F_2(\rho_2 + d\rho_2, \rho_3) - F_2}{d\rho_2},$$

$$\frac{\partial F_3}{\partial \rho_2} \approx \frac{F_3(\rho_2 + d\rho_2, \rho_3) - F_3}{d\rho_2},$$

$$\frac{\partial F_2}{\partial \rho_3} \approx \frac{F_2(\rho_2, \rho_3 + d\rho_3) - F_2}{d\rho_3},$$

$$\frac{\partial F_3}{\partial \rho_3} \approx \frac{F_3(\rho_2, \rho_3 + d\rho_3) - F_3}{d\rho_3}.$$

Тогда следующие значения  $\rho_{2(k+1)}$  и  $\rho_{3(k+1)}$  найдем по формулам

$$\rho_{2(k+1)} = \rho_{2k} - \left( \frac{\frac{\partial F_3}{\partial \rho_3} \cdot F_2}{\frac{\partial F_2}{\partial \rho_2} \cdot \frac{\partial F_3}{\partial \rho_3} - \frac{\partial F_2}{\partial \rho_3} \cdot \frac{\partial F_3}{\partial \rho_2}} - \frac{\frac{\partial F_2}{\partial \rho_3} \cdot F_3}{\frac{\partial F_2}{\partial \rho_2} \cdot \frac{\partial F_3}{\partial \rho_3} - \frac{\partial F_2}{\partial \rho_3} \cdot \frac{\partial F_3}{\partial \rho_2}} \right),$$

$$\rho_{3(k+1)} = \rho_{3k} - \left( \frac{\frac{\partial F_3}{\partial \rho_2} \cdot F_2}{\frac{\partial F_2}{\partial \rho_2} \cdot \frac{\partial F_3}{\partial \rho_3} - \frac{\partial F_2}{\partial \rho_3} \cdot \frac{\partial F_3}{\partial \rho_2}} + \frac{\frac{\partial F_2}{\partial \rho_2} \cdot F_3}{\frac{\partial F_2}{\partial \rho_2} \cdot \frac{\partial F_3}{\partial \rho_3} - \frac{\partial F_2}{\partial \rho_3} \cdot \frac{\partial F_3}{\partial \rho_2}} \right).$$

## ПРИМЕРЫ

В примерах при вычислении модельных орбит использовались следующие единицы измерений: 1 единица длины = 1 астрономическая единица = 149596888,9 км; 1 единица времени = 1 тропический год = 365,2422 средних солнечных суток; масса Солнца принималась за единицу массы;  $G \cdot M_S = 39,691638173$  (единица длины)<sup>3</sup>/(единица времени)<sup>2</sup>. В таблицах 1-11 представлены примеры определения эллиптических (таблицы 1-5), параболической (таблицы 6-8) и гиперболической (таблицы 9-11) орбит по угловым измерениям геоцентрических эклиптических координат небесных тел. Все орбиты определены по единому алгоритму. Рис. 1-4 показывают наличие двух корней  $v_1$  на интервале от 0 до  $2\pi$  (не всегда) при поиске истинной аномалии из уравнения (11). При произвольных значениях начальных величин  $\rho_2$  и  $\rho_3$ , далеких от точных решений, уравнения 1-17 могут дать и отрицательные решения, и мнимые решения, и орбиты, неудовлетворяющие исходным данным. Выбор из нескольких допустимых решений производится по разностям (О-С) $\alpha$  и (О-С) $\delta$ . Данная процедура рекомендуется в работе В. Б. Кузнецова, посвященной разработке геометрических методов определения орбит небесных тел [5].

При вычислениях использовались методы компьютерной алгебры [10].

Таблица 1. Элементы орбиты Земли в гелиоцентрической эклиптической системе координат на момент времени  $t_1$

<b>Большая полуось <math>a_e</math>, а. е.</b>	1,0000010178
<b>Эксцентриситет <math>e_e</math></b>	0,0167005087369
<b>Наклон <math>i_e</math>, рад</b>	0,0000440104857
<b>Долгота восходящего узла <math>\Omega_e</math>, рад</b>	3,0512998383788
<b>Аргумент перигелия <math>\omega_e</math>, рад</b>	1,79768332923
<b>Средняя аномалия <math>M_{1e}</math>, рад</b>	5,185339842

Таблица 2. Геоцентрические эклиптические координаты объекта X-1

Номер наблюдения	Момент времени $t$ , год	Долгота $\lambda$ , рад	Широта $\beta$ , рад
1	0	1,4224722721	0,9255229445
2	0,1	2,1092738333	0,8640247388
3	0,2	2,6611208405	0,7175426836

Таблица 3. Итерационный процесс определения орбиты объекта X-1A

Номер итерации	Геоцентрическое расстояние $\rho_2$ , а.е.	Геоцентрическое расстояние $\rho_3$ , а. е.	Истинная аномалия $v_1$ , рад	Минимизируемая функция $F_2$ , рад	Минимизируемая функция $F_3$ , рад
1	2,15	2,51	1,18174657	0,000693199	0,00478482
2	2,19158419	2,56560522	1,11056124	-0,001483714	-0,00307964
3	2,19565932	2,57155111	1,06189257	-0,0000439098	-0,0000941115
4	2,19573810	2,57167081	1,06052226	$2,178276 \cdot 10^{-9}$	$5,554454 \cdot 10^{-9}$

Таблица 4. Итерационный процесс определения орбиты объекта X-1B (исходные данные совпадают с исходными данными для объекта X-1A, но орбиты различаются)

Номер итерации	Геоцентрическое расстояние $\rho_2$ , а.е.	Геоцентрическое расстояние $\rho_3$ , а. е.	Истинная аномалия $v_1$ , рад	Минимизируемая функция $F_2$ , рад	Минимизируемая функция $F_3$ , рад
1	2,0	2,2	2,80994036	-1,72180306	-5,23874853
2	4,83742641	6,25619696	2,46928166	-46,81181563	-46,50099456
3	1,43354794	0,65173406	2,71948628	0,38678651	-7,60394277
4	1,22651238	0,99102832	2,85133078	0,03406529	-2,25547282
5	1,23709872	1,33499799	2,84857036	0,03874097	0,17783417
6	1,23794954	1,32037666	2,85287056	0,0021238568	-0,000566854
7	1,24009637	1,32360814	2,85279254	0,0000151618	0,0000347001
8	1,24010468	1,32361737	2,85279304	$2,137185 \cdot 10^{-8}$	$1,128212 \cdot 10^{-7}$

Таблица 5. Элементы орбит объекта X1 (A и B) – при совпадении исходных данных

Элементы орбиты	Эталонная орбита	Орбита X-1A	Орбита X-1B
$p$ , а. е.	2,25	2,2499997550	0,31740992
$e$	0,5	0,4999999254	0,74155407
$i$ , рад	$\pi/3$	1,0471975507	0,87838019
$\Omega$ , рад	$\pi/4$	0,7853981923	1,93857624
$\omega$ , рад	$\pi/6$	0,5235986869	4,70494801
$v_1$ , рад	1,060522291	1,06052226	2,85279304

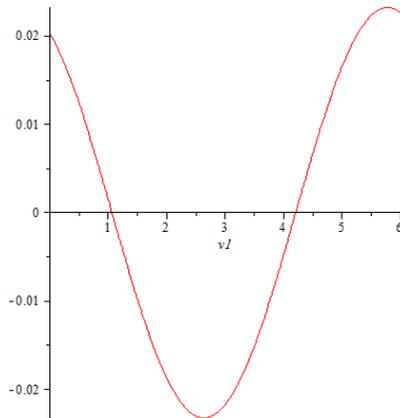


Рис. 1. Корни уравнения (11) относительно истинной аномалии  $v_1$  для орбиты X-1A

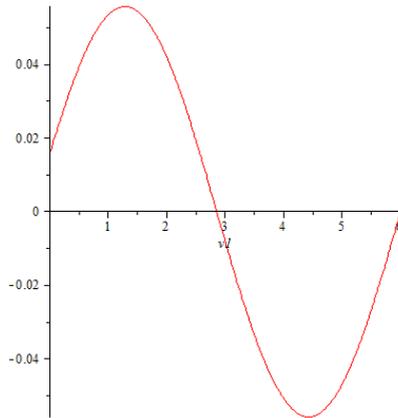


Рис. 2. Корни уравнения (11) относительно истинной аномалии  $v_1$  для орбиты X-1B

Таблица 6. Геоцентрические эклиптические координаты объекта X-2

Номер наблюдения	Момент времени $t$ , год	Долгота $\lambda$ , рад	Широта $\beta$ , рад
1	0	1,3112140828	0,8713258743
2	0,1	2,1671290629	0,8594480003
3	0,2	2,7493543834	0,7042847612

Таблица 7. Итерационный процесс определения орбиты объекта X-2

Номер итерации	Геоцентрическое расстояние $\rho_2$ , а.е.	Геоцентрическое расстояние $\rho_3$ , а.е.	Истинная аномалия $v_1$ , рад	Минимизируемая функция $F_2$ , рад	Минимизируемая функция $F_3$ , рад
1	2,02	2,6	0,78502424	0,01777099	0,03974787
2	2,13629311	2,75964714	1,36279962	-0,04686625	-0,11563455
3	2,12271087	2,74513918	1,06484640	-0,00989364	-0,02601403
4	2,05960356	2,65001771	1,10582969	-0,00459128	-0,01072271
5	2,05427717	2,64317670	1,06108455	-0,00026673	-0,00066541
6	2,05298172	2,64129817	1,06001745	-0,000002081	-0,000004950

Таблица 8. Элементы орбиты объекта X-2

Элементы орбиты	Эталонная орбита	Орбита X-2
$p$ , а. е.	2,25	2,24999999
$e$	1	1,0000000007
$i$ , рад	$\pi/3$	1,04719755
$\Omega$ , рад	$\pi/4$	0,78539816
$\omega$ , рад	$\pi/6$	0,52359877
$\nu_1$ , рад	1,06	1,06001745

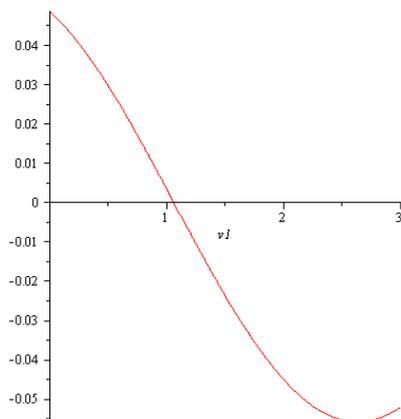


Рис. 3. Корни уравнения (11) относительно истинной аномалии  $\nu_1$ . Орбита объекта X-2

Таблица 9. Геоцентрические эклиптические координаты объекта X-3

Номер наблюдения	Момент времени $t$ , год	Долгота $\lambda$ , рад	Широта $\beta$ , рад
1	0	1,27334607	0,84966134
2	0,1	2,19435307	0,85943453
3	0,2	2,78038428	0,70194447

Таблица 10. Итерационный процесс определения орбиты объекта X-3

Номер итерации	Геоцентрическое расстояние $\rho_2$ , а.е.	Геоцентрическое расстояние $\rho_3$ , а. е.	Истинная аномалия $v_1$ , рад	Минимизируемая функция $F_2$ , рад	Минимизируемая функция $F_3$ , рад
1	2,02	2,69	1,25733378	-0,02164581	-0,04913362
2	2,03247878	2,71385816	1,07718080	-0,00325213	-0,00780407
3	2,02285463	2,69959946	1,06068575	-0,00018673	-0,00045536
4	2,02206175	2,69840943	1,060004751	-8,241666·10 <sup>-7</sup>	-0,00000196

Таблица 11. Элементы орбиты объекта X-3

Элементы орбиты	Эталонная орбита	Орбита X-2
$p$ , а. е.	2,25	2,249999980
$e$	1,2	1,1999999942
$i$ , рад	$\pi/3$	1,0471975524
$\Omega$ , рад	$\pi/4$	0,7853981611
$\omega$ , рад	$\pi/6$	0,5235987694
$v_1$ , рад	1,06	1,06000410

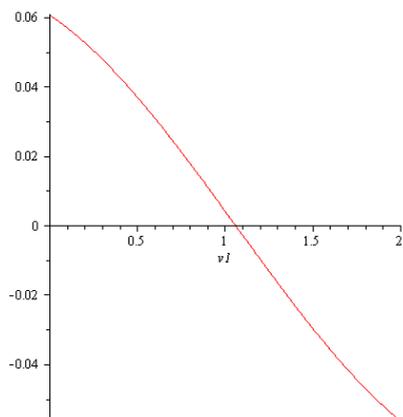


Рис. 4. Корни уравнения (11) относительно истинной аномалии  $v_1$ . Орбита объекта X-3

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Метод определения кеплеровой орбиты, представленный в настоящей работе, позволяет находить элементы орбиты по трем оптическим наблюдениям. Изложенный метод работает по единому алгоритму для произвольных криволинейных траекторий в интервале истинных аномалий от  $5^\circ$  до  $355^\circ$ , независимо от положения наблюдателя.

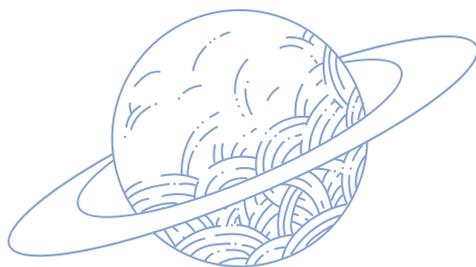
В дальнейшем предполагается расширить область сходимости данного метода.

### Список литературы

1. *Абалакин В. К., Аксенов Е. П., Гребеников Е. А., Демин В. Г., Рябов Ю. А.* Справочное руководство по небесной механике и астеродинамике [Текст] / Дубошин Г. Н. – М.: Наука, 1976. – 864 с.
2. *Байдин А. Э., Перов Н. И., Романенко Л. Г.* Определение орбит визуально-двойных звезд, открытых Отто Струве в Пулковско // Вестник СПбГУ. Сер. 1. Математика. Механика. Астрономия. – 2018. – Т. 5 (63). – Вып. 1. – С. 148–157.
3. *Кузнецов В. Б.* К вопросу об определении предварительной орбиты небесного тела // Астрономический вестник РАН, 2019. – Т. 53. – № 6. – С. 456–466.
4. *Кузнецов В. Б.* Определение параболической орбиты геометрическим методом [Текст] // СПб.: Труды Института прикладной астрономии РАН, 2020. – Вып. 55. – С. 16–23.
5. *Кузнецов В. Б.* Определение предварительной орбиты геометрическим методом Коши – Курышева – Перова [Текст] // СПб.: Вестник Санкт-Петербургского университета. Математика. Механика. Астрономия, 2021. – Т. 8. – № 4. С. 716–727. <http://math-vtch-astr-journal.spbu.ru/article/view/12576>
6. *Курышев В. И., Перов Н. И.* О нетрадиционном способе определения элементов орбит неизвестных космических объектов по данным обработки обзорных фотоснимков на ЭВМ // Астрономический журнал АН СССР. М.: Наука, 1982. – Т. 59. – Вып. 6. – С. 1212–1217.
7. *Перов Н. И.* Унифицированный метод определения предварительных орбит небесных тел по малому числу оптических наблюдений // Астрономический журнал АН СССР. – М.: Наука, 1989. – Т. 66. – Вып. 5. – С. 1093–1099.
8. *Шустов Б. М.* О роли науки в изучении и парировании космических угроз // Вестник Российской академии наук. – М. ИНАСАН, 2019. – Т. 89. – № 8. – С. 777–1000 / С кафедры президиума РАН.

9. Язык программирования FORTRAN. Сайт Потемкина В. [Электронный ресурс]. URL: <http://fortran-90.pvbk.html#FM28> (дата обращения 05.12.2020).
10. *Bernardin L., Chin P., DeMarco P., Geddes K. O., Hare D.E.G., Heal K. M., Labahn G., May J. P., McCarron J., Monagan M. B., Ohashi D., Vorkoetter S. M.* The Essential Tool for Mathematics and Modelling // Copyright@Maplesoft, a division of Waterloo Maple Inc., 2011. [www.maplesoft.com/maple/](http://www.maplesoft.com/maple/)
11. *Mason B. D., Wycoff G. L., Hartkopf W. J.* The Washington Visual Double Star Catalogue/ – Washington: US Naval Observatory, 2017. – Режим доступа: <http://ad.usno.navy.mil/wds/wds/.html>

АСТРОНОМИЧЕСКОЕ  
И КОСМИЧЕСКОЕ  
ОБРАЗОВАНИЕ И ПРОСВЕЩЕНИЕ



# ИЗУЧЕНИЕ КОСМИЧЕСКОЙ ИНЖЕНЕРИИ В ДОПОЛНИТЕЛЬНОМ ОБРАЗОВАНИИ



**М. А. Салмина**



МГУ имени М. В. Ломоносова



**Д. Г. Сатюков**



Государственный университет просвещения

**Аннотация.** В работе рассматриваются особенности дополнительного образования в области космической инженерии, важность его как перспективно опережающего обучения, возможности получения универсальных инженерных компетенций. Знания и навыки осваиваются через деятельностный подход. Учитывается влияние социума на развитие интеллекта.

**Ключевые слова:** дополнительное образование, космическая инженерия, пропедевтическое обучение, деятельностный подход, психология интеллекта.

---

## STUDYING SPACE ENGINEERING IN ADDITIONAL EDUCATION

109



**M. Salmina**



Lomonosov Moscow State University



**D. Satyukov**



Federal State University of Education

**Annotation.** The paper examines the features of additional education in the field of space engineering, its importance as a promising advanced training, and the possibility of obtaining universal engineering competencies. Knowledge and skills are acquired through an activity-based approach. The influence of society on the development of intelligence is taken into account.

**Key words:** additional education, space engineering, propaedeutic training, activity-based approach, psychology of intelligence.

---

Обучение основам космической инженерии в рамках дополнительного образования целесообразно рассматривать как перспективно опере-

жающее обучение, применяющее пропедевтическое изучение материала задолго до его систематического изучения и применения [1]. В рамках учебной программы слушатели из средних и старших классов знакомятся с основами современной астрономии и космической инженерии, применяя математический аппарат и физические термины, используемые в вузовских программах по высшей математике и физике. Конечно, упор делается на общее понимание особенностей космического пространства и условий работы космической техники. В то же время слушатели видят необходимость применения сложных понятий из алгебры, математического анализа, теоретической физики для изучения и практического применения полученных знаний для расчета параметров космических аппаратов. Так, анализ спуска космических аппаратов приводит к необходимости теоретического исследования процессов, происходящих при прохождении верхних слоев атмосферы на космических скоростях [2].

Эффективность учебного процесса зависит как от цели обучения, так и от качества учебной программы, квалификации преподавателей, материально-технического обеспечения.

Одной из целей обучения является ранняя профориентация, возможность подготовки к выбранной профессии и ее получения. Космическая отрасль – одна из самых востребованных и быстрорастущих отраслей как в нашей стране, так и в мире. Компетенции космического инженера включают в себя конструирование, электронику, программирование. Соответственно, обучение космической инженерии стимулирует более глубокое изучение этих направлений на специализированных курсах. Московский Дворец пионеров предоставляет такую возможность. Полученные компетенции востребованы и в других направлениях инженерной деятельности. Таким образом, универсальные инженерные компетенции дополняются уникальным «взглядом из космоса», поскольку космические инженеры вынуждены работать с гораздо большим диапазоном температур, давления, силы тяжести, чем их земные коллеги.

Успешное освоение необходимых знаний и навыков осуществляется на основе деятельностного подхода. Учащиеся сначала осваивают практические задания в рамках курса, постепенно вовлекаясь в олимпиады, чемпионаты, конкурсы по космической тематике и переходят к созданию своих проектов.

Социальная жизнь трансформирует интеллект через профессиональный язык, интеллектуальные ценности и коллективные логические нормы [3]. Московский Дворец пионеров как площадка для технического творчества дает слушателям уникальную возможность общения со сверстниками с аналогичными интересами и получать знания у квалифицированных специалистов как в области космической инженерии, так и в других областях инженерной деятельности.

Важно также продолжить традиции русской инженерной космической школы. Дети должны знать Циолковского, Королева, Гагарина как кон-

структоров. Например, мало кто знает о вкладе Юрия Алексеевича Гагарина в разработку систем спасения и посадки космических кораблей.

Поскольку космическая отрасль бурно развивается, система обучения должна быстро ориентироваться в происходящих изменениях и новых тенденциях. Мы растим инженеров будущего.

### Список литературы

10. Проблема пропедевтического обучения физике в условиях модернизации системы образования / С. А. Холина // Вестник Государственного областного университета. Серия: Педагогика. – 2017. – № 2. – С. 140–147. DOI: 10.18384/2310-7219-2017-2-140-147
11. Аналитические модели поступательно-неравновесной динамики ударно-сжатых бинарных смесей газов / М. М. Кузнецов, Г. В. Кузнецов, В. И. Паренкина, Д. Г. Сатюков, Р. Ф. Халиков // Вестник Государственного университета просвещения. Серия: Физика-Математика. – 2023. – № 4. – С. 34–48. DOI: 10.18384/2949-5067-2023-4-34-48
12. Психология интеллекта / Жан Пиаже // Издательский дом «Питер», 2004.

# КАК СДЕЛАТЬ АСТРОНОМИЮ ЗАНИМАТЕЛЬНОЙ: ИДЕИ ДЛЯ ТВОРЧЕСКИХ РАБОТ, МАСТЕР-КЛАССОВ ПРИ РАБОТЕ С ДЕТЬМИ ДОШКОЛЬНОГО И МЛАДШЕГО ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА



Д. А. Теплых



МБУДО ЦДО «Развитие»

**Аннотация.** В данной работе собраны идеи творческих работ и игр на занятиях астрономией с дошкольниками и младшими школьниками, которые помогут разнообразить уроки по изучению Солнечной системы, звездного неба и галактик.

**Ключевые слова:** астрономия, Солнечная система, галактики, творческие работы, игры, дети дошкольного возраста.

---

## HOW TO MAKE ASTRONOMY ENTERTAINING: IDEAS FOR CREATIVE WORK, MASTER CLASSES WHEN WORKING WITH CHILDREN OF PRESCHOOL AND PRIMARY SCHOOL AGE

112



D. Teplykh



Center of Additional Education "Development"

**Annotation.** The resources of the school museum of the History of Cosmonautics are used as a means of increasing the motivation of schoolchildren to study achievements in the field of cosmonautics.

**Key words:** astronomy, Solar system, galaxies, creative works, games children of preschool age.

---

## ВВЕДЕНИЕ

В ранние годы жизни закладываются основы личности и мировоззрения человека, которые определяют, как человек воспринимает окружающий мир и самого себя. В этом контексте важно развивать у детей астрономическую грамотность и формировать «космическое» мышление.

Астрономия – это не просто набор специфических знаний, умений и навыков, она является частью индивидуальной культуры. Использование астрономического материала в дошкольном образовании детей способствует лучшему усвоению элементарных естественно-математических знаний, помогает расширить кругозор ребенка, позволяет ему осознать свою связь со Вселенной и почувствовать ответственность за сохранение уникальной природы нашей планеты.

Встают закономерные вопросы: как интересно рассказывать о сложном, как объяснять понятно детям, у которых нет естественно-научной подготовки? В возрасте 5–6 лет у детей возрастает интерес к окружающему миру, к космосу, на этом интересе, на детской фантазии и стоит строить уроки о сложном. «Три кита» любой занимательной науки – это *игра, творческая работа и эксперимент*.

Свою программу для дошкольников я разделила на три модуля: «Солнечная система», «Звездное небо» и «Космонавтика». Из перечисленного выше самый живой интерес вызывает раздел «Космонавтика». В сети Интернет представлено очень много идей для поделок и рисунков на эту тему благодаря весьма популярному в дошкольном образовании комплексу мероприятий в связи с Днем космонавтики. Для остальных тем найти информацию существенно сложнее. В данной работе собраны идеи для творческих занятий и игр по темам «Солнечная система», «Звездное небо», «Экзопланеты» и «Галактики».

## РИСУЕМ СОЛНЕЧНУЮ СИСТЕМУ, ИСПОЛЬЗУЯ НЕТРАДИЦИОННЫЕ ТЕХНИКИ

Как правило, дети приходят на занятия астрономией в учреждения дополнительного образования, уже имея некие знания о планетах Солнечной системы. К сожалению, зачастую эти поверхностные знания неточны или даже ошибочны. Поэтому основные усилия я прикладываю к заполнению пробелов и исправлению ошибок. Моей целью является не количество информации, а ее качество. Рисунок – это своеобразный конспект малыша. Рисунок помогает пропустить через себя информацию, сфокусировать внимание на отдельных деталях, задействовать зрительную и мышечную память. Этот вид творчества как нельзя лучше подходит для изучения планет Солнечной системы. В своей практике я сама постоянно экспериментирую и применяю разные виды деятельности, но за 2,5 года сформировался целый набор идей для рисования планет в нетрадиционных техниках. Эти идеи можно использовать как готовый комплект заданий для курса интенсива в летнем научном лагере или отдельного курса по «АртКосмосу», например. Не останавливаюсь подробно на техниках рисования, о них легко найти информацию в интернете, в том числе видеуроки.

СОЛНЦЕ рисуем через шаблон губками. В этой технике получаются протуберанцы, а у кого-то – и грануляция (рис. 1).



Фото 1. Рисунок Солнца в технике нанесения цвета.  
Используемые материалы: черный картон формата А5, шаблон,  
2 губки, красная и желтая гуашь, палитра

Для изображения МЕРКУРИЯ применяем технику рисования по соли. Поверхность рисунка хорошо иллюстрирует поверхность Меркурия. В отличие от Луны, Меркурий не серый [1], его можно разрисовать разными цветами (рис. 2).

114

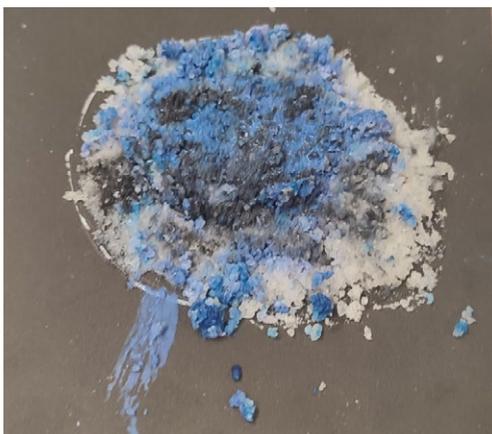


Фото 2. Рисунок Меркурия в технике рисования по соли.  
Используемые материалы: черный картон формата А5, шаблон,  
клей канцелярский, кисть, соль, гуашь

Изображение ВЕНЕРЫ можно передать в технике аппликации из резаемых шерстяных ниток. Используя эту технику, легко провести параллель с очень плотной атмосферой Венеры, а использование шерстяных ниток как бы намекает, что планета очень горячая.

ЗЕМЛЮ и ЛУНУ на моем курсе дети изучают перед изучением Солнечной системы. Этой теме посвящено несколько уроков: строение Земли, строение атмосферы, происхождение Земли, движение Земли, Луны и Солнца и т. д. Поэтому отдельно как о третьей планете СС я не рассказываю, и мы ее не рисовали, но предполагаю, что хорошо подойдет техника аппликации.

МАРС изображается в технике рисунка пластилином. В этом случае можно выделить Олимп – самую высокую гору СС – и прорисовать каньон Маринер. Во время поделки закрепляются название и информация об этих объектах.

Сложные атмосферы газовых гигантов [2] хорошо передает техника эбру – рисование по воде [3]. Но обычно в этой технике рисуем в старших группах, т. е. со школьниками. А дошколятам предлагаю ЮПИТЕР нарисовать на молоке (рис. 3).



Фото 3. Моделирование атмосферы Юпитера на молоке.  
Используемые материалы: одноразовая тарелка, молоко, кисть, гуашь, моющее средство для посуды, зубочистка

САТУРН делали в смешанной технике, используя аппликацию, рисование пластилином и блестками (рис. 4). Пластилиновый контур заполняли клеем, сверху посыпали блестками – так же как и у настоящего Сатурна, наше кольцо состояло из мелких частиц, блестящих льдинок, которые так хорошо отражают солнечный свет [4].



Фото 4. Рисунок Сатурна в смешанной технике.  
Используемые материалы: черный картон формата А5,  
желтая цветная бумага, пластилин, шаблон, клей канцелярский,  
кисть, сухие блестки

Самое сложное – объяснить, почему УРАН и НЕПТУН называют ледяными гигантами. Но это название хотелось закрепить в памяти дошколят. Потому в качестве творческого задания я выбрала рисование по льду.



Фото 5. Рисование по льду.  
Используемые материалы: одноразовая тарелка,  
лед, соль, кисть, гуашь

Из всех карликовых планет самую захватывающую историю имеет ПЛУТОН: история его поиска и обнаружения, смена статуса – он определенно наш любимчик [5]. Рассказываю детям о всех 5 карликовых планетах, но творческая работа посвящена Плутому. Делаем мобильный коллаж из фотографии Плутона, опираясь на известный в сети Интернет мем.



Фото 6. Изображение Плутона в технике Pop-up. Используемые материалы: черный картон формата А5, цветной снимок Плутона, клей, ножницы, фломастеры, распечатка варежек или ладошек

С астероидами и метеороидами я знаколю детей, когда, «путешествуя» от Солнца, мы «пересекаем» Главный пояс астероидов. В конце блока, посвященного Солнечной системе, мы возвращаемся к теме малых тел и подробно останавливаемся на изучении комет, с чем и связана творческая работа. Комету предлагаю детям нарисовать зубными щетками. В этой технике можно отлично укрепить в памяти информацию о строении комет.



Фото 7. Рисунок кометы, сделанный зубной щеткой. Используемые материалы: черный картон формата А5, шаблон, белая гуашь, зубная щетка, зубочистка, блестки по желанию

Сперва мы рисуем ядро кометы, повторяя, что вдали от Солнца кометы выглядят именно так. Дальше наша комета начинает приближаться к Солнцу и образует кому (через шаблон методом напыления), затем отращивает хвосты, газовый и пылевой (рисуются ребром щетины зубной щетки). Разный состав хвостов можно подчеркнуть разным цветом блесков, которыми можно посыпать хвосты кометы [6].

## АСТРОИГРЫ И АСТРОИГРУШКИ

В блоке занятий, посвященных звездному небу, основной упор делаю на пробуждение интереса к ночному небу, желанию смотреть на небо. Про созвездия дети обычно не знают ничего. Следующая задача – умение ориентироваться на звездном небе, дать знание о том, сколько интересных объектов скрывается в тех или иных созвездиях. К сожалению, редко удается провести практические занятия с телескопом по причине плохой погоды и маленького возраста участников. Творческие работы, связанные с изучением созвездий, в основном подсмотрены у коллег или в интернете. Это открытки с изображениями созвездий из пайеток (разных цветов и форм) или страз (более взрослым детям можно предложить технику изонити), телескоп из втулки и подсвечник. Я же хочу предложить игру (идея подхвачена из интернета и переработана под астрономию), которая помимо визуального запоминания расположения звезд развивает координацию, собранность и ловкость. Суть игры – загони шарик в лунку, где лунки играют роль звезд в созвездии. Поле для игры легко сделать из коробки из-под пиццы – я поручила это ученикам из старшей группы (рис. 8).



Фото 8. Игра на ловкость и координацию движений «Загони шарик в лунку». Усложненная версия игры – игра в команде из четырех участников, когда каждый отвечает за свой угол

Следующая идея творческой работы, которой хочу поделиться, также подсмотрена в сети Интернет и переработана на астрономическую тему – использование флексагонов (плоские модели из полосок бумаги, способные складываться и сгибаться определенным образом) [7]. На уроке, посвященном изучению галактик, предлагаю детям сделать игрушку-антистресс гексафлексагон (флексагон, имеющий форму правильного шестиугольника). У этой плоской модели три поверхности, на которых можно разместить изображения трех типов галактик. Прежде всего это помогает запомнить основную мысль урока о классификации галактик, а также невероятно занимает детей, когда у двухсторонней фигуры открывается третья сторона (рис. 9 и 10).



Фото 9. Создание гексафлексагона

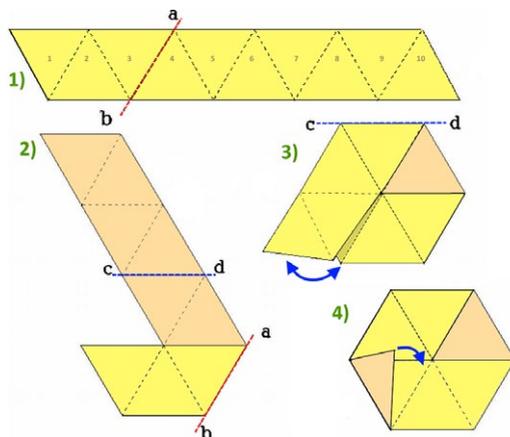


Рис. 1. Схема гексафлексагона

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе представлены идеи для творческих работ на занятиях по астрономии с дошкольниками или младшими школьниками, которые помогут разнообразить уроки и закрепить пройденный материал. Также эти поделки и игры можно использовать как дополнения к мастер-классам, интенсивам или развлечениям в период летних лагерей или детских научных школ.

Для модуля, посвященного изучению Солнечной системы, составлен набор тематических работ, выполненных в разных техниках, который можно использовать для полного курса по этой теме.

### Список литературы

1. «Mercury in Color!» Image Credit: NASA / Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory/Carnegie Institution of Washington <https://science.nasa.gov/image-detail/amf-pia11406/>
2. Vasavada A. R., Showman A. (2005). «Jovian atmospheric dynamics: An update after Galileo and Cassini». Reports on Progress in Physics. 68 (8): 1935–1996
3. Булгакова М. Ю., Евстратова Е. Г., Никитина О. Н. «Сказочное Эбру». – Изд. Санкт-Петербург, 2023.
4. Силкин Б. И. В мире множества лун. – М.: Наука, 1982.
5. Ксанфомалити Л. В. ПЛУТОН // Большая российская энциклопедия. – Том 26. – Москва, 2014. – С. 456.
6. Маров М. Я. Кометы // Большая российская энциклопедия: научно-образовательный портал – URL: <https://bigenc.ru/c/komety-b27fe6/?v=7938674>. – Дата публикации: 02.08.2022. – Дата обновления: 26.07.2023.
7. Наука и жизнь. – 1970. – № 1. – С. 124.

# О ПЕРСПЕКТИВАХ РАЗВИТИЯ ЛЮБИТЕЛЬСКОЙ АСТРОФИЗИКИ



**Н. И. Фомичев**



Ярославский государственный университет имени П. Г. Демидова



**И. А. Лапин**



Ярославский государственный университет имени П. Г. Демидова



**Д. Ф. Белоножко**



Ярославский государственный университет имени П. Г. Демидова,  
ГАУК ЯО «Центр имени В. В. Терешковой»

**Аннотация.** Рассматриваются перспективы применения бытовой цифровой фотокамеры для получения спектров видимых звезд. Приводятся примеры детализации полученных спектров.

**Ключевые слова:** астрофизика, спектрограф, любительская астрономия, спектры.

---

## ON THE PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF AMATEUR ASTROPHYSICS

121



**N. Fomichyov**



P. G. Demidov Yaroslavl State University



**I. Lapin**



P. G. Demidov Yaroslavl State University



**D. Belonozhko**



P. G. Demidov Yaroslavl State University,  
State Autonomous Organization of Culture of Yaroslavl Region "Cultural  
and Educational Centre named after V. V. Tereshkova"

**Annotation.** The prospects of employment of a home digital camera are discussed to obtain spectra of visible stars. Examples of structure analysis of the spectra are given.

**Keywords:** astrophysics, spectrograph, amateur astronomy, spectra.

## ВВЕДЕНИЕ

Астрофизика возникла сравнительно недавно как специальный раздел астрономии. Но довольно быстро она уверенно заняла собственную нишу в области естественных наук и проникла буквально во все разделы породившей ее астрономии.

В августе 1893 года в американском городе Чикаго проходила масштабная промышленная ярмарка – Всемирная Колумбова выставка. К ней был приурочен первый всемирный конгресс по астрофизике – детище технологических прорывов того времени, оснастивших ученых новыми невиданными приборами – фотографической пластинкой и спектрометром. К тому моменту довольно обширная группа ученых демонстративно дистанцировалась от привычных астрономических наблюдений положений звезд, планет и комет. Они вооружились совершенно фантастическим для того времени прибором – спектрографом, надеясь проникнуть в тайны химического строения и круговорота физических процессов, происходящих на Солнце, звездах, планетах и других космических телах. Все казалось настолько необычным, что американский астроном Джордж Эйлери Хейл в 1892 году уговорил редактора журнала «Sidereal Messenger» поменять название. Так появился на свет журнал «Astronomy and Astro-Physics» (выходит с 1895 года под названием «The Astrophysical Journal»). Он же, Дж. Э. Хейл, стал организатором конгресса по астрономии и астрофизике, состоявшегося в Чикаго в августе 1893 года [1]. Колумбова выставка стала дополнительным стимулом для ученых всего мира собраться на конгресс Хейла. Открывался конгресс популярной лекцией директора Гарвардской обсерватории Эдуарда Чарльза Пиккеринга. Текст лекции начинался словами: «Все, что мы знаем о составе звезд, известно только благодаря изучению их спектров». Следующая промышленная выставка такого же масштаба состоялась в Чикаго лишь через 40 лет – в 1933 году. На ее огромной территории мирно соседствовали футуризм и примитивизм, самый передовой технический авангард и фольклор Дикого Запада. При этом организаторы помнили, что предыдущий проект ознаменовался рождением новой науки – астрофизики. Освещение выставки включалось символически светом звезды Арктур, которую одновременно фиксировали фотоэлементы телескопов четырех обсерваторий Северной Америки. Электрический сигнал от них и зажег иллюминацию выставки. Дело в том, что от Земли до Арктура как раз 40 световых лет. Свет, покинувший звезду в 1893 году (в год Колумбовой выставки), достиг Земли в год повторения мероприятия [2].

С тех пор ценность изучения спектров небесных тел постоянно возрастает. Спектральная классификация звезд проложила дорогу теории их эволюции. Доплеровское красное смещение спектральных линий подтвердило теорию расширяющейся Вселенной. Современные прецизионные спектрографы открывают тесные звездные системы и экзопланеты.

В области же любительской астрономии астрофизика до сих пор присутствует лишь опосредованно. Любители астрономии массово наблюдают двойные звезды и даже открывают новые, получают высококачественные снимки небесных объектов и анализируют массивы данных с самых передовых телескопов. Но все эти изыскания находятся в стороне от изучения спектров. Спектрограф любителю кажется чем-то заумным и до сих пор является уделом работы астрономов-профессионалов. Ситуация представляется крайне несправедливой. В условиях развития современной бытовой микроэлектроники совершенно не требуется каких-то выдающихся финансовых ресурсов, чтобы сделать астрофизику такой же массовой среди любителей, какой на протяжении многих лет является астрономия.

### АППАРАТНАЯ БАЗА

Наиболее простым прибором, позволяющим получить достаточно качественные спектры звезд, является спектрограф на основе «объективной решетки». Он представляет собой обычный цифровой фотоаппарат с установленной перед объективом дифракционной решеткой, которую, в свою очередь, можно найти в любом школьном кабинете физики.



Фото 1. Дифракционная решетка на объективе фотокамеры

Если фокусное расстояние объектива вашего фотоаппарата составляет от 70 до 200 мм, рекомендуется использовать решетку 100 лин/мм. При этом в поле зрения размещается как сама звезда, так и вся видимая область спектра 1 порядка. Такая конструкция дает возможность получить изображения спектров небесных объектов с разрешением от 3 ангстрем на пиксель. Нет необходимости устанавливать фотоаппарат на гидрирующую платформу. Достаточно разместить его на обычном фотоштативе. Даже при фокусном расстоянии объектива 200 мм для получения несмещенного изображения звезды выдержка составляет до 3 сек. При современной чувствительности матриц этого вполне достаточно для получения изображений звезд 3–4 звездной величины.

## ПРИМЕРЫ СПЕКТРОВ

В качестве примера на рис. 2 представлены примеры полученных изображений звезд различных спектральных классов: Вега (A0V) и Бетельгейзе (M1–M2). Изображения получены с помощью объектива «Юпитер 37а» ( $F = 135 \text{ mm}$ ;  $F/D = 5,6$ ;  $T = 2 \text{ s}$ ). При желании фотоаппарат можно заменить астрономической камерой, подключенной к компьютеру, и записывать видеоролики, состоящие из большого количества кадров, с последующим их сложением, как это делается при обработке изображений планет.



Рис. 1. Спектры Веги (A-Lir) и Бетельгейзе (A-Ori)

Имеющиеся в интернете программные продукты, такие как Rspec [3], ISIS [4], Demetra [5], позволяют получить количественные оценки состава спектров, определить в них наличие тех или иных химических элементов, определить температуру поверхности звезды.

На рис. 3 представлен пример профиля вышеприведенного изображения спектра звезды Вега с наложенными линиями поглощения водорода. Как видно из рис. 3, наблюдается хорошее совпадение длины волны линий поглощения и провалов в профиле спектра. Имеющиеся в программных продуктах библиотеки линий поглощения различных элементов позволяют определить химический состав исследуемого объекта.

Калибровка чувствительности матрицы к различным длинам волн позволяет определить длину волны максимальной интенсивности излучения, а по ней и температуру поверхности звезды.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Доступные для обывателя цифровые фотокамеры, снабженные даже рядовой дифракционной решеткой, вполне позволяют получать спектры видимых звезд с четким выделением в них линий поглощения различных элементов. Эта технология позволяет сделать прямые астрофизические наблюдения доступными не только профессионалам, но и любителям: школьникам, студентам, всем, кто интересуется физикой небесных объектов. Главными трудностями таких наблюдений является корректная калибровка спектра, создаваемого дифракционной решеткой, и выделение линий поглощения элементов, находящихся в земной атмосфере. Но все эти трудности представляются не критичными. Их вполне можно преодолеть доступными технологическими и программными средствами.

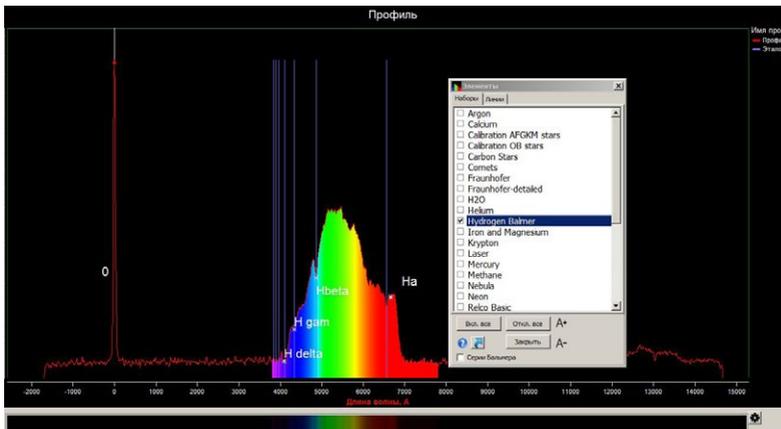


Рис. 2. Окно программы калибровки спектра

### Список литературы

1. Д. Собел. Стекланный небосвод: Как женщины гарвардской обсерватории измерили звезды / пер. с англ. – М.: Альпина нон-фикшн, 2024. – 408 с.
2. Л. К. Пелтье. Свет ночного неба. Приключения звездочета / пер. с англ. – Ярославль: ГАУК ЯО «Центр имени В. В. Терешковой». – 2016. – 354 с.
3. Rspec. Real-time Spectroscopy. <https://rspec-astro.com/>
4. ISIS.Integrated Spectrographic Innovative Software. <https://build.astrosurf.com/isis-software.html>
5. Demetra. DemetraSoftware <https://www.shelyak.com/software/demetra/?lang=en>

# КОМПЛЕКСНАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ СРЕДА ЮНОШЕСКОГО КЛУБА КОСМОНАВТИКИ ИМЕНИ Г. С. ТИТОВА



**М. А. Купорова**



ГБНОУ «Санкт-Петербургский городской Дворец творчества юных»

**Аннотация.** Статья посвящена деятельности Юношеского клуба космонавтики имени Г. С. Титова, который на протяжении 64 лет успешно взращивает интерес к профессиям аэрокосмической направленности среди молодежи. В статье рассмотрены составляющие образовательной среды клуба космонавтики, формирующие осознанность, адаптивность, трудолюбие у учащихся.

**Ключевые слова:** аэрокосмическое образование, клуб космонавтики, образовательная среда, воспитание кадров, образовательная программа.

---

## COMPREHENSIVE EDUCATIONAL ENVIRONMENT IN THE YOUTH COSMONAUTICS CLUB OF G. S. TITOV



**M. Kuporova**



State Budgetary Educational Institution "St. Petersburg City Palace of Youth Creativity"

**Annotation.** The article is devoted to the activities of the Youth Cosmonautics Club of G.S. Titov, which for 64 years has been successfully cultivating interest in aerospace-oriented professions among young people. The article examines the components of the educational environment of the cosmonautics club that form awareness, adaptability, and diligence in students.

**Key words:** aerospace education, cosmonautics club, educational environment, personnel training, educational program.

---

Юношеский клуб космонавтики имени Германа Степановича Титова (ЮОКК) был основан в Ленинграде в 1961 году. Наш клуб является старейшим в России подростковым клубом научно-технической аэрокосмической направленности. При создании клуба была поставлена цель – подготовка молодежи, способной в дальнейшем работать в области освоения космоса.

За годы существования клуба в нем прошли обучение более 3000 человек. Среди наших выпускников два космонавта: Екатерина Александровна Иванова – космонавт-исследователь и Андрей Иванович Борисенко – Герой России, летчик-космонавт.

Ежегодно в клубе занимается около 150 старших школьников. Комплексная образовательная программа клуба рассчитана на 3 года. На первый год обучения принимаются учащиеся 7–9 классов, обучение проводится на бюджетной основе. По окончании учащиеся получают сертификат о дополнительном образовании.

Образовательная среда клуба включает в себя обучение аэрокосмическим и компьютерным технологиям. Ребята могут изучать астрономию и астрофизику, историю космонавтики и основы ракетно-космической техники, самолетовождение и организацию воздушного движения, трехмерное моделирование, основы Web-разработки.

Дополнительно к комплексной образовательной программе в ЮКК реализуются факультативные курсы: «Основы фотографии», «Основы аудиовизуальных технологий», «Реализация проекта. От простого к сложному» и «Авиационный тренажер: учебно-летная подготовка».

Таблица 1. Комплексная образовательная программа

<b>1-й год обучения</b>		
Общая астрономия		
История космонавтики		
История авиации		
Офисные технологии		
<b>2-й год обучения</b>		
Профиль «Астрономия»	Профиль «Космонавтика»	Профиль «Авиация»
Астрофизика	Основы ракетно-космической техники	Основы организации воздушного движения
Основы спутниковой навигации и ДЗЗ		Самолетовождение
Трехмерное моделирование и основы конструирования		
<b>3-й год обучения</b>		
Профиль «Астрономия»	Профиль «Информатика»	Профиль «Авиация»
Астрофизика	Основы web-разработки	Основы организации воздушного движения
Трехмерное моделирование и основы конструирования		
Информационное сопровождение научно-исследовательской деятельности		

Важнейшей ценностью клуба является создание благоприятной культурно-досуговой среды, в которой объединяются разные поколения людей. В такой среде учащиеся социализируются и приобретают систему ценностей, востребованную в обществе, но, что самое главное, востребованную в их собственной жизни.

Многообразие вариантов самореализации в клубе (от участия в лагерных сборах, организации и проведении праздников до участия в проектах аэрокосмической направленности) развивает в школьниках социально-значимые навыки, такие как: адаптация в условиях неопределенности, работа над долгосрочными проектами, работа в команде и проявление инициативы.

Большое внимание уделяется научно-исследовательской деятельности, участию в конференциях и конкурсах различного уровня, сотрудничеству с вузами и предприятиями, реализации совместных проектов.

*На базе ЮКК ежегодно проводятся следующие конференции:*

- Региональная научно-практическая конференция «Человек и космос»;
- Региональная научно-практическая конференция учащихся, студентов и аспирантов «Информационные технологии в области науки и техники»;
- Секция «Аэрокосмические технологии» Всероссийской юношеской научно-практической конференции «Будущее сильной России – в высоких технологиях».

*Учащиеся представляют свои доклады на конференциях по всей России:*

- Конкурс научно-технического творчества учащихся Союзного государства «Таланты XXI века»;
- Всероссийский конкурс научно-технического творчества молодежи «НТТМ» (Москва);
- Международные молодежные «Циолковские чтения» (г. Киров);
- Общероссийская молодежная научно-техническая конференция «Молодежь. Техника. Космос» (БГТУ «Военмех» имени Д. Ф. Устинова (г. Санкт-Петербург);
- Конкурс научно-технических и художественных проектов по космонавтике «Звездная эстафета» (Звездный городок);
- Межрегиональная конференция школьников «Дорога к звездам» (г. Ярославль).

С 2014 года в ЮКК реализуется образовательный проект «АнСат» (AnichkovSatellite – спутник Аничкова дворца). Миссия проекта – переход к новому качеству аэрокосмического образования старших школьников.

*Проект «АнСат» является долговременным, комплексным и состоит из трех сегментов:*

1. Космический (разработка крупногабаритной платформы «АнСат»).

2. Авиационный (разработка БПЛА, системы автоматической посадки).
3. Наземный (разработка единой системы управления космическим и авиационным сегментами проекта и стендами на их основе).

*Для организации работы над проектом в ЮКК создано молодежное КБ, объединяющее старшекласников – членов клуба, студентов – выпускников клуба и педагогов. Задачи проекта ЮКК:*

- Ранняя профориентация старших школьников в области аэрокосмических технологий;
- Реализация профессионального «лифта» для школьников, студентов, молодых специалистов с участием профессионалов аэрокосмической отрасли;
- Участие школьников в реализации конкретных научно-технических проектов.

*Для реализации используется материально-техническая база клуба:*

- Процедурные авиационные тренажеры (Боинг-737 и Cessna 172 SP).
- Диспетчерский тренажерный комплекс.
- Центр связи с космическими аппаратами (антенная система).
- Компьютерные классы, станки и оборудование для макетирования и прототипирования, работы с электронными компонентами.

Педагоги ЮКК по профильным направлениям осуществляют подготовку учащихся к научно-практическим конференциям, разработку новых образовательных программ в поддержку образовательного проекта ЮКК, а также непосредственно участвуют в реализации проектов.

Клубом совместно с ведущими предприятиями страны организуются стажировки. Первая такая стажировка прошла летом 2013 году на базе ЦПК имени Ю. А. Гагарина. В последующем были организованы стажировки в РКК «Энергия» (2017, 2018) и ОКБ Сухого (2018, 2019). В ходе стажировок мы имеем возможность: получить профессиональную оценку разрабатываемых в клубе проектов, познакомить школьников со специалистами, получить уникальные знания в области деятельности предприятий и укрепить связи для дальнейшего сотрудничества.

Благодаря комплексному подходу к обучению выпускники клуба приобретают осознанность в выборе будущего жизненного пути и в выборе своей профессии, своего призвания.

*Закономерным результатом выстроенной образовательной, воспитательной и профориентационной работы является осмысленное поступление воспитанников ЮКК в лучшие вузы аэрокосмической направленности:*

- Балтийский государственный технический университет «Военмех» имени Д. Ф. Устинова;
- Московский авиационный институт;

- Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации имени Главного маршала авиации А.А. Новикова;
- Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого;
- Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения;
- Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» имени В. И. Ульянова (Ленина) и другие.

*После получения высшего образования выпускники клуба успешно трудятся на ведущих предприятиях Санкт-Петербурга и Москвы, таких как:*

- АО «Научно-производственное предприятие «Радар ММС»;
- АО «Конструкторское бюро «Арсенал» имени М. В. Фрунзе;
- ООО «Геоскан»;
- ОКБ Сухого ПАО «Объединенная авиастроительная корпорация»;
- ПАО «Ракетно-космическая корпорация «Энергия» имени С.П. Королева».

Многие сохраняют связь с клубом и возвращаются в ЮКК в качестве педагогов дополнительного образования и специалистов, развивающихся в своей аэрокосмической профессии.

Сейчас проблема воспитания кадров стоит не в меньшей, а, возможно, даже в большей степени, чем в годы создания Юношеского клуба космонавтики. Завтрашний день российского космоса зависит от людей, которые сегодня ходят в школу и только задумываются о будущей профессии. Необходимо приложить усилия, чтобы сориентировать молодежь, показать важность и значимость аэрокосмического образования, подготовить их к нелегкому каждодневному труду. С этой задачей более 60 лет успешно справляется Юношеский клуб космонавтики имени Г. С. Титова. Своей богатой историей, насыщенным сегодняшним днем и большими перспективами на будущее ЮКК доказал, что создание именно комплексной образовательной и культурно-досуговой среды может стать важным в деле космического образования и просвещения молодежи.

### **Список литературы**

1. *Ронкина А. Ю.* Значение подростковых клубов в космическом воспитании молодежи // Чтения имени В. В. Терешковой: Сборник материалов I Международной научно-практической конференции «Чтения имени Валентины Владимировны Терешковой». – Ярославль, 16 июня 2020 г. / сост. Тихомирова Е. Н., Перов Н. И., Романская О. М. – Ярославль, 2020. – 140 с.
2. *Грачев Г. А.* Юношеский клуб космонавтики имени Г. С. Титова на орбите жизни // Научный журнал ФГБУ «НИИ ЦП имени Ю. А. Гагарина» «Пилотируемые полеты в космос». – М: Редакционно-издательский отдел ФГБУ «НИИ ЦП имени Ю.А. Гагарина», 2023. – 430 с.

# ИТОГИ ПОЛЕТОВ В КОСМОС ОБЕЗЬЯН ИЗ ПИТОМНИКА НИИ ЭПИТ (СУХУМ, АБХАЗИЯ): ОБЗОР НАУЧНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ



**П. В. Крапошин**



ВИНИТИ РАН, Москва

**Аннотация.** В статье, посвященной памяти академика Бориса Аркадьевича Лапина (1923–2020) и Владимира Спиридоновича Баркая (1928–2020), представлены результаты медико-биологических экспериментов в космосе с использованием обезьян.

**Ключевые слова:** биологические спутники, космические полеты обезьян, Сухумский институт экспериментальной патологии и терапии, обзор научных результатов.

---

## SPACE MISSION WITH MONKEYS FROM SUKHUM SCIENTIFICALLY RESEARCH INSTITUTE: REVIEW OF SCIENTIFIC PAPERS



**P. Kraposhin**



All-Russia Institute of Scientific and Technical Information, Moscow

**Annotation.** Sacred to the memory of academic Boris Arcadyevich Lapin (1923–2020) and Vladimir Spiridonovich Barkaya (1928–2020). This article is the literature review containing the results of the medically-biological experiments with the use of monkeys.

**Key words:** biological satellites, space mission with monkeys, Sukhum Scientifically Research Institute of Experimental Pathology and Therapy, review of scientific results.

---

Запуск в космос биоспутников семейства «Бийон» с обезьянами на борту являлся частью программы медико-биологических исследований в космосе «Бийон». Всего было запущено 6 биоспутников. В каждом полете участвовало 2 обезьяны.

Одной из задач запуска в космос обезьян являлось изучение нарушения функционирования различных систем организма человека в условиях невесомости. Речь шла не только об адаптации к невесомости, возникающей во время орбитального полета, но и о привыкании к земному

притяжению после возвращения на Землю. Так, например, после полетов космонавты не могут опираться на конечности – вследствие атрофии от бездействия страдает двигательный аппарат. В связи с этим была поставлена задача с помощью исследований на животных, находящихся в космическом полете, установить, какие механизмы центральной нервной системы дают сбой, чтобы разработать методы реабилитации. В качестве объекта исследований были выбраны именно обезьяны, так как они являются лабораторным двойником человека. В мышцы и головной мозг макак вживлялись электроды, подсоединенные к приборам, которые фиксировали состояние физиологических систем организма животных. В космос обезьян всегда отправляли в паре, чтобы животные испытывали меньше стресса. Ежедневные тренировки макак длились от двух до трех месяцев [1].

В программе медико-биологических исследований в космосе «Бион» НИИ ЭПит участвовал в качестве партнера Института медико-биологических проблем (ИМБП). Инициатором привлечения к программе «Бион» НИИ ЭПит являлся руководитель ИМБП О. Г. Газенко. Со стороны ИМБП совместную работу с НИИ ЭПит осуществлял отдел сенсомоторной физиологии и профилактики, основанный в 1977 году. Первоначально он представлял собой лабораторию сенсомоторной физиологии, выделившуюся из вестибулярного отдела, сформированного еще в первые годы истории космонавтики. По времени создание этой лаборатории совпало с завершением этапа коротких космических экспедиций на кораблях семейства «Союз» и началом длительного этапа длительных полетов на орбитальных станциях семейства «Салют».

На первом этапе целью медико-биологических исследований было изучение деятельности основных жизненно важных систем организма. Главный вопрос, ответ на который должны были дать исследования, – как долго и с какими потерями человек может выживать в состоянии невесомости. На втором этапе предметом исследований являлись деятельность космонавта в условиях космоса, его возможности и, следовательно, состояние сенсорных и двигательных систем. Для проведения этих исследований и была создана лаборатория сенсомоторной физиологии.

Работы по программе приматологических исследований на биоспутниках серии «Космос» («Бион») начались в 1978 году. Первый запуск биоспутника с обезьянами на борту был произведен в 1983 году. Основу научной программы составили исследования двигательных эффектов невесомости с использованием ее наземных моделей – «сухой» иммерсии и антиортостатической гипокинезии. Программа исследований была реализована с целью решения проблем обеспечения длительных космических полетов. Впоследствии лаборатории также были переданы функции непосредственного управления профилактикой негативных влияний невесомости.

В 6 космических полетах продолжительностью 12–14 дней с участием 12 обезьян были произведены прямые регистрации околomotorных и нейрональных ответов на дозированные вестибулярные воздействия. При этом было установлено, что при переходе к невесомости достоверно возрастает уровень нейрональных ответов популяции волокон вестибулярного нерва, вестибулярного ядра и коры клочка мозжечка на вестибулярные раздражения. Повышение вестибулярной реактивности проявляется также в существенном (в 2 и более раз) возрастании коэффициента усиления вестибулярно-окулярного рефлекса. В дальнейшем избыточность вестибулярных ответов компенсируется, что обеспечивается двумя процессами, а именно – снижением скорости всех движений головы (поведенческий компонент) и торможением ответов нейронов вестибулярных ядер, осуществляемым по мозжечковой петле (нейрорефлекторный компонент). В этих же исследованиях впервые был произведен анализ изменений кинематических и электромиографических характеристик локомоций, обусловленных пребыванием в невесомости, и выявлены изменения паттерна «рекрутирования» – вовлечения медленных и быстрых мышц в произвольную локомоторную активность [2].

В 1984 году в связи с интенсификацией работ по программе «Буран», включавших, в частности, исследования с целью изучения космической болезни движения, лаборатория была преобразована в отдел физиологии анализаторных систем и профилактики вестибулярных и двигательных нарушений. В созданный отдел влились все подразделения ИМБП, имевшие отношение к исследованиям сенсомоторных систем. Отдел состоял из 4 лабораторий – патогенеза космической болезни движений, физиологии движений, сенсорной подготовки и профилактики космической болезни движений. Последней лабораторией, как и отделом в целом, руководила профессор Инесса Борисовна Козловская.

В лаборатории НИИ ЭПiT проводились исследования по изучению влияния на организм обезьян имитации факторов космического полета в условиях наземного эксперимента, а также разработки критериев отбора и методик подготовки этих животных для полета. В этих работах принимали участие Г. С. Белкания, А. А. Джокуа, Т. Г. Урманчеева, Н. Ф. Колпакова, И. П. Шеремет, В. М. Элиава, А. Н. Демин, Ю. Н. Курочкин. Благодаря проведенным исследованиям впервые была разработана модель длительной клиностатической гипокинезии обезьян, позволяющая моделировать такие факторы невесомости, как опорная разгрузка и гиподинамия, и проведено комплексное изучение влияния гипокинезии (до 50 суток) на функциональное состояние основных физиологических систем макак резусов. Результаты работы показали близость эффектов гипокинезии обезьян и таковой у человека. Эти исследования проводила А. А. Джокуа [3].

Для экспериментов отбирали самцов макак резусов 2–2,5 лет, занимавших в группе высокое ранговое положение: адаптировали к условиям частичной фиксации в приматологическом кресле и различным манипу-

ляциям, связанным с клинико-физиологическим обследованием; обучали пить сок из специального штуцера. Далее проводили поэтапную выработку условных двигательных рефлексов, составлявших основу двух двигательных тестов, моделирующих точностные произвольные движения («ручная» и «ножная» программы), по сути, те же операторские задачи космонавтов. При проведении исследований использовался программный блок управления экспериментом. В состав тренажера входили приматологическое кресло со съемными актографами («ручным» и «ножным») и световое табло, установленное на уровне 335 глаз животного. В определенной временной и логической последовательности на табло появлялись световые сигналы различной конфигурации (условные раздражители, в ответ на которые обезьяны выполняли цикл точностных (фазных и тонических) движений – нажимов на педаль актографа (тарированную по нагрузке) заданной амплитуды и скорости). Правильно выполненные циклы движений подкрепляли соком. По условиям договора с ИМБП уровень выполнения животными обоих тестов при их передаче в Москву (вместе с протоколами опытов каждой обезьяны и актом передачи) должен был составлять не менее 60%. Обычно он составлял 80–100%.

В программе «Бион» на приматах проводились два вестибулярных исследования: координации глаз и головы и активности медиальных вестибулярных ядер и флоккулюса мозжечка при угловых движениях головы в горизонтальной плоскости во время реакции установки взгляда, чувствительности центральных вестибулярных нейронов при линейном перемещении вдоль оси тела. Исследования показали, что чувствительность центральных вестибулярных нейронов как к угловым, так и к линейным ускорениям увеличивалась в начале полета и затем постепенно нормализовалась, в то время как во флоккулюсе высокая активность сохранялась в течение всего полета.

При формировании программ исследований наибольшая часть экспериментального времени (60–70%) была отведена для решения проблем, связанных с вестибулярным аппаратом. Задачи исследований состояли в изучении влияния микрогравитации на характеристики двигательных реакций, опосредуемых вестибулярной чувствительностью, и определении основных 316 закономерностей вестибулярной адаптации к невесомости, а также в лежащих в ее основе изменениях нейрональной организации вестибулярных ответов. Результаты выполненных исследований показали, что переход к невесомости у всех обезьян сопровождался практически немедленным возрастанием возбудимости канальной части вестибулярного аппарата. Они расширили наши знания об обуславливаемых невесомостью процессах в вестибулярной системе и механизмах их развития, что открыло новые возможности прогнозирования изменений в деятельности систем управления движением в условиях изменяющихся гравитационных условий среды и их профилактики [4].

С помощью вживленных и накладных электродов удалось получить уникальную информацию о механизме развития космической формы болезни движения, моторной дисфункции и повышении внутричерепного давления в условиях невесомости. Обезьяны, находившиеся на борту биоспутников, были обучены выполнять двигательные задачи, аналогичные выполняемым человеком в пилотируемых полетах. Наличие у животных вживленных электродов и накладных датчиков позволило регистрировать в процессе полета активность их мозговых структур, мышц, сердца, биоритмологические и другие показатели. Взятие образцов тканей (мышечной и костной), крови и костного мозга сразу после полета позволило получить уникальный материал, необходимый для оценки и более полного понимания процессов, развивающихся в различных системах организма в условиях невесомости.

Нейросенсорные исследования составляли приоритетный раздел экспериментальной программы в полетах биоспутников. Данные, полученные в этих исследованиях, открыли возможность понимания природы нарушений вестибулярных функций в невесомости, их динамики развития и некоторых нейрональных механизмов. Вестибулярные и сенсорно-моторные исследования обнаружили выраженное влияние невесомости на характеристики реакций, осуществляемых с участием отолитового и канального отделов вестибулярной системы, и на организацию двигательного управления.

Результаты нейросенсорных и сенсомоторных исследований на обезьянах в полетах биоспутников имеют огромное фундаментальное значение для понимания механизмов возникновения космической формы болезни движения и моторных нарушений. Вместе с тем, учитывая, что паттерн и механизм, контролирующий функцию зрения у человека и обезьяны, идентичен, полученные результаты были использованы при разработке практических рекомендаций применительно к размещению приборов управления полетом в кабине космического корабля. Так, приборы, требующие немедленной реакции командира корабля, должны размещаться в центральном поле зрения, а управление джойстиком не должно требовать быстрых или значительных поворотов головы в первые дни полета. Не рекомендуется также выполнять высокоточные и высокоаккуратные движения руками в первые дни полета. Эти рекомендации были переданы в заинтересованные организации для их внедрения. В результате проведенных исследований сердечно-сосудистой системы обезьян установлено, что в первые часы и даже дни космического полета увеличение центрального объема крови не являлось безусловным. В то же время в этот период полета повышалось внутричерепное давление, которое, однако, нельзя рассматривать как внутричерепную гипертензию, поскольку его значения оставались в пределах верхней границы нормы. Изменения характера пульсовых колебаний внутричерепного давления в первую неделю полета свидетельствуют о затруднении оттока венозной

крови из полости черепа. Тем не менее подобные нарушения гемоликвородинамики не приводили к гипоксемии в изучаемых областях коры головного мозга – лобной и соматосенсорной.

Во время полета не обнаружено зависимости между динамикой показателей центрального кровообращения и характером кровотока в бассейне общей сонной артерии. Полученные данные о динамике кровотока в общей сонной артерии в первые сутки полета (увеличение у одной обезьяны и его уменьшение у другой) свидетельствуют о том, что патогенез отека мягких тканей лица и шеи в невесомости необязательно связан с увеличением их кровоснабжения [5].

В обозримом будущем организация экспериментов в космосе с участием обезьян не представляется возможным в связи со сложностью и дороговизной их проведения. Для набора статистически значимых результатов потребуется несколько запусков. Кроме того, после Грузино-абхазской войны 1992–1993 годов численность обезьян в питомнике Сухумского НИИ ЭПит резко снизилась. Многие животные погибли от холода и бескормицы, и, кроме того, их расстреливали владельцы частных домов, когда они совершали набеги на сады.

С 1992 года программу экспериментов с обезьянами в космосе осуществлял Институт медицинской приматологии, основанный в Адлере на базе одного из производственных филиалов Сухумского НИИ ЭПит. Основателем этого института является академик Б. А. Лапин. В настоящее время его именем названа улица, на которой находится институт, а также прилегающий к нему сквер.

На пресс-конференции, проведенной с участием ИМБП в МИА «Россия сегодня», директор ИМБП О. И. Орлов отметил, что отказ от экспериментов в космосе с участием обезьян связан также с биоэтическими соображениями. Кроме того, для проведения дальнейших исследований в рамках программы «Бион» необходимости использования обезьян нет. Для решения поставленных задач в качестве подопытных животных используются мыши. Но остается актуальным проведение на обезьянах наземных исследований и экспериментов, моделирующих условия космических полетов. Вопрос о запуске обезьян в космос может вновь стать актуальным в рамках программ по освоению дальнего космоса, включая медико-биологическое обеспечение перелетов к Луне и Марсу.

### Список литературы

1. Авидзба Н. Все обезьяны-космонавты из Абхазии вернулись на Землю / sputnik-abhazia, 2015, 12 апреля.
2. Институт медико-биологических проблем / отв. ред. А. И. Григорьев, И. Б. Ушаков. – М., 2014. – С. 108–112.

3. *Джокуа А. А., Баркая В. С.* НИИ ЭПит в программах космических исследований // Актуальные вопросы экспериментальной биологии и медицины. – Сухум, 2017. – С.330–336.
4. *Миллер Н. В., Козловская И. Б., Ильин Е. А., Лапин Б. А., Григорьев А. И.* Вестибулярные исследования в космосе. Эксперимент «Приматы» // Актуальные вопросы экспериментальной биологии и медицины. – Сухум, 2017. – С. 314–318.
5. *Григорьев А. И., Лапин Б. А., Козловская И. Б., Ильин Е. А.* Исследования на обезьянах в космических полетах. – С. 319–329 [www.niiepit.com/Обезьяны и космос](http://www.niiepit.com/Обезьяны и космос).

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МУЗЕЯ ИСТОРИИ КОСМОНАВТИКИ В ДЕЛЕ ГРАЖДАНСКО- ПАТРИОТИЧЕСКОГО ВОСПИТАНИЯ ДЕТЕЙ

 **М. А. Боциева**

 **З.К. Чельдиева**

 Государственное бюджетное учреждение дополнительного образования «Школа космонавтики имени Р. В. Комаева», Владикавказ

**Аннотация.** В статье описывается опыт применения музейной педагогики в работе педагогов Школы космонавтики в гражданско-патриотическом воспитании детей. Авторы говорят о том, как ресурсы школьного музея истории космонавтики используются в качестве средств повышения мотивации школьников к изучению достижений в области космонавтики, что способствует формированию у учащихся активной жизненной позиции молодого человека – патриота.

**Ключевые слова:** дополнительное образование, космонавтика, музейная педагогика.

138

---

## USAGE OF HISTORY COSMONAUTICS MUSEUM FOR CIVIC AND PATRIOTIC EDUCATION OF CHILDREN

 **M. Botsieva**

 **Z. Cheldieva**

 State budgetary institution of additional education "School of cosmonautics named after R. V. Komaeva", Vladikavkaz

**Annotation.** The article describes the experience of using museum pedagogy for civic and patriotic education of children in "School of cosmonautics". It is shown the resources of the school museum of the History of Cosmonautics are used as a means of increasing the motivation of schoolchildren to study achievements in the field of cosmonautics.

**Key words:** additional education, cosmonautics, museum pedagogy.

---

Дополнительное образование играет важную роль в развитии личности ребенка, формировании его мировоззрения и системы ценностей.

В учреждении дополнительного образования «Школа космонавтики имени Руслана Владимировича Комаева» ребята занимаются по дополнительным общеразвивающим программам, изучают астрономию, космонавтику, математику, физику. Однако деятельность школы не ограничивается лишь изучением научных данных, воспитание детей стало важной и неотъемлемой частью образовательного процесса. Патриотическое воспитание, тесно связанное с исследованием космоса, становится фактором, способствующим формированию у детей активной гражданской позиции и гордости за достижения своей страны. *Говоря о дополнительном образовании как мощном инструменте образования и воспитания детей и подростков, мы опираемся на концепцию пентабазиса российских ценностей, которая служит фундаментом выстраивания работы Школы космонавтики. Под пентабазисом понимается пятиуровневая модель гражданской самоидентификации: патриотизм на уровне страны, доверие к общественным институтам на уровне государства, согласие на уровне общества, традиции на уровне семьи, созидание на уровне человека.*

ГБУДО «Школа космонавтики имени Р. В. Комаева» – уникальное учреждение дополнительного образования. Здесь благодаря усилиям космического конструктора Руслана Владимировича Комаева создан музей истории космонавтики с макетами космических летательных аппаратов. Образовательное учреждение располагает зрительным залом на 30 мест для демонстрации научно-популярных фильмов, астрономической площадкой, где установлены спускаемый аппарат космического корабля Союз-ТМА, два телескопа, солнечные часы, модель Солнечной системы и лунодром с действующей моделью лунохода. В здании школы расположены макеты космического корабля будущего и лунного модуля «Аполлон», макет орбитальной станции «Мир».

Ресурсы музея истории космонавтики стали ключевым элементом учебно-воспитательной работы с детьми. Под музейной педагогикой в данном аспекте мы понимаем включение музейного пространства в образовательный процесс, передачу историко-культурного наследия через педагогический процесс в условиях музейной среды, связь содержания, методов и форм педагогического воздействия. Ведущей технологией в музейной педагогике является вовлечение обучающихся в исследовательскую и проектную деятельность.

Экспозиция школьного музея повествует об истории развития космонавтики, о достижениях Советского Союза и современной России. Его экспозиции показывают историю покорения космоса от первых полетов животных до масштабных международных проектов. Через знакомство с этой историей школьники погружаются в атмосферу великих космических свершений. Первый искусственный спутник Земли, первый полет человека в космос, выход в открытый космос – об этих событиях, ставших вехами в отечественной и мировой истории, рассказывают макеты и стенды нашего музея. Изучение Луны, Венеры и Марса, первые межпланетные

автоматические станции и космические телескопы воплощены в макетах и моделях.

Реализация *патриотического воспитания в Школе космонавтики преследует цель*: через взаимодействие с культурным наследием формировать ценностные ориентиры и прививать любовь к Родине. При этом мы ставим перед собой следующие задачи:

- познакомить обучающихся с научными сведениями о способах исследования космоса и достижениях российской науки в области освоения космического пространства;
- рассказать о выдающихся космических конструкторах и исследователях космоса из Российской Федерации и, в частности, Осетии;
- сформировать позитивный образ российского государства;
- развивать навыки самостоятельного мышления, умение работать в коллективе, включаться в поисковую деятельность;
- вовлекать родителей в деятельность Школы космонавтики путем участия в мероприятиях и совместных проектах;
- сформировать основы нравственных убеждений;
- научить детей занимать активную жизненную позицию.

Педагоги дополнительного образования играют большую роль в формировании патриотической позиции учащихся. Они на каждом занятии в музее и во время мероприятий демонстрируют примеры выдающихся деятелей науки, космонавтов, чьи труды внесли значительный вклад в развитие космонавтики. Рассказы о судьбах людей, посвятивших свою жизнь исследованию космоса, служат мощным стимулом для популяризации космонавтики среди детей и подростков, побуждая ребят к участию в научных исследованиях, технических разработках и проектах. Обучающиеся Школы космонавтики занимаются поисковой деятельностью, собирая факты о деятельности своих земляков в космической отрасли. Участвуя в проектной и научно-исследовательской работе, юные исследователи выступают на конференциях и конкурсах. Фамилии выходцев из Осетии – Комаева, Дзесова, Кемурджиана – знают все ученики нашей школы.

Через изучение космонавтики мы стараемся воспитывать у учащихся уважение к труду ученых и инженеров, стремление к познанию мира, ответственность перед обществом и природой; формировать чувство любви к Родине, готовность защищать ее интересы и вносить вклад в ее развитие. Эти ценности закладываются в детстве и играют важную роль в становлении личности. Происходит самоидентификация детей, осознание себя частью гражданского общества, выстраивание нравственных ориентиров. У ребят появляются позитивные примеры героев, значимых взрослых – реальных людей.

В музее мы проводим множество мероприятий для детей и родителей. Это День космонавтики, день памяти Р.В. Комаева, День российской науки, День планетариев и другие. Ребята сами проводят экскурсии по музею во время праздников.

В музее ребята встречаются с космонавтами, с ветеранами космической отрасли, с космическими инженерами. Эти встречи всегда проходят с большим интересом, дети задают множество вопросов гостям Школы космонавтики.

Направления работы творческих объединений по дополнительным программам с применением музейной педагогики:

- изучение истории развития космонавтики: от воздушного шара до орбитальных комплексов;
- жизнь и работа выдающихся деятелей в области космонавтики, в том числе уроженцев Осетии;
- встречи с космонавтами, военными и сотрудниками предприятий космической отрасли;
- подготовка тематических конкурсов, интеллектуально-познавательных игр. Нами разработана интеллектуальная игра «Космовиз», посвященная истории отечественной космонавтики. Игра проводится ежегодно на региональном уровне в несколько этапов. В 2023 году в игре приняли участие 73 команды из школ всех районов республики Северная Осетия – Алания. В 2024–2025 годах школы прислали команды на конкурс;
- поисково-исследовательская деятельность, проектная деятельность: например, выполнение проекта на тему «Описание экспоната из фондов музея», «Создание макета экспозиции»;
- пополнение фондов музея;
- разработка и проведение тематической экскурсии;
- конкурсы рисунков, стихов, макетов, конференции, посвященные деятелям российской науки и достижениям в области космонавтики;
- космическое моделирование и макетирование;
- профориентационная работа.

Практическая деятельность – важный элемент музейной педагогики. Дети принимают участие в мастер-классах, моделируют ракеты-носители, макеты космических аппаратов, лунные и марсианские базы, создают макеты спутников. Такие мероприятия развивают технические навыки и укрепляют интерес к инженерной науке. Патриотизм – это не только знание исторических событий, но и понимание значимости вклада каждого человека в процветание своей страны, повышение ее статуса в мировом сообществе. Работа школьников по созданию макетов космических аппаратов, пополнение экспонатами фонда Музея космонавтики способствует формированию чувства гордости за достижения отечественной науки и техники. Школьники начинают осознавать, что их страна была и остается лидером в области космических исследований. Школа космонавтики стремится развивать у подрастающего поколения чувство гордости за свою страну, ее достижения и героев.

Таким образом, опыт гражданско-патриотической воспитательной работы, практика ГБУДО «Школа космонавтики имени Р.В. Комаева», успешно использующего музей истории космонавтики, показывает, что применение музейной педагогики дает возможность педагогам повысить продуктивность своей работы и улучшить качество образовательного процесса, вдохновляя учащихся на изучение истории и достижений космонавтики. Только собственным примером и опытом можно взрастить последующие поколения. Именно традиции воспитания и образования составляют фундамент, на котором формируется настоящая личность. Воспитание патриотизма посредством уникальных ресурсов музея Школы космонавтики позволяет молодому поколению ощутить сопричастность к великим свершениям прошлого и настоящего.



Фото 1. Экспонат музея Школы космонавтики

### Список источников

1. Красник Н. Е. Краткосрочный проект по патриотическому воспитанию в средней группе «день космонавтики» («первые в космосе») / <https://www.prodenka.org/metodicheskie-razrabotki/536294-kratkosrochnyj-proekt-po-patrioticheskomu-vo> .
2. Садовникова С. <https://www.ya-roditel.ru/parents/base/experts/vospitanie-patriotizma-den-kosmonavtiki/?ysclid=mbkxrfbght934421608>

# О КОСМОНАВТИКЕ В СМОЛЕНСКОМ ПЛАНЕТАРИИ ИМЕНИ Ю. А. ГАГАРИНА



**Т. Б. Солодченкова**



МБУК «Смоленский планетарий»

**Аннотация.** В статье представлен обзор мероприятий, проведенных в Смоленском планетарии в юбилейном со дня рождения Ю.А. Гагарина году и посвященных событиям в области космонавтики. Кроме того, дано представление о программах с показом фильмов на тему космонавтики.

**Ключевые слова:** космонавтика, Гагарин, космос, планетарий, АПР.

---

## ABOUT COSMONAUTICS AT THE GAGARIN SMOLENSK PLANETARIUM



**T. Solodchenkova**



Yuri Gagarin Smolensk planetarium municipal budget cultural institution

**Annotation.** The article provides an overview of the events held at the Smolensk Planetarium in the anniversary year of Yuri Gagarin's birth and dedicated to events in the field of cosmonautics. In addition, an idea is given about the programs with the screening of films on the theme of cosmonautics.

**Keywords:** cosmonautics, Gagarin, space, planetarium, APR.

---

В МБУК «Смоленский планетарий» имени Ю. А. Гагарина постоянно проводятся научно-познавательные мероприятия по популяризации событий, связанных не только с космическими объектами и астрономическими явлениями, но и с областью космонавтики. Среди предлагаемых посетителям планетария лекций и праздничных мероприятий пользуются популярностью те, в которых представлены космические достижения в СССР и РФ. В планетарии широко отмечают такие значимые праздники, как День космонавтики, Неделя космонавтики, Всемирная неделя космоса, Международный день планетариев и другие. Особенно приятно отметить, что с 2024 года благодаря ремонту фасада, приуроченному к юбилею Ю. А. Гагарина, такие события осуществляются в обновленном и красивом здании планетария.

Одним из важнейших видов деятельности планетария в 2024 году стало проведение культурно-просветительского проекта «Наш Гагарин», посвященного 90-летию со дня рождения Юрия Алексеевича Гагарина.

Герой Советского Союза, человек, открывший дорогу в космос, родился на Смоленской земле, и сотрудники Смоленского планетария (фото 1) с особой ответственностью организовали и провели в рамках этого проекта игры среди смоленских школьников.



*Фото 1. Сотрудники МБУК «Смоленский планетарий» имени Ю. А. Гагарина в проекте «Наш Гагарин»*

Учредителем проекта было Управление культуры администрации города Смоленска. Основными целями проекта «Наш Гагарин» являлись: повышение интереса молодежи к биографии Ю. А. Гагарина, космонавтике и астрономии; воспитание в молодом поколении гражданскойственности и патриотизма; социализация, формирование у школьников и студентов интеллектуально-коммуникативной стратегии; популяризация планетария как пространства для интеллектуального и культурно-содержательного досуга представителей всех возрастных поколений в целом.

Проект «Наш Гагарин» стартовал 9 марта 2024 года, в день рождения Ю. А. Гагарина. Отборочные игры проведены 19 марта, 2 и 9 апреля. Финальная игра состоялась в День космонавтики – 12 апреля, информация о ней выложена в источнике [1].

Интерес к первому космонавту планеты, в целом к космонавтике и астрономии, а также командный азарт объединил учащихся 6–7 классов 15 общеобразовательных учреждений города Смоленска. Состав команд и результаты представлены в таблице 1. Путем жеребьевки были сформированы сборные команды, игры которых проведены в формате офлайн (фото 2).

Таблица 1. Участники проекта «Наш Гагарин»

Команда	№ МБОУ СШ	Результат
№ 1 «Поехали!»	37, 3, 28, 11, 21 имени Н. И. Рыленкова	3 место
№ 2 «Звездочки»	27 имени Э.А. Хиля, 36 имени А. М. Городнянского, 22, 19 имени Героя России Панова, 26 имени А. С. Пушкина	2 место
№ 3 «Гагаринцы»	34, 12, 38, 13 имени Э. Д. Балтина, 35	1 место



Фото 2. Проведение офлайн игр сборных команд в проекте «Наш Гагарин»

Первая отборочная игра культурно-просветительского проекта «Наш Гагарин» сопровождалась прямой трансляцией. Видеозапись игры и аннотации проекта можно посмотреть на интернет-ресурсах [2–5], подготовленных, в частности, новостными источниками «Город и мы. Смоленск», «Интересный Смоленск: новости и афиша», а также в информационных сообщениях школ, участвовавших в играх проекта.

Тематика проекта охватила не только разные этапы жизни первого космонавта Земли. Ответы на вопросы потребовали от учащихся проявить свои знания и о других космонавтах, конструкторах космической техники. Пришлось отвечать на вопросы о полетах космических аппаратов и исторических фактах из жизни космонавтов, при этом в некоторых вопросах или их комментариях содержались цитаты. Часть вопросов была посвящена астрономическим явлениям и физическим закономерностям, связанным с движением и свойствами космических объектов. Ряд вопросов касался и астрономических представлений в прошлых веках, нашедших выражение в мифах, легендах и загадках разных народов мира. Очень большой интерес и внимание вызвали вопросы, в которых надо было угадать фрагменты из фильмов и песни по космической тематике.

Участники игр ответственно отнеслись к своей теоретической подготовке и успешно справились с заданиями разного уровня сложности. Команды сопровождали группы поддержки, которые активно за них болели на протяжении всех игр проекта (фото 3).



Фото 3. Болельщики команд в проекте «Наш Гагарин»

Все – и участники, и болельщики, и организаторы – получили положительные эмоции от игр. Ребята очень быстро сплотились и подружились, сформировали настоящие команды. По окончании игр юные знатоки космонавтики поблагодарили организаторов проекта за возможность проявить себя, продемонстрировать свои знания и творчески провести свой досуг. А от Смоленского планетария и учредителей проекта «Наш Гагарин» участникам были вручены не только грамоты, но и памятные призы, сувенирная продукция (фото 4): сумки с изображением головной части корабля «Восток», подушки, стилизованные в виде ракеты, футболки, значки и другие подарки на тему космонавтики.



Фото 4. Сувенирная продукция

С гагаринским «Поехали!» человечество отправилось в длительный космический путь. Накоплено много архивных материалов и созданы новые видеопродукты о беспилотных и пилотируемых полетах, о жизни космонавтов. Сотрудники Смоленского планетария обновили видеофонд, связанный с космонавтикой, создав о Юрии Алексеевиче Гагарине документальный фильм «Сын Смоленской земли». Премьерный показ этого фильма был приурочен к праздничному мероприятию «Звездный дом», аннотация мероприятия размещена в источнике [6]. В фильме отражены все основные этапы жизни нашего великого земляка на основе архивных фото- и видео материалов. Фильм был представлен на ВДНХ в г. Москва. Лекторы планетария М. А. Сукристова и Т.Б. Солодченкова познакомили с этим фильмом подрастающее поколение Смоленска в период весенней Недели космонавтики, организовав выездные лекции [7, 8]. И теперь афиша сайта планетария постоянно приглашает жителей и гостей Смоленска на программу, включающую просмотр фильма «Сын Смоленской земли» и вызывающую интерес у посетителей планетария.

Конечно, жителей и гостей Смоленска, приходящих в планетарий, привлекают и более ранние, ставшие уже привычными программы, с аннотациями которых можно ознакомиться по ссылке [9]: «Орбита великих свершений», «Знаете, каким он парнем был», «Колумб Вселенной», «Дом на орбите», «МКС – дом в космосе», «К. Э. Циолковский – основоположник теоретической космонавтики», «Байконур – путь к звездам», «Кассини. Полет к Сатурну», «Вперед на Марс». Особый интерес вызывают программы с показом полнокупольных фильмов – для маленьких посетителей «Космикс», для более старшей аудитории «Космическая история России», «Российские орбитальные обсерватории», предоставленные Ассоциацией Планетариев России (АПР).

День космонавтики, 12 апреля, достойно отмечен в Смоленском планетарии проведением разнообразных интересных программ. Праздничные мероприятия этого дня открыло выступление арт-группы «Новое Время» Центра культуры г. Смоленска. Для юных посетителей в стенах планетария проведена игровая программа «Этапы большого пути» при содействии «Центра развития детей и молодежи», а затем состоялась финальная игра проекта «Наш Гагарин». Знакомство с этими мероприятиями стало доступно для широкого круга смолян благодаря публикации [10].

Ежегодно осенью, с 4 по 10 октября, во всем мире проводится Всемирная неделя космоса. Со значением и историей даты «4 октября» можно ознакомиться в кратком эссе лектора (экскурсовода) Т.Б. Солодченковой на странице «ВКонтакте» Смоленского планетария [11].

Логическим продолжением этой недели стала конференция «Космос. Смоленск. Поехали: к 90-летию Ю.А. Гагарина», для студентов СПО и вузов Смоленска, организованная [12] АНО НОЦ «Порубежье» при партнерской поддержке Смоленского государственного университета. В конференции приняли участие Л.М. Авдеева (директор МБУК «Смоленский Планетарий»

имени Ю.А. Гагарина) и Н.А. Багара (заведующая организационно-массовым отделом), представив программу «Сын смоленской земли» и ознакомив слушателей с другими программами планетария, относящимися к космической тематике.

Осенняя Неделя космонавтики в Смоленском планетарии была открыта онлайн-викториной для детей «Знатоки космоса». Приглашение и результаты викторины изложены на страницах соцсетей [13, 14]. В преддверии этой недели сотрудники планетария организовали игровую детскую программу «Веселый космодром», в ходе которой методист Е. А. Якубовская организовала детям увлекательное интеллектуальное путешествие с занимательными викторинами и играми, а лектор (экскурсовод) М. А. Сукристова провела экскурсию по планетарию и познакомила ребят с работой телескопов.

Молодые жители Смоленска любят проводить свой досуг в Смоленском планетарии, поэтому для них Неделя космонавтики длилась дольше и завершилась 30 октября еще одной увлекательной игровой программой [15] – «Космический круиз» в виде захватывающего путешествия по галактикам.

Смоленский планетарий активно популяризирует космические достижения нашей страны, периодически информирует на своей странице «ВКонтакте» о календарных датах в истории космонавтики, научных исследованиях, проводимых на МКС, проекте Российской орбитальной станции, деятельности российских участников космических экспедиций, важных событиях в жизни космонавтов (в том числе тех, кто родом со Смоленщины). Такие сообщения опираются на авторитетные источники, прежде всего на опубликованные материалы и информационные ресурсы Центра подготовки космонавтов имени Ю. А. Гагарина, Государственной корпорации по космической деятельности «Роскосмос».

#### Список источников

1. [https://vk.com/wall-184969271\\_2645](https://vk.com/wall-184969271_2645)
2. <https://rutube.ru/video/94b4f151ce86282b349ed1101dde698d/>
3. [https://vk.com/video-182609737\\_456241791](https://vk.com/video-182609737_456241791)
4. [https://vk.com/video?z=video-182609737\\_456241791%2Fpl\\_cat\\_trends](https://vk.com/video?z=video-182609737_456241791%2Fpl_cat_trends)
5. [https://vk.com/wall-84308966\\_37206?w=wall-84308966\\_37206](https://vk.com/wall-84308966_37206?w=wall-84308966_37206)
6. <https://www.culture.ru/events/4579548/programma-syn-smolenskoi-zemli>
7. [https://vk.com/wall-184969271\\_2634?w=wall-184969271\\_2634](https://vk.com/wall-184969271_2634?w=wall-184969271_2634)
8. [https://vk.com/wall-184969271\\_2670?w=wall-184969271\\_2670](https://vk.com/wall-184969271_2670?w=wall-184969271_2670)
9. <https://planetarsmolensk.ru/ekskursii/programmy-i-annotacii>
10. [https://vk.com/wall-165536485\\_6180?w=wall-165536485\\_6180](https://vk.com/wall-165536485_6180?w=wall-165536485_6180)

11. [https://vk.com/wall-184969271\\_2993?w=wall-184969271\\_2993](https://vk.com/wall-184969271_2993?w=wall-184969271_2993).
12. [https://vk.com/wall-223609402\\_165?w=wall-223609402\\_165](https://vk.com/wall-223609402_165?w=wall-223609402_165).
13. [https://vk.com/wall-184969271\\_2992?w=wall-184969271\\_2992](https://vk.com/wall-184969271_2992?w=wall-184969271_2992)
14. [https://vk.com/wall-184969271\\_3011?w=wall-184969271\\_3011](https://vk.com/wall-184969271_3011?w=wall-184969271_3011)
15. [https://vk.com/wall-184969271\\_3036?w=wall-184969271\\_3036](https://vk.com/wall-184969271_3036?w=wall-184969271_3036)

## КОСМИЧЕСКИЕ ВСТРЕЧИ ВО ВЛАДИМИРСКОМ ПЛАНЕТАРИИ



**Н. Н. Малинина**



Муниципальное бюджетное учреждение культуры  
«Владимирский планетарий»

**Аннотация.** На протяжении многих лет Владимирский планетарий связывает активное плодотворное сотрудничество с Владимирской общественной организацией ветеранов космодрома Байконур. В планетарии проводятся встречи с ветеранами с участием школьников и студентов города Владимира, презентации книг ветеранов, посвященных службе на космодроме, организуются выставки и многое другое. На базе Владимирского планетария открыто региональное отделение Федерации космонавтики России. Сотрудничеству с ветеранами Байконура, различным направлениям работы и перспективам взаимодействия посвящен данный доклад.

**Ключевые слова:** планетарий, Байконур, выставка, ветераны, космонавтика.

---

## SPACE MEETINGS AT THE VLADIMIR'S PLANETARIUM



**N. Malinina**



Municipal budgetary institution of culture "Vladimir's planetarium"

**Annotation.** For many years, the Vladimir Planetarium has been actively cooperating with the Vladimir Public Organization of Veterans of the Baikonur Cosmodrome. The planetarium hosts meetings with veterans with the participation of schoolchildren and students of the city of Vladimir, presentations of books by veterans dedicated to service at the cosmodrome, exhibitions and much more. The regional branch of the Russian Federation of Cosmonautics has been opened on the basis of the Vladimir Planetarium. This report is devoted to cooperation with veterans of Baikonur, various areas of work and prospects for cooperation.

**Keywords:** Planetarium, Baikonur, exhibition, veterans, cosmonautics.

---

МБУК «Владимирский планетарий» является одним из ведущих культурно-просветительских учреждений города Владимира и области, деятельность которого тесно связана с космосом.

В конце 50-х годов XX века Советский Союз совершил прорыв в области освоения космоса. Были запущены первые искусственные спутники Земли, к Луне были отправлены советские автоматические станции.

Начало космической эры невероятно подстегнуло интерес людей к звездному небу, космосу, к астрономии в целом. В 1959 году был разработан первый проект Владимирского планетария. В то время более половины планетариев нашей страны располагались в культовых сооружениях. Не стал исключением и Владимирский планетарий. Его было решено разместить в здании Николо-Кремлевской церкви областного центра.

Это уникальное учреждение открылось 28 апреля 1962 года. Планетарий был 41-м в СССР. Он был создан через год после полета Юрия Гагарина в космос. В 2022 году учреждению исполнилось 60 лет. Большое значение в учреждении придается изучению и популяризации истории отечественной космонавтики. По этой теме проводятся лекции-сеансы, в экспозиции планетария есть макеты первых трех искусственных спутников Земли, космического корабля «Восток-1», единственная в России действующая диорама «Взлет космического корабля «Энергия-Буран», представлен стенд «Космонавты – почетные гости Владимирского планетария», «Космическое питание», проводится постоянная работа по обновлению экспонатов и оборудованию.

Вот уже много лет Владимирский планетарий связывает тесное сотрудничество с Владимирской общественной организацией ветеранов Байконура. Оно началось еще в 1988 году, когда в адрес учреждения из г. Байконур пришел альбом «Ветераны космодрома Байконур». С 1997 года сотрудничество ветеранов Байконура с Владимирским планетарием вышло на постоянную основу.

На сегодняшний день МБУК «Владимирский планетарий» практически является штаб-квартирой Владимирской общественной организации ветеранов Байконура. Сотрудниками планетария собран биографический материал, на основе которого подготовлена просветительская выставка, посвященная владимирским ветеранам Байконура, их службе на легендарном космодроме. Стали традиционными апрельские встречи с ветеранами Байконура в стенах планетария под общим названием «Молодость моя – Байконур». Ни одна памятная космическая дата не остается без внимания Владимирского планетария. Это и День космонавтики, и дата основания космодрома Байконур, и первый выход человека в космос, и полет в космос первой женщины-космонавта, и День российской науки и др. В этих мероприятиях активно участвуют члены владимирской общественной организации ветеранов космодрома Байконур.

Председатель Владимирской общественной организации ветеранов космодрома Байконур полковник Михаил Адамович Яшуков прослужил на космодроме 25 лет. Он является почетным гражданином города Байконур, почетным членом Русского космического общества. В 2019–2020 годах в стенах Владимирского планетария Михаил Адамович презентовал серию

своих книг «Призвание – Байконур» о вкладе владимирцев в освоение космоса. Презентации книг Яшукова М. А. стали крупными городскими мероприятиями, на которых присутствовали представители администрации города и области.

7 апреля 2022 года, в преддверии 60-летия Владимирского планетария, состоялась презентация книги председателя ветеранской организации космодрома Байконур Михаила Яшукова «Владимирский планетарий – вместе к звездам!», изданной к юбилейной дате. В книге показана роль и место этого уникального учреждения культуры в общественной жизни города Владимира и области, рассказывается о работе сотрудников, их преданности и любви к своему делу.

Владимирский планетарий является членом Ассоциации музеев космонавтики России, он занесен в справочник «По России космической», изданный АМКОС. В разные годы в планетарии гостями были космонавты-испытатели П. И. Колодин, Н. С. Греков, Л. Д. Смирничевский, летчики-космонавты Г. М. Гречко, С. В. Авдеев, А. Н. Березовой, А. А. Скворцов, А. Н. Овчинин, А. М. Самокутяев, В. И. Токарев. Эти встречи оставили незабываемые воспоминания в памяти жителей города и сотрудников планетария.

В 2022 году, к 65-летию открытия космической эры, на официальном сайте Владимирского планетария была размещена публикация «65-летие космической эры. Вклад земли владимирской», подготовленная председателем ветеранской организации М. А. Яшуковым совместно с планетарием.

Глава администрации г. Байконур издал распоряжение о награждении владимирских ветеранов памятной медалью «65 лет со дня запуска первого искусственного спутника Земли» за активное сотрудничество в работе по пропаганде достижений отечественной космонавтики.

К 65-летию Байконура 30 августа 2022 года во Владимирском планетарии прошли съемки фильма «Легенды космоса» для телеканала «Звезда», в котором участвовали ветераны космодрома Байконур. Фильм снят телекомпанией «Ника» г. Калуга. Автор проекта – Нана Кумелашвили. Это уже третья работа съемочной группы, в которой рассказывается об истории отечественной космонавтики.

В течение года во Владимирском планетарии проводилась выставка-экспозиция «Памятные медали и значки космодрома Байконур», посвященные легендарным космическим запускам и событиям космической отрасли, из личного архива М.А. Яшукова – председателя Владимирской общественной организации ветеранов космодрома Байконур (ко Дню начала космической эры и Всемирной неделе космоса).

На базе Владимирского планетария было создано региональное отделение Общероссийской общественной организации «Федерация космонавтики России» по Владимирской области. Его возглавил заместитель директора учреждения Юрий Валерьевич Селиверстов.

Создание регионального отделения Общероссийской общественной организации «Федерация космонавтики России» по Владимирской области на базе планетария позволяет расширить деятельность учреждения и направить его работу на более широкую популяризацию достижений отечественной космонавтики.

Ежегодно ко Дню начала космической эры проводятся праздничные мероприятия с участием владимирских ветеранов Байконура.

Так, 4 октября 2022 года в честь 65-летия начала космической эры состоялось торжественное мероприятие с участием ветеранов Байконура, представителей администрации города Владимира, а также с участием школьников и студентов. На встрече в качестве почетного гостя присутствовал советник военно-промышленной корпорации «НПО машиностроения» – Леонид Михайлович Шелепин.

В адрес ветеранов космодрома Байконур прозвучало немало теплых слов, пожеланий и поздравлений, были вручены почетные грамоты, благодарственные письма и памятные медали.

Владимирская общественная организация ветеранов космодрома Байконур во главе с Михаилом Яшуковым оказывает большую помощь в развитии Владимирского планетария. Благодаря этому сотрудничеству 4 октября 2023 года во Владимирском планетарии была открыта новая просветительская выставка «От спутника до дома на орбите», предоставленная АО «ВПК «НПО машиностроения». Она рассказывает о вкладе в развитие мировой космонавтики этого предприятия, которое является одним из ведущих в ракетно-космической отрасли.

На экспозиции представлены экспонаты, некоторых из которых нет больше ни в одном музее мира. Среди них кресло-ложемент космонавта, медицинская и техническая аппаратура пилотируемой станции, модели пилотируемого ракетно-космического комплекса «Алмаз» с возвращаемым аппаратом и ракеты-носителя «Протон». Подробнее о ключевых космических проектах АО «ВПК «НПО машиностроения» рассказывают информационные постеры. Детям особенно интересны интерактивные экспонаты. Например, ребята могут «собрать» орбитальную станцию, параллельно изучив названия составляющих ее элементов, изучить аварийный запас, которым были оборудованы возвращаемые аппараты на случай приземления в нерасчетной точке, а также услышать голоса космонавтов и конструкторов, сделавших возможным освоение космического пространства.

10 октября 2024 года в рамках празднования Дня начала космической эры и Всемирной недели космоса состоялось открытие нескольких новых выставок.

Одна из них – экспозиция космических шевронов – эмблем космических программ, экипажей, кораблей, предоставленная председателем регионального отделения Федерации космонавтики России, заместителем директора Владимирского планетария Юрием Селиверстовым. На экспо-

зиции во Владимирском планетарии представлены нашивки, которые отражают полеты по пилотируемым программам «Интеркосмос», шевроны экипажей орбитальной станции «Мир» и МКС, экипажей космических кораблей «Союз» и «Шаттл», а также эмблемы Центра подготовки космонавтов, космических предприятий и агентств.

Состоялась презентация выставки «Родом из космоса: высокие технологии на Земле», переданной Ассоциацией планетариев России. Она демонстрирует важность и разнообразие применения «космических» технологий в повседневной жизни, а также в образовательных и научных целях.

Представлена просветительская выставка книг «Наш путь в космос». Красочные издания посвящены отечественным достижениям в области освоения космического пространства: первому «причалу Вселенной» – космодрому Байконур, первому космонавту планеты Юрию Гагарину и его легендарному полету в космос, советским героям-космонавтам, выдающимся ученым и конструкторам – создателям советских и российских космических аппаратов и ракет, освоению Луны, Марса и Венеры советскими автоматическими станциями, созданию и работе на орбите не имеющих аналогов во всем мире советских космических орбитальных станций «Салют» и «Мир» и др.

На большом телевизионном экране был представлен новый мультимедийный выставочный проект «Они были первыми!», посвященный российским космонавтам-рекордсменам. В истории советской и российской космонавтики было много выдающихся личностей, о которых можно сказать: «Они были первыми». Это первый в истории человечества пилотируемый космический полет Юрия Гагарина. Первый суточный полет в космос, который выполнил Г. С. Титов. Первая женщина-космонавт В. В. Терешкова, единственная женщина, совершившая космический полет в одиночку. Первый выход человека в открытый космос, который выполнил А. А. Леонов. Одна из страниц посвящена нашему выдающемуся земляку, Дважды Герою Советского Союза летчику-космонавту Валерию Николаевичу Кубасову. Этим и многим другим покорителям космоса и рекордсменам отечественной космонавтики посвящена данная выставка-презентация.

На открытии выставок в качестве почетных гостей присутствовали ветераны Байконура. Среди них – Анатолий Анатольевич Корешков, подполковник, участник запуска первого искусственного спутника Земли, первого космонавта планеты – Юрия Гагарина. Участник трех лунных программ и первой международной программы «Союз-Аполлон», член Союза писателей России, автор более 10 книг. Во Владимирском планетарии неоднократно проводились встречи с Анатолием Анатольевичем, презентации его книг, мероприятия, посвященные его юбилею. Сегодня А. А. Корешкову 94 года. Он является автором стихов к нескольким песням, в том числе к песне «Звездный час», посвященной полету Ю. А. Гагарина. Эта песня часто звучит на наших мероприятиях.

2025 год в нашем планетарии посвящен юбилейной дате – 90-летию со дня рождения летчика-космонавта, дважды Героя Советского Союза, уроженца земли Владимирской В. Н. Кубасова. В январе 2025 года сотрудники планетария совместно с ветеранами Байконура приняли участие в праздничном мероприятии на родине Валерия Кубасова – в г. Вязники Владимирской области, где в школьном музее бережно хранятся личные вещи В. Н. Кубасова, парта, за которой он учился, фотографии и многое другое, связанное с его детством, работой, полетом в космос. Сама школа № 2, в которой учился будущий космонавт, носит имя В. Н. Кубасова. Во Владимирском планетарии будет проводиться большое количество мероприятий к этой дате. С января в планетарии работает фотовыставка, посвященная нашему легендарному земляку. В апреле пройдет общегородское мероприятие с участием дочери В. Н. Кубасова – Екатерины Кубасовой. На мероприятии состоится премьера лекции «Валерий Кубасов: дорога к звездам», а также акция Почты России – презентация почтовой карточки, изданной к юбилею нашего земляка-космонавта. В 2025 году объявлены два творческих конкурса: конкурс детских художественных работ «Наша гордость – Байконур», посвященный 70-летию космодрома, и поэтический конкурс «Звездный путь», приуроченный к 90-летию В. Н. Кубасова. Конкурсы проводятся при активном участии ветеранов Байконура.

Сотрудничество Владимирской общественной организации ветеранов космодрома Байконур и МБУК «Владимирский планетарий» продолжает развиваться.

В ближайших планах – презентации новых книг ветеранов Байконура, совместное мероприятие в г. Радужный, встреча владимирских школьников с ветеранами Байконура во Владимирском планетарии, и многое другое.

Активная просветительская деятельность Владимирского планетария в сфере космонавтики была отмечена памятными наградами от Федерации космонавтики России, ЦПК имени Ю. А. Гагарина, музея города Байконур, Межрегиональной общественной организации ветеранов Байконура.

Мы благодарим наших дорогих ветеранов за поддержку всех наших начинаний, активное участие в мероприятиях планетария и желаем самого крепкого здоровья, долголетия и всех благ.

### Список литературы

1. Сихарулдзе Ю. Г. Космические встречи. М.: ИПМ имени М. В. Келдыша, 2017. 76 с. URL: <http://keldysh.ru/e-biblio/sikharulidze>
2. Встречи с космонавтами в интернет-пространстве. <https://www.roscosmos.ru/28459/>
3. Проведение мероприятий с участием космонавтов. <https://fkr.spb.ru/проведение-мероприятий-с-участием-ко/>

# ФОРМИРОВАНИЕ КОСМИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ ШКОЛЬНИКОВ



**Г. М. Суворова**



ГАУК ЯО «Центр имени В. В. Терешковой»

*«Для успешного развития освоения космоса  
в будущем, не говоря о становлении  
космического сознания, нужен не частичный,  
а максимальный охват потенциальной аудитории»*



**В. Ю. Афиани**



Российский государственный гуманитарный университет

**Аннотация.** В статье представлено обсуждение заявленной темы: формирование космического мышления школьников отряда юных космонавтов при изучении программы «Космос и жизнь» дополнительного образования (повышенный уровень). Формирование означает применение приемов и способов (методов, средств) воздействия на личность учащегося с целью создания у него системы определенных ценностей, культуры и отношений, знаний и умений, склада мышления и памяти. Подростковый период – это становление нового уровня самосознания, самооценки, развитие рефлексии, социальных ценностей, активной жизненной позиции.

**Ключевые слова:** формирование, космическое мышление, отряд юных космонавтов, программа «Космос и жизнь», культура.

---

## FORMATION OF COSMIC THINKING OF SCHOOLCHILDREN



**G. Suvorova**



SACI YR Center named after V. V. Tereshkova

*«For the successful development of space exploration  
in the future, not to mention the formation  
of cosmic consciousness, we need not partial,  
but maximum coverage of the potential audience»*



**V. Afiani**



Russian State University for the Humanities

**Annotation.** The article presents a discussion of the stated topic: the formation of cosmic thinking of schoolchildren of the young cosmonauts detachment while studying the program «Space and Life» of additional education (advanced level). Education means the application of techniques and methods (methods, means) of influencing a student's personality in order to create a system of certain values, culture and relationships, knowledge and skills, a way of thinking and memory. Adolescence is the period of formation of a new level of self-awareness, self-esteem, reflection, social values, and an active lifestyle are developing.

**Keywords:** formation, cosmic thinking, a group of young cosmonauts, the program «Space and Life», culture.

---

Космическое мышление – это представление о мироздании и Вселенной, назначении человека, главная мысль которого сводится к тому, что человек – часть космоса, несущая в себе этот космос [3].

Законы космоса влияют на человека через культуру, искусство, нравственность. Культура имеет определенные свойства: сохранять опыт и передавать его следующим поколениям. «Зарождение внешней культуры всегда предполагало наличие общности людей, наличие взаимоотношений, наработку опыта и оценок получаемого результата» [4].

Идеи космического мышления представлены в работах Н. Ф. Федорова, К. Э. Циолковского, В. И. Вернадского, А. Л. Чижевского. Н. Ф. Федоров считал, что для достижения освоения других планет нужно создать невиданные раньше технические средства. Позже это было блестяще теоретически обосновано К. Э. Циолковским, на которого философия Н. Ф. Федорова оказала сильное идейное влияние [2].

Программа «Космос и жизнь» представляет собой модель процесса предпрофильной подготовки образования в условиях учреждений дополнительного образования детей и молодежи эколого-биологического профиля. Основная направленность программы состоит в том, чтобы способствовать расширению и углублению знаний по биологии, экологии и космосу, развивать у учащихся интерес к научному видению мира, формировать их способности к научно-исследовательской деятельности, вырабатывать самостоятельность в исследовательской работе. Цель реализации программы заключается в расширении знаний истории развития космонавтики с помощью научного осмысления в области биологии, экологии, космоса, в формировании экологического мировоззрения и понимания целостности окружающего мира. Поставленная цель достигается путем решения следующих задач: расширить понимание окружающей среды, развивая межпредметные связи в пространстве понятий: история космонавтики, Вселенная, космос, жизнь, общество, человек; формировать навыки поиска научной информации; знакомить учащихся с научными методами исследований; включать учащихся в непосредственную практи-

ческую деятельность; формировать положительную мотивацию учащихся к углубленному образованию в области космоса, истории космонавтики, биологии, экологии. Программа ориентирована на учащихся среднего школьного возраста. Методическое обеспечение программы составляют следующие организационные формы: разработка дискуссий по темам «Вселенная – Жизнь – Человек»; «Космические семинары»; «Академия космических проблем». Учащиеся должны знать: вклад ученых в космические исследования, основные методы научных исследований в области космонавтики, биологии, медицины, примеры искусственных замкнутых экосистем. Есть объективная необходимость готовности школьников отряда юных космонавтов к получению данной информации. Учащиеся должны уметь: проводить научные исследования, составлять схему эксперимента, выступать с исследованиями на конференциях разного уровня.

В программе представлены следующие темы: история космонавтики, космическая биология как наука и ее место в системе биологических наук, история космической биологии, человек и космос, космос как рабочая среда человека-оператора, искусственные замкнутые экосистемы, животные в космосе, космическая психология, космическое растениеводство, управление в экосистемах, научный эксперимент.

Отряд юных космонавтов составляют учащиеся 7–8 классов средних школ №№ 32, 84, 91 города Ярославля, которые сделали ответственный выбор.

Образовательный процесс происходит в форме лекций, бесед, заслушивания докладов, обсуждения актуальных тем, выполнения творческих, контрольных, тестовых, практических работ, экскурсий в природу. Исследование человека как космической структуры, в которой мышление, сознание представляют собой важную развивающую составляющую подростка. Для формирования и становления образа мысли и научных интересов состоялась дискуссия на тему «Космическое мышление», составление ассоциативной карты, обращение к личности К. Э. Циолковского, к его разработке новых направлений в науке и технике, основателю науки космонавтики [5]. Это расширило словарный запас, углубило понимание принципа единства макрокосма и микрокосма: человек не только часть космоса, но и несет его в своей внутренней структуре.

Для развития творческой активности участников взяли следующие исследовательские темы: «Роль растений в замкнутом пространстве», «Подготовка космонавтов к полету», «Идеи космоса в культуре цивилизаций», «Отражение идей космонавтики в искусстве», «Роль музыки в космосе», «Современные космические ракеты», «Животные в космосе», «Марс как планета для жизни», «Современные технологии на МКС».

Примечательно, что при реализации программы «Космос и жизнь» в системе решаются проблемы современного подростка: ощущение самостоятельности и «взрослости», развивается навык самостоятельного мышления и формируется космическое мышление в его жизнедеятельности.

## Список литературы

1. *Афиани В. Ю.* О формировании «космической культуры» <https://scientificrussia.ru/articles/professor-v-afiani> (дата обращения: 08.02.2025).
2. *Сергеева Т. П.* Об астрономических истоках мировоззрения выдающихся русских космистов К. Э. Циолковского, В. И. Вернадского, А. Л. Чижевского. <https://cyberleninka.ru/article/n/ob-astronomicheskikh-istokah-mirovozzreniya-vydayuschih-sya-russkih-kosmistov-k-e-tsiolkovskogo-v-i-vernadskogo-a-l-chizhevskogo> (дата обращения: 08.02.2025).
3. *Тулин А.* Космическое мышление. Устройство мироздания <https://www.litres.ru/book/aleksey-tulin-10845787/kosmicheskoe-myshlenie-70975876/chitat-onlayn/> (дата обращения: 08.02.2025).
4. *Фролов В. В.* Культура и формирование космического сознания [https://spiritual\\_culture.academic.ru/2348/](https://spiritual_culture.academic.ru/2348/) (дата обращения: 08.02.2025).
5. *Циолковский К. Э.* Черты из моей жизни. – Калуга: Золотая аллея, 2002. – С. 31–32. <https://www.tsiolkovsky.org/wp-content/uploads/2021/10/295-tsiolkovsky-cherty-iz-moey-zhizni-2002.pdf?ysclid=m6v2x290q9171177712> (дата обращения: 08.02.2025).

# СОВРЕМЕННЫЕ ПОДРОСТКИ, САМОАНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ И СПОСОБЫ РЕАЛИЗАЦИИ В ОТРЯДЕ ЮНЫХ КОСМОНАВТОВ



**Г. М. Суворова**



Культурно-просветительский центр имени В. В. Терешковой



**В. Д. Горичева**



ЯГПУ имени К. Д. Ушинского



**Н. В. Гагарина**



МОУ «Санаторно-лесная школа имени В. И. Шарова»

**Аннотация.** В статье представлены данные о личности современных подростков, их самоанализе возможностей, а также способы реализации в отряде юных космонавтов в системе дополнительного образования (повышенный уровень). Сейчас ранний подростковый возраст с 10 до 13 лет. Чтобы стать взрослым, нужно выстроить ясный образ себя, образ своего будущего, иметь стабильную самооценку, быть эмоционально зрелым, уметь согласовывать мысли и действия, видеть жизненную перспективу. Благодаря активному использованию интернета подростки одновременно находятся в совершенно разных социальных средах. Они обладают некой новой чувствительностью: очень большая уязвимость, уверенность в собственной исключительности, политкорректность во взглядах, абсолютная нетерпимость к мнениям, отличным от собственного. Подростковый период – становление нового уровня самосознания, самооценки, развитие рефлексии, социальных ценностей, активной жизненной позиции. Это означает применение приемов и способов (методов, средств) воздействия на личность учащегося с целью создания у него системы определенных ценностей, культуры и отношений, знаний и умений, склада мышления и памяти.

**Ключевые слова:** современный подросток, самоанализ, отряд юных космонавтов, мировоззрение, культура.

# MODERN TEENAGERS, INTROSPECTION OF OPPORTUNITIES AND WAYS OF REALIZATION IN THE SQUAD OF YOUNG COSMONAUTS



**G. Suvorova**



State Autonomous Organization of Culture of Yaroslavl Region  
"Cultural and Educational Centre named after V. V. Tereshkova", Yaroslavl



**V. Goricheva**



State Pedagogical University named after K. D. Ushinskii, Yaroslavl



**N. Gagarina**



Municipal educational institution "Sanatorium and forestry school named after V. I. Sharov"

**Annotation.** The article provides data on the personality of modern adolescents, their self-analysis of capabilities, as well as ways to implement additional education (advanced level) in the young cosmonauts squad. Early adolescence is now between 10 and 13 years old. To become an adult, you need to build a clear image of yourself, an image of your future, have stable self-esteem, be emotionally mature, be able to coordinate thoughts and actions, and see a life perspective. Thanks to the active use of the Internet, teenagers simultaneously find themselves in completely different social environments. They have a kind of new sensitivity: very great vulnerability, confidence in their own exclusivity, political correctness in their views, and absolute intolerance of opinions other than their own. Loss of reflection, and there are many challenges. Adolescence is the period of formation of a new level of self-awareness, self-esteem, reflection, social values, and an active lifestyle are developing.

**Keywords:** modern teenager, introspection, young cosmonauts squad, worldview, culture.

---

На каждом возрастном этапе развитие достигает своего уровня сформированности, не исчерпывая себя. Так, поэтапно формируются знания, навыки и умения, мышление, память, мировоззрение [5]. Речь идет «...о мировоззрении человека, о том, как он ощущает, воспринимает мир в целом. Где мы как вид, наши возможности и наши цели, нужны ли нам попутчики или мы самодостаточны. Есть ли смысл в этом или мысли – это игры природы, присвоенные нами [5]. Человек «входит в общество с его нормами и требованиями, постепенно переходит от натуральной жизни к культурной и цивилизованной [3]. Культура имеет определенные свойства:

сохранять опыт и передавать его следующим поколениям. «Зарождение внешней культуры всегда предполагало наличие общности людей, наличие взаимоотношений, наработку опыта и оценок получаемого результата» [4]. Ценностная дезориентация: неопределенность, что такое хорошо и что такое плохо. Раньше была довольно понятная жизненная стратегия: хорошо себя вести, будь скромным, но целеустремленным, хорошо учись, и все у тебя в жизни будет хорошо. Неопределенность в будущей профессии: непонимание подростками и родителями, что будет востребовано и престижно. Свободный вход в виртуальный мир, где свои эталоны жизни, красоты, успеха, вносит еще больше неопределенности [2].

В отряд юных космонавтов второй год вошли учащиеся 7-8 классов средних школ №№ 32, 84, 91 города Ярославля по программе предпрофильной подготовки образования в условиях учреждений дополнительного образования детей. Цель подготовки состоит в том, чтобы способствовать расширению и углублению знаний по естественнонаучным предметам, развивать интерес к научному мировоззрению, вырабатывать самостоятельность в исследовательской работе. Реализованная методика по самооценке личности позволила изучить общий уровень самооценки позитивного развития подростка, самооценку отдельных факторов личности, таких как нравственность, воля, самостоятельность и чувство реальности, креативность, гармоничность, экстраверсия, общая самооценка позитивных аспектов, а также ее адекватность или неадекватность [1]. Результаты выявили 25% «высокий» и 75% «средний» уровни выраженности общей самооценки личности и отдельных показателей. Таким образом, есть объективная необходимость готовить подростков отряда юных космонавтов к получению информации. Поставленная цель достигается путем решения следующих задач: развивать межпредметные связи в поиске научной информации космического сознания; применять научные методы: наблюдения, описания, анализа исследований; активно включать в теоретическую и практическую деятельность; формировать положительную самооценку личности подростка. Для становления научных интересов подростков идет обращение к личности К.Э. Циолковского, к его разработкам новых направлений в науке и технике [4]. Подростки должны уметь: проводить научные исследования, составлять схему эксперимента, выступать с исследованиями на конференциях разного уровня. Для становления социальных ценностей, культуры, активной жизненной позиции, самооценки, рефлексии внедрены интерактивные методы. Процесс развития происходит при организации индивидуальных бесед, выполнении творческих, теоретических и практических работ, а также при заслушивании сообщений на актуальную тему «Исследование человека как космической структуры».

Для развития творческой активности подростков в процессе занятий в отряде юных космонавтов обращаем их внимание на себя, на их мысли, слова, поведение – это самый действенный способ сделать так, чтобы подростки понимали, к чему они готовятся и что их ждет впереди.

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Методика «Самоанализ личности». О. И. Мотков. <https://nsportal.ru/shkola/raznoe/library/2021/08/03/metodika-samoanaliz-lichnosti-o-i-motkov> (дата обращения: 13.02.2025).
2. Современный подросток. <https://letidor.ru/psihologiya/sovremennye-podrostki-eto-pokolenie-snezhinok-intervyu-s-psikhologom-marinoi-meliya.htm> (дата обращения: 13.02.2025).
3. Фролов В. В. Культура и формирование космического сознания [https://spiritual\\_culture.academic.ru/2348](https://spiritual_culture.academic.ru/2348) (дата обращения: 13.02.2025).
4. Циолковский К. Э. Черты из моей жизни. Калуга: Золотая аллея, 2002. С. 31–32. <https://www.tsiolkovsky.org/wp-content/uploads/2021/10/295-tsiolkovsky-cherty-iz-moej-zhizni-2002.pdf?ysclid=m6v2x290q9171177712> (дата обращения: 13.02.2025).
5. Что значит «космическое сознание человека», как оно проявляется и от чего зависит? [https://yandex.ru/q/question/chto\\_znachit\\_kosmicheskoe\\_soznanie\\_kak\\_i\\_464f35c8](https://yandex.ru/q/question/chto_znachit_kosmicheskoe_soznanie_kak_i_464f35c8) (дата обращения: 13.02.2025).

# НЕТРАДИЦИОННАЯ СИСТЕМА ЗАДАЧ ПО ОБЩЕМУ КУРСУ АСТРОНОМИИ

 **Е. Н. Тихомирова**

 Государственное автономное учреждение культуры  
Ярославской области «Культурно-просветительский центр  
имени В. В. Терешковой»,  
ЯГПУ имени К. Д. Ушинского

**Аннотация.** Предложена система астрономических задач для студентов педагогических университетов, включающая все разделы соответствующих программ по астрономии и астрофизике. Рассмотрены методы организации поисково-исследовательской работы обучаемых, ведущие к научно значимым открытиям с публикацией результатов исследований в астрономических изданиях различного уровня, в том числе материалах российских и международных конференций.

**Ключевые слова:** астрономия, образование, просвещение, задачи с астрономическим содержанием, поисково-исследовательская деятельность студентов, научно-значимые открытия студентов.

164

## AN UNCONVENTIONAL SYSTEM OF TASKS FOR THE GENERAL ASTRONOMY COURSE

 **E. Tikhomirova**

 SACI YR «Center named after Valentina V. Tereshkova»,  
Yaroslavl State Pedagogical University named after K. D. Ushinskii

**Annotation.** The system of astronomical problems for students of pedagogical universities is proposed/ All parts of the astronomical and astrophysical programs are presented in the system. Method of organization students researching works leading to scientifically significant discoveries with publications of the obtained results in the different astronomical editions, including papers of All Russian and international conferences.

**Key words:** astronomy, education, enlightenment, tasks with astronomical content, search and research activities of students, scientifically significant discoveries of students, motion of celestial bodies, Solar system, the Galaxy.

Анализ научно-методической и учебной литературы по астрономии и предметам, широко использующим астрономические знания, позволяет

выделить известные задачи обучения астрономии в вузе, средней школе и в рамках дополнительного образования. В частности, в общепринятые задачи обучения астрономии входят:

- а) применение знаний для объяснения астрономических явлений;
- б) формирование научных знаний об экспериментальных фактах, теориях, методах астрономии и использование физических законов в практике космических исследований;
- в) усвоение идей единства строения материи и неисчерпаемости ее познания;
- г) формирование умений работать с разнообразной литературой;
- д) формирование навыков обработки результатов астрономических наблюдений;
- е) развитие познавательного интереса к астрономии;
- ж) реализация межпредметных связей для создания условий восприятия астрономической картины мира – основы научной картины мира.

Соответствующие принципы положены в основу построения сборников задач по общему курсу астрономии и космонавтике, авторами которых являются Б. А. Воронцов-Вельяминов, М. М. Дагаев, М. Б. Балк, В. Г. Демин, Е. П. Разбитная, В. А. Волынский, Г. И. Малахова, И. А. Стамейкина, А. Л. Куницын, Д. Я. Мартынов, Э. В. Кононович, Б. И. Фесенко. Интересны в методическом плане книги, содержащие задачи по отдельным разделам астрономии, таких авторов, как А. Рой, Дж. Кронин, А. Лайтман и других специалистов, работающих в узких областях астрономии [1–26]. Эти пособия позволяют иллюстрировать лекционные и практические занятия по астрономии в средней и высшей школе, в них прослеживаются межпредметные связи астрономии с физикой, математикой, информатикой и другими предметами, они учат работать с книгой, позволяют проводить педагогический контроль, включая самоконтроль, способствуют самообразованию, формируют астрономический стиль мышления.

*К недостаткам выпущенных ранее задачников по астрономии можно отнести:*

- а) астрономия как наука в них представлена в виде системы знаний о Вселенной – в виде количественных законов, идей, концепций, теорий, гипотез, но в них отсутствует представление об астрономической науке как особой сфере интеллектуальной деятельности, целью которой является получение достоверного знания об объектах Вселенной;
- б) не раскрыт на конкретных количественных примерах эволюционный характер процессов, изучаемых в астрономии;
- в) непрерывно открываемые новые формы материи во Вселенной и типы космических процессов приводят к рождению новых разделов астрономии и появлению новой техники, что не находит отражения в пособиях, выпущенных 10–20 лет назад, и приводит к оперированию с ошибочными числовыми данными;
- г) отсутствуют задачи, требующие популяризации (моделирования) сложных для восприятия современных научных представлений;

д) слабо иллюстрирована связь научного знания о Вселенной с внеучными формами ее познания;

е) не отражены зависимость человечества от космоса и космическое будущее человечества.

С целью внедрения в учебный процесс поисково-исследовательских методов обучения школьников и студентов авторы разработали серию учебно-методических пособий [27–33]. В учебно-методические пособия включены вариативные задания (основные, дополнительные и контрольные вопросы), а также творческие задачи к лабораторным работам. Кроме типовых заданий приводятся нетрадиционные, для решения которых необходимо провести собственные оригинальные научные исследования, включая численные эксперименты на персональных компьютерах.

При подборе задач авторы руководствовались принципом: сущность астрономии состоит в тех результатах, которые позволяет вычислить теория, предсказаниях и моделях явлений, происходящих в реальной Вселенной. Особенностью пособий является отсутствие ответов к задачам и таблиц, содержащих численные значения астрономических постоянных, что обусловлено, по мнению авторов, важностью *следующих этапов познания астрономической Вселенной*:

а) находить непредвзятые решения задач (решение проблемы считается непредвзятым, если она формулируется одним автором, а решение получено другим, без каких-либо пристрастий);

б) уметь самостоятельно ориентироваться в учебной, научной и справочной литературе по астрономии;

в) иметь представления о путях доступа преподавателей астрономии к результатам современных исследований крупных астрономических учреждений и организаций;

г) усилить степень сотрудничества обучаемого и обучающего в поиске астрономической истины. Указания к решению задач приводятся непосредственно в их условиях.

Основные концепции, отличающие пособия от известных аналогов, на наш взгляд, следующие:

а) повысить у обучающихся уровень научно-исследовательской работы по астрономии, научить их применять методы моделирования астрономических явлений, включая выдвижение гипотез с последующей их проверкой на основе самостоятельно разрабатываемых теорий и последующих астрономических наблюдений и космических исследований; завершать решение предлагаемых учебных задач научными публикациями;

б) дополнить известные учебники и сборники задач по курсу общей астрономии, используемые студентами педагогических университетов, как новыми результатами, полученными в ходе последних космических экспериментов, так и новыми астрономическими идеями, появившимися в первой четверти XXI столетия, что позволяет применять пособие в качестве своеобразного справочника по астрономии (при этом данные приво-

дятся непосредственно в тексте, а другие необходимо найти в процессе решения задачи);

в) составить коллекцию проблемных задач;

г) выработать у студентов умение обобщать накопленные знания и факты на основе современного теоретического уровня астрономической науки, показать ее связь с другими дисциплинами и ее самостоятельность;

д) использовать представляемую систему задач для постановки новых лабораторных работ, спецкурсов и спецсеминаров в вузе и средней школе;

е) создать систему задач по астрономии, из которых вытекали бы интересные курсовые и дипломные работы с привлекательностью тем, что, несомненно, будет способствовать индивидуализации обучения;

ж) уделить внимание «эмоциональным задачам», отражающим астрономические явления и процессы (исторические, текущие и будущие) художественными средствами;

з) предоставить возможность обучающим самим генерировать оригинальные задачи по астрономии, используя огромный фактический материал пособия.

Данные учебные пособия предназначены, кроме студентов физико-математических факультетов педагогических университетов, преподавателям астрономии, руководителям астрономических кружков для проведения факультативных занятий по астрономии и космонавтике, при подготовке тем будущих исследовательских проектов, выполнение которых предусмотрено современными образовательными стандартами. Отдельные задачи можно рекомендовать для различных астрономических конкурсов, олимпиад, а также любителям астрономии.

Практическое применение разработанной авторами серии пособий с целью творческой поддержки научно-исследовательской и учебно-исследовательской работы школьников, студентов и аспирантов находит отражение в подготовке учащимися докладов, представляемых на городские, всероссийские и международные научные конференции школьников, рефератов исследовательского характера, а также в подготовке докладов на вузовские, всероссийские и международные астрономические конференции и публикаций результатов исследований в сборниках трудов соответствующих конференций.

### Список литературы

1. Балк М. Б., Демин В. Г. Сборник задач по небесной механике и космодинамике. – М.: Наука, 1972. – 336 с.
2. Воронцов-Вельяминов Б. А. Сборник задач и практических упражнений по астрономии. – М.: Наука, 1977. – 272 с.

3. *Гречко Л. Г., Сугаков В. И., Томасевич О. Ф., Федорченко А. М.* Сборник задач по теоретической физике. – М.: Высшая школа, 1972. – 236 с.
4. *Коткин Г. Л., Сербо В. Г.* Сборник задач по классической механике. – М.: Наука, 1977. – 320 с.
5. *Кронин Дж., Гринберг Д., Телегди В.* Сборник задач по физике с решениями. – М.: Атомиздат, 1971. – 336 с.
6. *Лайтман А., Пресс В., Прайс Р., Тюкольски С.* Сборник задач по теории относительности и гравитации. – М.: Мир, 1979. – 536 с.
7. *Мещерский И. В.* Сборник задач по теоретической механике. – М.: Наука, 1968.
8. *Стрелков С. П., Сивухин Д. В., Уваров В. А., Яковлев И. А.* Сборник задач по общему курсу физики. Механика. – М.: Наука, 1977. – 288 с.
9. *Гинзбург В. Л., Левин Л. М., Сивухин Д. В., Яковлев И. А.* Сборник задач по общему курсу физики. Термодинамика и молекулярная физика. – М.: Наука, 1976. – 208 с.
10. *Стрелков С. П., Сивухин Д. В., Хайкин С. Э., Эльцин И. А., Яковлев И. А.* Сборник задач по общему курсу физики. Электричество и магнетизм. – М.: Наука, 1977. – 272 с.
11. *Гинзбург В. Л., Левин Л. М., Сивухин Д. В., Четверикова Е. С., Яковлев И. А.* Сборник задач по общему курсу физики. Оптика. – М.: Наука, 1977. – 320 с.
12. *Бакулин П. И., Кононович Э. В., Мороз В. И.* Курс общей астрономии. – М.: Наука, 1983. – 560 с.
13. *Дагаев М. М.* Сборник задач по астрономии: Учеб. пособие для студентов физ.-мат. фак. пед. ин-тов. – М: Просвещение, 1980. – 128 с.
14. *Дагаев М. М., Демин В. Г., Климишин И. А., Чаругин В. М.* Астрономия. – М.: Просвещение, 1983. – 384 с.
15. *Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М.* Теоретическая физика. – Т. 1-10.
16. *Ландсберг Г. С.* Оптика. – М.: Наука, 1976. – 928 с.
17. *Мартынов Д. Я.* Курс практической астрофизики. – М.: Наука, 1977. – 544 с.
18. *Мартынов Д. Я.* Курс общей астрофизики. – М.: Наука, 1988.
19. Проблема поиска жизни во Вселенной. Труды Таллиннского симпозиума. – М.: Наука, 1986. – 256 с.
20. *Рой А.* Движение по орбитам. – М.: Мир, 1981. – 544 с.
21. *Рубцов В. В., Урсул А. Д.* Проблема внеземных цивилизаций. – Кишинев: Штиинца, 1987. – 334 с.
22. *Шкловский И. С.* Вселенная, жизнь, разум. – М.: Наука, 1987. – 320 с.
23. *Перов Н. И.* Астрономические задачи. – Ярославль: ЯГПИ, 1993. – 191 с.
24. Сборник вопросов и качественных задач по астрономии: Кн. для учащихся / Е. Б. Гусев. – М.: Просвещение, 2002. – 173 с.

25. Кондакова Е. В. *Астрономия: практические задания, задачи и упражнения: практикум.* – Елец: Елецкий государственный университет имени И. А. Бунина, 2019. – 75 с.
26. Сборник задач и контрольных заданий по курсу «Астрономия»: Учеб.-метод. пособие: [Электрон. ресурс] / сост. А.И. Гатауллина. – Ижевск: Удмуртский университет, 2023. – 53 с.
27. Перов Н. И., Тихомирова Е. Н. *Подвижная карта звездного неба: лабораторная работа по астрономии для учащихся 1–11 классов: Учебно-методическое пособие / под общ. ред. Н.И. Перова.* – Ярославль: ГАУК ЯО «Центр имени В. В. Терешковой», 2014. – 33 с.
28. Перов Н. И., Тихомирова Е. Н. *Небесная сфера: лабораторная работа по астрономии для учащихся 1–11 классов: учебно-методическое пособие / под общ. ред. Н.И. Перова.* – Ярославль: ГАУК ЯО «Центр имени В. В. Терешковой», 2014. – 16 с.
29. Перов Н. И., Тихомирова Е. Н. *Измерение времени в астрономии: лабораторная работа по астрономии для учащихся 1–11 классов: Учебно-методическое пособие / под общ. ред. Н.И. Перова.* – Ярославль: ГАУК ЯО «Центр имени В.В. Терешковой», 2015. – 17 с.
30. Перов Н. И., Тихомирова Е. Н. *Видимое годовое движение Солнца: лабораторная работа по астрономии для учащихся 1–11 классов: Учебно-методическое пособие / под общ. ред. Н. И. Перова.* – Ярославль: ГАУК ЯО «Центр имени В. В. Терешковой», 2015. – 18 с.
31. Перов Н. И., Тихомирова Е. Н. *Видимые и истинные движения Луны и планет: лабораторная работа по астрономии для учащихся 1–11 классов: Учебно-методическое пособие / под общ. ред. Н. И. Перова.* – Ярославль: ГАУК ЯО «Центр имени В.В. Терешковой», 2016. – 18 с.
32. Перов Н. И., Тихомирова Е. Н. *Звездные величины небесных тел: лабораторная работа по астрономии для учащихся 8–11 классов: Учебно-методическое пособие / под общ. ред. Н. И. Перова.* – Ярославль: ГАУК ЯО «Центр имени В.В. Терешковой», 2017. – 18 с.
33. Перов Н. И., Тихомирова Е. Н. *Физическая природа Луны: лабораторная работа по астрономии для учащихся 8–11 классов: Учебно-методическое пособие / под общ. ред. Н. И. Перова.* – Ярославль: ГАУК ЯО «Центр имени В.В. Терешковой», 2018. – 31 с.

Чтения имени В. В. Терешковой

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ  
VI МЕЖДУНАРОДНОЙ  
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ  
«ЧТЕНИЯ ИМЕНИ ВАЛЕНТИНЫ ВЛАДИМИРОВНЫ  
ТЕРЕШКОВОЙ»

Ярославль, 13–14 марта 2025 г.

Корректор С. Кеньшенская  
Компьютерная верстка А. В. Каминовой

Материалы публикуются в авторской редакции.

Издательско-полиграфический комплекс  
«ИНДИГО»  
г. Ярославль, ул. Свободы, 97

